

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.42:[612649+534.231.3]

Елец
Никита Михайлович

Приложение для многофакторного анализа физической,
функциональной и эмоциональной подготовленности спортсменов

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра
по специальности 1-39 80 03 Электронные системы и технологии

Научный руководитель
Давыдов Максим Викторович
канд. техн. наук, доцент каф. ТОЭ

Минск 2024

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Анализ спортивных достижений требует комплексного подхода, учитывающего многочисленные факторы, влияющие на физическую работоспособность атлетов. Антропометрические показатели, включающие рост, вес, состав тела и другие параметры, тесно связаны с успехами в различных видах спорта. Оптимальные значения этих характеристик могут давать существенное преимущество в плане развития силы, выносливости и других физических качеств. Биоэнергетический профиль, отражающий способность организма к аэробному и анаэробному энергообеспечению, также играет ключевую роль в определении потенциала спортсмена.

Кофеин, одно из наиболее распространенных эргогенных средств, оказывает влияние на центральную нервную систему, сердечно-сосудистую деятельность и метаболизм, что может положительно сказываться на спортивных результатах. Однако индивидуальная реакция на прием кофеина может существенно варьироваться в зависимости от исходных качеств спортсмена.

В данной работе проводится многофакторный анализ взаимосвязи антропометрических данных, показателей БИА и других характеристик спортсменов с их реакцией на прием кофеина, выраженной в изменениях физической работоспособности и спортивных достижений. Выявление специфических закономерностей позволит оптимизировать применение кофеина в качестве эргогенного средства с учетом индивидуальных особенностей спортсменов.

Разработка специализированного приложения, позволяющего проводить многофакторный анализ большого объема данных о физической, функциональной и эмоциональной подготовленности спортсменов, представляется актуальной задачей. Такое приложение предоставит тренерам и специалистам по спортивной науке мощный инструмент для выявления ключевых факторов оказывающих влияние на результат приема кофеина конкретным спортсменом.

Актуальность обусловлена отсутствием приложения предоставляющего функциональность многофакторного анализа физической, функциональной и эмоциональной подготовленности спортсменов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами

Тема диссертационной работы утверждена приказом ректора учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (от 03.10.2022 г. 2277- с) и соответствует разделу 2 «Цифровые информационно-коммуникационные и междисциплинарные технологии, основанные на них» Перечня приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2021–2025 годы (Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 7 мая 2020 г. № 156).

Диссертационная работа выполнена в одной организации – учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Цель, задачи, объект и предмет исследования

Целью представленной работы является разработка приложения для многофакторного анализа физической, функциональной и эмоциональной подготовленности спортсменов.

К основным задачам относятся:

- разработка архитектуры программы исходя из технического задания;
- разработка модулей приложения с применением средств и технологий для разработки десктопных приложений;
- разработка алгоритмов многофакторного анализа количественных и качественных данных;

Объектом разработки является приложение для многофакторного анализа физической, функциональной и эмоциональной подготовленности спортсменов.

Предмет разработки – технологии проектирования и программирования десктопных приложений, требования и стандарты проектирования десктопных приложений.

Научная новизна

1. Методы предварительной обработки данных физической, функциональной и эмоциональной подготовленности спортсменов.
2. Алгоритмы многофакторного анализа физической, функциональной и эмоциональной подготовленности спортсменов для оценки влияния кофеина на физические, психологические и эмоциональные показатели спортсменов.
3. Приложение для многофакторного анализа физической, функциональной и эмоциональной подготовленности спортсменов.

Положения, выносимые на защиту

1. Приложение для многофакторного анализа физической, функциональной и эмоциональной подготовленности спортсменов.
2. Алгоритмы многофакторного анализа качественных и количественных данных физической, функциональной и эмоциональной подготовленности спортсменов.

