Разработка AI-решения для спортивного консалтинга: экономическая оценка и практическое применение

**Аннотация.** Представленное исследование посвящено разработке комплексной AI-системы для персонализированной спортивной подготовки, интегрирующей современные предсказательные модели машинного обучения с биометрическими данными, собираемыми с носимых устройств. Научная новизна работы заключается в создании гибридной модели, эффективно объединяющей Random Forest, XGBoost и rule-based логику адаптации тренировочной нагрузки для формирования архитектуры виртуального спортивного консультанта. В отличие от существующих решений в спортивной аналитике, авторами впервые предложена комплексная система, одновременно осуществляющая прогноз травм, анализ восстановления и динамическое изменение тренировочных рекомендаций на основе актуального состояния спортсмена. Уникальность подхода заключается в реализации модели прогнозирования ухудшения формы игрока, основанной на детальном анализе длительности восстановления и типологии травм. Методологическая база исследования включает применение корреляционного и регрессионного анализа, методов машинного обучения с визуализацией данных через библиотеки Python. Прогностическая модель, обученная на эмпирических данных о травмах и восстановлении, продемонстрировала высокую точность классификации в диапазоне 0.83-0.85 и значения AUC на уровне 0.85-0.87, подтверждая применимость разработанной системы для оперативной оценки риска функционального спада у спортсменов. Авторами проведена детальная экономическая оценка внедрения предложенного решения, включающая анализ затрат на разработку программного обеспечения, приобретение оборудования, обучение персонала и поддержку жизненного цикла системы. Результаты показывают значительный потенциальный экономический эффект: снижение расходов на лечение и реабилитацию травм на 25-35%, сокращение потерь от вынужденного простоя спортсменов на 15-20%, рост результативности команды до 25% и увеличение капитализации отдельных атлетов на 10-30%. Модельный расчет демонстрирует окупаемость менее одного года с показателем ROI на уровне 224% в первый год эксплуатации. Практическая значимость разработанной системы заключается в возможности масштабируемого внедрения в спортивный консалтинг в качестве инструмента трансформации управления подготовкой и восстановлением спортсменов. Предложенная методология адаптируется для различных видов спорта, возрастных категорий и уровней профессиональной подготовки, значительно повышая персонализацию тренировочного процесса, снижая вероятность травм и увеличивая адаптивность системы спортивной подготовки.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, машинное обучение, AI-ассистент, спортивная аналитика, прогнозирование травм, биометрические данные, оптимизация тренировок.

Введение

Современные технологии и AI открывают новые горизонты в спортивной аналитике, позволяя более точно прогнозировать травмы и оптимизировать тренировочные процессы. С развитием биометрических датчиков и ‘ML, появилась возможность не только следить за физическим состоянием спортсменов в реальном времени, но и предсказывать, когда и какие травмы могут произойти. Это позволяет значительно повысить эффективность тренировок и снизить риски.

Цель исследования – разработать AI-решение для мониторинга состояния спортсменов и предотвращения травм c интеграцией биометрических данные и предсказательных моделей ML. В рамках работы будет предложено решение для спортивных клубов, которое позволит точно прогнозировать травмы и оптимизировать тренировки с учетом состояния спортсмена.

Теоретическая значимость работы заключается в применении инновационных методов машинного обучения для анализа данных о травмах и восстановлении игроков, что позволяет сделать более точные выводы о влиянии физического состояния на производительность. Практическая значимость работы – создание системы, которая помогает тренерам и врачам принимать обоснованные решения на основе реальных данных.

Актуальность исследования состоит в необходимости повышения точности прогнозирования травм, что крайне важно для успешных выступлений спортсменов и долгосрочной карьеры. В отличие от существующих исследований, такие как на Kaggle, ResearchGate, FBref и Opta, наш проект уникален тем, что объединяет биометрические данные и предсказания травм с помощью AI, что ранее не рассматривалось в полном объеме.

## Методы и материалы

Теоретическая основа исследования включает в себя научные публикации таких авторов, как А. А. Василюк [1], А. М. Рамазанова [2], А. М. Соблиров, А. З. Бажев, А. А. Бажев, Б. Х. Чеченов [3], Н. М. Юдина, Е. В. Егорычева, Н. И. Кумашов [4], И. А. Семакин [5], Т. В. Копылова [6], П. П. Николаев, С. В. Левченко [7], Д. П. Федосов, И. Н. Сыкеева [8], Н. В. Стеценко [9], Е. Н. Летягина, В. И. Перова [10], А. А. Эльтемеров [11], И. Л. Димитров, А. И. Садыкова [12], А. В. Минбалеев, Е. В. Титова [13].

Методическая база исследования включает применение методов ML (Random Forest, XGBoost), корреляционного и регрессионного анализа, а также визуализации данных с использованием библиотек Python (pandas, seaborn, matplotlib). Для обработки биометрической информации применяются алгоритмы обработки временных рядов и агрегации показателей. В качестве источника данных используется открытый датасет, содержащий информацию о травмах, длительности восстановления и игровых рейтингах профессиональных спортсменов. Проведена кросс-валидация моделей, анализ важности признаков (feature importance), а также сравнение точности предсказаний. Полученные модели реализованы в виде интерактивного AI-ассистента и протестированы на предмет применимости в рамках спортивного консалтинга.

Исследование состоит из подробного анализа применения AI-решений в спортивном консалтинге и применения их для разработки предсказательных моделей и оптимизации тренировок.

## Результаты и обсуждение

**Определение области применения AI в спорте, возможности применения, требования к реализации, анализ примеров, препятствия осуществления:**

Для расставления рамок исследования обратимся к понятию по толковому словаря Даля, «Спорт» – составная часть физической культуры, комплекс физических упражнений для развития и укрепления организма, соревнования по таким упражнениям и комплексам, а также система организации и проведения этих соревнований[[1]](#footnote-1).

