

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой,

доцент, к. ф.-м. н.

_____ Л. Б. Тяпаев

ОТЧЕТ О ПРАКТИКЕ

студента 2 курса 221 группы факультета КНиИТ
Карасева Вадима Дмитриевича

вид практики: учебная

кафедра: дискретной математики и информационных технологий

курс: 2

семестр: 3

продолжительность: 18 нед., с 01.09.2024 г. по 31.12.2024 г.

Руководитель практики от университета,

ст. преподаватель

М. В. Белоконь

Тема практики: «Основы работы с L^AT_EX»

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Реферат по теме «Цифровая обработка звука»	5
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	30
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	31
Приложение А Исходный код документа	32

ВВЕДЕНИЕ

Целью данной практики является приобретение навыков оформления студенческой работы средствами системы компьютерной вёрстки \LaTeX [1].

Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- ознакомиться со стандартом СТО 1.04.01 – 2019 «КУРСОВЫЕ РАБОТЫ (ПРОЕКТЫ) И ВЫПУСКНЫЕ КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ РАБОТЫ. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ, СТРУКТУРА И ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ» [2];
- изучить основы создания документов в \LaTeX : создание структуры документа, набор и форматирование текста, создание формул, вставку изображений и таблиц;
- освоить работу с шаблоном для оформления студенческих работ, предоставленным факультетом, сверстать с его помощью реферат и отчёт о практике.

Основы работы с \LaTeX изложены в источниках [3-5].

1 Реферат по теме «Цифровая обработка звука»

В данном разделе показан результат компиляции, исходный код документа представлен в приложении А.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

**УДАЛЕНИЕ АРТЕФАКТОВ. ВЫРАВНИВАНИЕ БАЛАНСА.
ВОСПРИЯТИЕ ЗВУКА И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЦИФРОВОЙ
ОБРАБОТКЕ. ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЛАСТЕЙ ЗВУКОВОГО
ДИАПАЗОНА ДЛЯ ВОСПРИЯТИЯ. ЭКВАЛАЙЗЕР.
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБРАБОТКЕ ЗВУКА
ЭКВАЛАЙЗЕРОМ. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБРАБОТКЕ
ГОЛОСА. ДИАПАЗОНЫ ЧАСТОТНОГО СПЕКТРА ГОЛОСА.
СЖАТИЕ ЦИФРОВОГО ЗВУКА.**

РЕФЕРАТ

студента 2 курса 221 группы
направления 09.03.01 — Информатика и вычислительная техника
факультета КНиИТ
Карасева Вадима Дмитриевича

Проверил

старший преподаватель

М. В. Белоконь

Саратов 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Удаление артефактов	4
1.1 Типы артефактов	4
1.2 Методы удаления артефактов	4
2 Выравнивание баланса	6
3 Восприятие звука и рекомендации по цифровой обработке	8
3.1 Рекомендации по цифровой обработке звука	8
3.2 Полезные советы	10
4 Характеристики областей звукового диапазона для восприятия	11
4.1 Звуковой диапазон	11
5 Эквалайзер	14
5.1 Звуковой эквалайзер	14
5.2 Рекомендации по обработке звука эквалайзером	15
6 Рекомендации по обработке голоса	17
7 Диапазоны частотного спектра голоса	19
8 Сжатие цифрового звука	21
8.1 Потерное сжатие (Lossy Compression)	21
8.2 Сжатие без потерь (Lossless Compression)	21
8.3 Принципы работы сжатия	22
8.4 Выбор формата	22
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	23

ВВЕДЕНИЕ

Цифровая обработка звука занимает важное место в современном мире технологий, охватывая области музыки, кино, радиовещания, телекоммуникаций, медицины и многих других сфер. Переход от аналоговых к цифровым методам работы с аудиосигналами стал революционным этапом, предоставив новые возможности для их анализа, преобразования и воспроизведения.

Развитие цифровой обработки звука основывается на применении мощных алгоритмов и высокотехнологичных средств, которые позволяют эффективно работать с аудиоданными. Такие задачи, как шумоподавление, сжатие аудиофайлов, синтез речи и обработка музыкальных композиций, стали достижимыми благодаря использованию современных цифровых технологий.

Цель данного реферата – рассмотреть основные принципы цифровой обработки звука, её основные этапы, методы и области применения, а также оценить её влияние на развитие звуковых технологий и их интеграцию в повседневную жизнь.

1 Удаление артефактов

1.1 Типы артефактов

Существуют различные типы звуковых артефактов, среди которых:

1. Щелчки и треск: обычно возникают при прерывании сигнала, неправильной оцифровке или сшивке звуковых фрагментов.
2. Шум: может быть связан с внешними источниками звука, такими как ветер, механический шум оборудования или электромагнитные помехи.
3. Искажение сигнала: это результат перегрузки или непреднамеренное отсечение сигналов выше допустимого предела.
4. Эхо и реверберация: добавленные артефакты в результате записи в плохо изолированных помещениях или неверно настроенных аудиоэффектов.
5. Блочные артефакты: могут возникать при сжатии данных, например, при использовании форматов MP3 или AAC, когда потеря данных приводит к появлению искажений.

1.2 Методы удаления артефактов

Современные методы удаления артефактов в звуке включают как ручные подходы, так и автоматизированные алгоритмы, основанные на машинном обучении [1]. Рассмотрим основные техники:

1. Ручное редактирование

Это один из самых старых и проверенных методов удаления артефактов. Он включает использование программ для редактирования звука, таких как Adobe Audition, Audacity и других. Редактор вручную удаляет нежелательные звуковые фрагменты, используя такие инструменты, как:

Обрезка шумов.

Ручная коррекция дефектов (удаление щелчков и тресков).

Наложение фильтров (низкочастотные и высокочастотные фильтры).

Хотя этот метод может быть точным, он требует значительных временных затрат и квалификации оператора.

2. Спектральный анализ

Методы спектрального анализа используются для выявления и удаления артефактов, не видимых на обычных временных графиках. Программы, такие как iZotope RX, используют спектрограмму для визуализации частотных компонентов сигнала. Это позволяет пользователю «увидеть» шумы и

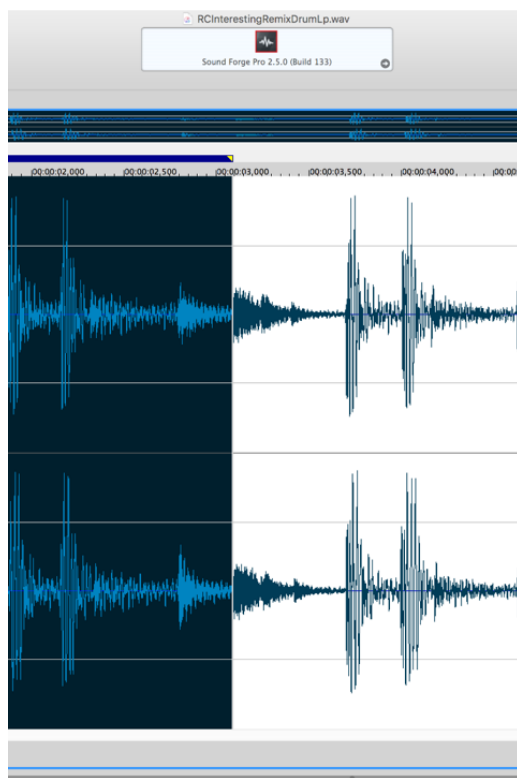


Рисунок 1 – Скриншот из Sound Forge Pro

искажения и вручную удалить их, не затрагивая основной сигнал. Этот подход особенно полезен при удалении таких дефектов, как шипение, гул или щелчки, которые проявляются на определенных частотах.

На рисунке 1 изображен скриншот аудиоредактора Sound Forge Pro 2.5. Он демонстрирует звуковую волну аудиофайла проекта, в котором происходит редактирование музыкального материала.