Личный вклад соискателя ученой степени

Все основные результаты, изложенные в диссертационной работе, получены автором самостоятельно. Определение цели и задач исследований, интерпретация и обобщение научных результатов проводились совместно с научным руководителем кандидатом технических наук, доцентом М.В. Давыдовым. Основными соавтором опубликованных работ являются кандидат технических наук, доцент М.В. Давыдов.

Апробация результатов диссертации

Результаты исследований апробированы на практике, доложены на научно-практической конференции: XIII Международная науч.-техн. конференция «МЕДЭЛЕКТРОНИКА - 2022» (декабрь, 2022., Минск, БГУИР); 60-я юбилейная научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов УО БГУИР (апрель, 2024., Минск, БГУИР).

Опубликованность результатов диссертации

По результатам выполненных исследований опубликовано 5 научных работ в сборниках статей и материалов конференций

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка. Общий объем диссертационной работы составляет 64 страниц, включая 38 страницы машинописного текста, 17 иллюстраций на 14 страницах, 6 таблицы на 4 страницах, список использованных источников из 19 наименований и 5 публикаций автора на 3 страницах, а также 1 приложение.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Во **введении** и **общей характеристике** обоснована актуальность темы диссертационной работы, определены цель и задачи исследования, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, их научная новизна, приведены сведения об апробации и опубликовании основных результатов диссертации.

В **первой главе** были рассмотрены основные характеристики исходных данных. Дано описание основных показателей для следующих характеристик:

1. Объем данных;
2. Источник данных;
3. Формат исходных данных;
4. Структурированность исходных данных;
5. Виды исходных данных;
6. Тип переменных;
7. Достоверность данных.

Виды исходных данных, представлены на рисунке 1

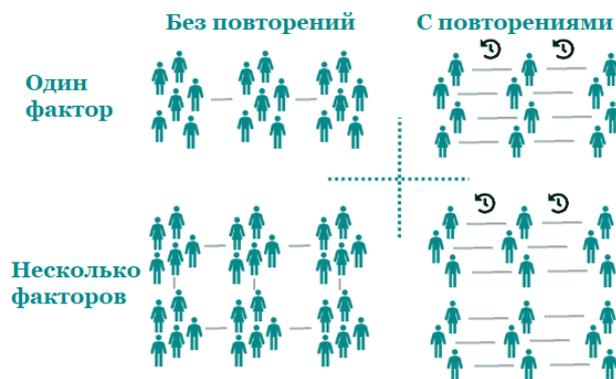


Рисунок 1 – Виды исходных данных

Рассмотрен этап подготовки данных. Для процесса подготовки данных описаны основные этапы, их назначение и варианты прикладной реализации.

Дано описание следующим этапам подготовки данных:

1. Сбор данных;
2. Очистка данных;
3. Проверка и визуализация;

Рассмотрены современные методы анализа, а именно: графические, экономико-математические и методы анализа статистических совокупностей. Также описана их применимость в зависимости от природы и характера входных данных.

Дано описание методов этапов анализа данных.

№ п/п	Этапы анализа данных	Статистические методы исследования
1.	Описание данных	Описательная статистика, определение необходимого объема выборки.
2.	Изучение сходств и различий	Статистические критерии: Крамера-Уэлча, Вилкоксона-Манна-Уитни, хи-квадрат, Фишера и др.
3.	Исследование зависимостей	Корреляционный анализ, дисперсионный анализ, регрессионный анализ.
4.	Снижение размерности	Факторный анализ, метод главных компонент.
5.	Классификация и прогноз	Дискриминантный анализ, кластерный анализ, группировка.

Рисунок 2 – Этапы анализа данных и их статистические методы

Кратко изложены преимущества и особенности инструментов для работы с данными, а именно: библиотека Python Pandas, библиотека Python NumPy, фреймворк Qt, описания пользовательских интерфейсов QML.

Во **второй** главе были рассмотрены входные данные. Дана характеристика входным данным. Характеризуется размерность исходного набора данных. Описаны методы получения этих данных, состав и формат исходных файлов. Описание содержимого таблиц приведено в таблице 1.

