

ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ/INFORMATICS AND INFORMATION PROCESSES

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.55>

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Научная статья

Сафина Р.М.^{1,*}, Ляшева М.М.²

¹ ORCID : 0000-0002-9335-4099;

^{1,2} Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева-КАИ, Казань, Российской Федерации

* Корреспондирующий автор (rimma77705[at]mail.ru)

Аннотация

Для поддержания здоровья и эффективной реализации себя человеку необходимо иметь оптимальные параметры состояния тела (вес, состояние мышц, содержание жира, воды и др.). Также данные задачи важны при подготовке спортсменов. В данной работе предложена относительно простая и недорогая в реализации методика для прогнозирования состояния тела человека при умеренных физических нагрузках и режиме питания на основе данных общедоступных интеллектуальных устройств. Полученные результаты показывают, что на основе измеренных и расчетных параметров в течение определенного времени, можно прогнозировать изменения параметров состояния тела человека на последующие периоды при сохранении текущей физической нагрузки и режима питания. При необходимости она помогает строить схему питания и тренировок для получения желаемых параметров физического состояния тела человека.

Ключевые слова: тело человека, вес, параметры состояния тела, прогнозирование, интеллектуальное устройство.

PREDICTION OF HUMAN BODY CONDITION PARAMETERS BASED ON DATA FROM INTELLIGENT DEVICES

Research article

Safina R.M.^{1,*}, Lyasheva M.M.²

¹ ORCID : 0000-0002-9335-4099;

^{1,2} Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI, Kazan, Russian Federation

* Corresponding author (rimma77705[at]mail.ru)

Abstract

In order to maintain health and effectively fulfil oneself, a person needs to have optimal parameters of body condition (weight, muscle condition, fat content, water content, etc.). Also, these tasks are important in the training of athletes. In this work, a relatively simple and inexpensive methodology for predicting human body condition under moderate physical activity and dietary regime based on data from publicly available smart devices is suggested. The obtained results show that on the basis of measured and calculated parameters during a certain time, it is possible to predict changes in human body condition parameters for subsequent periods while maintaining the current physical activity and dietary regime. If necessary, it helps to build a scheme of nutrition and training to obtain the desired parameters of the physical state of the human body.

Keywords: human body, weight, body condition parameters, prediction, intelligent device.

Введение

Контроль веса и параметров состояния тела человека – одна из важных задач в современном управлении здоровьем [1], [2]. Анализ и прогнозирование взаимодействия физической активности человека, питательных веществ и генетической предрасположенности является задачей, направленной на поиск различных решений проблем, связанных с избыточным весом [3], [4], [5]. Например, по оценкам центров по контролю за заболеваниями США, примерно 67% взрослого населения США имеют избыточный вес, индекс массы тела составляет (ИМТ) от 25 до 29,9, а 34% страдают ожирением (ИМТ>30). Уровни ИМТ выше 25 связаны с заболеваниями и последствиями, связанными со здоровьем.

При этом для прогнозирования веса и других параметров человека предлагают методы машинного обучения [6], [7]. Также для этого можно использовать изображение человека [8], характеристические особенности которого могут распознаваться различными методами [9], [10], [11], [12]. Человеческие лица содержат много полезной информации. Недавние исследования показали, что черты лица связаны с массой тела или ИМТ. Эти исследования [8] сосредоточены на обнаружении корреляции между чертами лица и ИМТ. Прогнозирование веса человека может осуществляться даже через его голос [13]. В работе предложен метод прогнозирования нормального, избыточного веса и ожирения. Метод включает в себя алгоритм логистической регрессии и два алгоритма классификации на основе статистически значимых характеристик.

Цель данной работы – разработка простой методики прогнозирования параметров состояния тела человека при умеренных физических нагрузках на основе данных интеллектуальных устройств.

Методы и принципы исследования

Составляющие методики прогнозирования параметров состояния тела человека при умеренных физических нагрузках на основе данных интеллектуальных устройств можно представить в виде блок диаграммы (рис. 1).



