

## РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ФИТНЕС-ТРЕКЕРА ДЛЯ ПРЕДИКТИВНОГО АНАЛИЗА УТОМЛЯЕМОСТИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

<sup>1</sup>Казамбаев И.М., <sup>1</sup>Микряков А.Д.<sup>а</sup>, <sup>2</sup>Кокарева С.М.

<sup>1</sup> Astana IT University, г. Астана, Казахстан

<sup>2</sup> Национальный университет «Запорожская политехника», г. Запорожье, Украина

Автор для корреспонденции: Микряков А.Д. [mikryakov.andrey@gmail.com](mailto:mikryakov.andrey@gmail.com)

**Аннотация.** В данной работе рассматривается задача разработки интеллектуального фитнес-трекера нового поколения, предназначенного для непрерывного мониторинга физиологических показателей человека и предиктивного анализа уровня утомляемости на основе технологий искусственного интеллекта и Интернета вещей (IoT). Актуальность исследования обусловлена возрастающей потребностью в персонализированных системах контроля физического состояния спортсменов и лиц, ведущих активный образ жизни, а также необходимостью профилактики перетренированности и функциональных перегрузок.

Проанализированы современные тенденции в области носимых устройств и систем биомониторинга, выявлены их основные ограничения, связанные с фрагментарностью данных и отсутствием интеллектуальной интерпретации показателей. Предложена архитектура аппаратно-программного комплекса фитнес-трекера, включающая модульную сенсорную систему, микроконтроллер, беспроводные каналы передачи данных и облачную аналитическую платформу. В качестве регистрируемых параметров используются частота сердечных сокращений, вариабельность сердечного ритма, уровень физической активности, температура тела и показатели сна.

Для обработки и анализа временных рядов биометрических данных разработаны алгоритмы машинного обучения, обеспечивающие прогнозирование уровня утомляемости и оценку готовности пользователя к физическим нагрузкам. Предложенное решение позволяет формировать персонализированные рекомендации по тренировочному процессу и восстановлению, а также повышает точность и информативность мониторинга физиологического состояния по сравнению с существующими коммерческими аналогами.

**Ключевые слова:** фитнес-трекер, носимые устройства, мониторинг физиологических показателей, утомляемость, искусственный интеллект, Интернет вещей, машинное обучение.

**Введение.** В последние годы наблюдается стремительное развитие цифровых технологий в сфере спорта и здравоохранения, обусловленное широким внедрением носимых устройств, сенсорных систем и методов искусственного интеллекта [1, 4, 10]. Современные фитнес-трекеры и спортивные гаджеты позволяют регистрировать широкий спектр физиологических показателей человека, включая частоту сердечных сокращений, уровень физической активности, параметры сна и энергетические затраты. Получаемые данные формируют основу для анализа физического состояния, оценки тренировочных нагрузок и мониторинга восстановления организма.

Исследования показывают, что использование носимых сенсорных систем способствует повышению эффективности тренировочного процесса и снижению риска травм за счёт более точного контроля нагрузок и восстановления организма. В ряде работ отмечается, что мониторинг физиологических показателей позволяет выявлять ранние признаки функционального утомления и перегрузок, которые не всегда могут быть

обнаружены субъективно самим спортсменом или тренером. Особенно перспективным направлением является анализ вариабельности сердечного ритма (HRV), рассматриваемой как один из наиболее информативных индикаторов состояния вегетативной нервной системы и уровня адаптации организма к физическим нагрузкам [1, 3, 8].

Актуальность разработки интеллектуальных систем мониторинга физиологических показателей обусловлена ростом популярности массового и профессионального спорта, а также увеличением числа лиц, занимающихся физической активностью без постоянного медицинского сопровождения. В условиях интенсивных тренировок и высоких физических нагрузок возрастает риск функциональных перегрузок, хронической усталости и перетренированности, что может приводить к снижению спортивных результатов, травматизму и ухудшению состояния здоровья. В связи с этим особую значимость приобретает задача объективной оценки уровня утомляемости и готовности организма к последующим нагрузкам на основе достоверных физиологических данных [1, 2].