Рассмотрение видов спорта в соответствии со Всероссийским реестром видов спорта[[2]](#footnote-2) позволяет определить сферы использования для AI в текущих реалиях цифровизации, где AI стал неотъемлемой и важной частью технологического прогресса.

Для лучшего понимания области применения AI в спорте следует обратиться к его базовому определению[[3]](#footnote-3). Согласно IBM, AI представляет собой технологии, позволяющие машинам моделировать человеческий интеллект и решать сложные задачи на основе анализа данных. В спортивной сфере AI можно разделить на две основные категории: предсказательный AI (Predictive AI) и генеративный AI (Generative AI). Первый анализирует существующие данные и делает прогнозы на их основе, а второй создает новые материалы, например, текст, изображения и видео.

Одним из наиболее значимых направлений использования AI является анализ производительности спортсменов, вспомнить только произведение «Moneyball» 2011 г. с Бредом Питом под режиссурой Беннетта Миллера[[4]](#footnote-4), где математическими расчётами актёр Джона Хилл предлагает новаторскую схему оценки полезности игроков, что сейчас не считается сложным реализовать с развитым уровнем AI. Технологии позволяют изучать биомеханику движений, определять оптимальные нагрузки, разрабатывать персонализированные тренировочные программы и предотвращать травмы.

Примером является использование AI в футболе, где клубы анализируют показатели игроков, такие как скорость, пульс, выносливость и технику исполнения. К примеру, английский футбольный клуб «Ливерпуль» сотрудничает с DeepMind, разрабатывая систему TacticAI, которая помогает тренерам анализировать угловые удары и формировать эффективные тактические схемы. В гимнастике Fujitsu совместно с Международной федерацией гимнастики (FIG) внедрили AI-ассистированную систему судейства (JSS), позволяющую объективно оценивать выступления спортсменов.

AI активно применяется в тактическом анализе. Тренеры и аналитики используют машинное обучение для изучения предыдущих матчей, выявления слабых и сильных сторон соперников, а также для разработки оптимальных стратегий игры.

Так, в баскетболе AI-алгоритмы анализируют расположение игроков на площадке, рассчитывают вероятность успешного броска и предлагают альтернативные решения. В теннисе AI помогает предсказывать направление подачи соперника, основываясь на его предыдущих действиях.

AI активно внедряется в систему судейства для повышения объективности и точности принимаемых решений. Например, системы видеопомощи арбитрам (VAR) в футболе используют AI для автоматического определения офсайдов, фиксации нарушений правил и анализа спорных моментов. AI-системы также применяются в теннисе (Hawk-Eye), где они с высокой точностью определяют попадание мяча в границы корта.

Современные спортивные клубы и организации активно используют AI для персонализации взаимодействия с фанатами. AI-алгоритмы анализируют поведение болельщиков, их предпочтения и историю покупок, что позволяет предлагать персонализированные рекомендации по контенту, товарам и услугам.

На Олимпийских играх 2024 года в Париже AI применялся для автоматического создания персонализированных видеонарезок с лучшими моментами соревнований, основанных на интересах зрителей. AI-боты, такие как чат-бот OpenAI, помогают фанатам получать актуальную информацию о матчах, билетах и мероприятиях.

Для успешного внедрения AI в спортивную сферу необходимы:

1. Качественные данные – AI требует доступа к большим объемам данных, включая статистику игр, биометрические показатели, видеоаналитику и маркетинговые исследования.
2. Высокая вычислительная мощность – обработка больших данных требует мощных процессоров и облачных вычислений.
3. Интеграция с существующими технологиями – AI должен быть совместим с уже используемыми системами, такими как камеры, датчики и программное обеспечение для анализа данных.
4. Этические и правовые нормы – важна защита персональных данных спортсменов и соблюдение принципов честной игры.

Несмотря на значительные успехи, существуют определенные сложности, связанные с внедрением AI в спорт:

1. Ограниченный доступ к данным – многие спортивные организации неохотно делятся данными, опасаясь утечки информации;
2. Высокая стоимость – развертывание AI-решений требует значительных финансовых вложений, что делает их доступными преимущественно для богатых клубов и лиг;
3. Этические вопросы – AI может привести к тому, что решения тренеров и судей станут зависеть от алгоритмов, что может повлиять на эмоциональную составляющую спорта;
4. Неопределенность в регулировании – отсутствие четких нормативов по использованию AI в спорте может вызывать правовые споры.

Искусственный интеллект трансформирует спортивную индустрию по нескольким ключевым направлениям, создавая предпосылки для развития специализированных консалтинговых услуг. Рассмотрим основные области применения искусственного интеллекта в спорте, что показано на Рисунке 1.

Рисунок 1. Основные направления применения ИИ в спорте

*Источник: составлено авторами*

**Применение консалтинговых услуг в сфере спорта:**

Спортивный консалтинг представляет собой комплекс специализированных услуг, направленных на оптимизацию деятельности спортивных организаций, команд и отдельных атлетов. В настоящее время это быстрорастущий рынок, который, согласно прогнозам, увеличится с $8,79 млрд в 2024 году до $48,93 млрд к 2033 году, демонстрируя среднегодовой темп роста (CAGR) 21,02%[[5]](#footnote-5).

Основные направления спортивного консалтинга:

1. Консалтинговые компании разрабатывают стратегии продвижения спортивных клубов, спортсменов и мероприятий, помогая привлекать болельщиков и спонсоров;
2. Использование статистики и аналитики для повышения эффективности тренировок, тактики и управления командой;
3. Помощь спортсменам в развитии ментальной устойчивости и концентрации;
4. Консультанты разрабатывают стратегии монетизации спортивных активов и управления бюджетами;
5. Планирование и внедрение новых технологий в управлении стадионами, спортивными академиями и тренировочными базами.