Рисунок 1 - Блок диаграмма методики прогнозирования параметров состояния тела человека

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.55.1>

Методика может быть реализована на основе следующих аппаратных и программных модулей: интеллектуальные напольные весы Xiaomi Mi Body Composition Scale 2 [14]; программу Mi Fit; интеллектуальный фитнес браслет Huawei Band 8 [15]; программу Huawei Health; программу для прогнозирования веса и состояния тела человека на основе методов экстраполяции [16], [17]. В прототипе системы можно использовать программу Microsoft Excel. В интеллектуальных весах для измерений веса используется G-образный датчик из сплава марганца, который определяет вес с точностью до 50 грамм. Встроенный в весы BIA-чип служит для измерения 13 параметров организма. Для расчетов используется метод биоимпедансометрии – анализ сопротивления тканей организма слабому току. Программное приложение Mi Fit используется для сохранения всех параметров. Приложение проводит все необходимые вычисления. Фитнес браслет и программное приложение Huawei Health отслеживают частоту сердечных сокращений (инфракрасная технология), время тренировки, расстояние, частота шагов, скорость, калории и уровень сатурации кислорода в крови.

Аппаратная часть системы прогнозирования выполнена в автономном варианте, является энергонезависимой и поэтому не подвержена влиянию плохого качества электроэнергии [16], [17]. Но для выполнения своих функций интеллектуальные весы и браслет соприкасаются с человеком. Человек может выступать сильным источником электростатического разряда [18], поэтому конструкция должна быть выполнена не ниже третьего уровня защиты по IEC 61000-4-2. А также в конструкции электронных устройств должна учесть воздействие мощных электрических и магнитных полей от разных индустриальных источников [19] по уровню защиты не ниже двух по IEC 61000-4-5. Выбранные интеллектуальные устройства удовлетворяют данным требованиям.

Для прогнозирования параметров физического состояния тела человека в краткосрочной перспективе обычно используют методы экстраполяции [20], [21]. Наиболее простым из методов прогнозирования является экстраполяция тренда процесса за истекший период [22]. О точности прогнозирования косвенно можно судить по коэффициенту достоверности аппроксимации (R^2). Считается, что при величине данного показателя 0,85 и выше сглаживание можно считать достаточно достоверным.

Основные результаты

Рассмотрим реальный пример контроля и прогнозирования параметров физического состояния тела тестового человека в течение одного месяца. Исходные данные: рост – 175 см; начальный вес – 93 кг; возраст полный – 46 лет; начальный индекс массы тела – 30,3. ИМТ в конце исследования 29,3. Расчетный биологический возраст тела в начале исследований 49 лет, в конце 47 года.

В течение месяца тестовый человек выполняет умеренную физическую нагрузку, преимущественно утром и днем. Это 10 минут разминка, 50-55 минут быстрая ходьба на свежем воздухе утром и в течение дня от 15 до 17 тысяч шагов. А также плавание в бассейне три раза в неделю по 1,5 км. В течение дня человек активно участвует в полноценной работе в качестве преподавателя университета. Это соответствует в среднем 800 расходуемым килокалориям в день (по расчетам фитнес браслета). В исследуемый период человек придерживается умеренной диеты с преобладанием белковой пищи.

В рассмотренном примере рассматриваются измеренные данные за один месяц (31 день). Горизонт прогнозирования параметров тела человека также составляет один месяц (30 дней). При составлении прогноза по изменению веса и параметров выделяется оптимистичный, реалистичный и пессимистичный сценарии (рис. 2-4).

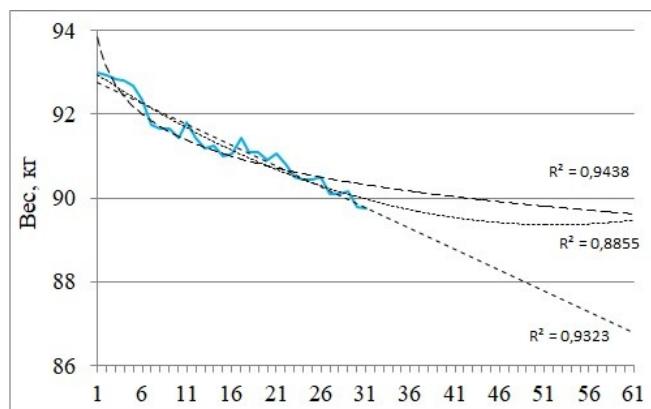


Рисунок 2 - Прогнозирование изменения веса человека
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.55.2>