Современные коммерческие фитнес-трекеры и спортивные платформы, такие как Whoop, Polar, Garmin, Oura и Huawei, обеспечивают сбор и визуализацию биометрических данных в реальном времени. Однако большинство существующих решений ориентировано преимущественно на регистрацию отдельных показателей и их отображение в виде простых статистических метрик. При этом интеллектуальная интерпретация получаемых данных, интеграция информации от различных сенсоров и построение предиктивных моделей физического состояния реализованы в ограниченном объеме или отсутствуют вовсе. Как правило, такие системы не предоставляют комплексной оценки утомляемости и не учитывают индивидуальные особенности пользователя [4, 11]. Дополнительным ограничением существующих решений является фрагментарность данных и отсутствие единого аналитического контура. Большинство носимых устройств функционирует в рамках закрытых экосистем, что затрудняет использование методов машинного обучения и интеллектуальной аналитики для формирования персонализированных рекомендаций. Кроме того, значительная часть коммерческих платформ ориентирована на массовый рынок и не адаптирована к требованиям профессионального спорта, где необходима высокая точность измерений, надёжность данных и возможность интеграции с медицинскими и тренировочными системами. В научной литературе также представлены различные прототипы интеллектуальных систем мониторинга состояния спортсменов.

Отдельное направление исследований связано с применением интеллектуальных систем мониторинга в военной и реабилитационной медицине. В этих областях носимые устройства используются для оценки физической готовности военнослужащих, контроля перегрузок при интенсивных нагрузках и наблюдения за процессом восстановления пациентов после травм и операций. Полученные результаты подтверждают целесообразность интеграции нескольких сенсорных каналов и интеллектуальной аналитики для повышения достоверности оценки состояния организма [9]. В ряде исследований предложены IoT-платформы для сбора биометрических данных с использованием носимых сенсоров и их последующего анализа с применением методов машинного обучения. Так, в работах зарубежных авторов описаны системы, позволяющие прогнозировать риск травм и уровень утомляемости на основе анализа временных рядов физиологических параметров и показателей движения. Использование алгоритмов искусственного интеллекта, включая нейронные сети и методы глубокого обучения, демонстрирует высокую точность прогнозирования функционального состояния в отдельных экспериментальных сценариях [6, 12]. Однако, большинство систем ориентировано на анализ отдельных аспектов физиологического состояния, таких как сердечная активность или физическое движение, и не обеспечивает мультимодального подхода к оценке утомляемости. Кроме того, во многих исследованиях отсутствует единая архитектура аппаратно-программного комплекса, интегрирующая носимые сенсоры, облачную инфраструктуру и интеллектуальные алгоритмы в единую систему принятия решений.

В этих условиях актуальной научно-технической задачей является разработка интеллектуального фитнес-трекера, способного не только регистрировать физиологические показатели, но и осуществлять их комплексный анализ с применением технологий искусственного интеллекта и Интернета вещей. Интеграция носимых сенсоров, облачной инфраструктуры и алгоритмов машинного обучения позволяет перейти от описательного мониторинга к предиктивной аналитике, обеспечивающей прогнозирование уровня утомляемости и оценку готовности пользователя к физическим нагрузкам.

Целью данной работы является разработка интеллектуального фитнес-трекера нового поколения для мониторинга физиологических показателей и предиктивного анализа утомляемости на основе технологий искусственного интеллекта и IoT. Для достижения поставленной цели в работе рассматриваются архитектура аппаратно-программного комплекса, принципы сбора и передачи биометрических данных, а также методы интеллектуальной обработки временных рядов физиологических параметров.

Таким образом, представленное исследование направлено на формирование комплексного подхода к мониторингу физического состояния человека, объединяющего носимые сенсорные устройства, методы искусственного интеллекта и облачные технологии, что позволяет повысить информативность анализа, точность прогнозирования и эффективность управления тренировочным процессом.

