

УДК 004.9

***МОДЕЛЬ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ  
ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В СИСТЕМАХ ПРЕВЕНТИВНОГО МОНИТОРИНГА НА  
ОСНОВЕ IOT-УСТРОЙСТВ***

***Исаев И.В.<sup>1</sup>***

*Студент,*

*Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ,*

*г. Москва, Россия*

**Аннотация**

В статье представлена формализованная модель оценки состояния здоровья пользователя для систем превентивного мониторинга на основе носимых устройств и компонентов умного дома. Разработана четырёхуровневая шкала отклонений для восьми физиологических и средовых параметров, обоснованная медицинскими нормами и стандартами ГОСТ. Предложен интегральный алгоритм оценки с правилами приоритетности критических показателей.

**Ключевые слова:** превентивный мониторинг, IoT, носимые устройства, оценка состояния здоровья, умный дом

***AN INTEGRATED USER HEALTH STATE ASSESSMENT MODEL FOR  
PREVENTIVE MONITORING SYSTEMS BASED ON IOT DEVICES***

***Isaev I. V.***

*Student,*

*National Research Nuclear University MEPHI,*

*Moscow, Russia*

---

<sup>1</sup> Научный руководитель: Дроздова А.А., к.т.н., доцент каф. №71 НИЯУ МИФИ, г. Москва  
Scientific supervisor: Drozdova A.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department No. 71, MEPHI, Moscow

**Abstract**

The paper presents a formalized model for assessing user health status in preventive monitoring systems based on wearable devices and smart home components. A four-level deviation scale is developed for eight physiological and environmental parameters, grounded in medical guidelines and GOST standards. An integrated assessment algorithm with priority rules for critical indicators is proposed.

**Keywords:** preventive monitoring, IoT, wearable devices, health assessment, smart home

Современные носимые устройства и компоненты умного дома формируют непрерывный поток физиологических данных и данных окружающей среды, открывая возможности для перехода к превентивному мониторингу состояния здоровья. Однако в настоящий момент большинство существующих потребительских систем анализируют показатели изолированно друг от друга, опираясь на фиксированные пороговые значения для каждого параметра в отдельности. Такой подход порождает высокую частоту ложных срабатываний и игнорирует контекст: одно и то же значение параметра может иметь разную интерпретацию в зависимости от состояния прочих показателей. Целью этой работы является разработка формализованной модели оценки состояния здоровья пользователя, сочетающей анализ физиологических данных от носимых устройств и параметров окружающей среды от устройств умного дома, с применением интегрального алгоритма принятия решений.

**Отбор приоритетных параметров мониторинга**

Первоначальным этапом построения модели является определение набора измеряемых показателей. Из полного перечня параметров, доступных от массовых носимых устройств и сенсоров умного дома, приоритетные показатели отбирались по трём критериям: широкая доступность в массовых потребительских экосистемах (Apple Health, Samsung Health, Huawei Health, Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru)) СМЭ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

Xiaomi, Oura и др.); превентивная значимость — чувствительность к ранним изменениям самочувствия до появления выраженных клинических симптомов; автоматичность и регулярность измерения без участия пользователя. Для параметров окружающей среды дополнительно учитывалась управляемость: наличие исполнительных устройств умного дома (климатическое оборудование, увлажнители, вентиляция), позволяющих автоматически корректировать условия.

По результатам анализа в состав модели включены следующие параметры. От носимых устройств: температура тела, частота сердечных сокращений (ЧСС) в покое, насыщение крови кислородом ( $SpO_2$ ), продолжительность сна, уровень физической активности. От устройств умного дома: температура воздуха, относительная влажность воздуха, концентрация углекислого газа ( $CO_2$ ). Параметры доступны в массовом сегменте (вариабельность сердечного ритма, ЭКГ), а также требующие ручного запуска или специализированных алгоритмов (акустические события, уровень стресса) исключены из базовой версии модели и выделены отдельно, как направления для дальнейшего развития.

### **Система пороговых значений**

Для количественной оценки степени отклонения каждого показателя от нормы разработана четырёхуровневая шкала. Четыре уровня обеспечивают баланс между детализацией и практической применимостью: двухуровневая схема «норма/отклонение» не позволяет дифференцировать реакцию системы, тогда как пять и более уровней усложняют интерпретацию и увеличивают вероятность ошибочной классификации.

**Уровень 1** (норма): показатель в пределах нормальных значений.

**Уровень 2** (незначительные отклонения): небольшое отклонение, возможное начало ухудшения самочувствия.

**Уровень 3** (умеренные отклонения): выраженное отклонение, вероятно развитие недомогания, показаны превентивные меры.

**Уровень 4** (значительные отклонения): критическое отклонение, требуется немедленная реакция.

Пороговые значения для физиологических параметров установлены на основе клинических рекомендаций Министерства здравоохранения РФ и медицинских норм [1]. Шкала учитывает отклонения в обе стороны от нормы: как повышение показателей, так и их снижение. Конкретные граничные значения для каждого параметра представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Пороговые значения физиологических параметров

Параметр	Уровень 1 (норма)	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4
Температура тела (°C)	36,2–37,0	37,1–37,5 или 36,0–36,1	37,6–38,0 или 35,5–35,9	> 38,0 или < 35,5
ЧСС в покое (уд/мин)	60–80	81–90 или 55–59	91–100 или 50–54	> 100 или < 50
SpO <sub>2</sub> (%)	≥ 96	95	93–94	< 93
Продолжительность сна (ч)	7–9	6–6,9 или 9,1–10	5–5,9 или 10,1–11	< 5 или > 11
Качество сна (0–100)	75–100	60–74	45–59	< 45
Физическая активность (% от средней за неделю)	80–120	60–79 или 121–145	40–59 или 146–170	< 40 или > 170

Пороговые значения для параметров окружающей среды определены на основе ГОСТ 30494–2011 «Параметры микроклимата в помещениях» [2]. Стандарт устанавливает оптимальные и допустимые диапазоны температуры, влажности и качества воздуха для жилых помещений; в модели эти диапазоны адаптированы к четырёхуровневой шкале оценки.