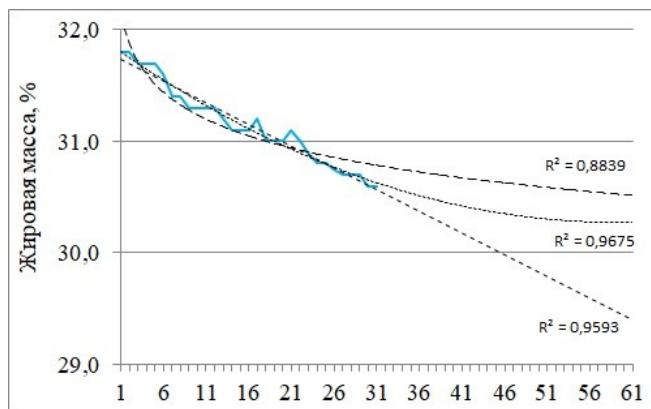


Рисунок 3 - Прогнозирование изменения общей жировой массы
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.55.3>

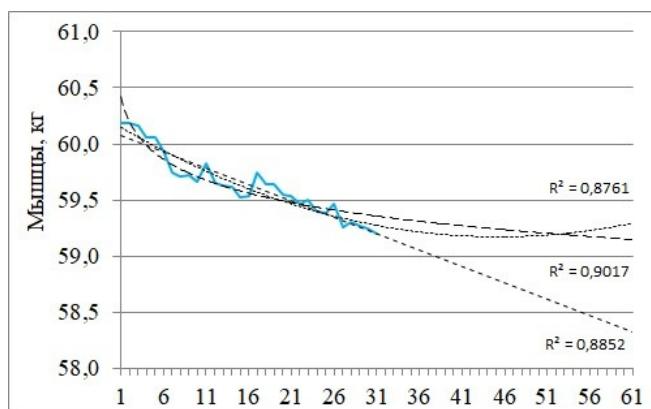


Рисунок 4 - Прогнозирование изменения мышечной массы
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.55.4>

Обсуждение

Реалистичный сценарий, с наибольшим $R^2=0,944$, получается при использовании логарифмической функции (верхняя кривая, рис. 2). В горизонте месяца ожидается вес 89,6 кг и видна тенденция к его постепенному снижению. При оптимистичном сценарии используется линейная функция, при коэффициенте достоверности $R^2=0,932$, и ожидаемый вес составляет 86,8 кг (нижняя кривая). При пессимистичном сценарии используется степенной полином второго порядка, и явно видно наметившиеся тенденции к развороту изменения веса. Но при этом коэффициент достоверности аппроксимации $R^2=0,886$, что говорит о наименьшей достоверности прогноза из рассматриваемых сценариев.

Снижение веса происходит в основном за счет потери общей жировой массы с 31,8% до 30,6% (рис. 3). Рекомендуемые значения общего жира 18–23%. При этом содержание внутреннего жира снизилась на 1 пункт. Следующие составляющие потери веса – уменьшение мышечной массы с 60,2% до 59,2% (рис. 4.), и костной массы с 3,23% до 3,18%. Рекомендуемые значения мышечной массы более 49,4%, костной массы более 2%.

В период исследования содержание воды в теле человека увеличилось с 48,7% до 49,9%, содержание белка увеличилось с 16,0% до 16,3%. Рекомендуемые значения содержание воды более 55%, белка более 16%.

Заключение

В данной работе предложена относительно простая и недорогая в реализации методика для прогнозирования состояния тела человека при умеренных физических нагрузках и режиме питания на основе данных общедоступных интеллектуальных устройств. При этом аппаратные и программные модули для прогнозирования состояния тела человека и потребления энергии не привязаны к конкретным производителям и могут быть также успешно реализованы на альтернативных аналогичных составляющих.

