**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»**

**(СПбГЭТУ “ЛЭТИ”)**

|  |  |
| --- | --- |
| **Направление** | 09.04.01 Информатика и вычислительная техника |
| **Программа** | Программное обеспечение информационных и вычислительных систем |
| **Факультет** | ФКТИ |
| **Кафедра** | ВТ |
| *К защите допустить* |  |
| Зав. кафедрой | Куприянов М. С. |

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРА**

**Тема: Автоматизация процесса анализа спектральных**

**графиков тремора рук**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Студент |  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |  | Боевец А. А. |
|  |  | подпись |  |  |
| Руководитель | д.т.н., профессор | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |  | Шичкина Ю. А. |
|  |  | подпись |  |  |

Санкт-Петербург

2023

**ЗАДАНИЕ**

**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | Утверждаю | | |
|  | | Зав. кафедрой ВТ | | |
|  | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Куприянов М. С. | | |
|  | | “\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. | | |
| Студент | Боевец А. А. | Группа |  | 7308 |
| Тема работы:  Место выполнения ВКР:  Исходные данные (технические требования):  Содержание ВКР  Перечень отчетных материалов:  Дополнительные разделы: | | | | |
| Дата выдачи задания | | Дата представления ВКР к защите | | |
| “\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. | | “\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. | | |
| Студент |  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |  | Боевец А. А. |
|  |  | подпись |  |  |
| Руководитель | д.т.н., профессор | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |  | Шичкина Ю. А. |
|  |  | подпись |  |  |

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ВЫПОЛНЕНИЯ**

**ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | Утверждаю | | |
|  | | Зав. кафедрой ВТ | | |
|  | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Куприянов М. С. | | |
|  | | “\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. | | |
| Студент | Боевец А. А. | Группа |  | 7308 |
| Тема работы: Автоматизация процесса анализа спектральных графиков тремора рук | | | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование работ | Срок выполнения |
| 1 | Обзор литературы по теме работы | 01.02.2023 - 07.02.2023 |
| 2 | Изучение методов анализа спектральных графиков тремора рук | 08.02.2023 - 28.02.2023 |
| 3 | [Реализация и тестирование методов анализа спектральных графиков](#_aci07yhpd0a) тремора рук | 01.03.2023 - 30.04.2023 |
| 4 | Составление бизнес-плана по коммерциализации результатов НИР магистранта | 01.05.2023 - 14.05.2023 |
| 5 | Оформление пояснительной записки | 15.05.2023 - 21.05.2023 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Студент |  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |  | Боевец А. А. |
|  |  | подпись |  |  |
| Руководитель | д.т.н., профессор | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |  | Шичкина Ю. А. |
|  |  | подпись |  |  |

**РЕФЕРАТ**

Пояснительная записка содержит хх страниц, хх рисунков, 13 таблиц и хх источников.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА АНАЛИЗА, ТРЕМОР РУК, СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРЕМОРА, АНАЛИЗ СПЕКТРАЛЬНЫХ ГРАФИКОВ

Объектом исследования являются спектральные графики тремора рук.

Предметом исследования являются методы анализа спектральных графиков тремора рук.

Цель работы - реализация анализа спектральных графиков тремора рук.

Метод выполнения работы определяется следующей последовательностью задач:

1. Сравнительный анализ методов исследования тремора.

2. Разработка алгоритмов анализа сравнения графиков тремора рук.

3. Создание программного модуля для анализа спектральных графиков.

4. Тестирование разработанной программы.

В результате была решена задача разработки программы, направленной на автоматизацию процесса анализа спектральных графиков тремора рук.

**ABSTRACT**

СОДЕРЖАНИЕ

[Определения, обозначения и сокращения 9](#_Toc133607636)

[ВВЕДЕНИЕ 10](#_Toc133607637)

[1. Особенности тремора рук и методы исследования 13](#_Toc133607638)

[1.1 Характеристики тремора 13](#_Toc133607639)

[1.2 Методы исследования тремора 14](#_Toc133607640)

[1.2.1 Электромиография 14](#_Toc133607641)

[1.2.2 Акселерометры 16](#_Toc133607642)

[1.2.3 Гироскопы 17](#_Toc133607643)

[1.2.4 Видеоролики 18](#_Toc133607644)

[1.2.5 Носимый ортез 19](#_Toc133607645)

[1.2.6 Тензометрический треморограф 19](#_Toc133607646)

[1.3 Процедура измерения параметров тремора с помощью тензометрического треморографа 20](#_Toc133607647)

[1.4 Результаты тестирования пациентов 22](#_Toc133607648)

[2 Методы анализа спектральных графиков тремора рук 25](#_Toc133607649)

[2.1 Преобразование сигнала 25](#_Toc133607650)

[2.2 Сглаживание рядов 26](#_Toc133607651)

[2.3 Оценка схожести 28](#_Toc133607652)

[3 Разработка программного модуля для сравнения спектральных графиков тремора рук 32](#_Toc133607653)

[3.1 Архитектура программного обеспечения 32](#_Toc133607654)

[3.2 Используемые библиотеки и инструменты 32](#_Toc133607655)

[3.3 Разработка модуля анализа спектральных графиков 33](#_Toc133607656)

[3.3.1 Модуль чтения и обработки данных 33](#_Toc133607657)

[3.3.2 Модуль анализа данных 34](#_Toc133607658)

[3.3.3 Модуль для визуализации результатов 36](#_Toc133607659)

[3.3.1 Разработка методов анализа 37](#_Toc133607660)

[3.4 Результаты разработки 41](#_Toc133607661)

[4 Составление бизнес-плана по коммерциализации результатов НИР магистранта 42](#_Toc133607662)

[4.1 Резюме проекта 42](#_Toc133607663)

[4.2 Описание продукции 43](#_Toc133607664)

[4.3 Анализ рынка сбыта продукции 43](#_Toc133607665)

[4.4 Анализ конкурентов 44](#_Toc133607666)

[4.5 План маркетинга 46](#_Toc133607667)

[4.5.1 План продаж 46](#_Toc133607668)

[4.5.3 Стратегия маркетинга 47](#_Toc133607669)

[4.6 План производства 48](#_Toc133607670)

[4.6.1 Инвестиционные затраты 49](#_Toc133607671)

[4.6.2 Затраты по статье «материалы» 49](#_Toc133607672)

[Таким образом, затраты на материалы составляют 3 500 рублей в год. 50](#_Toc133607673)

[4.6.3 Затраты на оплату труда 50](#_Toc133607674)

[4.6.4 Общепроизводственные затраты 51](#_Toc133607675)

[4.6.6 Себестоимость проекта 54](#_Toc133607676)

[4.7 Финансовый план 55](#_Toc133607677)

[4.7.1 План прибыли и убытков 55](#_Toc133607678)

[7.7.2 План движения денежных средств 57](#_Toc133607679)

[4.8 Вывод 57](#_Toc133607680)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 58](#_Toc133607681)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 59](#_Toc133607682)

[ПРИЛОЖЕНИЕ А 62](#_Toc133607683)

# Определения, обозначения и сокращения

В данной работе применяются следующие термины с соответствующими определениями:

Гиперкинез – патологические, непроизвольные движения;

ПМ – программный модуль;

ПТ – патологический тремор;

ФТ – физиологический тремор;

ЦНС – центральной нервной системы;

ЭМГ – электромиография;

DFT – Discrete Fourier Transform – дискретное преобразование Фурье;

DTW – Dynamic Time Warping - динамическое трансформация временной шкалы;

EMA - Exponential Moving Average – экспоненциальное скользящее среднее;

FFT – Fast Fourier Transform – быстрое преобразование Фурье;

SMA - Simple Moving Average – простое скользящее среднее.

# ВВЕДЕНИЕ

Тремор – это синдром, являющийся неврологическим признаком, который указывает на ненормальное состояние центральной нервной системы, например, отделов мозга, связанных с движением. Тремор проявляется в виде непроизвольных ритмических колебаний различных участков тела, возникающими из-за повторяющегося сокращения и расслабления мускулатуры. Обычно синдром охватывает руки, голову, стопы. Тремор может быть единственной физической аномалией (изолированный тремор), или может сочетаться с другими неврологическими или системными признаками (комбинированный тремор).

Физиологический тремор (ФТ) можно наблюдать у любого здорового человека. Он представляет собой высокочастотное (8-12 Гц) низкоамплитудное дрожание в руках или любой другой части тела, которое внешне никак не определяется (за исключением случаев усиленного физического тремора).

Патологический тремор (ПТ) в отличие от ФТ виден невооруженным глазом и характеризуется более высокой амплитудой, низкой (реже высокой) частотой и наличием провоцирующих или усиливающих его условий [1].

Зарегистрировать и оценить тремор на ранних стадия можно с помощью треморографа. Применение метода треморографии за последние годы показало свою эффективность в диагностике различных вариантов патологического тремора.

Особую трудность вызывает процесс определения тремора рук из-за однотипного его проявления, особенно в случаях, когда колебания незаметны для глаз человека. Поэтому остро стоит вопрос анализа спектральных графиков тремора рук, чтобы изучить характеристики тремора рук [2].

Объектом исследования являются спектральные графики тремора рук.

Предметом исследования являются методы анализа спектральных графиков тремора рук.

Целью выпускной квалификационной работы магистра является разработка программы для автоматизации анализа спектральных графиков тремора рук.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Произведен сравнительный анализ методов исследования тремора.

2. Разработаны алгоритмы анализа графиков тремора рук.

3. Создана программа для анализа спектральных графиков.

4. Протестирована разработанная программа.

Работа состоит из четырех разделов.

В первом разделе приведена краткая информация о треморе и его видах, характеристиках и методах исследования тремора рук, а также описана процедура измерения параметров непроизвольных колебаний и результаты измерения параметров у пациентов.

Второй раздел содержит информацию об методах анализа данных: преобразование сигнала, методы сглаживания, а также методы сравнения спектральных графиков.

Третий раздел посвящен разработке программы по автоматизации процесса анализа спектральных графиков тремора рук, а именно чтение исходных данных, методы анализа спектральных графиков (сглаживание и сравнение графиков) и отрисовка результатов.

В четвертом разделе составляется бизнес-план по коммерциализации результатам магистерской работы.

Автоматизация процесса анализа спектральных графиков тремора рук у пациентов избавит врачей от рутинной работы, позволит обнаруживать особенности в движении рук, незаметные для глаз человека, повысит точность диагноза, а также уменьшит число медицинских ошибок.