3. Шумоподавление

Шумоподавление — это процесс уменьшения нежелательных шумов в аудиозаписях. Этот метод может использовать алгоритмы статистического анализа шума или базироваться на обучении нейронных сетей [8]. Основные методы шумоподавления:

Фильтрация: удаление нежелательных частот при помощи полосовых или режекторных фильтров.

Адаптивные фильтры: изменяют свои характеристики в зависимости от изменяющегося уровня шума.

Субтрактивное шумоподавление: основано на создании профиля шума и его последующем вычитании из основного сигнала.

2 Выравнивание баланса

Выравнивание баланса в звуке — это процесс настройки распределения громкости между различными элементами аудиомикса, чтобы создать гармоничное и сбалансированное звучание. Это важно как для стерео, так и для многоканальных миксов [1]

Вот несколько ключевых аспектов выравнивания звукового баланса:

1. Регулировка громкости (Leveling):

Основная задача — найти оптимальный уровень громкости для каждого звукового источника (инструмента, голоса и т.д.). Слишком громкие элементы могут заглушить другие, а слишком тихие — стать незаметными. Необходимо найти баланс, чтобы все элементы хорошо слышались и не мешали друг другу [3].

2. Стереобаланс:

В стереомиксах важен баланс между левым и правым каналами. Если один элемент слишком сильно "уходит" в одну сторону, это может создать ощущение дисбаланса. Обычно центральные элементы микса (вокал, бас, ударные) размещаются в центре, а дополнительные звуки могут быть разнесены по стереопанораме для создания ширины и объема [3].

3. Частотный баланс:

Частоты разных инструментов должны быть распределены таким образом, чтобы они не перекрывали друг друга. Например, басовые инструменты должны занимать низкие частоты, гитары и вокал — средние, а хай-хэты и перкуссия — высокие. Это позволяет каждому элементу звучать четко и ясно [3].

4. Эквализация (EQ):

Эквализация помогает выравнивать частотный спектр. С помощью эквалайзера можно поднимать или опускать определённые частоты, чтобы выделить нужные элементы в миксе и избежать частотных конфликтов [3].

5. Компрессия и динамическая обработка:

Компрессор помогает контролировать динамический диапазон звукового сигнала, чтобы слишком громкие элементы не «выпирали», а тихие не терялись. Это важно для поддержания стабильного уровня громкости и плотного звучания микса [7].

6. Пространственная обработка (реверберация и задержка):

Использование реверберации и задержки помогает создать ощущение пространства и глубины в миксе. При этом важно не переусердствовать, чтобы звук не казался «размытым». Баланс между сухим сигналом (без эффекта) и обработанным сигналом тоже влияет на общую картину микса [3].

7. Фаза и корреляция:

Обращение внимания на фазовые взаимоотношения между каналами также может быть важным при работе с балансом. Это особенно критично при сведении в стерео, чтобы избежать фазовых отмен и других неприятных артефактов [7].

Если все эти аспекты учтены, микс будет звучать сбалансированно, насыщенно и гармонично.

3 Восприятие звука и рекомендации по цифровой обработке

Восприятие звука человеком связано с физическими и психологическими аспектами, такими как громкость, частотная характеристика, тембр, пространственное размещение и динамика. Эти параметры оказывают влияние на наше восприятие музыки или любого другого звукового контента, и правильная цифровая обработка помогает сделать звук более приятным и естественным для слуха [4].

Основные аспекты восприятия звука:

1. Громкость:

Громкость воспринимается как интенсивность звука. Наше ухо более чувствительно к средним частотам (особенно в диапазоне 1-5 кГц), что нужно учитывать при микшировании. Перегруженные по громкости высокие или низкие частоты могут казаться резкими или неестественными.

2. Частотный диапазон:

Человек слышит звук в диапазоне от 20 Гц до 20 кГц, но восприимчивость к разным частотам варьируется. Низкие частоты (бас) придают звуку плотность, средние частоты отвечают за ясность и определенность, а высокие частоты добавляют яркость и воздух [4]. Если частоты не сбалансированы, звук может восприниматься как мутный, режущий или плоский.

3. Пространственность:

Ухо способно различать, откуда исходит звук, благодаря различиям в уровне, времени и фазе между двумя ушами. Создание стереоэффекта и использование реверберации помогают симулировать пространственное ощущение, чтобы звук казался объемным.

4. Тембр:

Тембр звука — это то, как мы различаем звуковые источники с одинаковой высотой тона (например, скрипка и гитара). Правильная работа с гармониками и частотным спектром помогает сохранить уникальность каждого инструмента в миксе [2].

3.1 Рекомендации по цифровой обработке звука

1. Эквализация (EQ):

Можно использовать эквалайзер для корректировки частотного спектра. Например, поднимайте высокие частоты для добавления "воздуха" или

срезайте ненужные низкие частоты для избежания "грязи".

Часто используется подсрезание низов (low-cut filter) на инструментах, которые не должны воспроизводить низкие частоты, чтобы не загромождать басовый диапазон.

2. Компрессия:

Компрессор помогает контролировать динамический диапазон, что делает громкие звуки тише, а тихие — громче. Это особенно важно для вокала, чтобы он был четким и ровным.

Осторожно используйте компрессию, чтобы избежать "задавленного" звука и сохранять естественную динамику.

3. Реверберация (Reverb):

Реверберация добавляет пространственность и глубину в микс, но нужно избегать ее чрезмерного использования, чтобы звук не казался "размазанным".

Настраивайте реверберацию для создания естественного пространства, а не акцентированного эффекта. Используйте pre-delay, чтобы звук оставался четким, даже при добавлении реверба.

4. Панорамирование (Panning):

Для создания стереообъема распределяйте инструменты по стереопанораме. Вокал и бас обычно оставляют в центре, а остальные инструменты панорамируют вправо или влево.

Используйте умеренное панорамирование, чтобы избежать чрезмерной дисбалансировки звука.

5. Стереоразделение:

Для усиления ощущения ширины можно использовать техники стереоразделения (stereo widening), но нужно избегать слишком широкого стерео, чтобы не потерять фокус и ясность микса, особенно при прослушивании на моноустройствах.

6. Гармоническое насыщение (Saturation):

Гармоническое насыщение добавляет теплоты и богатства звуку, особенно цифровым записям. Используйте его, чтобы имитировать аналоговое оборудование и добавить мягкие гармоники.

Не злоупотребляйте сатурацией, чтобы звук не стал перегруженным.

7. Делэй (Delay):

Эффект задержки создает эхо и может добавить интересные пространственные эффекты в микс. Его можно использовать для выделения элементов, например, вокала или гитары.

Старайтесь использовать короткие задержки для уплотнения микса и длинные для создания объема.

3.2 Полезные советы

Референсное прослушивание: Сравнивайте ваш микс с профессионально записанными треками, чтобы понять, как звучит ваш микс по частотному балансу, динамике и пространственности.

Переключение между монозвучанием и стерео: Регулярно проверяйте звучание вашего микса в моно, чтобы убедиться, что инструменты не теряются и звук не становится пустым.

Прослушивание на разных системах: Проверяйте свой микс на разных аудиосистемах (наушники, мониторы, колонки, телефоны), чтобы убедиться, что он звучит сбалансированно везде.

Эти рекомендации помогут создать качественный и гармоничный звуковой продукт, который будет комфортен для восприятия и на профессиональном уровне.

На рисунке 2 можно увидеть наглядное представление звуковых частот и какие музыкальные инструменты могут их выдавать.