Основные преимущества применения искусственного интеллекта в спортивном консалтинге представлены на Рисунке 2.

Рисунок 2. Преимущества применения ИИ в спортивном консалтинге

*Источник: составлено авторами*

Бурное развитие спортивного консалтинга объясняется возросшей конкуренцией в спортивной индустрии и необходимостью принятия обоснованных решений. Современные клубы, федерации и отдельные спортсмены требуют все более точных данных и специализированных решений для достижения конкурентных преимуществ. Это привело к увеличению спроса на консалтинговые услуги, особенно в области аналитики и стратегического планирования.

Однако традиционные методы спортивного консалтинга имеют ряд ограничений. Человеческий фактор, субъективные оценки и ограниченный объем обрабатываемых данных затрудняют принятие решений с высокой точностью. Здесь на первый план выходит искусственный интеллект (ИИ), который способен не только автоматизировать аналитические процессы, но и значительно повысить точность прогнозов, персонализировать рекомендации и находить скрытые закономерности в огромных массивах данных. Развитие ИИ открывает новые горизонты для спортивного консалтинга, делая его более эффективным и масштабируемым.

**Применение AI-решений в спортивном консалтинге: датчики и биометрические устройства, сбор данных для повышения эффективности:**

Датчики и носимые устройства (wearable technology) фиксируют ключевые биометрические показатели спортсменов, такие как:

1. Частота сердечных сокращений (HR); 2. VO2 max (максимальное потребление кислорода); 3. Уровень стресса и вариабельность сердечного ритма (HRV); 4. Динамика движений (ускорение, сила удара, координация); 5. Температура тела и гидратация.

Эти данные передаются в облачные хранилища, где алгоритмы ИИ анализируют их в режиме реального времени, выявляя закономерности и потенциальные риски.

Выделим основные этапы реализации проекта:

1. Сбор данных; 2. Предобработка данных; 3. Анализ данных; 4. Разработка модели машинного обучения; 5. Визуализация и интерпретация результатов.

Для практического доказательства работоспособности и применимости описанных выше теоретических основ ниже написана модель на языке Python с применением библиотек pandas, numpy, seaborn, matplotlib, sklearn, scipy, использован существующий датасет[[6]](#footnote-6), процесс работы, демонстрация практической реализации проекта с подтверждением теоретических положений модели, кодом, расчётами и сравнением алгоритмов ML указан в открытом репозитории GitHub проекта Form Check[[7]](#footnote-7). Исследование основывался на данных о травмах, восстановлении и рейтингах игроков для разработки модели, которая прогнозирует вероятность травм. Используя данные о физическом состоянии игроков, таких как длительность восстановления и тип травм, мы получаем возможность прогнозировать не только травму, но и оптимизировать тренировочный процесс с использованием AI-решений.

Основные выводы, полученные из исследования, могут быть полезны для более глубокого понимания взаимосвязи между физическим состоянием спортсмена и его производительностью.

Длительность восстановления является важным индикатором для прогноза возможных изменений в игре, что продемонстрировано с помощью модели на основе машинного обучения. Мы выявили, что продолжительность восстановления имеет слабую линейную зависимость с результатом команды, но её важность в контексте индивидуальных характеристик спортсмена подтверждается через анализ данных о травмах и прогнозирование вероятности поражения команды.

Тип травмы оказывает влияние на изменение рейтинга. Мы установили, что некоторые травмы приводят к большему снижению рейтинга игрока, что подтверждается результатами регрессии (что указано в репозитории GitHub).

Данные о состоянии спортсменов (особенно биометрические параметры) могут быть эффективно интегрированы в решения по прогнозированию травм и оптимизации тренировок.

**Разработка и внедрение AI-решения виртуальных спортивных консультантов:**

Предлагаемое решение: интеграция AI-решения для виртуального спортивного консультанта. Виртуальные спортивные консультанты, основанные на искусственном интеллекте, могут значительно повысить эффективность тренировок и предотвратить травмы. Рассмотрим, как можно интегрировать AI-решение, которое сочетает анализ биометрических данных и предсказательные модели для мониторинга состояния спортсменов, предотвращения травм и оптимизации тренировочного процесса.

Биометрические устройства (например, пульсометры, акселерометры, термометры) будут фиксировать ключевые параметры состояния спортсмена, такие как частота сердечных сокращений, температура тела, уровень стресса, динамика движений и другие показатели. Эти данные будут поступать в систему в реальном времени.

Для предсказания возможных травм будет использована модель машинного обучения, построенная на основе данных о длительности восстановления, типах травм и индивидуальных рейтингах спортсменов. В частности, использование Random Forest и XGBoost позволит с высокой точностью прогнозировать вероятность травм (что указано в репозитории GitHub).

Система будет анализировать собранные данные в реальном времени, предоставляя тренерам персонализированные рекомендации по оптимизации тренировок, предотвращению перегрузок и травм. В случае возникновения риска травмы (по биометрическим данным), система предложит адаптировать тренировочную программу или снизить нагрузку.

Важнейшие биометрические показатели для анализа указаны в начале Раздела 3.

Преимущества предлагаемого решения:

1. Система предоставляет индивидуальные рекомендации по тренировкам и восстановлению, основанные на реальных данных;
2. Система помогает вовремя определить вероятность травм и предотвратить их;
3. Система анализирует биометрические данные и предлагает оптимальные условия для повышения эффективности тренировки, не перегружая организм спортсмена.

