

Количественная оценка защитных механизмов организма по энергетическому разбалансу меридианных структур

Н. А. Корневский¹, Л. В. Шульга¹, С. Н. Родионова¹✉,
К. В. Разумова¹, А. Ю. Рыбаков¹

¹ Юго-Западный государственный университет
ул. 50 лет Октября, д. 94, г. Курск 305040, Российская Федерация

✉ e-mail: knsofia@mail.ru

Резюме

Цель исследования – повышение качества прогнозирования и диагностики заболеваний, вызываемых действием разнородных факторов риска, за счет использования оценочных характеристик уровня защиты организма, определяемых по энергетическим характеристикам биологически активных точек, составляющих основу соответствующих меридианных структур.

Методы. Исследуются вопросы использования показателей, характеризующих энергетические характеристики меридианных структур для количественной оценки уровня защиты организма от воздействия множества разнородных факторов внешней среды. Поскольку исследуемые показатели имеют выраженную нечеткую природу, в качестве базового математического аппарата выбрана методология синтеза гибридных нечетких решающих правил.

Результаты. В работе показано, что для количественной оценки уровня защиты организма на различных его уровнях (организм, система, орган) в качестве энергетических характеристик меридианных структур целесообразно использовать разбаланс электрического сопротивления соответствующих биологически активных точек от своих номинальных значений, определяемый в нормальных условиях и после дозированной нагрузки. Предложен метод оценки уровня защиты по энергетическому разбалансу меридианных структур организма, отличающийся тем, что в качестве базовых переменных функций уровня защиты (ФУЗ) используется энергетический разбаланс меридианных структур для выбранного уровня исследования в сочетании с нагрузочным энергетическим разбалансом, позволяющий оценивать уровень защиты организма в целом, а также его систем и органов с приемлемой для медицинской практики точностью. Показаны пути встраивания ФУЗ в прогностические и диагностические решающие правила.

Заключение. В ходе проведенных исследований было показано, что для улучшения показателей качества прогнозирования и диагностики социально значимых и профессиональных заболеваний целесообразно использовать показатели уровня защиты организма определяемые по энергетическому разбалансу меридианных структур. Показано, что качество принятия решений с использованием ФУЗ увеличивается на 10–20% в зависимости от типа решаемых задач и полноты собираемых данных по сравнению с традиционно получаемыми моделями.

Ключевые слова: меридианные структуры; энергетический разбаланс; биологически активные точки; функции уровня защиты; уровень защиты организма; нечеткие решающие правила.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Количественная оценка защитных механизмов организма по энергетическому разбалансу меридианных структур / Н. А. Кореневский, Л. В. Шульга, С. Н. Родионова, К. В. Разумова, А. Ю. Рыбаков // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2023. Т. 13, № 3. С. 82–101. <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2023-13-3-82-101>.

Поступила в редакцию 20.07.2023

Подписана в печать 17.08.2023

Опубликована 29.09.2023

Quantitative Assessment of the Body's Defense Mechanisms by the Energy Imbalance of Meridian Structures

Nikolai A. Korenevsky¹, Leonid V. Shulga¹, Sofia N. Rodionova¹✉,
Ksenia V. Razumova¹, Anton Y. Rybakov¹

¹ Southwest State University
50 Let Oktyabrya Str. 94, Kursk 305040, Russian Federation

✉ e-mail: knsofia@mail.ru

Abstract

The purpose of research is to improve the quality of predicting and diagnosing diseases caused by the action of heterogeneous risk factors by using the estimated characteristics of the body's protection level, determined by the energy characteristics of biologically active points that form the basis of the corresponding meridian structures.

Methods. Explores the issues of using indicators characterizing the energy characteristics of meridian structures for a quantitative assessment of the level of protection of the body from the effects of many diverse environmental factors. Since the indicators under study have a pronounced fuzzy nature, the methodology for synthesizing hybrid fuzzy decision rules was chosen as the basic mathematical apparatus.

Results. The paper shows that for a quantitative assessment of the level of protection of the body at its various levels (organism, system, organ), it is advisable to use the imbalance of the electrical resistance of the corresponding biologically active points from their nominal values, determined under normal conditions and after a dosed load, as the energy characteristics of the meridian structures. A method for assessing the level of protection by the energy imbalance of the meridian structures of the body is proposed, which differs in that the energy imbalance of the meridian structures for the selected level of research in combination with the load energy imbalance is used as the basic variable functions of the protection level (PLF), which allows assessing the level of protection of the body as a whole, as well as its systems and organs with an accuracy acceptable for medical practice. The ways of embedding FUS in predictive and diagnostic decision rules are shown.