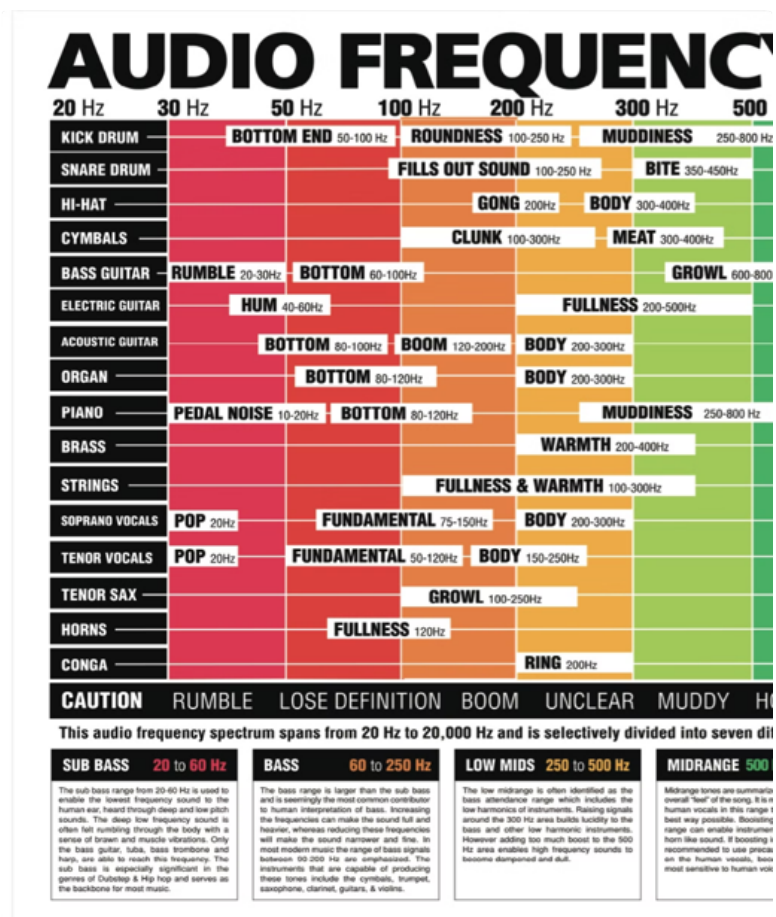


Рисунок 2 – Наглядное представление звуковых частот

4 Характеристики областей звукового диапазона для восприятия

4.1 Звуковой диапазон

Звуковой диапазон, который способен воспринимать человеческий слух, составляет от 20 Гц до 20 кГц. Каждый диапазон частот играет свою роль в восприятии звука и имеет определенные характеристики, влияющие на тембр, яркость, глубину и ясность звукового микса. [3] Рассмотрим ключевые области звукового диапазона и их характеристики:

1. Суббас (20 Гц — 60 Гц):

Характеристики: это самый низкий частотный диапазон, который воспринимается не столько на слух, сколько ощущается телом. Звуки в этом диапазоне создают ощущение глубины и мощности.

Восприятие: Эти частоты придают звуку вес и плотность. Если они слишком громкие, могут «заглушать» микс и вызвать мутность.

Примеры: Бас-бочка, синтезированные басы, низкочастотные эффекты

(например, в кино).

2. Низкий бас (60 Гц — 250 Гц):

Характеристики: В этой области находятся основные частоты басовых инструментов, которые обеспечивают основу для ритмики и гармонии.

Восприятие: Эти частоты придают звуку ощущение полноты. Недостаток баса делает звук слабым, а избыток может привести к загромождению микса.

Примеры: Бас-гитара, барабаны, ритм-секции.

3. Нижняя середина (250 Гц — 500 Гц):

Характеристики: Этот диапазон важен для передачи тела звука. Здесь находятся низкие частоты большинства инструментов и вокала.

Восприятие: Избыток этих частот может сделать звук "гулким" и мутным, недостаток — ослабить основу микса.

Примеры: Вокал, гитары, пианино, духовые инструменты.

4. Середина (500 Гц — 2 кГц):

Характеристики: Диапазон средних частот отвечает за ясность и разборчивость звуков. Это область, где человеческий слух наиболее чувствителен.

Восприятие: Перегруженность этого диапазона делает звук "гнусавым" или "телефонным", а его нехватка — мутным и нечетким.

Примеры: Вокал, гитары, рояль, скрипки, деревянные духовые.

5. Высокая середина (2 кГц — 5 кГц):

Характеристики: Этот диапазон важен для разборчивости и атаки звуков. Здесь сосредоточена информация о "яркости" звука и его "остроте" [3].

Восприятие: Эти частоты усиливают восприятие деталей, таких как щелчки или шипящие звуки. Избыток может сделать звук резким и утомляющим для слуха.

Примеры: Шум от палочек барабанов, резкие звуки вокала, гитары.

6. Присутствие (5 кГц — 8 кГц):

Характеристики: Частоты в этом диапазоне создают ощущение "присутствия" звука, добавляют ясности и позволяют звукам "выходить вперед" в миксе.

Восприятие: Улучшают разборчивость вокала и инструментов. Избыток может сделать звук слишком ярким, особенно на высоких громкостях.

Примеры: Вокальные сибиллянты ("с" "ш"), атаку ударных, детали гитар.

7. Высокие частоты (8 кГц — 12 кГц):

Характеристики: Высокие частоты придают звуку "воздух легкость и блеск. Этот диапазон важен для создания ощущения пространства.

Восприятие: Добавление высоких частот помогает улучшить открытость микса. Их недостаток делает звук тусклым и закрытым.

Примеры: Шум тарелок, верхние частоты струнных инструментов, хай-хэты.

8. Воздушные частоты (12 кГц — 20 кГц):

Характеристики: Самый высокий частотный диапазон, который добавляет ощущения воздушности и пространства. Хотя эти частоты с возрастом воспринимаются слабее, они все еще влияют на общее восприятие звука.

Восприятие: Эти частоты придают звуку ощущение кристальности и объема. Чрезмерная акцентуация может создать нежелательные артефакты, такие как шум.

Примеры: Очень высокие частоты тарелок, верхние гармоники в вокале и струнных инструментах.

На рисунке 3 можно увидеть один из примеров, как выглядит интерфейс эквалайзера.



Рисунок 3 – Пример интерфейса эквалайзера

5 Эквалайзер

5.1 Звуковой эквалайзер

Звуковой эквалайзер — это устройство или программный инструмент, который позволяет изменять уровни (громкость) различных частотных диапазонов звука. С его помощью можно корректировать звук, улучшая его качество или подстраивая под индивидуальные предпочтения [5]. Эквалайзеры используются в профессиональных аудиосистемах, домашних стереосистемах, на студиях звукозаписи и даже в смартфонах и компьютерах.

Типы эквалайзеров:

1. Графический эквалайзер — состоит из нескольких ползунков, каждый из которых управляет отдельным частотным диапазоном. Пример: 10-полосный эквалайзер, где каждая полоса отвечает за определённый диапазон частот (например, от 30 Гц до 16 кГц).

2. Параметрический эквалайзер — более гибкий инструмент, позволяющий не только изменять уровни частот, но и выбирать центральную частоту и ширину полосы (Q-фактор), которую нужно корректировать.

3. Эквалайзер с фиксированными частотами — более простой вариант, где пользователю предлагаются несколько заранее настроенных частотных диапазонов.

Эквалайзер позволяет, например, усиливать басы (низкие частоты), приглушать шумы (высокие частоты) или выравнять средние частоты, что делает звук более сбалансированным.

5.2 Рекомендации по обработке звука эквалайзером

При работе с эквалайзером важно понимать, что правильная настройка может существенно улучшить качество звука, сделав его более приятным и чистым [5]. Вот несколько рекомендаций по обработке звука эквалайзером:

1. Начинайте с нуля (Flat EQ)

Всегда начинайте настройку с плоского эквалайзера, где все полосы находятся на одном уровне. Это даст вам возможность услышать исходный звук без каких-либо изменений и лучше понять, что нужно корректировать.

2. Выявите проблемные частоты

Прослушайте трек и обратите внимание на области, которые требуют коррекции. Может быть слишком много низких частот (басы), звук кажется глухим или слишком резким. Не перегружайте эквалайзер изменениями без необходимости.

3. Частоты и их диапазоны

Понимание основных частотных диапазонов помогает корректно обрабатывать звук:

Низкие частоты (20-250 Гц): Здесь находятся басы и бочки. Усиление в этом диапазоне придаст звуку насыщенность, но переусердствование может сделать его "гулким".