# Особенности тремора рук и методы исследования

## 1.1 Характеристики тремора

Тремор является одним из наиболее частых двигательных расстройств во врачебной практике. Трудности в клинической диагностике тремора обусловлены существованием множества различных вариантов тремора, а также относительно однотипным проявлением тремора при разных поражения нервной системы.

Патологический тремор является наиболее частым гиперкинезом и может возникать как изолированно, так и в сочетании с другими симптомами при различных поражениях нервной системы, при эндокринных, соматических заболеваниях и интоксикациях. Также у каждого человека существует физиологический тремор, который невидим невооруженным глазом из-за незначительной амплитуды, но имеет определенную частоту. При определенных состояниях, например, под действием адреналина, выделяющегося при страхе или волнении, а также при приеме лекарственных средств, физиологический тремор усиливается, становится заметным, но его частота сохраняется [3].

Частота - важнейшая характеристика тремора, поскольку именно частотные характеристики позволяют провести диагностику физиологических и патологических видов тремора, сделать вывод о механизмах генерации тремора при разных формах неврологической патологии и определить лечебную тактику. Таким образом спектральных анализ тремора может быть использован для объективной оценки непроизвольных движений [4].

## Методы исследования тремора

За последние десятилетия было разработано несколько датчиков для мониторинга и анализа тремора. Они предоставляют информацию, которая дополняет клиническую оценку и часто определяет методы лечения, отсюда их критическая роль в области исследования тремора.

Проблема определения местоположения источников генерации тремора внутри организма остается центральной в области исследований тремора. Для определения местоположения источников генерации тремора используются различные методы, которые позволяют не только определить местоположение генераторов тремора в мозге или в мышцах, но и помочь в выборе наиболее эффективного метода лечения.

Методики регистрации движения с использованием датчиков имеют свои достоинства и недостатки:

1. Некоторые датчики способны регистрировать только лишь определенный тип тремора, например, тремор покоя или тремор действия.
2. Датчики регистрируют лишь определенный параметр гиперкинеза, например, только частоту.
3. Датчики могут регистрировать только амплитуду в относительных единицах.

Рассмотрим некоторые методы исследования тремора.

* + 1. Электромиография

Электромиография (ЭМГ) — это высокоточный метод исследования периферических нервов, нервных корешков, а также мышц рук, ног, лица. ЭМГ позволяет оценить электрическую активность мышц, нервов, нервных корешков и сплетений, нервно-мышечных передатчиков (синапсов). Для этого используют специальный прибор электромиограф.

Нервы способны проводить электрический импульс к мышцам, что вызывает сокращение и движение мышечного волокна. При травмах и различных заболеваниях эта проводимость может нарушаться. Электромиограф регистрирует биопотенциалы, которые возникают при сокращении мышцы. Мышечные потенциалы снимаются электродами, усиливаются и преобразуются в таблицы и графики.

ЭМГ позволяет врачу определить точную причину симптомов, возникших у пациента, выявить повреждение нерва или мышцы, уровень этого повреждения, степень выраженности, провести динамическое обследование с целю оценки эффективности лечения, выявить есть ли нарушение в процессе передачи импульса от нерва к мышце, приводящее к патологической утомляемости мышц лица, рук, ног.

Из ЭМГ методик для регистрации тремора применяют поверхностную ЭМГ, игольчатую ЭМГ и длительную ЭМГ.

Поверхностная ЭМГ записывает ритмические электрические сигналы. Для этого датчики закрепляются на коже на уровне интересующей мышцы с помощью самоклеящихся одноразовых электродов или дифференциальных электродов со встроенными предварительными усилителями.  Сигнал, полученный с мышц, преобразуется программой и представляется в виде демодулированной ЭМГ. С помощью данного метода можно различать тремор и пассивные движения конечностей.

Игольчатая ЭМГ - электроды имплантируются в данную мышцу для извлечения характеристик срабатывания двигательных единиц (время срабатывания, частота срабатывания, порог набора, взаимная корреляция скоростей срабатывания сопутствующих двигательных единиц). Анализ продолжительности вспышек ЭМГ-активности может быть полезен для различения различных расстройств.

Длительная ЭМГ - данный метод удобен и весьма надежен для количественной оценки различных видов патологического тремора. Он основан на использовании переносного кассетного записывающего устройства, соединенного с накожными ЭМГ электродами, что позволяет осуществлять непрерывную 24 часовую запись ЭМГ. Длительная ЭМГ регистрация помогает решить проблему получения репрезентативных фрагментов (образцов) анализируемого тремора. При этом могут фиксироваться: частота появления тремора (пропорция времени, в течение которого регистрируется ритмическая ЭМГ активность внутри определенного периода), средняя мощность ЭМГ, частота тремора в пределах конкретного временного интервала и т.д. Несомненным преимуществом данного метода является возможность оценки тремора у пациента, находящегося в привычной домашней обстановке, тогда как в незнакомых лабораторных условиях обычно возрастают напряжение и тревога, что влияет на результат треморографии. Дневные отклонения в выраженности тремора также могут быть адекватно оценены с помощью длительной записи ЭМГ. Метод перспективен и для объективного мониторинга результатов лечения.

* + 1. Акселерометры

Акселерометрия проста, относительно надежна и остается удобным методом измерения частоты и амплитуды колебаний сегментов тела. Датчики закрепляют на коже в заданных анатомических точках, после чего акселерометры регистрируют ускорение, которое отмечается при любом движении. При наличии ускорения датчик формирует конкретный электрический сигнал. Акселерометр функционирует в соответствии со вторым законом Ньютона (сила = масса \* ускорение).

В диагностическом комплексе используют аналогово-цифровой преобразователь, трансформирующий электрические сигналы в цифровые, для их ввода в компьютер при движении. Информация с регистрации ускорения конечностей при треморе отображается в текущем режиме на экране монитора.

Исследования, посвященные применению акселерометрии, показали, что, помимо частотной характеристики тремора, с её помощью можно получать и использовать волновые характеристики дрожания: отношение пиков частотных спектров, временные диаграммы тремора, анализ формы волны тремора.

Использование акселерометрии в диагностике различных видов тремора дает исследователю полную и объективную информацию о частоте, амплитуде и волновых характеристиках дрожания. Этот метод является наиболее перспективным из существующих на данный момент инструментальных способов регистрации тремора ввиду дешевизны отечественных датчиков–акселерометров и точного математического аппарата, лежащего в основе преобразования полученных цифровых данных.

* + 1. Гироскопы

Гироскопы используются для измерения скорости и длины шага, угла наклона суставов нижних конечностей, угловой скорости вращения туловища и углового смещения движений туловища. Их часто выбирают для внедрения в носимые экзоскелеты. Считается, что гироскопы обеспечивают долговременную стабильность, устраняя необходимость в периодической повторной калибровке. Однако недостатком является наличие низкочастотного смещения, в основном из-за температурных воздействий. Стабильность и поведение гироскопа при колебаниях температуры необходимы для долговременной работы. Недорогие “пристегнутые” гироскопы теперь имеют внутреннюю температурную компенсацию, и поэтому вектор смещения медленно колеблется вокруг постоянного среднего значения.

* + 1. Видеоролики

Видеозапись пациентов и компьютеризированные системы видеодетекции движения являются качественными и количественными методами, полезными для анализа двигательных расстройств. Измерительные устройства, основанные на видеоизображении, эффективны при количественной оценке двигательных нарушений в клинических условиях.

Как правило, современные системы имеют не менее двух видеокамер, совмещенных с компьютером, которые могут в реальном времени представить цифровые координаты движения, отслеживаемого с помощью большого числа инфракрасных либо оптических датчиков. Метод калибровки, а также тихая комната для записи обязательны. Следует отметить, что анализ видеозаписей может занять много времени. Это может стать препятствием при оценке неврологических расстройств.

Данный метод имеет ряд преимуществ перед многими другими методами регистрации кинетического компонента тремора.

Немаловажно, что системы видеорегистрации позволяют детально анализировать ходьбу, движения туловища, положение конечностей и других частей тела и т.д. Видеозапись также является ценным учебным пособием для улучшения единообразного применения шкал оценки тремора оценщиками, имеющими разный уровень опыта в лечении двигательных расстройств.

К недостаткам большинства систем видеорегистрации тремора относятся сравнительно длительное время процедуры записи двигательных заданий и особенно обработки данных, недостаточно высокая чувствительность для регистрации мелкоамплитудного и высокочастотного тремора, а также высокая стоимость.

* + 1. Носимый ортез

Область применения носимых датчиков в биоинженерии и медицине быстро растет. Ожидается, что влияние носимых датчиков будет высоким в исследованиях тремора, учитывая необходимость получения точных оценок параметров тремора во время повседневной жизнедеятельности. Носимые датчики могут использоваться для мониторинга двигательных нарушений, оценки колебаний дефицита со временем и реакции на терапию. Болезнь Паркинсона является типичным расстройством, находящимся в стадии исследования.

Количественная оценка тремора может быть достигнута с помощью носимого ортеза, закрепленного на одной верхней конечности. Экзоскелет, действующий параллельно конечности, производит оценку тремора верхних конечностей в режиме реального времени. В ортез могут быть встроены гироскопы или акселерометры для мониторинга тремора.

Основными недостатками носимых ортезов являются вопросы эстетики, косметики и сложность сделать их доступными для каждого человека. Они требуют различных форм и размеров. Необходимы дальнейшие исследования для интеграции датчиков и исполнительных механизмов в удобные текстильные изделия, разработанные таким образом, чтобы их принимали пользователи.

* + 1. Тензометрический треморограф

Тензометрический треморограф, основанный на тензометрическом датчике, предназначен для оценки состояния моторного отдела центральной нервной системы (ЦНС) человека. С помощью данного прибора можно оценить активность моторной системы человека путем регистрации произвольно управляемого изометрического усилия и выделения колебаний этого усилия, как тремора [5].

Область применения приборов, основанных на тензометрических датчиках, довольная обширна. Так тензометрический треморограф может использоваться в неврологии, спортивной медицине, экологии, при профессиональном отборе и профессиональной ориентации.

К преимуществам тензометрического треморографа можно отнести:

1. регистрация и исследование тремора подвижных частей тела человека с высокой степенью достоверности;
2. высокая степень чувствительности, которая позволяет оценить влияние различных факторов на человека с связи с изменением эмоционального состояния;
3. минимальное количество времени обследования.

Актуальность прибора определяется отсутствием специализированных приборов для достоверного анализа тремора с целью оценки моторной функции ЦНС.