Таблица 2.1 – Описание содержимого таблиц исходных данных

Имя таблицы	Описание	Параметры
Общая информация	Базовая информация о спортсменах	Дата рождения, пол, дата обследования, вид спорта
БИА (Биоимпедансный анализ)	Результаты биоимпедансного анализа	Фазовый угол 50 кГц (град.), ИМТ (кг/кв.м), АКМ (кг), Доля АКМ (%), Основной обмен (ккал), Уд. Обм. (ккал/кв.м)
Анкетирование	Результаты анкетирования спортсменов	Стаж (лет), Длительность тренировок (ч.), Средняя продолжительность тренировок, Кол-во. тренировок в день, В какое время тренировки, Интенсивность тренировок, Количество соревнований за год, Болели ли COVID-19, Привиты, Используете ли БАДы или другие продукты спортивного питания, В какой фазе цикла, Кофеинсодержащие продукты, Проблемы со сном в последние 6 месяцев

Продолжение таблицы 2.1

Антропометрия	Результаты антропометрии	Рост, вес, костная масса, мышечная масса, жировая масса
Вингейт	Результаты Вингейт-теста. Данные содержатся в 2ух экземплярах: 1 (без кофеина), 2 (после кофеина)	Тормозное усилие, Пиковая мощность, Средняя мощность, Мин. Мощность, Индекс утомления, Время до пика, ЧСС исходно, ЧСС пик, Борг, Скоростно-силовая подготовленность, Скоростно-силовая выносливость
ВСП по этапам	Результаты измерения содержатся в 5ти экземплярах: до вингейта, после вингейта, до кофеина, после кофеина, после кофеина и вингейта	HR, tp, vlf mc, lf mc, hf mc, sdn, RMSSD, IN, ТФС, ТП
Психо-физиология	Результаты психо-физиологической оценки параметров, содержатся в 5ти экземплярах: до вингейта, после вингейта, до кофеина, после кофеина, после кофеина и вингейта	Суммарное отклонение от аутогенной нормы (СО), Вегетативный коэффициент (ВК), Среднее значение времени реакции, Функциональный уровень системы, Устойчивость реакции, Уровень функциональных возможностей, Среднее значение времени реакции, Число пропусков, Количество преждевременных реакций, Число ложных реакций, Общее число ошибок, Среднее время реакции (мс), Число точных реакций, Число опережений, Число запаздываний, Устойчивость внимания, Концентрация внимания
ПФ-уровни	Результаты оценки по нескольким тестам, содержатся в 5ти экземплярах: до вингейта, после вингейта, до кофеина, после кофеина, после кофеина и вингейта	Восьмицветовой тест Люшера (СО и ВК уровни), ПЗМР, СЗМР, РДО, Оценка внимания, Помехоустойчивость

Описана подготовка данных к анализу, а именно: объединение данных, преобразование данных, и приведение данных к единому формату внутри категорий.

В **третьей** главе была описана разработка алгоритма многофакторного анализа. Основываясь на количестве, природе и типе данных наиболее подходящими осуществлен выбор методов многофакторного анализа, описаны

инструменты, использованные для анализа. Глава содержит программный код реализации некоторых алгоритмов.

Используются следующие методы анализа:

1. Корреляционный анализ;
2. Множественная линейная регрессия;
3. Регрессия с регуляризацией;
4. Анализ главных компонент;

Осуществлена интерпретация результатов. Коэффициенты регрессии и их статистическая значимость были проанализированы для определения важности каждого предиктора в моделях линейной регрессии и регрессии с регуляризацией. Графики частичных зависимостей были использованы для визуализации связи между предикторами и целевыми переменными.

В **четвертой** описывается разработка приложения. Дается краткая информация о методиках разработки десктопных приложений. Подробно описана архитектура разрабатываемого приложения, представленного на рисунке 3.