Средние частоты (250 Гц – 4 кГц): Это область, где расположены многие инструменты и вокал. Слишком много этих частот может сделать звук назойливым, а недостаток — "пустым".

Высокие частоты (4 кГц – 20 кГц): Добавление высоких частот делает звук более ясным и воздушным, но чрезмерное их усиление может вызвать шипение и сделать звук резким.

4. Правило "среза" вместо усиления

Вместо того, чтобы усиливать частоты, попробуйте срезать ненужные диапазоны. Например, если звук кажется гулким, попробуйте убрать немного низких частот, а не усиливать средние или высокие.

5. Усиление басов

Для более насыщенного и глубокого баса можно немного усилить диапазон от 50 до 100 Гц. Однако не стоит чрезмерно усиливать низкие частоты, чтобы избежать перегрузки и искажения звука.

6. Коррекция вокала

Для улучшения четкости вокала можно немного поднять диапазон от 1 кГц до 4 кГц. Это сделает голос более разборчивым. Для борьбы с резким звуком вокала можно приглушить частоты выше 4 кГц.

7. Подавление нежелательных шумов

Частоты ниже 50 Гц часто содержат ненужные шумы, такие как гул или вибрации. Срезание частот в этом диапазоне может сделать звук более чистым.

6 Рекомендации по обработке голоса

При обработке голоса эквалайзером и другими инструментами важно достичь чистоты, разборчивости и естественности звука [8]. Вот несколько рекомендаций по улучшению звучания голоса:

1. Удаление нежелательных низких частот (Low Cut/High Pass Filter)

Для большинства голосов частоты ниже 80-100 Гц несут ненужный шум, гул или нежелательные звуки дыхания. Используйте фильтр высоких частот (High Pass Filter), чтобы срезать всё, что ниже этого диапазона. Для женских голосов можно поднимать этот порог до 120-150 Гц.

2. Усиление тела голоса (Низкие частоты 100-250 Гц)

Чтобы добавить глубину и насыщенность голосу, можно слегка усилить диапазон 100-250 Гц. Это придаст голосу "теплоту" и объём. Однако не переусердствуйте, иначе звук может стать глухим и "забитым" [6].

3. Удаление "бубнящего" звука (Средние низкие частоты 250-500 Гц)

Этот диапазон часто становится причиной глухого и грязного звучания. Если голос кажется бубнящим или глухим, попробуйте срезать немного частот в районе 300-500 Гц. Это очистит звучание и сделает голос более чётким.

4. Усиление разборчивости (Средние частоты 1-4 кГц)

Чтобы голос звучал более разборчиво и ясно, можно поднять частоты в диапазоне 1-4 кГц. Именно в этом диапазоне находятся важные для восприятия согласные звуки, которые делают речь чёткой и разборчивой [6].

5. Устранение резкости (Высокие частоты 5-10 кГц)

Частоты выше 5 кГц могут создавать резкие, неприятные звуки, особенно если они усиливаются чрезмерно. Если голос звучит слишком резко или «шипит», попробуйте слегка срезать частоты в диапазоне 5-8 кГц.

6. Добавление воздуха и блеска (Высокие частоты 10-16 кГц)

Если хотите добавить "воздуха" и сделать голос более "живым" и ярким, можно слегка приподнять частоты в диапазоне 10-16 кГц. Но будьте осторожны: избыточное усиление может привести к искажению звука и усилению шипящих звуков.

7. Управление шипящими звуками (De-Esser)

Шипящие звуки (частоты в диапазоне 5-10 кГц) могут быть чрезмерно громкими и раздражающими. Чтобы уменьшить их, используйте De-Esser — это специальный инструмент, который срезает слишком резкие шипящие зву-

ки. Настройка компрессии на этом диапазоне позволит уменьшить резкость шипящих согласных, таких как "с" или "ш".

8. Компрессия для сглаживания динамики

После эквализации рекомендуется применить компрессор, чтобы сгладить динамические скачки в голосе. Компрессор уменьшает разницу между самыми громкими и самыми тихими звуками, делая голос более ровным и контролируемым [7].

Настройте порог (Threshold) так, чтобы компрессор срабатывал только на самых громких моментах. Установите мягкую атаку (Attack), чтобы компрессор не резал начало фраз, и мягкий релиз (Release), чтобы звук не казался сдавленным [8].

9. Эффекты реверберации и задержки (Reverb/Delay)

Для создания более естественного и объемного звучания можно добавить немного реверберации. Это создаст эффект нахождения в реальном пространстве, особенно полезен для вокала в музыке или подкастах. Однако используйте реверберацию экономно, чтобы голос не звучал как в пустом зале. Пластический реверб (Plate Reverb) часто используется для вокала, поскольку добавляет глубину без излишней "пустоты" [7].

Delay (задержка) добавляет ощущение пространства, но также требует осторожности, чтобы не сделать звук чрезмерно размытым.

Эти рекомендации помогут вам достичь чистого и профессионально звучащего голоса, подходящего для подкастов, вокальных треков или видео.

7 Диапазоны частотного спектра голоса

Частотный спектр человеческого голоса охватывает широкий диапазон, и каждая часть спектра отвечает за определённые характеристики звука [7]. Вот основные диапазоны частот для человеческого голоса:

1. Низкие частоты (80-250 Гц)

Основные тона и "теплота" голоса. В этом диапазоне находятся фундаментальные частоты голоса, которые отвечают за его глубину и насыщенность.

Мужской голос чаще всего находится в пределах от 85 до 180 Гц, а женский голос — от 165 до 255 Гц.

Усиление этих частот может придать голосу "теплоту" и мощь, но избыточное усиление приведёт к бубнящему звуку.

2. Средние низкие частоты (250-500 Гц)

Этот диапазон добавляет голосу "тело" и объём. Усиление в этой области может придать голосу больше плотности, но слишком много этих частот может сделать его глухим или мутным.

Проблемы с "бубнением" часто встречаются в этом диапазоне, особенно при записи голоса в акустически неподготовленном помещении.

3. Средние частоты (500-2000 Гц)

Чёткость и разборчивость. Это основной диапазон, в котором воспринимаются многие важные детали речи, включая тональные особенности и чёткость голоса.

Усиление в диапазоне от 1 до 2 кГц помогает улучшить разборчивость, но чрезмерное усиление может сделать голос резким и неприятным.

4. Высокие средние частоты (2-4 кГц)

Этот диапазон отвечает за ясность и артикуляцию. Вокал, который не достаточно чётко слышен в миксе, часто нуждается в усилении именно в этом диапазоне.

Согласные звуки, такие как "с" "ш" "ф" "т" находятся в этом диапазоне, и их усиление помогает улучшить разборчивость речи.

Будьте осторожны, так как слишком сильное усиление может привести к резкому и раздражающему звуку.

5. Высокие частоты (4-8 кГц)

Эти частоты отвечают за "яркость" голоса и его пространственную объём-

ёмность. Усиление частот в районе 5-6 кГц может придать голосу ощущение присутствия и сделать его более "открытым".

Однако в этом диапазоне находятся шипящие звуки, и их чрезмерное усиление может сделать звук неприятным. Для борьбы с этими частотами используют De-Esser.

6. Очень высокие частоты (8-16 кГц)

Эти частоты создают ощущение "воздуха" и "воздушности" в голосе. Небольшое усиление в этом диапазоне может сделать голос более "живым" и естественным. Тем не менее, чрезмерное усиление может добавить излишнюю резкость и шипение [8].

Знание этих диапазонов позволяет эффективно работать с эквалайзером, улучшая звучание голоса в зависимости от нужд конкретного проекта.

8 Сжатие цифрового звука

8.1 Потерьное сжатие (Lossy Compression)

При потерьном сжатии некоторые данные теряются навсегда, что позволяет значительно уменьшить размер файла. Это может повлиять на качество звука, но в большинстве случаев изменения настолько малы, что они не заметны для человеческого уха [5].