Для дальнейшей работы будет использован метод исследования тремора, основанный на изометрических измерениях с помощью тензометрического треморографа. Регистрация параметров тремора заключается в преобразовании смещения объекта датчиками различного рода в выходной электрический сигнал, его предварительной обработке, преобразовании в форму, удобную для хранения и последующего математического анализа. Суть данного метода заключается в регистрации произвольно управляемого усилия с выделением колебаний этого усилия, являющихся непроизвольными.

## 1.3 Процедура измерения параметров тремора с помощью тензометрического треморографа

Процедура заключается в управлении изометрическим напряжением мышц с возможностью слежения за величиной усилия по смещению меток на экране монитора.

Процедура измерения происходит следующим образом.

Испытуемый сидит перед монитором за столом, положив локти на его поверхность, и нажимает пальцами обеих рук на платформы с тензочувствительными датчиками и контролирует свои усилия на установленном перед ним мониторе. Усилие задается оператором и может быть минимальным, максимальным или удерживаться на определенном уровне. На мониторе испытуемый наблюдает метки для правой и левой рук, которые смещаются вдоль вертикальной оси экрана пропорционально прикладываемому усилию. Процедура измерения, а также метки для рук на мониторе представлены на рисунке 1.1.

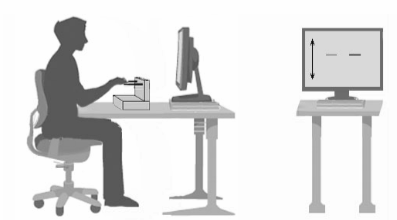


Рисунок 1.1 - Процедура измерения параметров и экран монитора

Задача испытуемого формировать одинаковые усилия для правой и левой руки, то есть метки на экране должны находиться на одном уровне.

Жесткость платформ обеспечивает регистрацию усилия в изометрическом режиме, то есть без видимого смещения пальцев в точке контакта с измерительным элементом.

Усилие преобразуется в аналоговое напряжение, которое через аналого-цифровой преобразователь. Регистрация изометрического усилия производилась в течение 30 с, чтобы получить достаточное количество точек измерений для статистически достоверной оценки параметров временных последовательностей.

## 1.4 Поведение амплитуды спектральных составляющих

Значимые колебания фиксируются на диапазоне от 0 до 16 Гц. В норме амплитуда колебаний изометрического усилия не превышает 2% постоянной составляющей усилия. Типовые спектральные характеристики непроизвольных усилий для здорового человека и пациента с диагнозом паркинсонизм представлены на рисунке 1.2.

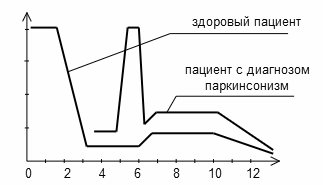


Рисунок 1.2 - Типовые спектральные характеристики непроизвольных усилий для здорового человека и пациента с диагнозом паркинсонизм

Поведение амплитуды спектральных составляющих здорового человека можно описать следующим образом:

1. Диапазон 0 – 2 Гц считают произвольным управлением для выполнения следящих движений. Автоматической регуляции позы соответствуют частоты в диапазоне более 2 Гц.
2. На диапазоне 2 – 3 Гц происходит снижение амплитуды спектральных составляющих.
3. В пределах диапазона 4 – 6 Гц амплитуда сохраняется на минимальном уровне
4. На диапазоне 7 – 10 Гц амплитуда возрастает к максимальным значениям (у разных испытуемых по-разному)
5. После амплитуда снижается до частот 12 – 14 Гц и удерживается на фоновом уровне.

Важно заметить, что у здорового человека максимумы спектральных составляющих в диапазоне 7 – 10 Гц меньше более чем на порядок амплитуды спектральных составляющих в диапазоне 0 – 2 Гц.

При различных патологиях картина может изменяться. Например, при треморной форме паркинсонизма отмечается повышенный уровень активности во всём диапазоне частот, на фоне которого выделяются пиковые составляющие в диапазоне 5-6 Гц, по амплитуде превышающие произвольный компонент в диапазоне 0-2 Гц. При этой и других формах неврологических нарушений изменяется распределение спектральных составляющих и изменяется вид корреляционных функций, отражая нарушение механизмов корково-подкоркового взаимодействия [3].

Из клинических наблюдений известно, что:

1. нарушение активности мозжечка вызывает тремор в области 3–4 Гц;
2. тремор в диапазоне 5-6 Гц регистрируют при болезни Паркинсона, когда нарушено нормальное функционирование структур базальных ганглиев;
3. полагают, что спинной мозг, внутренняя олива, таламус и кора больших полушарий являются только несколькими из возможных источников тремора от 8 до 12 Гц;
4. область частот свыше 12–16 Гц, где спектральная плотность монотонно убывает, определена не циклической активностью, а интерференцией мышечных сокращений двигательных единиц, участвующих в формировании ИУ [7].

Таким образом, для того чтобы сократить и облегчить процесс определения тремора рук, возникает необходимость автоматизировать процесс анализа спектральных характеристик тремора рук. Также данный функционал позволит врачам медицинских учреждений уменьшить риск определения неправильного диагноза пациента из-за человеческого фактора.

# 2 Методы анализа спектральных графиков тремора рук

Спектральный график тремора рук — это график, который показывает, какие частоты колебаний преобладают в треморе рук.

Анализ спектральных графиков тремора рук — это метод исследования, который используется для изучения характеристик тремора рук. Этот метод позволяет определить частоту и амплитуду колебаний, а также их длительность и характер.

Данный метод исследования может быть полезен для диагностики и оценки тяжести тремора рук, а также для оценки эффективности лечения. Он может использоваться в клинической практике, а также в научных исследованиях для изучения механизмов тремора рук и разработки новых методов лечения.

## 2.1 Метод преобразования сигнала

Таким образом первым этапом анализа является применение быстрого преобразования Фурье к исследуемому временному ряду.

Быстрое преобразование Фурье (FFT) — это алгоритм, который позволяет быстро вычислять преобразование Фурье для последовательности дискретных данных. Преобразование Фурье используется для анализа частотного спектра сигнала. Оно позволяет разложить сигнал на составляющие синусоидальные волны разных частот и определить их амплитуды и фазы.

FFT является более эффективным способом вычисления преобразования Фурье, чем классический метод, который требует O(n^2) операций, где n - количество отсчетов в сигнале. FFT требует только O(nlogn) операций, что делает его более быстрым и эффективным для обработки больших объемов данных.

Для многих заболеваний имеется качественное описание изменений в частотном составе треморографического сигнала. Поэтому необходимо оценивать «похожесть» спектра, сравнивая его основные тенденции. Чтобы эти тенденции проявились более явно, и допускали автоматизацию анализа необходимо выполнить сглаживание анализируемого спектра, который также представляет собой временной ряд.

## 2.2 Методы сглаживания рядов

Существуют различные методы сглаживания рядов. Один из них – полиномиальная аппроксимация методом наименьших квадратов.

Аппроксимация (приближение) – научный метод, состоящий в замене объектов более простыми, но близкими к исходным.

Пусть имеются экспериментальные данные, заданные таблично. Аппроксимация заключается в нахождении гладкой кривой, которая не обязательно проходит через все узловые точки, а наилучшим образом соответствует им. Для экспериментальных данных, полученных в результате измерений, актуально сглаживание случайных ошибок.

В инженерной деятельности часто возникает необходимость описать в виде функциональной зависимости связь между величинами, заданными таблично или в виде набора точек (xi , yi ), где i = 0, ..., n. Как правило, эти табличные данные получены экспериментально и имеют погрешности. При аппроксимации желательно получить относительно простую функциональную зависимость (например, многочлен), которая позволила бы «сгладить» экспериментальные погрешности, вычислять значения функции в точках, не содержащихся в исходной таблице. Эта функциональная зависимость должна с достаточной точностью соответствовать исходной табличной зависимости.

Аппроксимация методом наименьших квадратов полиномами более высоких порядков, чем первый имеет широкую область применения. Повышение степени полинома улучшает качество аппроксимации. Возникает желание применять полином более высокого порядка, однако повышение степени полинома приводит к обратному результату [7].

Второй метод, который является самым простым методом сглаживания рядов – скользящее среднее. Эта модель просто утверждает, что следующее наблюдение является средним значением всех прошлых наблюдений.

Несмотря на простоту, эта модель, может быть, на удивление хорошей и представляет собой хорошую отправную точку [9].

Рассмотрим множество n наблюдений и k - размер окна для определения среднего в любой момент времени t. Затем список скользящих средних вычисляется путем первоначального взятия среднего значения первых k наблюдений, присутствующих в текущем окне, и сохранения его в списке. Теперь окно расширяется в соответствии с условием определения скользящей средней и снова вычисляется среднее значение элементов, присутствующих в окне, и сохраняется в списке. Этот процесс продолжается до тех пор, пока окно не достигнет конца набора.

Рассмотрим пример. Дан список из пяти целых чисел arr=[1, 2, 3, 7, 9] и нам нужно вычислить скользящие средние списка с размером окна, указанным как 3. Сначала мы рассчитаем среднее значение первых 3 элементов, и оно будет сохранено как первое скользящее среднее. Затем окно будет сдвинуто на одну позицию вправо, и снова среднее значение элементов, присутствующих в окне, будет вычислено и сохранено в списке. Аналогично, процесс будет повторяться до тех пор, пока окно не достигнет последнего элемента массива. На рисунке 1.3 представлен вышеупомянутый подход [10].

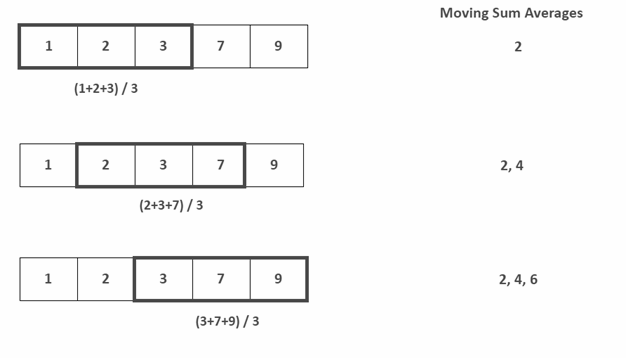


Рисунок 1.3 – Скользящее среднее

Более эффективный метод сглаживания – экспоненциальное сглаживание (EMA).

EMA рассчитывается путем взятия средневзвешенного значения наблюдений за один раз. Вес наблюдения экспоненциально уменьшается со временем. Он используется для анализа последних изменений.

## 2.3 Методы сравнения спектральных графиков тремора рук

Для сглаженных рядов можно выполнить оценку похожести. При исследовании спектров треморограмм анализируемый временной ряд имеет ряд фиксированную длину. Понятие похожести определяем следующим образом: спектр *X* = (*x*1, *x*2, *x*3, ..., *xn*) является похожим на шаблон *S* = (*s*1, *s*2, *s*3, ..., *sn*), если существует такое преобразование *T*, что *T*(*X*)≈*S*.