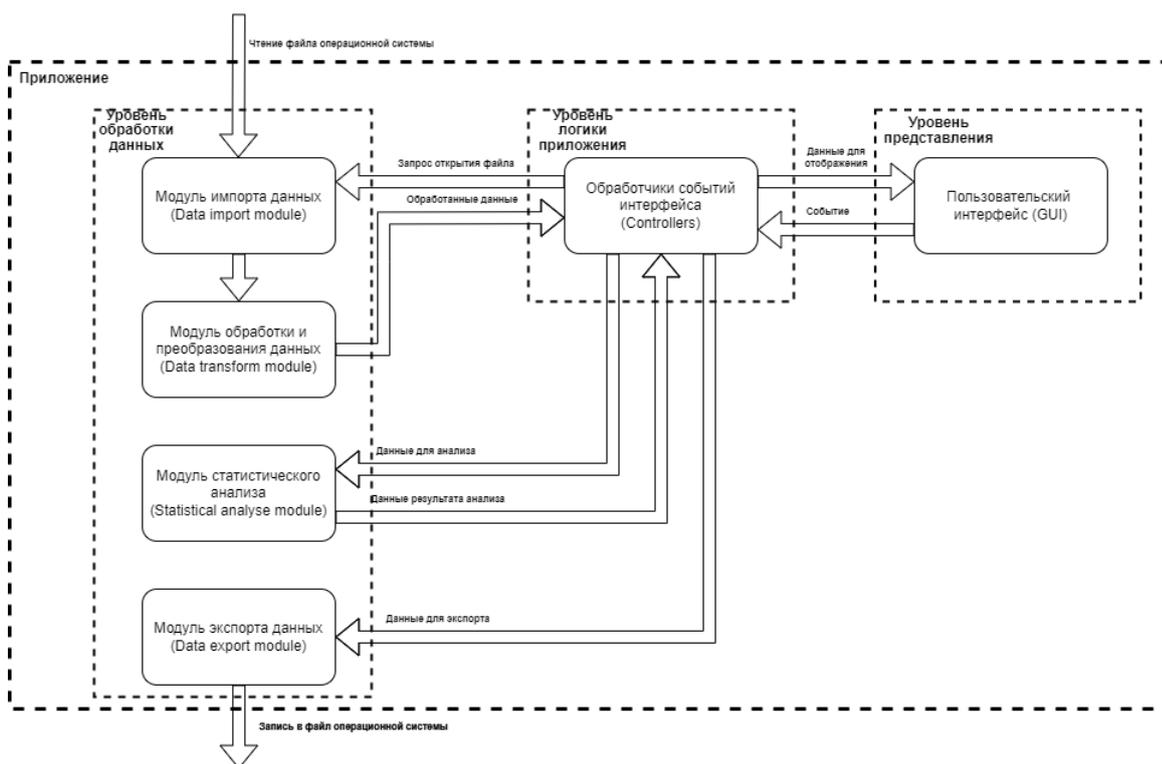


Рисунок 3 – Архитектура модулей приложения

Для реализации описанной архитектуры десктопного приложения использовать уровни абстракции описанные в таблице 2.

Таблица 2 – Описание уровней и модулей архитектуры приложения.