Популярные форматы:

MP3 (MPEG-1 Audio Layer 3): Один из самых распространённых форматов для сжатия аудио. Балансирует качество и размер файла, предоставляя пользователю возможность выбрать битрейт (качество звука).

AAC (Advanced Audio Coding): Формат, который предлагает лучшее качество по сравнению с MP3 при том же битрейте. Широко используется в потоковых сервисах и видеоконтенте.

Ogg Vorbis: Свободный формат сжатия, который также обеспечивает высокое качество при меньшем размере файла, чем MP3.

WMA (Windows Media Audio): Формат от Microsoft, предлагающий различные уровни сжатия и качества.

Примеры использования:

Стриминг: Музыкальные стриминг-сервисы, такие как Spotify и Apple Music, используют потерьное сжатие для обеспечения быстрой передачи данных и экономии места.

Мобильные устройства: Плееры и приложения для смартфонов часто используют форматы MP3 или AAC для сохранения музыкальных файлов.

8.2 Сжатие без потерь (Lossless Compression)

Сжатие без потерь сохраняет все исходные данные, поэтому качество звука не теряется. Эти форматы обычно создают большие файлы по сравнению с потерьными форматами, но обеспечивают лучшее качество звука [6].

Популярные форматы:

FLAC (Free Lossless Audio Codec): Один из самых популярных форматов для без потерьного сжатия. Предлагает отличное качество звука и широко поддерживается на различных устройствах и плеерах.

ALAC (Apple Lossless Audio Codec): Формат, разработанный Apple. Он совместим с iTunes и устройствами Apple.

WAV (Waveform Audio File Format): Формат, который обычно не сжимает аудио данные и сохраняет их в исходном виде. Часто используется в профессиональном аудио и видео производстве.

AIFF (Audio Interchange File Format): Формат, разработанный Apple, аналогичный WAV. Широко используется в музыкальной индустрии.

Примеры использования:

Профессиональное аудио: Записи и обработки в студиях звукозаписи часто используют без потерьные форматы для сохранения высококачественного звука.

Архивирование: Музыкальные коллекционеры и аудиофилы используют FLAC или ALAC для сохранения оригинального качества своей коллекции.

8.3 Принципы работы сжатия

1. Анализ частот: Потерьное сжатие часто удаляет или уменьшает частоты, которые считаются менее заметными для человеческого уха, как, например, высокочастотные шумы или низкие частоты.

2. Прогнозирование: использует модели для прогнозирования следующих звуковых данных на основе предыдущих, что позволяет уменьшить количество информации, требуемой для сохранения.

3. Квантование: В потерьном сжатии данные преобразуются в более компактный формат, что может привести к потере точности, но позволяет сократить размер файла.

4. Кодирование: применяет алгоритмы для представления данных в более сжатом виде, уменьшая их объём.

5. Декодирование: при воспроизведении сжатого файла данные преобразуются обратно в звуковой сигнал.

8.4 Выбор формата

Для стриминга и загрузки: потерьные форматы (MP3, AAC) предлагают хороший компромисс между качеством и размером.

Для профессиональной работы и хранения: без потерьные форматы (FLAC, WAV) обеспечивают максимальное качество, необходимое для дальнейшей обработки или архивирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цифровая обработка звука является неотъемлемой частью современной жизни, обеспечивая высокий уровень качества и удобства работы с аудиосигналами. Благодаря развитию технологий цифровая обработка звука значительно расширила свои возможности, предоставив мощные инструменты для создания, анализа, редактирования и передачи аудиоданных.

Изучение основных методов обработки звука, таких как дискретизация, фильтрация, шумоподавление и сжатие, позволяет глубже понять принципы работы современных аудиосистем. Применение этих технологий находит отражение в самых разных сферах: от индустрии развлечений и телекоммуникаций до медицинской диагностики и образовательных приложений.

Таким образом, цифровая обработка звука не только открывает новые горизонты для научных исследований, но и активно влияет на повседневную жизнь, делая её комфортнее и насыщеннее. Постоянное развитие этой области обещает дальнейшие инновации, которые помогут ещё больше улучшить способы работы с аудиосигналами.

Список использованных источников

1. Опенгейм А. В., Шафер Р. В. Цифровая обработка сигналов. Мир, 1979.
2. Дмитриев В. А. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие. Лаборатория знаний, 2013.
3. Мюллер М. Fundamentals of Music Processing: Audio, Analysis, Algorithms, Applications. Springer, 2015.
4. Рэбинар Л., Голд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. Мир, 1978.
5. Nika Aldrich. Digital Audio Explained: For the Audio Engineer. CreateSpace, 2004.
6. John Watkinson. The Art of Digital Audio. Oxford ; Boston, 2001.
7. Исследование звука: удаление шумов / Хабр [Электронный ресурс]. Доступно на: <https://habr.com/ru/articles/793608/>.
8. Обзор методов улучшения речи и шумоподавления: от классики к SotA / Хабр [Электронный ресурс]. Доступно на: https://habr.com/ru/companies/ru_mts/articles/584308/.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе прохождения практики я ознакомился со стандартом оформления студенческой работы, мной были изучены основы работы с системой компьютерной вёрстки L^AT_EX, свёрстаны реферат и отчёт об учебной практике.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 LaTeX – Википедия [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/LaTeX> (дата обращения: 23.12.2022)
- 2 СТО 1.04.01 – 2019 «КУРСОВЫЕ РАБОТЫ (ПРОЕКТЫ) И ВЫПУСКНЫЕ КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ РАБОТЫ. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ, СТРУКТУРА И ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ» [Электронный ресурс] URL: https://www.sgu.ru/sites/default/files/documents/2021/oformlenie_kursovyyh_i_diplomnyh_rabot.pdf (дата обращения: 23.12.2022)
- 3 Воронцов К.В. LaTeX2ε в примерах [Электронный ресурс] URL: <http://www.ccas.ru/voron/download/voron05latex.pdf> (дата обращения: 23.12.2022)
- 4 Столяров А.В. Сверстай диплом красиво: LaTeX за три дня [Электронный ресурс] URL: <http://www.stolyarov.info/books/pdf/latex3days.pdf> (дата обращения: 23.12.2022)
- 5 LaTeX – Wikibooks, open books for an open world [Электронный ресурс] URL: <https://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX> (дата обращения: 23.12.2022)
- 6 Опенгейм А. В., Шафер Р. В. Цифровая обработка сигналов. Мир, 1979.
- 7 Рэбинар Л., Голд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. Мир, 1978.
- 8 John Watkinson. The Art of Digital Audio. Oxford ; Boston, 2001.
- 9 Nika Aldrich. Digital Audio Explained: For the Audio Engineer. CreateSpace, 2004.
- 10 Обзор методов улучшения речи и шумоподавления: от классики к SotA / Хабр [Электронный ресурс] URL: https://habr.com/ru/companies/ru_mts/articles/584308/ (дата обращения: 13.11.2024)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Исходный код документа

```
\begin{Verbatim}[fontsize=\small, numbers=left]
\documentclass[bachelor, och, referat]{SCWorks}
% параметр — тип обучения — одно из значений:
%   spec      — специальность
%   bachelor  — бакалавриат (по умолчанию)
%   master    — магистратура
% параметр — форма обучения — одно из значений:
%   och       — очное (по умолчанию)
%   zaoch     — заочное
% параметр — тип работы — одно из значений:
%   referat   — реферат
%   coursework — курсовая работа (по умолчанию)
%   diploma   — дипломная работа
%   pract     — отчет по практике
%   pract     — отчет о научно-исследовательской работе
%   autoref   — автореферат выпускной работы
%   assignment — задание на выпускную квалификационную
    работу
%   review    — отзыв руководителя
%   critique  — рецензия на выпускную работу
% параметр — включение шрифта
%   times     — включение шрифта Times New Roman (если
    установлен)
%               по умолчанию выключен
\usepackage[T2A]{fontenc}
\usepackage[cp1251]{inputenc}
\usepackage{graphicx}

\usepackage[sort, compress]{cite}
\usepackage{amsmath}
\usepackage{amssymb}
\usepackage{amsthm}
```



```

\usepackage{fancyvrb}
\usepackage{longtable}
\usepackage{array}
\usepackage[english , russian]{babel}
\usepackage{caption}
\captionsetup[figure]{font= normalsize , labelfont=
    normalsize}


\usepackage[colorlinks=true]{hyperref}


\usepackage{caption}
\captionsetup[figure]{font= normalsize , labelfont=
    normalsize}


\begin{document}

    % Кафедра (в родительном падеже)
    \chair{дискретной математики и информационных
        технологий}

    % Тема работы
    \title{Тема реферата}

    % Курс
    \course{2}

    % Группа
    \group{221}

    % Факультет (в родительном падеже) (по умолчанию "
        факультета КНиИТ")
    %\department{факультета КНиИТ}