Для анализа спектральных графиков тремора рук используются различные алгоритмы сравнения спектральных графиков.

Как и любые другие методы сравнения, методы сравнения спектральных графиков тремора рук могут быть качественными и количественными.

Качественные методы сравнения спектральных графиков тремора рук включают в себя визуальное сравнение графиков. Этот метод основан на опыте и экспертизе врача, который может определить, насколько похожи два графика. Врач может оценить, насколько одинаковы частоты и амплитуды тремора, а также наличие каких-либо особенностей в графиках, таких как наличие пиков или изменение формы графика.

Количественные методы сравнения спектральных графиков тремора рук включают в себя использование математических алгоритмов для анализа графиков.

Один из наиболее распространенных численных методов сравнения спектральных графиков тремора рук — это динамическое программирование с использованием алгоритма динамической трансформации времени (DTW).

DTW алгоритм позволяет сравнивать два временных ряда, которые могут быть разной длины и иметь различные скорости изменения. Он работает путем нахождения оптимального соответствия между двумя временными рядами, минимизируя суммарное расстояние между соответствующими точками рядов.

Для применения DTW алгоритма к спектральным графикам тремора рук, спектральные графики должны быть представлены в виде временных рядов, где каждая точка представляет собой значение амплитуды в определенный момент времени. Затем DTW алгоритм может быть применен для сравнения двух спектральных графиков, чтобы определить степень их сходства.

Применение DTW для сравнения спектральных графиков тремора рук включает следующие шаги:

1. Нормализовать каждый график, чтобы убедиться, что частотные пики будут иметь одинаковую высоту.

2. Рассчитать спектральные коэффициенты с использованием временного окна. Для каждого графика этот шаг производится независимо.

3. Рассчитать расстояния между коэффициентами графиков (например, евклидово расстояние).

4. Использовать DTW для выравнивания двух графиков и минимизации расстояния между ними.

Результатом DTW будет определенное расстояние между двумя графиками, показывающее, насколько сильно они отличаются друг от друга по форме. Этот метод может быть полезен для оценки сходства спектральных графиков тремора рук, что может быть полезно для диагностики или мониторинга эффективности лечения этого заболевания.

Другим методом сравнения спектральных графиков является использование коэффициента корреляции Пирсона. Этот метод также позволяет определить степень сходства между двумя спектральными графиками, основываясь на корреляции между их амплитудами на разных частотах.

Критерий корреляции Пирсона – это метод параметрической статистики, позволяющий определить наличие или отсутствие линейной связи между двумя количественными показателями, а также оценить ее тесноту и статистическую значимость [11].

Коэффициент корреляции Пирсона измеряет линейную связь между переменными. Его значение можно интерпретировать так:

1. +1 - Полная положительная корреляция
2. +0,8 - Сильная положительная корреляция
3. +0.6 - Умеренная положительная корреляция
4. 0 - никакой корреляции
5. -0.6 - Умеренная отрицательная корреляция
6. -0,8 - Сильная отрицательная корреляция
7. -1 - Полная отрицательная корреляция [12].

Однако, DTW алгоритм является более гибким и точным методом, который может учитывать различные скорости изменения в спектральных графиках и обеспечивает более точное сравнение.

В целом, методы анализа спектральных графиков тремора рук могут быть полезными для оценки эффективности лечения тремора и для мониторинга прогресса заболевания. Однако, как и любые другие методы, они должны использоваться в сочетании с другими методами диагностики и оценки.

​

# 3 Разработка программы для сравнения спектральных графиков тремора рук

* 1. Архитектура программы

Архитектура программы — это общая структура и организация программного кода, которая определяет, как компоненты программы взаимодействуют друг с другом и как они решают поставленные задачи. Хорошо спроектированная архитектура программы обеспечивает ее эффективность, надежность, масштабируемость и удобство сопровождения.

В данной работе будет использована функциональная архитектура.

Функциональная архитектура программы — это подход к организации программного кода, при котором он разбивается на отдельные функциональные блоки, каждый из которых выполняет определенную задачу.

Функциональная архитектура программы состоит из трех основных функций:

1. Функция для чтения и обработки данных - данный компонент отвечает за чтение данных из файлов, их обработку и подготовку к анализу.

2. Функция для анализа данных - данный компонент отвечает за анализ спектральных графиков тремора рук.

3. Функция для визуализации результатов -данный компонент отвечает за визуализацию результатов анализа в виде графиков и диаграмм.

Данная архитектура позволяет создавать более гибкие и масштабируемые программы, так как каждый блок может быть изменен или заменен без влияния на остальную часть программы. Кроме того, такой подход упрощает тестирование и отладку программы, так как каждый блок может быть протестирован отдельно.

* 1. Используемые библиотеки и инструменты

Для разработки программы по автоматизации процесса анализа спектральных графиков тремора рук были использованы следующие библиотеки и инструменты.

* + - 1. Язык программирования

Для реализации процесса сравнения спектральных графиков тремора рук был выбран языка программирования Python. Этот язык является:

а) объектно-ориентированным, то есть в нем существуют классы и объекты;

б) интерпретируемым, то есть код запустится на любой платформе, где установлен интерпретатор, так как код не переводится в машинный код, а выполняется программой-интерпретатором;

в) динамическим, то есть типы переменных определяются после запуска программы, а не при компиляции, а сочетать в выражениях разные типы нельзя.

Положительными сторонами при использовании данного языка можно считать то, что у него минималистичный синтаксис, где легко писать и читать код. Язык обладает большим количеством стандартных и дополнительных библиотек [13].

* + - 1. Среда разработки

Для реализации был выбран Visual Studio Code — бесплатный редактор кода от Microsoft для Windows, Linux и MacOS. К его возможностям, а также плюсам можно отнести отладку, подсветку синтаксиса, интеллектуальное завершение кода, предопределённые фрагменты кода, рефакторинг и интеграция с Git. Редактор очень прост в использовании и не требует каких-либо навыков. Для начала работы понадобятся дополнительные пакеты, но установить их довольно просто [14].

* + - 1. Библиотеки языка

Python имеет огромное количество библиотек и инструментов, которые могут быть использованы для различных задач.

а) Библиотека NumPy была использована для работы с массивами данных и выполнения математических операций.

б) Библиотека Matplotlib была использована для визуализации результатов анализа в виде графиков и диаграмм.

в) Библиотека Pandas была использована для предоставления удобных структур данных для эффективной работы с табличными данными, такими как CSV, Excel, SQL-таблицы и другие форматы.

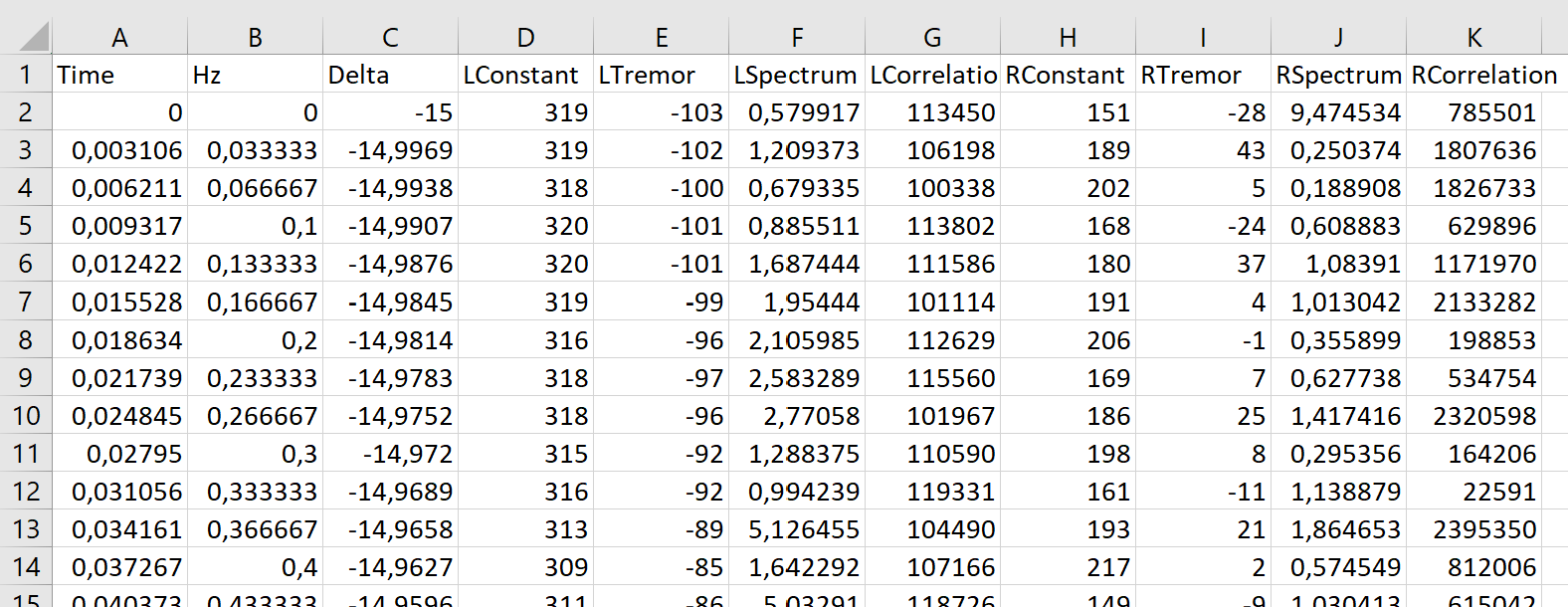
г) Библиотека SciPy была использована для выполнения научных вычислений, включая обработку сигналов.

3.3 Разработка модуля анализа спектральных графиков

### 3.3.1 Функция чтения и обработки данных

Данные, полученные с треморографа, а также первично обработанные с помощью быстрого преобразования Фурье, хранятся в excel-файле, который содержит в себе столбцы с различными характеристиками тремора. Вид таблицы представлен на рисунке 3.1.

Рисунок 3.1 – Данные в excel-файле



Для дальнейшего анализа и сравнения графиков необходимы данные из столбцов, которые содержат частоты спектров тремора правой и левой рук, а также столбец, содержащий время получения частоты.

В разработанном модуле чтение данных из файла формата Excel происходит через функцию read\_excel() из библиотеки pandas. Она позволяет загружать данные из листов Excel-файлов в объекты библиотеки Pandas. С помощью атрибута table.values[] происходит возвращением данных таблицы в виде массива.