Наименование уровня	Наименование	Характеристика
Уровень обработки данных	Модуль импорта данных	Реализован на Python с использованием PySide6, отвечает за импорт данных из форматов .csv и .xlsx.
	Модуль обработки и преобразования данных	Реализован на Python с использованием библиотек NumPy и Pandas. Модуль выполняет преобразование и приведение данных к единому формату внутри категорий, а также кодирование категориальных переменных (One-Hot Encoding, Label Encoding и т.д.).
	Модуль статистического анализа	Реализован на Python с использованием NumPy, Pandas и sklearn. Модуль отвечает за вычисление основных статистических показателей (среднее, медиана, стандартное отклонение и т.д.), а также применение методов многофакторного анализа.
	Модуль экспорта данных	Реализован на Python с использованием фреймворка PySide6, отвечает за экспорт данных в формате .pdf в файл операционной системы.
Уровень логики приложения	Обработчики событий интерфейса	Реализованы на Python с использованием фреймворка PySide6 (привязка Python к Qt). Контроллеры выступают в качестве связующего звена между пользовательским интерфейсом и модулями обработки данных. Они получают данные из UI, передают их в соответствующие модули для обработки и возвращают результаты обратно в UI
Уровень представления	Пользовательский интерфейс	Реализован на языке QML (Qt Modeling Language) с использованием фреймворка Qt. Этот слой отвечает за отображение графического интерфейса пользователя, включая различные виджеты, диалоговые окна, графики и диаграммы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения работы разработаны алгоритмы анализа параметров спортсменов, полученные после нескольких этапов измерений Вингейт-теста и анкетирования.

В процессе работы над проектом разработано техническое задание, на основании которого проводилась разработка, произведено литературно-патентное исследование аналогичных систем анализа.

Результаты работы применены при создании программного обеспечения для обработки данных, анализа характеристик, визуализации рассчитанных данных и последующего сохранения результатов в файл.

Разработанное программное обеспечение позволяет обрабатывать данные, предварительно записанные в CSV-файл.

Реализованные в программе алгоритмы обработки позволяют анализировать данные, находить корреляции в массиве данных, строить по ним графики.

Дальнейшее развитие программы возможно при получении датасета большей размерности, что позволит добавить в нее алгоритмы анализа с применением обученных нейронных сетей. Это позволит получить более обоснованные связи между характеристиками и результатами вингейт-тестов. Добавление базы данных на удаленном сервере даст возможность получать доступ к записям с нескольких устройств.

Разработанные в ходе научной работы подходы могут быть использованы для прогнозирования влияния приема кофеина на показатели спортсменов и в мониторинге результатов спортивной тренировки, в научной деятельности и медицине.

Дипломный проект выполнен самостоятельно, проверен в системе «Антиплагиат». Процент оригинальности составляет 71,85%. Цитирования обозначены ссылками на публикации, указанные в «Списке использованных источников».

Все поставленные задачи были успешно решены, разработанные алгоритмы анализа были включены в состав приложения.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

1-А. Елец, Н. М. Программное обеспечение для анализа и визуализации данных тензоплатформы / Н. М. Елец, Д. Ю. Теребиленко // Электронные системы и технологии [Электронный ресурс] : сборник материалов 58-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18-22 апреля 2022 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2022. – С. 392–395. – Режим доступа : <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/46926>.

2-А. Теребиленко, Д. Ю. Анализ динамических характеристик движений спортсменов на основе динамометрической платформы / Д. Ю. Теребиленко, Н. М. Елец // Электронные системы и технологии [Электронный ресурс] : сборник материалов 58-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18-22 апреля 2022 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2022. – С. 492–495. – Режим доступа : <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/46926>.

3-А. Программное средство для анализа динамических характеристик движений спортсменов, полученных с использованием динамометрической платформ=Software tool for analysis of the dynamic characteristics of athletes' movements obtained using the dynamometric platform / Д. Ю. Теребиленко [и др.] // Медэлектроника–2022. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сборник научных статей XIII Международной научно-технической конференции, Минск, 8-9 декабря 2022 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; отв. за вып.: М. В. Давыдов. – Минск : БГУИР, 2022. – С. 87–89.

4-А. Исследование динамических характеристик движений спортсменов с использованием динамометрической платформы / Д. Ю. Теребиленко [и др.] // 60-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов. Секция «Электронная техника и технология».

5-А. Программное обеспечение для анализа и визуализации динамических характеристик движений спортсменов / Д. Ю. Теребиленко [и др.] // 60-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов. Секция «Электронная техника и технология».

6-А. Анализ динамических характеристик движений спортсменов с использованием динамометрической платформы / Д. Ю. Теребиленко [и др.] // BIG DATA and Advanced Analytics.