Вызовы внедрения:

1. Интеграция различных биометрических устройств и обработка больших объёмов данных в реальном времени;
2. Для точных прогнозов необходимы качественные и непрерывные данные с датчиков;
3. Модели машинного обучения могут столкнуться с проблемой несбалансированных данных, что потребует применения дополнительных методов, таких как SMOTE.

**Формализации логики работы AI-ассистента:**

Внедрение AI-решения в спортивный консалтинг требует значительных инвестиций, однако потенциальные выгоды от его использования могут существенно превосходить затраты. Экономическая эффективность внедрения разработанного решения оценивается с учетом прямых и косвенных экономических эффектов.

Основные категории затрат на внедрение AI-решения для спортивного консалтинга представлены в Таблице 1.

Таблица 1. Структура затрат на внедрение AI-решения для спортивного консалтинга

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Категория затрат** | **Компоненты** | **Доля** |
| Разработка программного обеспечения | Разработка архитектуры системы, программирование аналитических моделей, создание интерфейсов пользователя, интеграция с внешними системами | 35-40% |
| Инфраструктура | Серверное оборудование, облачные сервисы, системы хранения данных, сетевая инфраструктура | 15-20% |
| Биометрические устройства | Носимые датчики, системы сбора биометрических данных, специализированное оборудование для мониторинга | 10-15% |
| Обучение персонала | Программы обучения для тренеров, медицинских специалистов, спортсменов | 5-10% |
| Лицензирование и патентование | Получение необходимых лицензий и патентов, юридическое сопровождение | 5-8% |
| Консультационные услуги | Привлечение экспертов в области спортивной медицины, аналитики данных, машинного обучения | 10-12% |
| Техническая поддержка и обслуживание | Обеспечение бесперебойной работы системы, обновление программного обеспечения, устранение неисправностей | 8-10% |

Источник: составлено авторами на основе анализа рынка AI-решений и консультаций с экспертами в области спортивного консалтинга

Совокупные затраты на разработку и внедрение AI-решения для спортивного консалтинга зависят от масштаба проекта, количества пользователей, уровня кастомизации и интеграции с существующими системами. Для профессионального спортивного клуба средней величины ориентировочная стоимость внедрения составляет от 15 до 25 миллионов рублей, с учетом ежегодных эксплуатационных затрат в размере 10 – 15% от первоначальных инвестиций.

Экономические эффекты от внедрения AI-решения для спортивного консалтинга могут быть разделены на прямые и косвенные, что указано в Таблице 2.

Таблица 2. Экономические эффекты от внедрения AI-решения для спортивного консалтинга

| **Категория эффектов** | **Описание** | **Количественная оценка** |
| --- | --- | --- |
| **Прямые экономические эффекты** | | |
| Снижение затрат на лечение и реабилитацию травм | Снижение частоты и тяжести травм благодаря прогнозированию и профилактике | Снижение затрат на 25-35% |
| Снижение потерь от вынужденного отсутствия спортсменов | Сокращение времени восстановления и снижение частоты отсутствия ключевых игроков | Сокращение на 15-20% |
| Оптимизация расходов на медицинский персонал | Повышение эффективности работы медицинской службы благодаря раннему выявлению проблем | Экономия 10-15% |
| Снижение затрат на неэффективные тренировочные методики | Выявление наиболее эффективных подходов к тренировкам для конкретных спортсменов | Экономия 10-20% |
| **Косвенные экономические эффекты** | | |
| Повышение результативности команды/спортсменов | Улучшение спортивных результатов благодаря оптимизации тренировочного процесса и снижению травматизма | Рост на 15-25% |
| Увеличение коммерческой ценности спортсменов | Продление профессионального долголетия, повышение стабильности выступлений | Рост на 10-30% |
| Повышение привлекательности для спонсоров | Улучшение имиджа клуба как инновационного и технологически продвинутого | Рост спонсорских контрактов на 5-15% |
| Повышение эффективности трансферной политики | Более точная оценка потенциала и рисков при приобретении новых игроков | Экономия на 15-25% |

Источник: составлено авторами на основе анализа экономической эффективности внедрения аналогичных решений в спортивных организациях

Для оценки экономической эффективности инвестиций в AI-решение для спортивного консалтинга проведем расчет срока окупаемости и показателя ROI (Return on Investment) для типичного профессионального спортивного клуба и отразим в Таблице 3.

Исходные данные для расчета:

1. Первоначальные инвестиции: 20 млн рублей
2. Ежегодные эксплуатационные затраты: 2,5 млн рублей (12,5% от первоначальных инвестиций)
3. Средний годовой бюджет на медицинское обеспечение и реабилитацию: 30 млн рублей
4. Средняя стоимость потерь от вынужденного отсутствия ключевых игроков: 50 млн рублей в год
5. Годовой бюджет на трансферы: 150 млн рублей
6. Годовой доход от спонсорских контрактов: 250 млн рублей

Таблица 3. Расчет экономического эффекта от внедрения AI-решения (млн руб.)

| **Статья** | **Год 1** | **Год 2** | **Год 3** | **Год 4** | **Год 5** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Инвестиции и затраты** | | | | | |
| Первоначальные инвестиции | 20,0 | - | - | - | - |
| Эксплуатационные затраты | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| **Итого затраты** | 22,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| **Экономические эффекты** | | | | | |
| Снижение затрат на лечение и реабилитацию (30%) | 9,0 | 9,0 | 9,0 | 9,0 | 9,0 |
| Снижение потерь от отсутствия игроков (18%) | 9,0 | 9,0 | 9,0 | 9,0 | 9,0 |
| Повышение эффективности трансферной политики (20%) | 30,0 | 30,0 | 30,0 | 30,0 | 30,0 |
| Рост доходов от спонсорских контрактов (10%) | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 |
| **Итого экономические эффекты** | 73,0 | 73,0 | 73,0 | 73,0 | 73,0 |
| **Чистый денежный поток** | 50,5 | 70,5 | 70,5 | 70,5 | 70,5 |
| **Накопленный денежный поток** | 50,5 | 121,0 | 191,5 | 262,0 | 332,5 |

Источник: составлено авторами

На основе проведенных расчетов можно сделать следующие выводы:

1. Срок окупаемости инвестиций составляет менее 1 года, что свидетельствует о высокой экономической эффективности проекта;
2. Показатель ROI за первый год составляет 224% = (50,5 / 22,5) x 100%, что значительно превышает средние показатели инвестиционных проектов в спортивной индустрии;
3. Накопленный экономический эффект за 5 лет составляет 332,5 млн рублей, что более чем в 15 раз превышает объем первоначальных инвестиций.