3.3.2 Функция анализа данных

Анализ данных начинается со сглаживания исходных данных с помощью различных математических методов.

3.3.2.1 Методы сглаживания

Сглаживание исходных данных таблицы осуществляется следующим образом.

Полиномиальная аппроксимация МНК

Метод полиномиальной аппроксимации МНК является одним из методов численного анализа, который используется для приближения функции полиномом с минимальной ошибкой.

Для того чтобы произвести сглаживание, сначала необходимо выбрать степень полинома, которая является наиболее подходящей для данной функции. Затем, используя метод наименьших квадратов, мы находим коэффициенты полинома, которые минимизируют сумму квадратов ошибок между полиномом и исходной функцией.

Код данного метода выглядит следующим образом:

def polynomial\_regression(x, y, degree):

n = len(x)

X = np.zeros((n, degree + 1))

for i in range(n):

for j in range(degree + 1):

X[i][j] = x[i]\*\*j

Y = y.reshape(n, 1)

Xt = np.transpose(X)

XtX = np.dot(Xt, X)

XtY = np.dot(Xt, Y)

inv\_XtX = inv(XtX)

coef = np.dot(inv\_XtX, XtY)

return coef.flatten()

def smooth\_data(x, y, degree):

coef = polynomial\_regression(x, y, degree)

smooth\_y = np.zeros(len(x))

for i in range(len(x)):

for j in range(degree + 1):

smooth\_y[i] += coef[j] \* x[i]\*\*j

return smooth\_y

Этот код реализует функцию smooth\_data, которая принимает на вход два массива x и y, содержащие координаты точек исходной функции, а также параметр degree, который определяет степень полинома. Функция использует метод polynomial\_regression, который находит коэффициенты полинома методом наименьших квадратов.

Затем функция smooth\_data использует найденные коэффициенты для вычисления значений сглаженной функции в каждой точке x. Результатом работы функции smooth\_data является массив smooth\_y, содержащий значения сглаженной функции в соответствующих точках x.

Простое скользящее среднее

Метод простого скользящего среднего (SMA) — это метод сглаживания временных рядов, который используется для уменьшения шума и выявления трендов.

Он работает путем вычисления среднего значения в заданном окне размера n, которое перемещается по временному ряду. Таким образом, для каждого момента времени вычисляется среднее значение из предшествующих n точек.

Код данного метода выглядит следующим образом:

def sma(data, window):

sma = np.convolve(data, np.ones(window)/window, mode='valid')

return sma

Функция sma принимает на вход два аргумента: массив data - исходные данные, и window - размер окна скользящего среднего. Функция использует функцию np.convolve для вычисления среднего значения в заданном окне размера n, которое перемещается по временному ряду. Аргумент mode='valid' указывает на то, что результатом является только те значения, для которых окно полностью помещается внутри временного ряда.

Затем функция возвращает сглаженные данные в массиве sma. Эти данные могут быть использованы для анализа трендов и прогнозирования будущих значений во временном ряду.

Экспоненциальное скользящее среднее

Метод экспоненциального скользящего среднего (EMA) — это метод сглаживания временных рядов, который используется для выявления трендов и уменьшения шума.

Он работает путем присвоения весов каждому значению во временном ряду в соответствии с его возрастом. Более новые значения получают больший вес, а более старые значения получают меньший вес. Это достигается путем применения экспоненциальной функции сглаживания к каждому значению в ряду.

Код данного метода выглядит следующим образом:

def ema(data, window):

weights = np.exp(np.linspace(-1., 0., window))

weights /= weights.sum()

ema = np.convolve(data, weights, mode='full')[:len(data)]

return ema

Функция ema принимает на вход два аргумента: массив data - исходные данные, и window - размер окна скользящего среднего. Функция сначала создает веса, которые будут применены к каждому значению в исходном ряду данных. Эти веса вычисляются с помощью экспоненциальной функции, используя np.exp и np.linspace.

Затем функция применяет скользящее среднее к данным, используя np.convolve, где mode='full' означает, что функция будет применена ко всему ряду данных, включая начальные и конечные точки, которые не попадают в окно скользящего среднего.

Наконец, функция возвращает сглаженные данные в массиве ema. Эти данные могут быть использованы для анализа трендов и прогнозирования будущих значений во временном ряду.

3.3.3 Методы сравнений спектральных графиков

Сравнение спектральных графиков тремора рук было проведено двумя способами.

* + - 1. Качественное сравнение

Качественное сравнение графиков тремора рук осуществляется по амплитуде спектра на разных диапазонах частоты. В раздела 1 были описаны

* + - 1. Количественное сравнение

Количественное сравнение спектральных графиков тремора рук можно производить с помощью различных методов анализа спектров.

В разделе 1 было описано поведение амплитуды спектральных составляющих здорового человека, поэтому для дальнейшего сравнения необходимо было поделить весь диапазон частоты на шесть диапазонов: от 0 до 2 Гц, от 2 до 3 Гц, от 4 до 6 Гц, от 7 до 10 Гц, от 12 до 14 Гц и от 16 Гц и далее. После этого в 1, 3 и 5 диапазонах были определены средние значения спектральных характеристик для того, чтобы определить поведение амплитуды. Далее по описанию поведения амплитуды было разработано сравнение с каждым диапазоном, чтобы определить схожесть исходных данных с шаблоном здорового человека или человека, который имеет некоторые отклонения.

2.1 Коэффициент корреляции

Коэффициент корреляции может быть использован для сравнения двух спектральных графиков тремора рук. Чем ближе коэффициент корреляции к 1, тем больше сходство между спектральными графиками.

Код данного метода выглядит следующим образом:

corr = np.corrcoef(x, y)

r = corr[0, 1]

Здесь использована функция numpy.corrcoef() для вычисления матрицы корреляции между массивами x и y. Затем получен коэффициент корреляции между первым и вторым графиками, обращаясь к элементу corr[0, 1] (индексация начинается с нуля).

Этот коэффициент корреляции Пирсона может быть использован для сравнения двух спектральных графиков тремора рук. Если значение коэффициента близко к единице, то графики сильно коррелируют между собой, что указывает на сходство их формы и расположения пиков. Если значение коэффициента близко к нулю, то графики не коррелируют между собой, что указывает на различия в форме и расположении пиков.

2.2 Метод динамической трансформации

Метод динамической трансформации временных рядов — это алгоритм выравнивания временных рядов, который может использоваться для сравнения графиков.

Код данного метода выглядит следующим образом:

def dtw(spectrum1, spectrum2, distance\_func):

n, m = len(spectrum1), len(spectrum2)

dtw\_matrix = np.zeros((n+1, m+1))

dtw\_matrix[1:, 0] = np.inf

dtw\_matrix[0, 1:] = np.inf

for i in range(1, n+1):

for j in range(1, m+1):

cost = distance\_func(spectrum1[i-1], spectrum2[j-1])

dtw\_matrix[i, j] = cost + min(dtw\_matrix[i-1, j], dtw\_matrix[i, j-1], dtw\_matrix[i-1, j-1])

path = []

i, j = n, m

while i > 0 and j > 0:

path.append((i-1, j-1))

if dtw\_matrix[i-1, j] < dtw\_matrix[i, j-1]:

i -= 1

else:

j -= 1

return dtw\_matrix[n, m], path[::-1]

def euclidean\_distance(x, y):

return np.sqrt(np.sum((x - y) \*\* 2))

Здесь spectrum1 и spectrum2 — это спектральные графики, которые мы хотим сравнить.

distance\_func — это функция расстояния, которая используется для сравнения двух точек в спектрах (в данном случае используется евклидово расстояние).

Возвращаемое значение dtw — это минимальное расстояние между двумя спектральными графиками и оптимальный путь наименьшей стоимости через матрицу расстояний.

3.3.4 Функция для визуализации результатов

Для представления данных была разработана функция по отрисовке спектральных графиков тремора рук исходных данных и данных после сглаживания методами полиномиальной аппроксимации МНК, простого и экспоненциального среднего.

Для того чтобы в окне графики отображались в отдельных полях, но в одном окне, необходимо использовать функцию supplot() для задания их мест размещения.

За отрисовку графика отвечает функция plot(), в которой указываются аргументы для графика, а также цвет и тип линии.

Для задания заголовка графика используется функция title(), а для задания подписи оси x используется функция xlabel(), оси y – ylabel().

Также на график можно добавить сетку. Часто это необходимо, чтобы лучше понимать положение каждой точки на графике. Достаточно воспользоваться функцией grid(), передав в качестве аргумента True.

Функция, которая отвечает показа график, show().

В результате разработки была создана программа для автоматизации анализа спектральных графиков тремора рук на языке Python. Программа включает в себя загрузку и чтение данных из файла, анализ спектральных графиков тремора рук и результаты анализа в виде графиков и выводов.

# 4 Экспериментальное исследование

4.1 Здоровый пациент

На рисунках 4.1 и 4.2 представлены исходные данные и данные после сглаживания полиномиальной аппроксимацией МНК и методами простого и экспоненциального сглаживания.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Рисунок 4.1 – Спектры левой и правой рук до и после сглаживания полиномиальная аппроксимация МНК

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Рисунок 4.2 – Спектры левой и правой рук до и после сглаживания методами простого и экспоненциального скользящего среднего

На рисунках 4.3 - 4.5 представлены результаты сравнения спектральных графиков тремора рук с шаблоном.

Рисунок 4.3 – Результат сравнения спектральных графиков с помощью качественного сравнения

Рисунок 4.4 – Результат сравнения спектральных графиков методом DTW

Рисунок 4.5 – Результат сравнения спектральных графиков с помощью коэффициента корреляции Пирсона

4.2 Пациент с отклонениями

На рисунке 4.6 и 4.7 представлены исходные данные и данные после сглаживания полиномиальной аппроксимацией МНК и методами простого и экспоненциального сглаживания.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Рисунок 4.6 – Спектры левой и правой рук до и после сглаживания полиномиальная аппроксимация МНК

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Рисунок 4.7 – Спектры левой и правой рук до и после сглаживания методами простого и экспоненциального скользящего среднего

На рисунках 4.8 - 4.10 представлены результаты сравнения спектральных графиков тремора рук с шаблоном.

Рисунок 4.8 – Результат сравнения спектральных графиков с помощью качественного сравнения

Рисунок 4.9 – Результат сравнения спектральных графиков методом DTW

Рисунок 4.10 – Результат сравнения спектральных графиков с помощью коэффициента корреляции Пирсона

Программа был протестирована на реальных данных и показала высокую точность и скорость анализа спектральных графиков тремора рук.