**Материалы и методы.** Разрабатываемый интеллектуальный фитнес-трекер представляет собой аппаратно-программный комплекс, предназначенный для непрерывного мониторинга физиологических показателей пользователя и предиктивного анализа уровня утомляемости. Архитектура системы основана на принципах Интернета вещей и включает в себя носимую сенсорную подсистему, микроконтроллерный модуль обработки данных, беспроводные каналы передачи информации и облачную аналитическую платформу, обеспечивающую хранение и интеллектуальную интерпретацию биометрических данных (рисунок 1).

Сенсорная подсистема предназначена для регистрации ключевых физиологических параметров, отражающих функциональное состояние организма. В состав системы входят фотоплетизмографические датчики для измерения частоты сердечных сокращений и оценки вариабельности сердечного ритма, электрокардиографический модуль для регистрации электрической активности сердца, инерциальные датчики для анализа двигательной активности, а также температурные сенсоры для контроля терморегуляции организма. Сенсорные модули подключаются к микроконтроллеру семейства STM32 или ESP32, который выполняет первичную обработку сигналов, фильтрацию шумов и формирование пакетов данных.

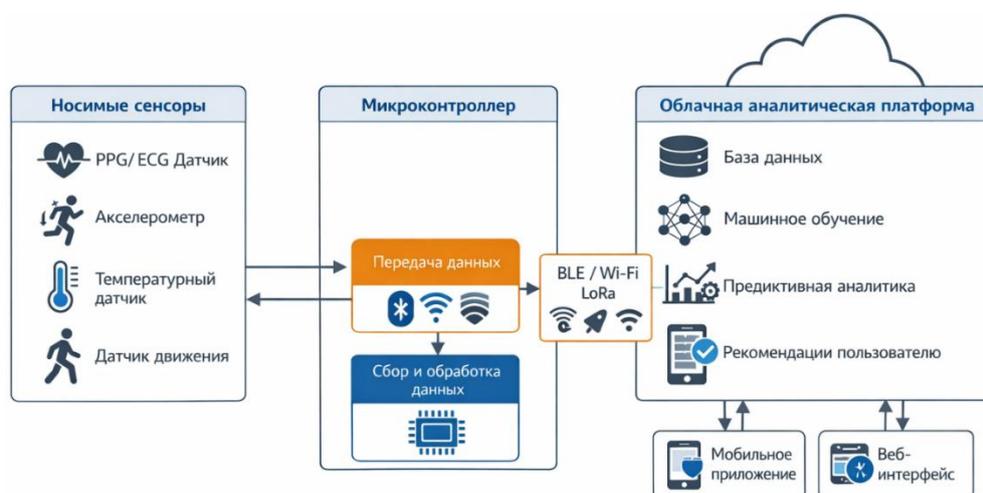


Рисунок 1 - Архитектура интеллектуального фитнес-трекера

Сбор данных осуществляется в непрерывном режиме с различной частотой дискретизации в зависимости от типа сигнала. Для сердечных сигналов используется частота от 50 до 250 Гц, для инерциальных измерений — от 20 до 100 Гц, для температурных показателей — от 1 до 5 Гц. Первичная обработка включает нормализацию и сглаживание сигналов, что позволяет уменьшить влияние артефактов движения и внешних помех. Полученные данные формируют временные ряды физиологических параметров, которые можно представить в виде матрицы наблюдений:

$$x = \begin{bmatrix} x_1^{(1)} & x_2^{(1)} & \dots & x_n^{(1)} \\ x_1^{(2)} & x_2^{(2)} & \dots & x_n^{(2)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_1^m & x_2^m & \dots & x_n^m \end{bmatrix} \quad (1)$$

где  $x_j^{(i)}$  — значение  $j$ -го физиологического параметра в момент времени  $i$ ,  $n$  — количество регистрируемых показателей,  $m$  — объём выборки.

Передача данных осуществляется по беспроводным каналам связи с использованием протоколов Bluetooth Low Energy, Wi-Fi или LoRa в зависимости от сценария эксплуатации устройства. В мобильном режиме смартфон пользователя выполняет роль IoT-шлюза, пересылая данные на облачный сервер через протокол MQTT. В серверной части данные сохраняются в базе временных рядов, что обеспечивает возможность накопления истории измерений и масштабируемость системы при увеличении количества пользователей.