Полученные результаты показывают, что на основе измеренных и расчетных параметров в течение определенного времени, можно прогнозировать изменения параметров состояния тела человека на последующие периоды при сохранении текущей физической нагрузки и режима питания.

На данном этапе методика реализована совокупностью разрозненных аппаратных и программных модулей, в перспективе возможно создание единого мобильного программного приложения для смартфонов.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть представлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Kevin D. Hall Predicting metabolic adaptation, body weight change, and energy intake in humans. / D. Kevin // Am J Physiol Endocrinol Metab. — 2010. — 298. — P. 449–466. — DOI: 10.1152/ajpendo.00559.2009
2. Chow C.C. The dynamics of human weight change. / C.C. Chow, K.D. Hall // PLoS Comp. Biolg. — 2008. — 4. — P. 1–11.
3. Guo J. Simulating long-term human weight-loss dynamics in response to calorie restriction. / J. Guo, D.C. Brager, K.D. Hall // Am J Clin Nutr. — 2018. — 4. — P. 558–565.
4. Thomas D.M. Predicting successful long-term weight loss from short-term weight-loss outcomes: new insights from a dynamic energy balance model (the POUNDS Lost study). / D.M. Thomas, A.E. Ivanescu, C.K. Martin // Am J Clin Nutr. — 2015. — 3. — P. 449–454.
5. Сафина Р.М. Анализ результатов финалов в беге на 100 м Чемпионатов Мира по легкой атлетике 2015–2019 годов. / Р.М. Сафина // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. — 2019. — 12. — С. 265–269.
6. Dorrer M.G. Using artificial intelligence to predict the human body's response to cardiovascular disease. / M.G. Dorrer, S.E. Golovenkin, S.Yu. Nikulina // Journal of Physics: Conference Series. — 2020. — Vol. 1679.
7. Babajide O.A. Machine Learning Approach to Short-Term Body Weight Prediction in a Dietary Intervention Program. / O.A. Babajide // Computational Science – ICCS 2020. Lecture Notes in Computer Science. — 2020. — Vol. 12140. — DOI: 10.1007/978-3-030-50423-6_33
8. Lingyun W. A computational approach to body mass index prediction from face images. / W. Lingyun, G. Guodong // Image and Vision Computing. — 2013. — 31. — P. 392–400.
9. Шлеймович М.П. Вычисление признаков изображений на основе вейвлет-преобразования. / М.П. Шлеймович, С.А. Ляшева, А.П. Кирпичников // Вестник Технологического университета. — 2015. — 18. — С. 223–228.
10. Ляшева М.М. Первичная обработка изображения с использованием весовой модели. / М.М. Ляшева, С.А. Ляшева, М.П. Шлеймович // Научно-технический вестник Поволжья. — 2022. — 6. — С. 33–36.
11. Ляшева М.М. Метод сжатия изображений на основе анализа весов детализирующих коэффициентов вейвлет-преобразования. / М.М. Ляшева, С.А. Ляшева, В.М. Трегубов и др. // Инженерный вестник Дона. — 2024. — 10. — С. 230–238.
12. Шакирзянов Р.М. Модель и метод для обнаружения цветных объектов с использованием модифицированного преобразования радиальной симметрии // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. / Р.М. Шакирзянов, М.П. Шлеймович // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. — 2021. — 77. — С. 101–112.
13. Bum J.L. Prediction of body mass index status from voice signals based on machine learning for automated medical applications // , 2013, vol. 58, , pp. ... / J.L. Bum, H.K. Keun, K. Boncho // Artificial Intelligence in Medicine. — 2013. — 1. — P. 51–61.
14. Официальный сайт Xiaomi в России. — URL: <https://www.mi.com/ru/> (дата обращения: 11.03.2025).
15. Официальный сайт Huawei в России. — URL: <https://huawei.ru/> (дата обращения: 11.03.2025).