```

```

% Специальность/направление код — наименование
%\napravlenie{02.03.02 "—— Фундаментальная
информатика и информационные технологии}
%\napravlenie{02.03.01 "—— Математическое
обеспечение и администрирование информационных
систем}
\nappravlenie{09.03.01 "—— Информатика и
вычислительная техника}
%\napravlenie{09.03.04 "—— Программная инженерия}
%\napravlenie{10.05.01 "—— Компьютерная
безопасность}

% Для студентки. Для работы студента следующая
команда не нужна.
%\studenttitle{Студентки}

% Фамилия, имя, отчество в родительном падеже
\author{Иванова Ивана Ивановича}

% Заведующий кафедрой
\chtitle{доцент, к.\,ф.—м.\,н.} % степень, звание
\chname{Л.\,Б.\,Тяпаев}

%Научный руководитель (для реферата преподаватель
проверяющий работу)
\satitle{старший преподаватель} %должность,
степень, звание
\saname{М.\,В.\,Белоконь}

% Семестр (только для практики, для остальных
% типов работ не используется)
\term{3}

```

```

% Наименование практики (только для практики, для
    остальных
% типов работ не используется)
\practtype{Преддипломная}

% Продолжительность практики (количество недель) (
    только для практики,
% для остальных типов работ не используется)
\duration{4}

% Даты начала и окончания практики (только для
    практики, для остальных
% типов работ не используется)
\practStart{30.04.2021}
\practFinish{27.05.2021}

% Год выполнения отчета
\date{2023}

\maketitle

% Включение нумерации рисунков, формул и таблиц по
    разделам
% (по умолчанию — нумерация сквозная)
% (допускается оба вида нумерации)
%\secNumbering

\tableofcontents

% Раздел "Обозначения и сокращения". Может
    отсутствовать в работе

```

```

\abbreviations
\begin{description}
    \item  $|A|$  "—— количество элементов в
        конечном множестве  $A$ ";
    \item  $\det B$  "—— определитель матрицы
         $B$ ";
    \item ИНС "—— Искусственная нейронная
        сеть;
    \item FANN "—— Feedforward Artifitial
        Neural Network
\end{description}

```

```

% Раздел "Определения". Может отсутствовать в
    работе

```

```

%\definitions

```

```

% Раздел "Определения, обозначения и сокращения".
    Может отсутствовать в работе.

```

```

% Если присутствует, то заменяет собой разделы "
    Обозначения и сокращения" и "Определения"

```

```

%\defabbr

```

```

% Раздел "Введение"

```

```

\intro

```

```

Целью настоящей работы является создание примера
    оформления студенческой работы средствами системы
        \LaTeX.

```

```

Поставлена задача оформить документ в соответствии
    :

```

```

\begin{itemize}
    \item со стандартом СТО 1.04.01—2012
        Порядком выполнения, структурой и

```

правилами оформления курсовых работ (проектов)
 и выпускных квалификационных работ,
 принятых в Саратовском государственном
 университете в 2012 году;
 \item с правилами оформления титульного
 листа отчета о прохождении практики в
 соответствии со стандартом СТО 1.01–2005.
 \end{itemize}

Изложенный ниже текст не имеет особого смысла и
 приведен только для демонстрации оформления своих
 элементов.

\section{Пример оформления текста}
 \subsection{Пример основных элементов
 математического текста}

Внутритекстовая формула $\frac{1}{\varepsilon^*} = \frac{1}{\varepsilon_{\infty}} - \frac{1}{\varepsilon_0}$.

Пример одиночной ссылки на литературу~\cite{1}.

Пример множественной ссылки на
 литературу~\cite{2}

.
 \begin{equation}
 F(x) = \int \limits_a^b f(x) \, dx.
 \end{equation}

Ссылка на рисунок~\ref{fig:f}.

\begin{figure}[!ht]
 \centering
 \includegraphics[width=6cm]{101.png}
 \caption{\label{fig:f}%

Подпись к рисунку}
 \end{figure}

Если разность энергий электронно-дырочных уровней $E_2 - E_1$ близка к энергии предельного оптического фонона $\hbar\Omega_{LO}$, то в разложении волновых функций полного гамильтониана можно ограничиться нулевым приближением для всех состояний, за исключением близких по значению к E_2 . Волновые функции последних представляют собой следующие комбинации почти вырожденных состояний [3].

$\subsection{Еще элементы математического текста}$

Нейрон является составной частью нейронной сети.

Он состоит из элементов трех типов: умножителей (синапсов), сумматора и нелинейного преобразователя. Синапсы осуществляют связь между нейронами, умножают входной сигнал на число, характеризующее силу связи (вес синапса). Сумматор выполняет сложение сигналов, поступающих по синаптическим связям от других нейронов, и внешних входных сигналов. Нелинейный преобразователь реализует нелинейную функцию одного аргумента — выхода сумматора.

Эта функция называется функцией активации или передаточной функцией. На рисунке \ref{neuron} приведено

строение одного нейрона.

Нейрон в целом реализует скалярную функцию
векторного аргумента.

Математическая модель нейрона:

$$s = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b,$$

$$y = f(s),$$

где w_i — вес синапса; $i = 1, \dots, n$;

b — значение

смещения; s — результат суммирования; x_i —
— i -тый

компонент входного вектора (входной сигнал),
 $i = 1, \dots, n$;

y — выходной сигнал нейрона; n — число
входов нейрона;

$f(s)$ — нелинейное преобразование (функция
активации).

```
\begin{figure}[ht]
    \centering
    \includegraphics{101.png}
    \caption{Нейрон}\label{neuron}
\end{figure}
```

В качестве функции активации нейронов берут обычно
одну из
следующих:

```
\begin{itemize}
    \item пороговая функция активации;
    \item экспоненциальная сигмоида;
    \item рациональная сигмоида;
```

\item гиперболический тангенс.
\end{itemize}

Данные функции активации обладают таким важным свойством как нелинейность. Нелинейность функции активации принципиальна для построения нейронных сетей. Если бы нейроны были линейными элементами, то любая последовательность нейронов также производила бы линейное преобразование и вся нейронная сеть была бы эквивалентна одному нейрону (или одному слою нейронов в случае нескольких выходов). Нелинейность разрушает суперпозицию и приводит к тому, что возможности нейросети существенно выше возможностей отдельных нейронов.

\subsection{Снова математический текст}

Опишем самую популярную архитектуру "—— многослойный персептрон с последовательными связями и сигмоидальной функцией активации (\foreignlanguage{english}{Feedforward Artifitial Neural Network, FANN}).

В многослойных нейронных сетях с последовательными связями нейроны делятся на группы с общим входным сигналом "—— слои. Стандартная сеть состоит из L слоев, пронумерованных слева

направо. Каждый
 слой содержит совокупность нейронов с едиными
 входными сигналами.
 Внешние входные сигналы подаются на входы нейронов
 входного слоя
 (его часто нумеруют как нулевой), а выходами сети
 являются
 выходные сигналы последнего слоя. Кроме входного и
 выходного слоев
 в многослойной нейронной сети есть один или
 несколько скрытых
 слоев, соединенных последовательно в прямом
 направлении и не
 содержащих связей между элементами внутри слоя и
 обратных связей
 между слоями. Число нейронов в слое может быть
 любым и не зависит
 от количества нейронов в других слоях. Архитектура
 нейронной сети
 прямого распространения сигнала приведена на
 рисунке [\ref{net1}](#).