**Результаты и обсуждение.** Для анализа физиологических показателей и предиктивной оценки утомляемости применяются методы машинного обучения и интеллектуальной аналитики. На первом этапе выполняется формирование признакового пространства, включающего статистические характеристики сигналов, такие как среднее значение, стандартное отклонение, максимальные и минимальные значения, а также показатели вариабельности сердечного ритма. Формально вектор признаков может быть представлен в виде:

$$f = [\mu_{HR}, \sigma_{HR}, HRV, A, T, S] \quad (2)$$

где  $\mu_{HR}$  - средняя частота сердечных сокращений,  $\sigma_{HR}$  - стандартное отклонение ЧСС,  $HRV$  - вариабельность сердечного ритма,  $A$  - уровень физической активности,  $T$  - температура тела,  $S$  - показатели сна.

На следующем этапе формируется модель прогнозирования уровня утомляемости, основанная на анализе временных рядов. В работе используются рекуррентные нейронные сети типа LSTM, способные учитывать временную зависимость между наблюдениями [6, 12]. Предиктивная функция утомляемости может быть представлена в общем виде:

$$F(t) = f(f_{t-1}, f_{t-2}, \dots, f_{t-k}) \quad (3)$$

где  $F(t)$  - прогнозируемый уровень утомляемости в момент времени  $t$ ,  $f_t$ - вектор признаков в момент времени  $t$ ,  $k$  — размер временного окна.

Выходным результатом модели является интегральный показатель утомляемости, нормированный в диапазоне от 0 до 1, где значения, близкие к 1, соответствуют высокому уровню функциональной перегрузки организма. Полученное значение используется для формирования персонализированных рекомендаций пользователю, включая необходимость снижения интенсивности тренировок, увеличения времени восстановления или изменения режима нагрузки.

Таким образом, предложенный подход реализует переход от традиционного описательного мониторинга физиологических параметров к интеллектуальной системе поддержки принятия решений, обеспечивающей предиктивный анализ состояния организма и адаптацию тренировочного процесса на основе объективных биометрических данных.

Полученные результаты подтверждают целесообразность применения мультимодального подхода к мониторингу физиологических показателей человека. В отличие от большинства существующих коммерческих фитнес-трекеров, ориентированных на регистрацию ограниченного набора параметров и их описательную визуализацию, предложенная система реализует интеграцию разнородных сенсорных данных и интеллектуальную интерпретацию состояния организма на основе алгоритмов машинного обучения [4, 11].

Следует отметить, что практическая реализация системы требует решения ряда задач, связанных с информационной безопасностью, защитой персональных данных и обеспечением достаточного объема обучающей выборки для повышения точности моделей машинного обучения. Кроме того, дальнейшие исследования должны быть направлены на экспериментальную валидацию разработанных алгоритмов с использованием эталонных медицинских устройств и расширенных выборок пользователей.

Тем не менее, предложенный подход демонстрирует высокую перспективность применения интеллектуальных носимых систем в спорте, медицине и реабилитации. Интеграция IoT-инфраструктуры и методов искусственного интеллекта открывает возможности для создания адаптивных систем мониторинга, способных учитывать индивидуальные особенности пользователя и формировать персонализированные рекомендации в реальном времени.

**Заключение.** В данном исследовании разработана концепция интеллектуального фитнес-трекера для мониторинга физиологических показателей и предиктивного анализа утомляемости на основе технологий искусственного интеллекта и Интернета вещей. Предложенная система объединяет носимые сенсорные устройства, беспроводные каналы передачи данных, облачную аналитическую платформу и алгоритмы машинного обучения в единый аппаратно-программный комплекс.