Необходимо отметить, что приведенные расчеты основаны на консервативных оценках экономических эффектов и не учитывают потенциальный рост спортивных результатов, который может привести к существенному увеличению доходов клуба от призовых выплат, продажи прав на трансляции и мерчандайзинга.

AI-ассистент разрабатывается как интеллектуальная система поддержки принятия решений (DSS – Decision Support System) в сфере персонализированной спортивной подготовки. Его архитектура реализуется по принципу модульной интеграции следующих компонентов:

5.1. Входные параметры и первичная анкета.

На этапе инициализации пользователь вводит анкетные и медико-биологические данные, которые являются входными параметрами модели:

1. Возраст, пол;
2. Рост, вес (для расчёта индексов, таких как ИМТ, VO2 max);
3. Уровень физической подготовки (категоризация: начинающий / средний / продвинутый);
4. Цели тренировочного процесса (например: выносливость, сушка, силовые показатели);
5. История травм и хронические состояния;
6. Частота тренировок и предпочтительный стиль (кардио, силовые, смешанные).

5.2. Система сбора и агрегации данных.

Во время использования AI-ассистент подключается к следующим источникам:

1. **Wearable-устройства:** трекеры (Garmin, Apple Watch, Polar, Xiaomi), смарт-часы и браслеты;
2. **Сенсоры и датчики:** измерение ЧСС, вариабельности пульса (HRV), температуры тела, сна, активности;
3. **Пользовательский ввод:** данные о субъективном самочувствии, дневниковые записи, отклики на тренировки;
4. **API интеграции:** импорт из фитнес-платформ (Google Fit, Strava, Apple HealthKit, Garmin Connect).

5.3. Ядро анализа – алгоритмы ИИ.

Логика обработки строится на базе гибридной предиктивной модели:

**Random Forest Classifier** – используется для оценки вероятности травмы (по историческим данным: тип, длительность, последствия);

**XGBoost Regressor** – прогнозирует индивидуальную эффективность / результативность в зависимости от текущих биометрических параметров и нагрузок;

**Rule-based логика** – адаптация рекомендаций по пороговым значениям (например, снижение нагрузки при снижении HRV).

5.4. Блок принятия решений (Decision Engine).

На основе анализа данных система выполняет следующие действия:

1. **Оценка состояния**: классификация пользователя в одну из зон: оптимум / перегрузка / восстановление / опасность;
2. **Выдача рекомендаций**:
   1. Изменение плана тренировок (объём, интенсивность, тип);
   2. Рекомендации по питанию и восстановлению;
   3. Профилактика травм (дни отдыха, массаж, физиотерапия).
3. **Обратная связь**: после каждой тренировки система анализирует отклик организма и уточняет будущие рекомендации.

5.5. Постоянное обучение и адаптация.

Модель использует **циклическое дообучение (online learning)** по мере накопления данных:

1. Индивидуальные параметры становятся обучающими признаками;
2. Новые зависимости и паттерны включаются в обновлённую модель;
3. Ассистент «узнаёт» пользователя и повышает точность рекомендаций.

5.6. Обработка отклонений.

При отклонении параметров от нормы (например, резкое падение HRV, повышение температуры, резкое снижение активности):

1. Генерируется тревожное уведомление;
2. Ассистент предлагает снизить нагрузку и обратиться к врачу при необходимости;
3. Все эпизоды фиксируются в журнале и участвуют в обучении модели.

**Разработка пользовательского сценария взаимодействия:**

Взаимодействие пользователя с AI-ассистентом реализовано по модели **Human-in-the-Loop**, что позволяет учитывать как автоматические предсказания модели, так и субъективные ощущения спортсмена. Это повышает адаптивность и доверие к системе.

6.1. Каналы взаимодействия.

Ассистент доступен пользователю через следующие интерфейсы:

1. **Мобильное приложение** (iOS / Android) – основной канал, с полной функциональностью и визуализацией;
2. **Веб-платформа** – доступна для анализа статистики и работы в связке с тренером / врачом;
3. **Чат-бот** – Telegram-бот или встроенный ассистент в приложении с возможностью задавать вопросы и получать советы;
4. **Голосовой интерфейс** – интеграция с Google Assistant, Siri или Яндекс.Алисой.

6.2. Основные пользовательские сценарии.

Сценарий 1. Инициализация (onboarding).

1. Пользователь скачивает приложение;
2. Заполняет анкету (параметры тела, цели, история травм);
3. Подключает трекеры и фитнес-устройства;
4. Получает стартовый план тренировок и рекомендации.

Сценарий 2. Ежедневное взаимодействие.

1. Пользователь завершает тренировку (вручную или через API);
2. Ассистент анализирует данные:
   1. Физическую нагрузку;
   2. ЧСС, HRV;
   3. Сон;
   4. Отклик (самочувствие, стресс).
3. Система отображает сводку дня (баланс нагрузки / восстановления);
4. Пользователь получает push-уведомления и рекомендации:
   1. «Сегодня вы в зоне восстановления. Рекомендуется лёгкое кардио и отдых»;
   2. «Обнаружена перегрузка – снизьте интенсивность или добавьте день отдыха».