На каждый нейрон первого слоя подаются все
 элементы внешнего
 входного сигнала. Все выходы нейронов i -го слоя
 подаются на
 каждый нейрон слоя $i+1$.

Нейроны выполняют взвешенное суммирование
 элементов входных
 сигналов. К сумме прибавляется смещение нейрона.
 Над результатом
 суммирования выполняется нелинейное преобразование
 "—— функция

активации (передаточная функция). Значение функции активации есть выход нейрона. Приведем схему многослойного персептрона. Нейроны представлены кружками, связи между нейронами — линиями со стрелками.

```
\begin{figure}[ht]
    \centering
    \includegraphics{101.png}
    \caption{Архитектура многослойной сети
        прямого
        распространения}\label{net1}
\end{figure}
```

Функционирование сети выполняется в соответствии с формулами:

$$s_j^{\left[k \right]} = \sum_{i=1}^{N_k-1} \{w_{ji}^{\left[k \right]} y_i^{\left[k-1 \right]} + b_j^{\left[k \right]}\}, \quad j = 1, \dots, N_k, \quad k = 1, \dots, L;$$

$$y_j^{\left[k \right]} = f(s_j^{\left[k \right]}), \quad j = 1, \dots, N_k, \quad k = 1, \dots, L-1,$$

$$y_j^{\left[L \right]} = s_j^{\left[L \right]},$$

где

```
\begin{itemize}
\item
 $y_i^{\left[ k - 1 \right]}$  —
    выходной сигнал  $i$ -го нейрона
 $(k - 1)$ -го слоя; \item  $w_{ji}^{\left[ k \right]}$  —
    вес связи
    между  $j$ -м нейроном слоя  $(k - 1)$  и  $i$ -м
    нейроном  $k$ -го
    слоя;
\item
 $b_j^{\left[ k \right]}$  — значение
    смещения  $j$ -го
    нейрона  $k$ -го слоя;
\item
 $y = f(s)$  — функция активации;
\item
 $y_j^{\left[ k \right]}$  — выходной
    сигнал  $j$ -го
    нейрона  $k$ -го слоя;
\item
 $N_k$  — число узлов слоя  $k$ ;
\item
 $L$  — общее число основных слоев;
\item
 $n = N_0$  — размерность входного
    вектора;
\item
 $m = N_L$  —
    размерность выходного вектора сети.
\end{itemize}
```

На рисунке~\ref{net2} представлена сеть прямого распространения

сигнала с 5 входами, 3 нейронами в скрытом слое и 2 нейронами в выходном слое.

```
\begin{figure}[hb]
    \centering
    \includegraphics{102.png}
    \caption{Пример нейронной сети}\label{net2}
}
\end{figure}
```

```
\section{Раздел с подразделами}
\subsection{Текст с формулами и леммой}
```

Обозначим $[y_0, y_1, \ldots, y_p; f]$ разделенную разность порядка p функции f по узлам $y_0 < y_1 < \ldots < y_p$.

Обозначим $L_{pf}(x; y_0, y_1, \ldots, y_p)$ интерполяционный полином Ньютона функции f по узлам y_0, y_1, \ldots, y_p :

```
\begin{proof}
    Возьмем  $x \in [x_{p-(2k+1)}, x_{p-2k}]$ ,  $\backslash$ 
     $\backslash k=0, \ldots, \left\lfloor p/2 \right\rfloor$ .
    \right]
```

Из условия леммы следует, что

```
\begin{displaymath}
    [x_0, \ldots, x_{p-(2k+1)}, x, x_{p-2k}
    \ldots, x_p; f] \geqslant
    0,
\end{displaymath}
```

Из равенства

$$\Delta_p f(x; x_0, \dots, x_p) = (L_{pf}(x; x_0, \dots, x_p) - f(x)) \prod_{\{0 \leq i < j \leq p\}} (x_j - x_i).$$

и следует, что

$$L_{pf}(x; x_0, \dots, x_p) \geq f(x).$$

С учетом условия леммы мы получаем утверждение.

\square

Название другого подраздела

Более мелкий подраздел

Если разность энергий электронно-дырочных уровней $E_2 - E_1$ близка к энергии предельного оптического фонона $\hbar\Omega_{LO}$, то в разложении волновых функций полного гамильтониана можно ограничиться нулевым приближением для всех состояний, за исключением близких по значению к E_2 .

Текст с таблицей

В таблице [\ref{table-1}](#) представлены результаты сокращения словарей неисправностей для схем из каталога ISCAS'89.

```

\begin{table}[!ht]
\small
\caption{Результат сокращения словарей
неисправностей при помощи масок} \label{
table-1}
\begin{tabular}{|l|c|c|c|c|r|r|r|}
\hline 1 & 2& 3& 4& 5& 6& 7& 8\\
\hline S298 & 177 & 1932 & 341964
& 61 & 10797 & 3,16\% & 0,61\\
\hline S344 & 240 & 1397 & 335280
& 59 & 14160 & 4,22\% & 0,53\\
\hline S349 & 243 & 1474 & 358182
& 62 & 15066 & 4,21\% & 0,60\\
\hline S382 & 190 & 12444 &
2364360 & 55 & 10450 & 0,44\% &
3,78\\
\hline S386 & 274 & 2002 & 548548
& 91 & 24934 & 4,55\% & 1,40\\
\hline S400 & 194 & 13284 &
2577096 & 58 & 11252 & 0,44\% &
4,28\\
\hline S444 & 191 & 13440 &
2567040 & 60 & 11460 & 0,45\% &
4,26\\
\hline S510 & 446 & 700 & 312200 &
70 & 31220 & 10,00\% & 0,63\\
\hline S526 & 138 & 13548 &
1869624 & 38 & 5244 & 0,28\% &
2,41\\
\hline S641 & 345 & 5016 & 1730520
& 132 & 45540 & 2,63\% & 7,06\\
\hline S713 & 343 & 3979 & 1364797
& 131 & 44933 & 3,29\% & 5,61\\
\hline S820 & 712 & 21185 &

```

```

15083720 & 244 & 173728 & 1,15\%
& 126,99\\
\hline S832 & 719 & 21603 &
15532557 & 253 & 181907 & 1,17\%
& 135,18\\
\hline S953 & 326 & 322 & 104972 &
91 & 29666 & 28,26\% & 0,27\\
\hline S1423 & 293 & 750 & 219750
& 93 & 27249 & 12,40\% & 0,57\\
\hline S1488 & 1359 & 22230 &
30210570 & 384 & 521856 & 1,73\%
& 541,69\\
\hline
\end{tabular}
\end{table}

```

`\subsubsection{Текст с кодом программы}`

Термин <<разреженная матрица>> впервые был предложен Гарри Марковицем. В 1989 он был награжден премией имени Джона фон Неймана в том числе и за вклад в теорию методов для разреженных матриц.

В большинстве источников, разреженной матрицей называется матрица, в которой мало ненулевых элементов. Это нельзя назвать определением из-за слова <<мало>>. В понятие разреженной матрицы определяется так: <<Мы можем называть матрицу разреженной, если применение к ней методов, описываемых в книге, экономит память и/или время>>. Таким образом, следует дать определение алгоритму для разреженных матриц. Алгоритмом для разреженных матриц будем называть алгоритм, у которого время работы и необходимый объем памяти

зависят от количества ненулевых элементов в матрице.

Размерность квадратной матрицы A будем обозначать n , а количество ненулевых элементов в ней $|A|$.

Плотные матрицы обычно хранятся в качестве двумерного массива $n \times n$. Будем обозначать такой массив a . Разреженные матрицы не стоит хранить таким способом из-за слишком большого потребления памяти, которая будет занята в основном нулевыми элементами.