Таблица 2 – Пороговые значения параметров окружающей среды

Параметр	Уровень 1 (норма)	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4
Температура воздуха (°C)	20–24	18–19 или 25–26	16–17 или 27–28	< 16 или > 28

Влажность воздуха (%)	30–60	25–29 или 61–65	20–24 или 66– 70	< 20 или > 70
Концентрация CO <sub>2</sub> (ppm)	< 800	800–1000	1001–1500	> 1500

### Алгоритм интегральной оценки

Итоговая оценка состояния формируется на основе совокупности уровней всех восьми параметров. Интегральный подход обоснован тем, что изолированное отклонение одного показателя не всегда свидетельствует о развитии заболевания, тогда как одновременное изменение нескольких параметров существенно повышает эту вероятность. Модель реализует два принципа.

Принцип комбинированного анализа предполагает, что диагностическая ценность определяется не только количеством отклонившихся параметров, но и их сочетанием. Так, повышение температуры тела совместно с учащением ЧСС в покое с высокой вероятностью указывает на инфекционный процесс; сочетание сниженной физической активности, ухудшения качества сна и низкого SpO<sub>2</sub> — на возможное респираторное недомогание.

Принцип приоритетности критических показателей закрепляет особый статус температуры тела и SpO<sub>2</sub>. Если температура тела ≥ 38,0°C или < 35,5°C, либо SpO<sub>2</sub> < 93% (или < 90% в зависимости от версии приложения) — это приводит итоговое состояние в категорию «значительные отклонения» вне зависимости от значений остальных параметров.

Таблица 3 – Правила определения итогового состояния пользователя

Итоговое состояние	Комбинация уровней параметров
Норма	Все параметры — Уровень 1
Незначительные отклонения	1–2 параметра — Уровень 2, остальные — Уровень 1; или 1 параметр — Уровень 3–4, остальные — Уровень 1
Умеренные отклонения	3+ параметра — Уровень 2; или 1 параметр Ур. 3–4 + 1–2 параметра Ур. 2; или 2 параметра — Уровень 3

Значительные отклонения	3+ параметра — Уровень 3; или 2+ параметра — Уровень 4; или наличие критического показателя*
-------------------------	--

Алгоритм работы описанных правил представлен на рисунке 1.

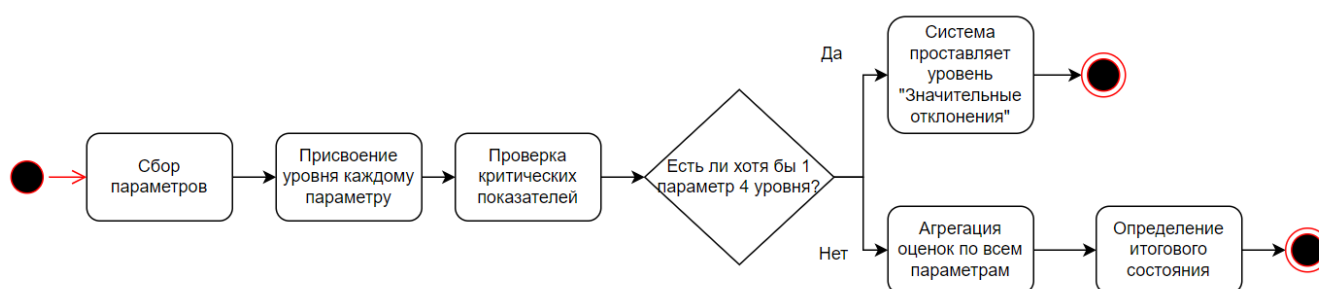


Рис.1 – Алгоритм проставления интегральной оценки состояния пользователя<sup>2</sup>

### Заключение

Разработанная модель формализует процесс оценки состояния здоровья пользователя на основе восьми физиологических и средовых параметров. Предложенная четырёхуровневая шкала и интегральный алгоритм с правилами приоритетности критических показателей снижают частоту ложных срабатываний по сравнению с изолированным анализом отдельных параметров. Полученная интегральная оценка может выступать основой для систем реагирования: автоматической корректировки параметров микроклимата через устройства умного дома или формирования рекомендаций пользователю. Направлениями дальнейших исследований являются включение variability сердечного ритма, персонализированная калибровка пороговых значений и разработка модуля реагирования на основе предложенной модели оценки.

### Библиографический список:

1. Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)». Версия 15 (22.02.2022) / Министерство здравоохранения Российской Федерации. – Москва, 2022.
2. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (с Изменением N 1). – Введ. 2013-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2013.

<sup>2</sup> Разработано автором