Сценарий 3. Кризисные ситуации.

1. У пользователя зафиксированы неблагоприятные метрики (например, высокая утомляемость и низкий пульс в покое);
2. Ассистент реагирует автоматически:
   1. Отправляет предупреждение;
   2. Предлагает перезапланировать тренировки;
   3. Сохраняет эпизод в журнал.

Сценарий 4. Долгосрочный анализ и адаптация.

1. Пользователь открывает раздел «Прогресс»;
2. Система показывает динамику:
   1. Уровень риска травм;
   2. Изменения продуктивности;
   3. Соответствие целям.
3. Предлагается откорректированный план:
   1. Увеличение тренировочной нагрузки;
   2. Включение новых типов активности;
   3. Акцент на восстановление.

6.3. Дополнительные функции.

1. **Дневник состояния** – возможность вручную вносить субъективные ощущения и симптомы;
2. **Рекомендации по питанию** – в зависимости от метаболизма, веса, целей и нагрузки;
3. **Интеграция с тренером / врачом** – эксперт получает доступ к аналитике и может давать корректировки.

**Описание гипотетического пользователя и рекомендаций:**

Для демонстрации персонализации тренировочного процесса AI-ассистентом разработан профиль пользователя и карта эмпатии, показанные на рисунках в репозитории GitHub, позволяющие проиллюстрировать всю цепочку сбора, анализа и выдачи рекомендаций (профиль пользователя для персонализированного AI-ассистента и карточка персонажа (think, feel, say, do).

Рисунки можно дополнить, к примеру, дополнительными данными персонажа:

1. Предыдущие травмы: 1 раз – растяжение задней поверхности бедра (полгода назад)
2. Текущее состояние: без жалоб, ЧСС в покое – 60 уд / мин, HRV – 65 мс.

Также исходный тренировочный план (на основании начальной анкеты):

1. 3 тренировки в неделю по 40 – 60 минут;
2. 1 интервальная тренировка (HIIT), 1 длительная аэробная сессия (бег или велосипед), 1 смешанная с силовой частью;
3. Обязательный день восстановления после каждой сессии;
4. Отслеживание пульсовых зон (по данным HR) и вариабельности сердечного ритма (HRV).

Примеры рекомендаций на основании динамики показателей показаны в Таблице 4.

Таблица 4 – Корректировки в тренировочном процессе и рекомендации AI-ассистента на основе биометрических данных

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Сценарий** | **Биометрические данные** | **Действие AI-ассистента** | **Рекомендация** |
| День 7 | HRV уменьш. до 48 мс, сон 5 ч, стресс уменьш. | Зафиксирована перегрузка | Заменить HIIT на растяжку или лёгкое кардио, добавить дневной отдых |
| День 14 | VO2 max увел., восстановление хорошее | Прогресс зарегистрирован | Увеличить длительность аэробной сессии до 75 минут |
| День 22 | Усталость после длительного кросса, HR в покое 68 | Подозрение на накопившуюся усталость | Пропустить следующую силовую тренировку, сделать массаж или плавание |
| День 30 | Все показатели стабильны, прогресс по цели зафиксирован | Режим адаптации | Включить бег по пересечённой местности и интервалы 6 x 800 м |

Источник: составлено авторами

Результаты на основании анализа на следующий месяц могут быть следующие:

1. Увеличение VO2 max на 8% (по оценке модели);
2. Снижение частоты усталости и микротравм (за счёт баланса нагрузок);
3. Пользователь отметил улучшение общего самочувствия и восстановления;
4. AI-ассистент предложил новую цель: участие в 10-километровом забеге через 2 месяца.

**Анализ ИИ-гипотез из модели данных и применение их в качестве AI-ассистента:**

В рамках построения AI-ассистента была реализована серия машинных экспериментов по прогнозированию влияния травм на спортивные показатели. Для этого на основе датасета был реализован код в Jupyter Notebook, в котором реализована логика предварительной обработки, построения модели и интерпретации её результатов.

Главной гипотезой было:

**«Травмы спортсменов оказывают измеримое влияние на их результативность, и на основе исторических данных можно предсказывать снижение продуктивности или повышенный риск ухудшения формы».**

В датасете содержались следующие ключевые признаки:

1. Age, height, weight – антропометрические данные;
2. Injury\_type, injury\_severity, days\_missed – параметры травмы;
3. Pre\_injury\_rating, post\_injury\_rating – изменение формы;
4. Matches\_played\_after – число сыгранных матчей после восстановления.

Произведены следующие этапы обработки:

1. Заполнение пропусков в категориальных данных;
2. Нормализация числовых признаков;
3. Генерация бинарной целевой переменной performance\_drop на основе изменения рейтинга.

Использована модель **RandomForestClassifier**, как оптимальная по соотношению точности и интерпретируемости. Проведены:

1. Кросс-валидация;
2. Анализ важности признаков;
3. Построение confusion matrix.

Метрики:

1. Accuracy: 0.83;
2. Precision: 0.79;
3. Recall: 0.81.

Влияние факторов (feature importance) показано на Рисунке 3.

Рисунок 3. Важность признаков в модели Random Forest для прогнозирования травм

*Источник: составлено авторами на основе результатов моделирования*

Вывод: чем тяжелее травма и дольше восстановление, тем выше риск значительного снижения результативности. Молодые игроки восстанавливаются быстрее.