16. Гизатуллин З.М. Анализ качества электроэнергии в однофазной сети электропитания 220 Вольт 50 Герц. / З.М. Гизатуллин, Р.М. Гизатуллин // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. — 2012. — 7-8. — С. 63–71.
17. Сафина Р.М. Помехоустойчивость систем контроля и управления доступом в здания при воздействии электромагнитных помех по сети электропитания. / Р.М. Сафина, М.С. Шкиндеров, Р.Р. Мубараков // Журнал радиоэлектроники. — 2021. — 6. — DOI: 10.30898/1684-1719.2021.6.9
18. Шкиндеров М.С. Исследование функционирования системы контроля и управления доступом в условиях воздействия электростатических разрядов. / М.С. Шкиндеров, З.М. Гизатуллин // Радиотехника и электроника. — 2018. — 11. — С. 1181–1187.
19. Гизатуллин З.М. Физическое моделирование помехоустойчивости электронных средств при электромагнитном воздействии индустриальных макроисточников. / З.М. Гизатуллин, М.Г. Нуриев, Р.М. Гизатуллин // Радиотехника и электроника. — 2018. — 1. — С. 97–102.
20. Sidi A. Practical Extrapolation Methods: Theory and Applications / A. Sidi. — Cambridge: Cambridge University Press, 2003. — 543 p. doi: 10.1017/CBO9780511546815
21. Safina R. Intelligent System for Predicting the State of the Human Body / R. Safina // Proceedings – 2021 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2021, Sochi, 05–11 September 2021. — Sochi: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2021. — P. 309–313. — DOI: 10.1109/RusAutoCon52004.2021.9537538
22. Gardner E.S. A simple method of computing prediction intervals for time-series forecasts. / E.S. Gardner // Management Science. — 1988. — 34. — P. 541–546.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kevin D. Hall Predicting metabolic adaptation, body weight change, and energy intake in humans. / D. Kevin // Am J Physiol Endocrinol Metab. — 2010. — 298. — P. 449–466. — DOI: 10.1152/ajpendo.00559.2009
2. Chow C.C. The dynamics of human weight change. / C.C. Chow, K.D. Hall // PLoS Comp. Biolg. — 2008. — 4. — P. 1–11.
3. Guo J. Simulating long-term human weight-loss dynamics in response to calorie restriction. / J. Guo, D.C. Brager, K.D. Hall // Am J Clin Nutr. — 2018. — 4. — P. 558–565.
4. Thomas D.M. Predicting successful long-term weight loss from short-term weight-loss outcomes: new insights from a dynamic energy balance model (the POUNDS Lost study). / D.M. Thomas, A.E. Ivanescu, C.K. Martin // Am J Clin Nutr. — 2015. — 3. — P. 449–454.
5. Safina R.M. Analiz rezul'tatov finalov v bege na 100 m Championatov Mira po legkoj atletike 2015–2019 godov [Analysis of the results of the 100 m finals of the 2015–2019 World Athletics Championships]. / R.M. Safina // Scientific Notes of P.F. Lesgaft University. — 2019. — 12. — P. 265–269. [in Russian]
6. Dorrer M.G. Using artificial intelligence to predict the human body's response to cardiovascular disease. / M.G. Dorrer, S.E. Golovenkin, S.Yu. Nikulina // Journal of Physics: Conference Series. — 2020. — Vol. 1679.
7. Babajide O.A. Machine Learning Approach to Short-Term Body Weight Prediction in a Dietary Intervention Program. / O.A. Babajide // Computational Science – ICCS 2020. Lecture Notes in Computer Science. — 2020. — Vol. 12140. — DOI: 10.1007/978-3-030-50423-6_33
8. Lingyun W. A computational approach to body mass index prediction from face images. / W. Lingyun, G. Guodong // Image and Vision Computing. — 2013. — 31. — P. 392–400.
9. Shlejmovich M.P. Vy'chislenie priznakov izobrazhenij na osnove vejvlet-preobrazovaniya [Calculation of image features based on wavelet transform]. / M.P. Shlejmovich, S.A. Lyasheva, A.P. Kirpichnikov // Bulletin of the Technological University. — 2015. — 18. — P. 223–228. [in Russian]
10. Lyasheva M.M. Pervichnaya obrabotka izobrazheniya s ispol'zovaniem vesovoj modeli [Primary image processing using a weight model]. / M.M. Lyasheva, S.A. Lyasheva, M.P. Shlejmovich // Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region. — 2022. — 6. — P. 33–36. [in Russian]
11. Lyasheva M.M. Metod szhatiya izobrazhenij na osnove analiza vesov detaliziruyushhix koefficientov vejvlet-preobrazovaniya [Image compression method based on the analysis of the weights of the detailing coefficients of the wavelet transform]. / M.M. Lyasheva, S.A. Lyasheva, V.M. Tregubov et al. // Engineering Bulletin of the Don. — 2024. — 10. — P. 230–238. [in Russian]
12. Shakiryanov R.M. Model' i metod dlya obnaruzheniya czvetny'x ob'ektor s ispol'zovaniem modifitsirovannogo preobrazovaniya radial'noj simmetrii // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta [Model and method for detecting colored objects using a modified radial symmetry transformation]. / R.M. Shakiryanov, M.P. Shlejmovich // Bulletin of the Ryazan State Radio Engineering University. — 2021. — 77. — P. 101–112. [in Russian]
13. Bum J.L. Prediction of body mass index status from voice signals based on machine learning for automated medical applications // , 2013, vol. 58, , pp. ... / J.L. Bum, H.K. Keun, K. Boncho // Artificial Intelligence in Medicine. — 2013. — 1. — P. 51–61.
14. Oficial'nyj sajt Xiaomi v Rossii [Official Xiaomi website in Russia]. — URL: <https://www.mi.com/ru/> (accessed: 11.03.2025). [in Russian]
15. Oficial'nyj sajt Huawei v Rossii [Official website of Huawei in Russia]. — URL: <https://huawei.ru/> (accessed: 11.03.2025). [in Russian]
16. Gizatullin Z.M. Analiz kachestva e'lektroenergii v odnofaznoj seti e'lektropitaniya 220 Vol't 50 Gercz [Analysis of the quality of electric power in a single-phase power supply network 220 Volt 50 Hz]. / Z.M. Gizatullin, R.M. Gizatullin // News of higher educational institutions. Problems of energy. — 2012. — 7-8. — P. 63–71. [in Russian]