Один из вариантов представления разреженных матриц в памяти компьютера — в виде трех массивов: `\verb"column"`, `\verb"value"` и `\verb"rowIndex"`. Размеры массивов `\verb"column"` и `\verb"value"` равны $|A|$. Размер `\verb"rowIndex"` равен $n+1$. Ненулевые элементы матрицы A хранятся последовательно по строкам в этих массивах. Элемент `\verb"column[i]"` содержит номер столбца, в котором содержится `\verb"i"`-й ненулевой элемент, а `\verb"value[i]"` — его величину. Массив `\verb"rowIndex[i]"` содержит в себе индекс первого ненулевого элемента `\verb"i"`-й строки. Все ненулевые элементы `\verb"i"`-й строки содержатся в массивах `\verb"column"` и `\verb"value"` в элементах с индексами от `\verb"rowIndex[i]"` по `\verb"rowIndex[i + 1] - 1"`. Для удобства полагают `\verb"rowIndex[" n \verb"]" $=|A|$`.

Для примера рассмотрим следующую матрицу:

`\[`


```

\left (
\begin{matrix}
1 & 0 & 5 & 0 & 0 \\
0 & 2 & 7 & 4 & 0 \\
0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
9 & 6 & 0 & 3 & 0 \\
0 & 0 & 3 & 0 & 5
\end{matrix}
\right )
\]

```

Массивы `\verb"column"`, `\verb"value"` и `\verb"rowIndex"` для этой матрицы представлены в таблице `\ref{tab:mat-arrays}`.

```

\begin{table}[ht]\small
\caption{Массивы \texttt{column}, \texttt{value} и \texttt{rowIndex}}\label{tab:mat-arrays}
\begin{tabular}{|l|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|}
\cline{2-13}
\multicolumn{1}{c|}{} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 \\
\cline{2-13}\hline
\verb"column" & 0 & 2 & 1 & 2 & 3 & 2 & 0 & 1 & 3 & 2 & 4 & \\
\hline\hline
\verb"value" & 1 & 5 & 2 & 7 & 4 & 1 & 9 & 6 & 3 & 3 & 5 & \\
\hline\hline
\verb"rowIndex" & 0 & 2 & 5 & 6 & 9 & 11 & & & & & & \\
\hline
\end{tabular}
\end{table}

```

Неизвестный вектор и вектор правой части хранятся в виде массивов размера n . Массив неизвестного вектора обозначают `\verb"x"`, а массив правой части `\verb"rhs"`.

Рассмотрим пример алгоритма для разреженных матриц. Алгоритм решения СЛАУ, представленной нижнетреугольной матрицей `\verb"a"`, можно реализовать двумя вложенными циклами по `\verb"n"`:

```
\begin{Verbatim}[fontsize=\small, numbers=left]
    for(int i = 0; i <= n; ++i){
        x[i] = rhs[i];
        for(int j = 0; j <= i; ++j)
            x[i] -= a[i][j] * x[j];
        x[i] /= a[i][i];
    }
```

Но, если матрица `\verb"a"` хранится в разреженном виде, то в данном алгоритме можно проходить только по ненулевым элементам `\verb"a"`:

```
\begin{Verbatim}[fontsize=\small, numbers=left]
    for(int i = 0; i <= n; ++i){
        x[i] = rhs[i];
        for(int j = rowIndex[i]; j <=
            rowIndex[i + 1] - 1; ++j)
            x[i] -= value[j] * x[column[j]];
        x[i] /= value[rowIndex[i + 1] - 1];
    }
```

В первом случае оценка времени работы будет $O(n^2)$, а во втором $O(|A|)$.

Методы для разреженных матриц основаны на
следующих главных принципах:

```
\begin{enumerate}
  \item Хранятся только ненулевые элементы
        матрицы.
  \item Выполняются только те
        преобразования, которые действительно что
        "то изменяют. В примере не имеет смысла
        вычитать из \verb"x[i]" значение \verb"x[
j]*a[i][j]", если \verb"a[i][j]" равно
        нулю.
  \item Число <<новых элементов>>,
        возникающих, например, во время
        исключения Гаусса, стараются уменьшить
        путем перестановок строк и столбцов
        матрицы.
\end{enumerate}
```

Пример оформления рисунка с 3-мя секциями показан
на рисунке `\ref{5}` (а, б, в).

```
\begin{figure}[hb]
  \centering
  \includegraphics{103.png}
  \caption{Архитектура многослойной сети
        прямого
        распространения: а) название
        подрисунка а б) название
        подрисунка б в) название
        подрисунка в}\label{5}
\end{figure}
```

Пример оформления рисунка с 3-мя секциями показан на рисунке `\ref{ris}` (а, б, в).

```

\begin{figure}[hb]
    \begin{minipage}[h]{0.32\linewidth}
        \center{\includegraphics[width
            =0.7\linewidth]{101.png}}
    \end{minipage}
    \hfill
    \begin{minipage}[h]{0.32\linewidth}
        \center{\includegraphics[width
            =0.7\linewidth]{101.png}}
    \end{minipage}
    \hfill
    \begin{minipage}[h]{0.32\linewidth}
        \center{\includegraphics[width
            =0.7\linewidth]{101.png}}
    \end{minipage}
    \begin{minipage}[h]{1\linewidth}
        \begin{tabular}{p{0.32\linewidth}p{0.32\linewidth}p{0.32\linewidth}}
            \centering а) & \centering
                б) & \centering в) \\
        \end{tabular}
    \end{minipage}
    \vspace*{-1cm}

    \caption{Пример оформления: а) подрисунка
        а, б)
            подрисунка б, в) подрисунка в.}
    \label{ris}
\end{figure}

```

```
% Раздел "Заключение"
```

```
\conclusion
```

В настоящей работы приведен пример оформления студенческой работы средствами системы `\LaTeX`.

Показано, как можно оформить документ в соответствии:

```
\begin{itemize}
```

```
\item с правилами оформления курсовых и  
выпускных квалификационных работ,  
принятых в Саратовском государственном  
университете в 2012 году;
```

```
\item с правилами оформления титульного  
листа отчета о прохождении практики в  
соответствии со стандартом.
```

```
\end{itemize}
```

```
%Библиографический список, составленный вручную,  
без использования BibTeX
```

```
%
```

```
\begin{thebibliography}{99}
```

```
\bibitem {1} Машинное зрение. Что это и  
как им пользоваться? Обработка  
изображений оптического источника: [  
Электронный ресурс] URL: https://habr.com/ru/post/350918/(дата обращения:  
20.04.2021)
```

```
\label{1}
```

```
\bibitem {2} Гудков, В. А. Исследование  
молекулярной и надмолекулярной структуры  
ряда жидкокристаллических полимеров / В.  
А. Гудков // Журн. структур, химии. 1991.  
Т. 32, № 4. С. 86—91.
```

```
\label{2}
```

```

\label{3}
\begin{figure}
\begin{caption}
\text{Обработка и анализ цифровых
изображений с примерами на LabVIEW IMAQ
Vision / Визильтер Ю. В., Желтов С. Ю.,
Князь В. А., Ходарев А. Н., Моржин А. В.
-- М.: ДМК Пресс, 2009. 464 с.}
\end{caption}
\end{figure}

```

```

\end{thebibliography}

```

```

%Библиографический список, составленный с помощью
BibTeX

```

```

%
%\bibliographystyle{gost780uv}
%\bibliography{thesis}

```

```

% Окончание основного документа и начало
приложений

```

```

% Каждая последующая секция документа будет
являться приложением
\appendix

```

```

\section{Нумеруемые объекты в приложении}

```

```

\newpage

```

```

\begin{figure}

```

```

\text{Реферат "Тема реферата" \ выполнен мною
самостоятельно, и на все источники,
имеющиеся в реферате, даны
соответствующие ссылки.}

```

```

\end{figure}

```


Отчет о практике выполнен мною самостоятельно, и на все источники, имеющиеся в отчете, даны соответствующие ссылки.

подпись, дата

инициалы, фамилия