Модель служит **аналитическим ядром** AI-ассистента:

1. При фиксации травмы система автоматически анализирует её параметры и **оценку риска ухудшения формы**;
2. Используются значения injury\_severity, days\_missed и type, чтобы:
   1. Адаптировать тренировочный план;
   2. Ограничить нагрузку;
   3. Пересчитать прогноз продуктивности;
3. Сценарий поведения:
   1. **Легкая травма** – рекомендован щадящий режим на 7 – 10 дней;
   2. **Средняя** – вводится фаза «адаптивного восстановления» с мониторингом метрик (HR, HRV);
   3. **Тяжёлая** – блокируются интенсивные сессии, активируется режим «возврата в форму».

Пример output (рекомендации) на основе модели:

«На основе вашего восстановления после повреждения сухожилия и показателей ЧСС, риск ухудшения формы оценивается в 68%. Рекомендуется избегать пиковых нагрузок в течение 2 недель. Предлагаем следующий режим: 3 кардио-сессии низкой интенсивности + 2 восстановления в бассейне».

Выводы

Разработана и реализована интегрированная интеллектуальная система на базе методов машинного обучения и анализа биометрических данных, ориентированная на решение прикладных задач в спортивной аналитике и консалтинге. Система включает предсказательную модель риска ухудшения формы спортсмена на основе показателей восстановления после травм, а также модуль выдачи персонализированных рекомендаций по оптимизации тренировочного процесса. Архитектура решения предполагает поэтапное функционирование компонентов: модуль агрегации и нормализации данных с носимых устройств, аналитический блок обработки временных рядов, модельный блок (на основе алгоритмов Random Forest и XGBoost), а также интерфейс визуализации и управления рекомендациями.

Прогностическая модель, обученная на эмпирических данных о травмах и восстановлении, достигла точности классификации в диапазоне 0.83–0.85, значений AUC на уровне 0.85–0.87, что подтверждает её применимость для оперативной оценки риска функционального спада у спортсменов. Особенностью методического подхода стало включение комплексных профилей пользователей, сочетающих антропометрические, физиологические, поведенческие и психологические характеристики, что позволило реализовать механизм индивидуализированной корректировки тренировочной нагрузки в зависимости от контекста и текущих состояний организма.

Реализован пользовательский сценарий взаимодействия с системой по модели Human-in-the-Loop, включающий инициализацию, регулярное использование, реагирование на физиологические аномалии, а также адаптацию стратегии подготовки в долгосрочной перспективе. Автоматизированный цикл обратной связи позволяет уточнять рекомендации и динамически переобучать модели на накопленных данных, что обеспечивает устойчивое качество предсказаний в условиях изменяющейся нагрузки и состояния пользователя.

Выполнена детализированная экономическая оценка проектного решения с расчётом затрат на внедрение, включающих разработку программного обеспечения, приобретение оборудования, обучение персонала и поддержку жизненного цикла системы. Установлено, что потенциальный экономический эффект включает снижение совокупных расходов на лечение и реабилитацию травм на 25–35%, сокращение потерь от вынужденного простоя игроков на 15–20%, рост результативности команды до 25% и увеличение капитализации отдельных спортсменов на 10–30%. Модельный расчёт на примере типового профессионального клуба показал срок окупаемости менее одного года и ROI на уровне 224% в первый год эксплуатации, с интегральным эффектом за 5 лет — 332,5 млн рублей.

Полученные результаты демонстрируют потенциал для масштабного внедрения AI-решений в спортивный консалтинг как инструмента системной трансформации управления подготовкой и восстановлением спортсменов. Предложенная методология может быть адаптирована для различных видов спорта, возрастных категорий и уровней профессиональной подготовки, а также дополнена модулями на базе компьютерного зрения, анализа видео и генеративных моделей в последующих этапах развития проекта.

Литература

1. Василюк, А. А. Искусственный интеллект в сфере физического воспитания и спорта / А. А. Василюк // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 32. – С. 1487 – 1492. – EDN LFAXEV.
2. Рамазанова, А. М. Использование искусственного интеллекта в сфере спорта / А. М. Рамазанова // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – № 111-6. – С. 104-106. – DOI 10.18411/trnio-07-2024-322. – EDN PKQRHZ.
3. Особенности использования технологий искусственного интеллекта в процессе физического воспитания / А. М. Соблиров, А. З. Бажев, А. А. Бажев, Б. Х. Чеченов // Культура физическая и здоровье. – 2024. – № 2(90). – С. 160 – 164. – DOI 10.47438/1999-3455\_2024\_2\_160. – EDN IIBLUU.
4. Юдина, Н. М. Инновационные методы обучения физкультуре в цифровую эпоху / Н. М. Юдина, Е. В. Егорычева, Н. И. Кумашов // Успехи гуманитарных наук. – 2024. – № 9. – С. 238 – 243. – DOI 10.58224/2618-7175-2024-9-238-243. – EDN WNDHII.
5. Семакин, И. А. Использование искусственного интеллекта в процессе физической подготовки / И. А. Семакин // Студенческий вестник. – 2024. – № 45-3(331). – С. 61 – 63. – EDN GFGFSL.
6. Копылова, Т. В. Искусственный интеллект в спортивной индустрии: возможности, перспективы и вызовы / Т. В. Копылова // Архонт. – 2025. – № 1(52). – С. 46 – 49. – EDN WZDNRB.
7. Николаев, П. П. Использование искусственного интеллекта в спорте / П. П. Николаев, С. В. Левченко // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – № 107-7. – С. 135 – 137. – DOI 10.18411/trnio-03-2024-372. – EDN EYWVCD.
8. Федосов, Д. П. Возможности искусственного интеллекта в совершенствовании процесса результативности спортивных тренировок / Д. П. Федосов, И. Н. Сыкеева // Вестник образовательного консорциума Среднерусский университет. Серия: Гуманитарные науки. – 2024. – № 29. – С. 52 – 56. – EDN RPCLIU.
9. Стеценко, Н. В. Цифровые решения актуальных вопросов в сфере физической культуры и спорта / Н. В. Стеценко // Наука и спорт: современные тенденции. – 2024. – Т. 12, № 1. – С. 166 – 173. – DOI 10.36028/2308-8826-2024-12-1-166-173. – EDN ZWPTAL.
10. Летягина, Е. Н. Кластерный метод формирования эффективных управленческих стратегий развития Олимпийских видов спорта с использованием инструментов искусственного интеллекта / Е. Н. Летягина, В. И. Перова // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2022. – № 4(68). – С. 17 – 23. – DOI 10.52452/18115942\_2022\_4\_17. – EDN HEVWRI.
11. Эльтемеров, А. А. Перспективы применения нейросети в обучении спортивным способам плавания / А. А. Эльтемеров // ОБЖ: Основы безопасности жизни. – 2024. – № 1. – С. 34 – 39. – DOI 10.55090/19980736\_2024\_1\_34\_39. – EDN SHSKES.
12. Димитров, И. Л. Мейнстрим использования искусственного интеллекта в спорте / И. Л. Димитров, А. И. Садыкова // Modern Economy Success. – 2024. – № 4. – С. 207 – 212. – DOI 10.58224/2500-3747-2024-4-207-212. – EDN LBKCXF.
13. Минбалеев, А. В. Проблемы правового регулирования использования искусственного интеллекта в спортивной медицине / А. В. Минбалеев, Е. В. Титова // Человек. Спорт. Медицина. – 2024. – Т. 24, № S1. – С. 108 – 114. – DOI 10.14529/hsm24s114. – EDN VUNBIC.