# 5 Составление бизнес-плана по коммерциализации результатов НИР магистранта

Дипломная работа посвящена программной реализации автоматизации процесса анализа спектральных графиков рук у пациентов.

Программный код разработан на языке программирования Python для OC Windows в среде разработке Visual Studio Code. Данные программные компоненты распространяются по открытой лицензии, поэтому не требуют затрат на использование.

## 5.1 Резюме проекта

Программа по автоматизации процесса анализа спектральных графиков тремора рук позволяет проводить анализ и обработку спектральных графиков для диагностики тремора рук. Программа осуществляет автоматическое извлечение физиологических параметров и характеристик из графиков, что значительно упрощает процесс диагностики и облегчает работу медицинского персонала.

Программа позволяет значительно сократить время, затрачиваемое на анализ спектральных графиков тремора рук, а также уменьшить вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором. Также она повышает точность диагностики и обеспечивает более эффективное и точное лечение.

Сегменты рынка: медицина.

Себестоимость проекта – 10 591 440,4 рублей.

Срок реализации – 1 год.

Срок окупаемости – 1 год.

Показатель рентабельности инвестиций (ROI) – 2,76 %.

## 5.2 Описание продукции

Автоматизация процесса анализа графиков тремора рук предназначена для изучения характеристик тремора рук.

Программная реализация разрабатывается в исследовательских целях, однако может быть использована в области медицины для того, чтобы:

1. избавить врачей от рутинной работы;
2. позволить обнаруживать особенности в движении рук, незаметные для глаз человека;
3. повысить точность диагноза;
4. уменьшить число медицинских ошибок.

Актуальность разработки автоматизации данного процесса определяет трудный процесс определения тремора рук из-за однотипного его проявления, особенно в случаях, когда колебания незаметны для глаз человека. Поэтому остро стоит вопрос анализа спектральных графиков тремора рук, чтобы изучить характеристики тремора рук.

## 5.3 Анализ рынка сбыта продукции

Определение целевой аудитории для программы автоматизированного анализа спектральных графиков тремора рук осуществляется с целью определения групп пользователей, наиболее заинтересованных в покупке и использовании данного продукта.

Основными группами пользователей являются медицинские учреждения, занимающиеся диагностикой и исследованием тремора рук, университеты и научные организации, занимающиеся исследованием неврологических заболеваний, а также пациенты, страдающие от тремора рук.

Медицинские учреждения, занимающиеся исследованием тремора рук, могут быть наиболее привлекательными клиентами для данной программы, так как они имеют возможности проводить более широкий анализ и рекомендовать данную программу своим пациентам для повышения точности диагноза.

Университеты и научные организации также могут быть привлекательными группами пользователей для данной программы, особенно те, которые занимаются исследованиями в области неврологии и нейроразработки.

Пациенты, страдающие от тремора рук, это потенциальные клиенты, которые могут использовать данную программу для улучшения точности диагностики и мониторинга своего заболевания в домашних условиях.

Понимание целевой аудитории важно, чтобы определить, как создать ее потребности и как предлагать решения для этих групп, а также как эффективно продвигать продукт и добиваться успеха на рынке.

Спрос на программу может оцениваться как высокий, особенно в медицинской отрасли. Размер и потенциал рынка можно оценить, проведя анализ крупных здравоохранительных учреждений и университетов, а также опрос врачей и пациентов. Цены на рынке могут существенно различаться в зависимости от функциональности и качества программы. Компания, разрабатывающая программный продукт, может стремиться занять долю рынка путем предоставления уникальных возможностей и инновационных решений, а также сосредоточившись на потребностях и предпочтениях ключевых целевых сегментов.

## 5.4 Анализ конкурентов

Программы для анализа спектральных графиков тремора рук являются важным инструментом для диагностики и оценки тяжести тремора у пациентов. Рынок, на котором представлены такие программы, сегодня достаточно разнообразен и высоко развит.

Существует множество компаний, которые предлагают программные решения для анализа спектральных графиков тремора рук. Некоторые из них специализируются на медицинских приложениях, в то время как другие предлагают универсальные инструменты для анализа временных рядов и спектральных данных.

Среди ключевых игроков на этом рынке можно выделить программные продукты:

1. TremorQuant – это программное обеспечение, разработанное группой нейрофизиологов и нейрологов из университета Флориды. В отличие от нашей программы, TremorQuant использует алгоритмы классификации, основанные на машинном обучении, для анализа тремора рук. Однако, TremorQuant не позволяет сравнивать спектральные графики нескольких измерений.

2. TremorScope – это еще одно программное обеспечение, которое используется для анализа тремора рук. С помощью TremorScope можно получить графики и анализировать данные, но у этой программы не так много опций, как у нашей. TremorScope также не имеет функции сравнения и сопоставления данных.

3. Kinesia – является мобильным устройством, нацеленным на анализ движений. Как и TremorQuant, Kinesia использует машинное обучение для анализа данных и представляет данные в виде графиков, но, в отличие от нашей программы, Kinesia не предоставляет возможности сравнивать данные.

Изучение конкурентов на рынке программного обеспечения для анализа спектральных графиков тремора рук, а также анализ сильных и слабых сторон конкурентов позволяет использовать преимущества конкурентов и создать новые, улучшенные функции в приложении. В результате можно создать уникальный и привлекательный продукт, который будет лучше соответствовать потребностям клиентов.

## 5.5 План маркетинга

План маркетинга включает в себя план продаж, товарную политику, ценовую политику и сбытовую политику и рекламные мероприятия.

### 5.5.1 План продаж

Прогнозный план продаж (ежеквартальный) формируется в натуральном выражении, а также включает в себя прогноз выручки в стоимостном выражении.

Стоимость разрабатываемого программного продукта складывается из реализации себестоимости реализации, включая все затраты на реализацию) проекта:

* + - 1. Оборудование.
      2. Материалы.
      3. Оплата труда.
      4. Отчисления на социальные нужды.
      5. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.
      6. Общепроизводственные расходы (амортизационные).
      7. Управленческие расходы.
      8. Коммерческие затраты.

К полученной себестоимости проекта будет добавлено 30% рентабельности проекта и сумма НДС. Полученная сумма является конечной ценой, по которой будет реализовываться программа

Ожидаемый объем продаж составит 10 единиц в первый квартал с дальнейшим увеличением на 10 единиц в каждый последующий квартал. Цена одной единицы товара составить 100 000 рублей в течение первого года.

Ставка НДС привязана к типу операции. Сейчас в России действуют три вида ставки:

1. для большинства товаров и услуг – 20%
2. для продуктов питания, медицинских и детских товаров, книг и журналов – 10%
3. при экспорте – 0%

Соответственно, ставка НДС будет соответствовать 10 %. План представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – План продаж

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Квартал | | | | Итого, руб, год |
| I | II | III | IV |
| Ожидаемый объем продаж, ед. | 15 | 30 | 45 | 60 | 100 |
| Цена без НДС, руб | 100 000 | 200 000 | 300 000 | 400 000 | 1 000 000 |
| Нетто-выручка без НДС, руб | 1500000 | 6000000 | 13500000 | 24000000 | 45000000 |
| Сумма НДС (10%), руб | 150 000 | 600 000 | 1 350 000 | 2 400 000 | 4 500 000 |
| Выручка с НДС, руб | 1650000 | 6600000 | 14850000 | 26400000 | 49 500 000 |

Исходя из плана продаж выручка с учетом НДС за один год составит 49 500 000 рублей.

### 5.5.2 Стратегия маркетинга

Стратегия маркетинга программы по автоматизации процесса анализа спектральных графиков тремора рук должна быть направлена на привлечение клиентов из медицинской отрасли, которые используют эту программу для диагностики тремора рук.

Рекламная кампания программы включает в себя:

1. Компания должна продвигать продукт через онлайн-рекламу на сайтах медицинских изданий.

Реклама на сайте обойдется компании в 40 000 рублей в месяц.

2. Компания должна заключать партнерские соглашения с медицинскими центрами, чтобы расширить свою клиентскую базу.

Партнерские соглашения будут разработаны на взаимовыгодных условиях, поэтому будут бесплатными.

3. Компания может создать лид-магниты, такие как бесплатные демонстрационные версии программы по диагностике тремора рук, которые будут доступны для скачивания с сайта компании.

Демонстрационные версии будут выложены на сайте компании в бесплатном доступе сроком на 30 дней.

4. Email-маркетинг: Компания может использовать email-маркетинг для привлечения клиентов, отправляя им информацию о продукте, новостях из мира медицины и т.д.

Рассылка будет осуществляться раз в месяц, стоимость которой 15 00 рублей.

5. Компания может использовать социальные сети для привлечения клиентов и продвижения продукта, создавая контент на тему диагностики тремора рук, обсуждая последние новости и технологические достижения в медицине.

Ведение социальной сети будет осуществлять в рамках договора с компанией, которая занимается социальными сетями. Стоимость услуги 30 000 рублей в месяц.

6. Компания может использовать отзывы клиентов о продукте для привлечения новых клиентов. Положительные отзывы помогут убедить потенциальных клиентов в эффективности программы и повысят ее доверие в глазах потенциальных клиентов.

Публикация отзывов в социальной сети входит в пакет услуг по ведению социальных сетей, поэтому стоимость уже включена.

Стоимость рекламной кампании представлена в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Рекламная кампания

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Квартал, руб/квартал | | | | |
| I | II | III | IV | |
| Размещение баннера на медицинском сайте | 160 000 | 160 000 | 160 000 | 160 000 | |
| Ведение социальной сети Вконтакте | 120 000 | 120 000 | 120 000 | 120 000 | |
| Партнерские соглашения с медицинскими центрами | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Участие в медицинских конференциях | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Демонстрационные версии программы | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| E-mail рассылка | 60 000 | 60 000 | 60 000 | 60 000 | |
| Публикация отзывов клиентов | 0 | 0 | 0 | 0 | |
|  |  |  |  |  | |
| Итого, руб/квартал | 340 000 | 340 000 | 340 000 | 340 000 | |
| Итого, руб/год | | | | | 1 360 000 |

Общая сумма рекламной кампании составит 1 360 000 рублей в год.

## 5.6 План производства

План производства программы по автоматизации анализа спектральных графиков тремора рук может включать в себя следующие этапы:

1. Определение требований и составление технического задания, в том числе разработка функциональных требований к программе и определение алгоритмов анализа спектральных графиков тремора рук.
2. Разработка и отладка программного кода, тестирование и отладка программы, а также создание документации по программе.
3. Установка программы на компьютеры пользователя, обучение пользователей работе с программой.
4. Оказание технической поддержки пользователя, выпуск обновлений и устранение ошибок.