Показано, что использование мультимодального подхода к сбору биометрических данных и интеллектуальной обработке временных рядов позволяет повысить информативность оценки функционального состояния организма и обеспечить переход от описательного мониторинга к предиктивной аналитике. Разработанная модель утомляемости обеспечивает формирование персонализированных рекомендаций, направленных на оптимизацию тренировочного процесса и профилактику перегрузок.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанной системы в профессиональном и массовом спорте, медицинской реабилитации и мониторинге физического состояния пользователей. Дальнейшие исследования будут направлены на экспериментальную валидацию разработанных алгоритмов, расширение набора сенсорных параметров и интеграцию системы с медицинскими информационными платформами.

### Список литературы

- 1 Halson S. L. Monitoring training load to understand fatigue in athletes // *Sports Medicine*. – 2014. – Vol. 44, No. 2. – Pp. 139–147.
- 2 Saw A., Main L. C., Gastin P. B. Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures // *British Journal of Sports Medicine*. – 2016. – Vol. 50, No. 5. – Pp. 281–291.
- 3 Charlton P. H., Bonnici T., Tarassenko L., et al. An assessment of algorithms to estimate respiratory rate from the electrocardiogram and photoplethysmogram // *Physiological Measurement*. – 2016. – Vol. 37, No. 4. – Pp. 610–626.
- 4 Shcherbina J. A., Mattsson N., Waggott D., et al. Accuracy in wrist-worn, sensor-based measurements of heart rate and energy expenditure in a diverse cohort // *Journal of Personalized Medicine*. – 2017. – Vol. 7, No. 2. – Pp. 1–15.
- 5 Mujika A., Halson T., Burke J., et al. An integrated, multifactorial approach to periodization for optimal performance in individual and team sports // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2018. – Vol. 13, No. 5. – Pp. 538–561.
- 6 Ordóñez F., Roggen D. Deep convolutional and LSTM recurrent neural networks for multimodal wearable activity recognition // *Sensors*. – 2016. – Vol. 16, No. 1. – Pp. 1–25.
- 7 Buchheit M. J., Laursen S. D. High-intensity interval training: solutions to the programming puzzle // *Sports Medicine*. – 2013. – Vol. 43, No. 5. – Pp. 313–338.
- 8 Clifford G., Azuaje F., McSharry P. *Advanced Methods and Tools for ECG Data Analysis*. – Norwood, MA, USA: Artech House, 2006.
- 9 World Health Organization. *Guidelines on physical activity and sedentary behaviour*. – Geneva: WHO Press, 2020.
- 10 Belentyev S. Использование технологий и гаджетов для мониторинга физической активности // *Вестник науки*. – 2024.
- 11 Kato Jumba J. *Wearable technology for performance monitoring in athletes*. – 2025.
- 12 Keränen J. S. Machine-Learning-Based Fatigue Trend Analysis on IMU Data // *Sensors*. – 2025.
- 13 Pekgor M., et al. *Wearable Sensors in Sports and Healthcare: Advancements and Perspectives* // *Nanotechnology Perceptions*. – 2024.

### References

- 1 Halson S. L. Monitoring training load to understand fatigue in athletes // *Sports Medicine*. – 2014. – Vol. 44, No. 2. – Pp. 139–147.
- 2 Saw A., Main L. C., Gastin P. B. Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures // *British Journal of Sports Medicine*. – 2016. – Vol. 50, No. 5. – Pp. 281–291.
- 3 Charlton P. H., Bonnici T., Tarassenko L., et al. An assessment of algorithms to estimate respiratory rate from the electrocardiogram and photoplethysmogram // *Physiological Measurement*. – 2016. – Vol. 37, No. 4. – Pp. 610–626.
- 4 Shcherbina J. A., Mattsson N., Waggott D., et al. Accuracy in wrist-worn, sensor-based measurements of heart rate and energy expenditure in a diverse cohort // *Journal of Personalized Medicine*. – 2017. – Vol. 7, No. 2. – Pp. 1–15.
- 5 Mujika A., Halson T., Burke J., et al. An integrated, multifactorial approach to periodization for optimal performance in individual and team sports // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2018. – Vol. 13, No. 5. – Pp. 538–561.
- 6 Ordóñez F., Roggen D. Deep convolutional and LSTM recurrent neural networks for multimodal wearable activity recognition // *Sensors*. – 2016. – Vol. 16, No. 1. – Pp. 1–25.
- 7 Buchheit M. J., Laursen S. D. High-intensity interval training: solutions to the programming puzzle // *Sports Medicine*. – 2013. – Vol. 43, No. 5. – Pp. 313–338.
- 8 Clifford G., Azuaje F., McSharry P. *Advanced Methods and Tools for ECG Data Analysis*. – Norwood, MA, USA: Artech House, 2006.