Development of an AI solution for sports consulting: economic evaluation and practical application

**Abstract.** The presented study is devoted to the development of a complex AI system for personalized sports training, integrating modern predictive machine learning models with biometric data collected from wearable devices. The scientific novelty of the work lies in the creation of a hybrid model that effectively combines Random Forest, XGBoost and rule-based logic of training load adaptation to form the architecture of a virtual sports consultant. Unlike existing solutions in sports analytics, the authors for the first time proposed a complex system that simultaneously predicts injuries, analyzes recovery and dynamically changes training recommendations based on the current state of the athlete. The uniqueness of the approach lies in the implementation of a model for predicting the deterioration of a player's form, based on a detailed analysis of the duration of recovery and the typology of injuries. The methodological basis of the study includes the use of correlation and regression analysis, machine learning methods with data visualization through Python libraries. The predictive model trained on empirical data on injuries and recovery demonstrated high classification accuracy in the range of 0.83-0.85 and AUC values ​​at the level of 0.85-0.87, confirming the applicability of the developed system for prompt assessment of the risk of functional decline in athletes. The authors conducted a detailed economic assessment of the implementation of the proposed solution, including an analysis of the costs of software development, equipment acquisition, personnel training and support of the system life cycle. The results show a significant potential economic effect: a decrease in the cost of treatment and rehabilitation of injuries by 25-35%, a reduction in losses from forced downtime of athletes by 15-20%, an increase in team performance up to 25% and an increase in the capitalization of individual athletes by 10-30%. The model calculation demonstrates a payback of less than one year with an ROI of 224% in the first year of operation. The practical significance of the developed system lies in the possibility of scalable implementation in sports consulting as a tool for transforming the management of athletes' training and recovery. The proposed methodology is adaptable to various sports, age categories and levels of professional training, significantly increasing the personalization of the training process, reducing the likelihood of injuries and increasing the adaptability of the sports training system.

**Keywords:** artificial intelligence, machine learning, AI assistant, sports analytics, injury prediction, biometric data, training optimization.

1. Даль В. И. Толковый словарь живого великорусского языка: избранные статьи / В. И. Даль, И. А. Бодуэн де Куртенэ; науч. ред. Л. В. Беловинский. – М.: ОЛМА Медиа Групп, 2009. – 573 с. [↑](#footnote-ref-1)
2. Признание видов спорта и спортивных дисциплин. Всероссийский реестр видов спорта. Режим доступа – URL: <https://www.minsport.gov.ru/activity/government-regulation/priznanie-vidov-sporta-i-sportivnyh-discziplin-vserossijskij-reestr-vidov-sporta> (дата обращения: 03.03.2025). [↑](#footnote-ref-2)
3. What is artificial intelligence (AI)? IBM. Режим доступа – URL: <https://www.ibm.com/think/topics/artificial-intelligence> (дата обращения: 09.03.2025). [↑](#footnote-ref-3)
4. Человек, который изменил всё [Игровой фильм / реж. Беннетт Миллер]. – США: Columbia Pictures, 2011. Режим доступа – URL: <https://www.kinopoisk.ru/film/432791> (дата обращения: 09.03.2025) [↑](#footnote-ref-4)
5. Sports Consulting Market Size, Share, Growth, And Industry Analysis… // Business Research Insights. Режим доступа – URL: <https://www.businessresearchinsights.com/market-reports/sports-consulting-market-104633> (дата обращения: 09.03.2025) [↑](#footnote-ref-5)
6. Biswas A. Player Injuries and Team Performance Dataset // Kaggle. Режим доступа – URL: <https://www.kaggle.com/datasets/amritbiswas007/player-injuries-and-team-performance-dataset> (дата обращения: 09.03.2025). – (На англ. яз.). [↑](#footnote-ref-6)
7. Цыганцов А. С., Вакуленко М. К. FormCheck: AI-ассистент для прогнозирования спортивных травм // GitHub. Режим доступа – URL: <https://github.com/danlikendy/formcheck_project> (дата обращения: 08.05.2025). [↑](#footnote-ref-7)