17. Safina R.M. Pomexoustojchivost' sistem kontrolya i upravleniya dostupom v zdaniya pri vozdejstvii elektromagnitnyx pomex po seti e'lektroritaniya [Noise immunity of access control and management systems to buildings when exposed to electromagnetic interference via the power supply network]. / R.M. Safina, M.S. Shkinderov, R.R. Mubarakov // Journal of Radio Electronics. — 2021. — 6. — DOI: 10.30898/1684-1719.2021.6.9 [in Russian]
18. Shkinderov M.S. Issledovanie funkcionirovaniya sistemy' kontrolya i upravleniya dostupom v usloviyakh vozdejstviya e'lektrostaticheskix razryadov [Study of the functioning of the access control and management system under conditions of exposure to electrostatic discharges]. / M.S. Shkinderov, Z.M. Gizatullin // Radio Engineering and Electronics. — 2018. — 11. — P. 1181–1187. [in Russian]
19. Gizatullin Z.M. Fizicheskoe modelirovanie pomexoustojchivosti e'lektronnyx sredstv pri e'lektromagnitnom vozdejstvii industrial'nyx makroistochnikov [Physical modeling of noise immunity of electronic devices under electromagnetic influence of industrial macrosources]. / Z.M. Gizatullin, M.G. Nuriev, R.M. Gizatullin // Radio engineering and electronics. — 2018. — 1. — P. 97–102. [in Russian]
20. Sidi A. Practical Extrapolation Methods: Theory and Applications / A. Sidi. — Cambridge: Cambridge University Press, 2003. — 543 p. doi: 10.1017/CBO9780511546815
21. Safina R. Intelligent System for Predicting the State of the Human Body / R. Safina // Proceedings – 2021 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2021, Sochi, 05–11 September 2021. — Sochi: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2021. — P. 309–313. — DOI: 10.1109/RusAutoCon52004.2021.9537538
22. Gardner E.S. A simple method of computing prediction intervals for time-series forecasts. / E.S. Gardner // Management Science. — 1988. — 34. — P. 541–546.