- 9 World Health Organization. Guidelines on physical activity and sedentary behaviour. – Geneva: WHO Press, 2020.
- 10 Belentyev S. Ispol'zovanie tekhnologiy i gadzhetov dlya monitoringa fizicheskoy aktivnosti // Vestnik nauki. – 2024.
- 11 Kato Jumba J. Wearable technology for performance monitoring in athletes. – 2025.
- 12 Keränen J. S. Machine-Learning-Based Fatigue Trend Analysis on IMU Data // Sensors. – 2025.
- 13 Pekgor M., et al. Wearable Sensors in Sports and Healthcare: Advancements and Perspectives // Nanotechnology Perceptions. – 2024

## **ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ПЕН ЗАТТАР ИНТЕРНЕТІ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН БОЛЖАМДЫ ШАРШАУДЫ ТАЛДАУҒА АРНАЛҒАН ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ФИТНЕС-ТРЕКЕРДІ ӘЗІРЛЕУ**

**<sup>1</sup>Қазамбаев И.М., <sup>1</sup>Микряков А.Д.<sup>а</sup>, <sup>2</sup>Жокарева С.М.**

<sup>1</sup> Астана ІТ университеті, Астана, Қазақстан

<sup>2</sup> «Zaporizhzhia Polytechnic» ұлттық университеті, Запорожье қ., Украина

*Хат алмасу авторы: Микряков А.Д. mikryakov.andrey@gmail.com*

**Қысқаша мазмұны.** Бұл мақалада жасанды интеллект пен Заттар интернеті (IoT) технологияларына негізделген адам физиологиялық көрсеткіштерін үздіксіз бақылау және шаршау деңгейін болжау үшін жаңа буын интеллектуалды фитнес трекерін әзірлеу міндеті қарастырылады. Зерттеудің маңыздылығы спортшылар мен белсенді өмір салты жүргізетін адамдардың физикалық жағдайын бақылау үшін жеке жүйелерге қажеттіліктің артуымен байланысты артық жаттығу мен функционалдық жүктеменің алдын алу қажеттілігі.

Жұмыстың бір бөлігі ретінде киілетін құрылғылар мен биомониторинг жүйелері саласындағы қазіргі үрдістер талданады, олардың деректердің фрагментациясы мен индикаторлардың ақылды интерпретациясының болмауына байланысты негізгі шектеулері анықталады. Фитнес-трекердің аппараттық және бағдарламалық кешенінің архитектурасы ұсынылады, оған модульдік сенсор жүйесі, микроконтроллер, сымсыз деректер беру арналары және бұлттық аналитикалық платформа кіреді. Жүрек соғысы, жүрек соғу жиілігінің өзгеруі, физикалық белсенділік деңгейі, дене температурасы және ұйқы көрсеткіштері тіркелген параметрлер ретінде қолданылады.

Машиналық оқыту алгоритмдері биометриялық деректердің уақыт қатарларын өңдеу және талдау үшін әзірленген, олар шаршау деңгейін болжауға және пайдаланушының физикалық белсенділікке дайындығын бағалайды. Ұсынылған шешім жаттығу процесі мен қалпына келу үшін жеке ұсыныстар жасауға мүмкіндік береді, сондай-ақ физиологиялық күйді бақылаудың дәлдігі мен ақпараттық құндылығын коммерциялық аналогтармен салыстырғанда арттырады.

**Кілт сөздер:** фитнес трекері, киілетін құрылғылар, физиологиялық көрсеткіштерді бақылау, шаршау, жасанды интеллект, заттар интернеті, машиналық оқыту.

# DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT FITNESS TRACKER FOR PREDICTIVE FATIGUE ANALYSIS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND INTERNET OF THINGS TECHNOLOGIES

**<sup>1</sup>Kazambaev I.M., <sup>1</sup>Mikryakov A.D.<sup>a</sup>, <sup>2</sup>Kokareva S.M.**

<sup>1</sup> Astana IT University, Astana, Kazakhstan

<sup>2</sup>National University «Zaporizhzhia Polytechnic», Zaporizhzhia, Ukraine

*Corresponding author: Mikryakov A. mikryakov.andrey@gmail.com*

**Abstract.** This paper discusses the task of developing a new generation intelligent fitness tracker designed for continuous monitoring of human physiological indicators and predictive analysis of the level of fatigue based on artificial intelligence and the Internet of Things (IoT) technologies. The relevance of the study is due to the growing need for personalized systems for monitoring the physical condition of athletes and people leading an active lifestyle, as well as the need to prevent overtraining and functional overload.

As part of the work, current trends in the field of wearable devices and biomonitors systems are analyzed, their main limitations associated with the fragmentation of data and the lack of intelligent interpretation of indicators are identified. The architecture of the hardware and software complex of the fitness tracker is proposed, including a modular sensor system, a microcontroller, wireless data transmission channels and a cloud analytical platform. Heart rate, heart rate variability, physical activity level, body temperature and sleep indicators are used as recorded parameters.

Machine learning algorithms have been developed to process and analyze time series of biometric data, which predict the level of fatigue and assess the user's readiness for physical activity. The proposed solution makes it possible to generate personalized recommendations for the training process and recovery, as well as increases the accuracy and informative value of monitoring the physiological state in comparison with existing commercial analogues.

**Keywords:** fitness tracker, wearable devices, monitoring of physiological indicators, fatigue, artificial intelligence, Internet of Things, machine learning.

## Авторлар туралы ақпарат // Информация об авторах // Information about the Authors

**Казамбаев Ильяс** - Магистр, исполняющий обязанности директора Научно-инновационного центра " Industry 4.0", Astana IT University, г. Астана, Республика Казахстан

**Казамбаев Ильяс** - Магистр, "Industry 4.0" ғылыми-инновациялық орталығы директорының міндетін атқарушы, Astana IT University, Астана қ., Қазақстан Республикасы.

**Ilyas Kazambayev** - Master's degree, Acting Director of Scientific-Innovation Center Industry 4.0, Astana IT University, Astana, Republic of Kazakhstan.

**e-mail:** ilyaskazambayev@gmail.com

**ORCID iD:** [0000-0003-0850-7490](https://orcid.org/0000-0003-0850-7490)

**Микряков Андрей Денисович** - Магистрант компьютерных наук, младший научный сотрудник «Industry 4.0», Astana IT University, г. Астана, Республика Казахстан

**Микряков Андрей Денисович** - Компьютерлік ғылымдар магистрі, "Industry 4.0" кіші ғылыми қызметкері, Astana IT University, Астана қ., Қазақстан Республикасы

**Mikryakov Andrey Denisovich** - Master's Degree in Computer Science, Junior Researcher of Scientific-Innovation Center Industry 4.0, Astana IT University, Astana, Republic of Kazakhstan

**e-mail:** mikryakov.andrey@gmail.com

**ORCID ID:** [0009-0004-3827-5832](https://orcid.org/0009-0004-3827-5832)

**Кокарева Светлана** – декан факультета физической культуры и управления спортом, Национальный университет «Запорожская политехника», г. Запорожье, Украина.

**Кокарева Светлана** – Дене тәрбиесі және спорт менеджменті факультетінің деканы, «Zaporizhzhia Polytechnic» ұлттық университеті, Запорожье қ., Украина.

**Kokareva Svitlana** – Dean of the Faculty of Physical Culture and Sports Management, National University «Zaporizhzhia Polytechnic», Zaporizhzhia, Ukraine.

**e-mail:** kokarevas@gmail.com

**ORCID ID:** [0000-0002-3435-4929](https://orcid.org/0000-0002-3435-4929)