### 5.6.1 Инвестиционные затраты

Инвестиционные затраты определяются на момент планирования проекта и требуют особой тщательности, поскольку велика вероятность ошибки. Если часть затрат на реализацию проекта будет не учтена либо окажутся излишними, то в процессе реализации плана может не хватить ресурсов. Отсюда возникает необходимость учета инвестиционных затрат.

Инвестиционные затраты включают в себя расходы на основные средства (оборудование, здания, транспорт), товарные запасы, сырье, а также издержки на логистику, строительно-монтажные работы и другое.

Перечень основных средств и их количество со стоимостью одной единицы товара представлен в таблице 5.3. Инвестиционные затраты представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.3 – Перечень основных средств

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование | Количество | Стоимость, руб |
| Здания | | |
| Производственные затраты | - | - |
| Складские затраты | - | - |
| Административные затраты | 32м2 | 39 0000 |
| Оборудование | | |
| Ноутбук | 5 | 70 000 |
| Стол | 5 | 4 000 |
| Стул | 5 | 5 000 |
| Шкаф | 1 | 30 000 |
| МФУ | 1 | 20 000 |
| Телефон | 1 | 1500 |

Таблица 5.4 – Инвестиционные затраты

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Квартал, руб/квартал | | | |
| I | II | III | IV |
| Производственные затраты | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Складские затраты | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Административные затраты | 156 000 | 156 000 | 156 000 | 156 000 |
| Итого, руб/квартал | 156 000 | 156 000 | 156 000 | 156 000 |
| Итого, руб/год | | | | 624 000 |
| Оборудование | | | | |
| Ноутбук | 350 000 | 0 | 0 | 0 |
| Стол | 20 000 | 0 | 0 | 0 |
| Стул | 25 000 | 0 | 0 | 0 |
| Шкаф | 30 000 | 0 | 0 | 0 |
| МФУ | 20 000 | 0 | 0 | 0 |
| Телефон | 1500 | 0 | 0 | 0 |
| Итого, руб/квартал | 446 500 | 0 | 0 | 0 |
| Итого, руб/год | | | | 446 500 |

Общая сумма инвестиционных затрат составила 1 070 500 рублей.

### 5.6.2 Затраты по статье «материалы»

Расчет количества и стоимости материалов с учетом транспортно- заготовительных расходов: на статью «Материалы» относятся расходы на основные и вспомогательные материалы и комплектующие изделия, которые могут понадобиться при выполнении разработки.

Перечень материалов представлен в таблице 5.5. Затраты представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.5 – Перечень материалов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование | Количество | Стоимость, руб |
| Бумага А4 | 6 | 350 |
| Картридж | 2 | 1 000 |
| Ручка | 20 | 50 |
| USB Flash drive | 2 | 200 |

Таблица 5.6 – Затраты на материалы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Квартал, руб/квартал | | | |
| I | II | III | IV |
| Бумага А4 | 1 050 | 0 | 1 050 | 0 |
| Картридж | 1 000 | 0 | 1 000 | 0 |
| Ручка | 500 | 0 | 500 | 0 |
| USB Flash drive | 400 | 0 | 0 | 0 |
| Итого, руб/квартал | 2 950 | 0 | 2 550 | 0 |
| Итого, руб/год | | | | 5 500 |

Таким образом, затраты на материалы составляют 5 500 рублей в год.

### 5.6.3 Затраты на оплату труда

Затраты на оплату труда представляют собой суммарные расходы, связанные с выплатой заработной платы работникам организации за определенный период времени. Эти расходы могут включать не только базовую заработную плату, но и дополнительные выплаты, такие как премии, бонусы, компенсации и пособия.

Перечень сотрудников, основные зарплаты, премии и страховые взносы представлены в таблице 5.7. Сведения о затратах на оплату труда представлены в таблице 5.8.

Таблица 5.7 – Перечень сотрудников

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Основная зарплата, руб/мес | Премия, руб (14%), руб/мес | Страховые взносы, руб (30%), руб/мес |
| Руководитель | 100 000 | 114 000 | 148 200 |
| Разработчик | 90 000 | 102 600 | 133 380 |
| Тестировщик | 80 000 | 91 200 | 118 560 |
| Маркетолог | 60 000 | 68 400 | 88 920 |

Таблица 5.8 – Затраты на материалы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Квартал, руб/квартал | | | |
| I | II | III | IV |
| Руководитель | 592 800 | 592 800 | 592 800 | 592 800 |
| Разработчик | 533 520 | 533 520 | 533 520 | 533 520 |
| Тестировщик | 474 240 | 474 240 | 474 240 | 474 240 |
| Маркетолог | 355 680 | 355 680 | 355 680 | 355 680 |
| Итого, руб/квартал | 1 956 240 | 1 956 240 | 1 956 240 | 1 956 240 |
| Итого, руб/год | | | | 7 824 960 |

Таким образом, затраты на оплату труда составляют 7 824 960 рублей.

### 5.6.4 Общепроизводственные затраты

Общепроизводственные расходы могут быть как постоянными (фиксированными), так и переменными, в зависимости от их характеристик и способа распределения.

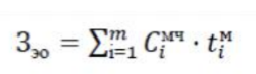
Постоянные общепроизводственные расходы — это расходы, которые остаются неизменными, независимо от объема производства. Примерами могут служить арендные платежи за помещения, зарплатный фонд административного персонала, страховые взносы и коммунальные платежи. Постоянные расходы являются фиксированными и не зависят от объема производства или действий предприятия.

Переменные общепроизводственные расходы — это расходы, которые изменяются пропорционально объему производства. Примерами могут служить расходы на материалы, топливо для транспортировки, комиссионные и услуги производственных работников. Чем больше продукции производится, тем больше переменных расходов возникает.

Некоторые расходы могут иметь и постоянную, и переменную составляющую. Например, расходы на обслуживание оборудования включают фиксированные расходы на аренду, амортизацию и зарплату специалистов, а также переменные расходы на ремонт и замену деталей.

Контроль и оптимизация общепроизводственных расходов является важным элементом финансового менеджмента, поскольку позволяет предприятию повысить эффективность использования ресурсов и достичь более высокой рентабельности.

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования вычисляется по формуле:



Цена за электричество в Санкт-Петербурге в апреле 2023 года – 4.98руб/кВтч.

Количество дней в году – 365 дней.

Таким образом, расходы на содержание и эксплуатацию оборудования составит 1817, 7 рублей в год.

Амортизация оборудования определяется по государственным нормам линейным методом. Отчисления производят равными пропорциональными частями на протяжении всего времени эксплуатации актива.

Срок полезного использования оборудования равен от двух до трех лет включительно. Срок эксплуатации три года. Норма амортизации = 33,3%.

Годовая амортизация рассчитывается по формуле:

,

где − стоимость оборудования; − норма амортизации.

Стоимость ноутбука составляет 70 000 рублей, принтера – 20 000 рублей.

Таким образом, годовая амортизация составит:

руб.

Сведения об общепроизводственных затратах представлены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Общепроизводственные затраты

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Квартал, руб/квартал | | | |
| I | II | III | IV |
| Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования | 1 817,6 | 1 817,6 | 1 817,6 | 1 817,6 |
| Амортизационные отчисления | 30 802,5 | 30 802,5 | 30 802,5 | 30 802,5 |
| Итого, руб/квартал | 32 620,1 | 32 620,1 | 32 620,1 | 32 620,1 |
| Итого, руб/год | | | | 130 480,4 |

Общая сумма общепроизводственных затрат в год составит – 130 480,4 рублей.

5.6.5 Постоянные управленческие и коммерческие затраты

Постоянные управленческие затраты — это расходы, которые связаны с поддержанием общей деятельности компании и не зависят от объема продаж или производства. К таким расходам относятся зарплата и премии сотрудников руководящего состава, аренда офисных помещений, коммунальные платежи, расходы на обслуживание и ремонт оборудования, расходы на бухгалтерское и юридическое сопровождение, налоги и другие общепринятые расходы, связанные с управлением бизнесом.

Коммерческие затраты — это расходы, связанные с продвижением товаров и услуг на рынке и обеспечением продаж. К ним относятся затраты на рекламу и маркетинг, упаковку и логистику, продажи и дистрибуцию, комиссионные и вознаграждения агентов, обработку заказов и т.д.

Реклама будет осуществлять с помощью предоставления клиентам пробной версии на 30 дней, поэтому затраты на нее не требуются.

Постоянные управленческие и коммерческие затраты представлены в таблице 5.10.

Таблица 5.10 - Постоянные управленческие и коммерческие затраты

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Квартал, руб/квартал | | | |
| I | II | III | IV |
| Заработная плата с отчислениями | 1 956 240 | 1 956 240 | 1 956 240 | 1 956 240 |
| Аренда | 156 000 | 156 000 | 156 000 | 156 000 |
| Реклама | 340 000 | 340 000 | 340 000 | 340 000 |
| Материалы | 2 950 | 0 | 2 550 | 0 |
| Итого, руб/квартал | 2 455 190 | 2 452 240 | 2 454 790 | 2 452 240 |
| Итого, руб/год | | | | 9 814 460 |

Общая сумма постоянных управленческих и коммерческих затрат в год составит – 9 814 460 рублей.

### 5.6.6 Себестоимость проекта

Себестоимость проекта — это сумма затрат, необходимых для его реализации.

Чтобы определить себестоимость проекта, необходимо проанализировать все затраты, связанные с реализацией проекта. В этот анализ включаются затраты на:

1. материалы и оборудование;
2. оплату труда работников;
3. аренду помещений и оборудования;
4. расходы на транспортировку и доставку материалов.

Кроме того, необходимо учитывать возможные неожиданные затраты и резервы на случай изменения условий проекта.

После того, как все затраты проанализированы, суммируются их значения для получения общей себестоимости проекта. Эта стоимость может быть использована при определении цены проекта и при принятии решения о его финансировании.

Себестоимость проекта представлена в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Себестоимость проекта

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Квартал, руб/квартал | | | | |
| I | II | III | IV | |
| Оборудование | 446 500 | 0 | 0 | 0 | |
| Материалы | 2 950 |  | 2 550 | 0 | |
| Аренда | 156 000 | 156 000 | 156 000 | 156 000 | |
| Оплата труда с отчислениями | 1 956 240 | 1 956 240 | 1 956 240 | 1 956 240 | |
| Реклама | 340 | 340 | 340 | 340 | |
| Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования | 1 816,6 | 1 816,6 | 1 816,6 | 1 816,6 | |
| Амортизационные отчисления | 30 802,5 | 30 802,5 | 30 802,5 | 30 802,5 | |
| Прочее | 50 000 | 50 000 | 50 000 | 50 000 | |
|  |  |  |  |  | |
| Итого, руб/квартал | 2 959 674,4 | 2 959 674,4 | 2 959 674,4 | 2 959 674,4 | |
| Итого, руб/год | | | | | 10 591 440,4 | |

Себестоимость проекта составляет 10 591 440,4 рублей.

## 5.7 Финансовый план

Финансовый план — это документ, который описывает финансовые ресурсы и действия, необходимые для достижения конкретных бизнес-целей. Он включает в себя описание доходов, расходов, инвестиций, планируемых проектов и стратегий управления денежными потоками.

Финансовый план является важным инструментом для бизнеса, который позволяет управлять денежными потоками, прогнозировать будущие результаты и принимать стратегические решения на основе финансовых данных.

### 5.7.1 План прибыли и убытков

План прибыли и убытков описывает доходы и расходы за определенный период времени, обычно за год.

Основные компоненты плана прибыли и убытков включают:

1. Выручка - доходы, полученные от продажи товаров или услуг.
2. Себестоимость продаж - расходы на материалы, труд и прочие затраты, необходимые для производства продуктов или предоставления услуг.
3. Валовая прибыль - разница между выручкой и себестоимостью продаж.
4. Операционные расходы - расходы на аренду, зарплаты, маркетинг, налоги и прочие затраты, связанные с обычной деятельностью бизнеса.
5. Чистая прибыль - разница между выручкой и суммой операционных расходов.
6. Налоги на доход.
7. Чистая прибыль после налогов - чистая прибыль за вычетом налоговых платежей.

План прибыли и убытков дает возможность оценить рентабельность бизнеса и оценить, какие области могут быть улучшены. Он также может использоваться для принятия решений о бюджетировании и финансовом планировании.

План прибыли и убытков представлен в таблице 5.12.

Таблица 5.12 - План прибыли и убытков

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Квартал | | | | Итого, руб/год |
| I | II | III | IV |  |
| Выручка | 1 650 000,00 | 3 300 000,00 | 9 900 000,00 | 13 200 000,00 | 28 050 000,00 |
| Валовая прибыль | -1 334 310,10 | 765 139,90 | 7 362 589,90 | 10 665 139,90 | 17 458 559,60 |
| Операционные расходы | 3 974 310,10 | 4 514 860,10 | 8 477 410,10 | 10 454 860,10 | 27 421 440,40 |
| Чистая прибыль | -2 324 310,10 | -1 214 860,10 | 1 422 589,90 | 2 745 139,90 | 628 559,60 |
| Налог, 6% | 990000 | 1980000 | 5940000 | 7920000 | 16 830 000,00 |
| Чистая прибыль после налога | -1 334 310,10 | 765 139,90 | 7 362 589,90 | 10 665 139,90 | 17 458 559,60 |

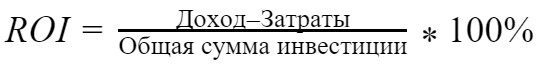
### 5.7.2 План движения денежных средств

План движения денежных средств показывает, каким образом ожидается, что денежные средства будут поступать и расходоваться в течение определенного периода времени (например, за год). Он позволяет планировать свои финансы и управлять денежными потоками.

План движения денежных средств представлен в таблице 5.13.

Чистый денежный поток (NVP) – это разница между всеми приходами (положительный денежный поток) и расходами (отрицательный денежный поток) средств за определенный промежуток времени.

Показатель рентабельности инвестиций (ROI) вычисляется по формуле:



Общая сумма инвестиции составляет 30 000 000 рублей.

Доходы составляют 28 050 000 рублей, а расходы – 27 221 440,4 рублей.

Исходя из полученных данных, ROI составит 2,76 %. Для первого года показатель рентабельности достаточно хороший, так как проект окупится уже в первый год.

Таблица 5.13 - План движения денежных средств

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Квартал | | | |
| I | II | III | IV |
| 1. Остаток денежных средств | 0,00 | -2 274 310,10 | -3 439 170,20 | -1 966 580,30 |
| 2. Поступления денежных средств от продажи | 1 650 000,00 | 3 300 000,00 | 9 900 000,00 | 13 200 000,00 |
| 3. Отход денежных средств | 3 924 310,10 | 4 464 860,10 | 8 427 410,10 | 10 404 860,10 |
| 3.1 Оплата труда | 1 956 240,00 | 1 956 240,00 | 1 956 240,00 | 1 956 240,00 |
| 3.2 Оплата аренды | 156 000,00 | 156 000,00 | 156 000,00 | 156 000,00 |
| 3.3 Оплата оборудования | 446 500,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3.4 Оплата материалов | 2 950,00 | 0,00 | 2 550,00 | 0,00 |
| 3.5 Оплата рекламы | 340 000,00 | 340 000,00 | 340 000,00 | 340 000,00 |
| 3.6 Общепроизводственные затраты | 32 620,10 | 32 620,10 | 32 620,10 | 32 620,10 |
| 3.7 Оплата налога | 990 000,00 | 1 980 000,00 | 5 940 000,00 | 7 920 000,00 |
| 4. Чистый денежный поток | -2 274 310,10 | -3 439 170,20 | -1 966 580,30 | 828 559,60 |

## 5.8 Вывод

В ходе написания бизнес-плана были изучена и освоена теория, методология и методика бизнес-планирования. Разработан бизнес-план для программы по автоматизации процесса анализа спектральных графиков тремора рук. Было выяснено, что проект является рентабельным и позволяет окупить вкладываемые в него инвестиции.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тремор: классификация, клиническая характеристика. Т.Г.Говорова, А.А.Таппахов, Т.Е.Попова, У.Д.Антипина [Интернет-ресурс] URL:https://cyberleninka.ru/article/n/tremor-klassifikatsiya-klinicheskaya-harakteristika/viewer (дата обращения 30.03.2023 г)
2. Треморография в клинической практике. Т.Г.Говорова, Т.Е.Попова, А.А.Таппахов [Интернет-ресурс] URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tremorografiya-v-klinicheskoy-praktike/viewer (дата обращения 30.03.2023г)
3. Тензометрическая треморография в прецизионных системах медицинской диагностики, Zoya Aleksanyan (Institute of the Human Brain, Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russiа), Olga Bureneva, Nikolay Safyannikov: Saint-Petersburg State Electrotechnical University “LETI” (дата обращения 01.04.2023 г)
4. Частотно-спектральная характеристика физиологического тремора. Е.А.Александрова, А.В.Густов, И.В.Бородачева, Е.М.Тиманин, Е.В.Еремин, К.М.Беляков, М.Н.Ерохина [Интернет-ресурс] URL: https://cyberleninka.ru/article/n/chastotno-spektralnaya-harakteristika-fiziologicheskogo-tremora/viewer (дата обращения 01.04.2023г)
5. Тензометрический треморограф [Интернет-ресурс] URL: https://etu.ru/ru/nauchnaya-i-innovacionnaya-deyatelnost/tehnopark/nauchno-tehnicheskaya-produkciya-tehnoparka/tenzometricheskij-tremorograf (дата обращения 01.04.2023г)
6. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ФРАКТАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО И ПАТОЛОГИЧЕСКОГО ТРЕМОРА РУКИ ЧЕЛОВЕКА © 2010 г. Учреждение Российской академии наук Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург: O. E. Дик, С. П. Романов, Санкт-Петербургский государственный университет: А. Д. Ноздрачев, редакция от 14.04.2009 г. (дата обращения 06.04.2023 г)
7. Некоторые задачи вычислительной математики [Интернет-ресурс] URL: http://pitf.ftf.nstu.ru/files/zaikin/2018/Lec1.pdf (дата обращения 01.05.2022г.)
8. Интерполяция и аппроксимация [Интернет-ресурс] URL: <https://fadeevlecturer.github.io/python_lectures/notebooks/scipy/interpolation_approx.html> (дата обращения 06.04.2023 г)
9. ПРАКТИКУМ ПО ПСИХОФИЗИОЛОГИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Учебно-методическое пособие для вузов Выпуск 1, Стадниченко Л. И., Валынкина И.Г. [Интернет-ресурс] URL: https://www.fsight.ru/blog/metody- analiza-vremennyh-rjadov-sglazhivanie/]. (дата обращения 15.04.2022г.)
10. Полное руководство по анализу и прогнозированию временных рядов [Интернет-ресурс] URL: https://www.machinelearningmastery.ru/the-complete-guide-to-time-series-analysis-and-forecasting-70d476bfe775/] (дата обращения 01.05.2022г.)
11. Как рассчитать скользящие средние в Python? [Интернет-ресурс] URL: https://www.geeksforgeeks.org/how-to-calculate- moving-averages-in-python/ (дата обращения 15.05.2022г.)
12. Методы статистики [Интернет-ресурс] URL: https://medstatistic.ru/methods/methods8.html (дата обращения 10.04.2022г.)
13. Выбираем язык программирования: что нужно знать о Python [Интернет-ресурс] URL: https://skillbox.ru/media/code/vybiraem\_yazyk\_ programmirovaniya\_chto\_nuzhno\_znat\_o\_python/ (дата обращения 10.04.2022г.)
14. Выбираем самый удобный редактор кода Python [Интернет-ресурс] URL: https://habr.com/ru/companies/skillfactory /articles/521838/ (дата обращения 10.04.2022г.)
15. Расчет коэфициента корреляции Пирсона [Интернет-ресурс] URL: https://rukovodstvo.net/posts/id\_651/ (дата обращения 10.04.2022г.)
16. Ковариационный анализ [Интернет-ресурс] URL: https://studme.org/410577/agropromyshlennost/kovariatsionnyy\_analiz (дата обращения 10.04.2022г.)
17. ОСОБЕННОСТЬ АКТИВНОСТИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ДВИЖЕНИЕМ С. П. Романов, доктор биол. наук, старший научный сотрудник Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, г. Санкт-Петербург, З. А. Алексанян, канд. мед. наук, старший научный сотрудник Институт мозга человека им. Н. П. Бехтеревой РАН, г. Санкт-Петербург, редакция: №5 2012г. (дата обращения 06.04.2023 г)
18. Интерполяция данных: соединяем точки так, чтобы было красиво [Интернет-ресурс] URL: https://habr.com/ru/articles/264191/(дата обращения 06.04.2023 г)

https://devpractice.ru/matplotlib-lesson-4-1-viz-linear-chart/

# ПРИЛОЖЕНИЕ А