Conclusion. In the course of the studies, it was shown that in order to improve the quality indicators of forecasting and diagnosing socially significant and occupational diseases, it is advisable to use indicators of the level of body protection determined by the energy imbalance of meridian structures. It is shown that the quality of decision-making with the use of FLS increases by 10–20% depending on the type of tasks being solved and the completeness of the collected data compared to traditionally obtained models.

Keywords: meridian structures; energy imbalance; biologically active points; protection level functions; the level of protection of the body; fuzzy decision rules.

Conflict of interest: The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Korenevsky N. A., Shulga L. V., Rodionova S. N., Razumova K. V., Rybakov A. Y. Information Support for Decision-Making According to the Assessment of Fire-Fighting Distances from the Borders of Open Areas for PBX Storage. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Upravlenie, vychislitel'naja tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering.* 2023; 13(3): 82–101. (In Russ.) <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2023-13-3-82-101>.

Received 20.07.2023

Accepted 17.08.2023

Published 29.09.2023

Введение

Одним из фундаментальных свойств живого организма является его способность в ответ на многообразные воздействия окружающей среды включать сложнейшие механизмы адаптации, способные в определенных пределах обеспечивать нормальное функционирование живой системы, защищая человеческий организм от перехода из состояния здоровья в состояние болезни [1; 2; 3; 4; 5]. С учетом того, что защитная система организма имеет сложную недостаточно изученную структуру динамического типа, вопросы количественной оценки индивидуальной меры защиты организма от разнородных факторов риска в современной медицинской литературе изучены недостаточно. Имеется достаточно ограниченный круг работ,

посвященных вопросам количественной оценки уровня защиты организма в основном на общесистемном уровне [6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13]. По данным литературы наиболее «тесно» с защитными функциями организма связаны такие понятия, как адаптационный потенциал, адаптационный резерв, функциональное состояние и функциональный резерв, причем количественно эти показатели преимущественно используют в моделях оценки уровня защиты всего организма¹. В то же время значительный практический интерес представляет собой оценка уровня защиты отдельных органов и систем, особенно если они являются мишенями, например, для производственных факторов риска. В работах [7; 11; 12] показано, что для оценки уровня защиты организма (УЗО) на различных его уровнях (организм, система,

¹ Крикунова Е. В. Методы и средства прогнозирования и ранней диагностики заболеваний нервной системы с учетом защитных

механизмов организма: дис. ... канд. техн. наук. Курск, 2023. 152 с.

орган, имеющие представительство на меридианных структурах) могут быть использованы энергетические характеристики биологически активных точек (БАТ). В качестве обоснования применимости энергетических характеристик БАТ для оценки УЗО на различных уровнях организма можно привести следующие соображения. Хотя с позиций современной адаптологии БАТ не являются составной частью защитной системы организма, однако эти точки активно участвуют в энергоинформационных процессах, которые неразрывно связаны с реализацией адаптационных механизмов, а, следовательно, их состояние может быть использовано для косвенной оценки уровня защиты организма и его составных частей.

Материалы и методы

Теоретической базой применения энергетических характеристик БАТ для оценки уровня защиты организма и его систем является теория биофизики акупунктуры, описанная в работах [14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23]. В работах [6; 7; 11; 12] описаны варианты оценки уровня защиты организма в целом по величине энергетического разбаланса (ЭР) биологически активных точек. В этих моделях уровень защиты организма определялся по величине разбаланса электрического сопротивления общесистемных БАТ в соответствии с выражением

$$\begin{aligned} &\text{ЕСЛИ } [(\delta R_{E23} > 20\%) \text{ И } (\delta R_{V60} > 20\%)], \\ &\text{ТО } [\mathcal{E}P(q+1) = \mathcal{E}P(q) + \mu_{\mathcal{E}P}(\delta R_{j+1})], \quad (1) \\ &\text{ИНАЧЕ } (\mathcal{E}P = 0), \end{aligned}$$

где $\mu_{\mathcal{E}P}(\delta R_{j+1})$ – функция принадлежности, характеризующая уровень энергетического разбаланса по точке $j+1$; $\delta R_2 = \delta R_{E36}$; $\delta R_3 = \delta R_{RP6}$; $\delta R_4 = \delta R_{V40}$; $\delta R_5 = \delta R_{V60}$; $\delta R_6 = \delta R_{VB20}$; $\mathcal{E}P(1) = \mu_{\mathcal{E}P}(\delta R_{E23})$.

Уровень защиты определяется для области значений $[0, \dots, 1]$ как функциональная зависимость от величины энергетического разбаланса. Например, в работе [11] приводится модель оценки УЗО вида

$$UZ_{\mathcal{E}P} = \begin{cases} 0,4, & \text{если } \mathcal{E}P < 0,2, \\ -0,5\mathcal{E}P + 0,5, & \text{если } 0,2 \leq \mathcal{E}P < 0,8, \\ 0,1, & \text{если } \mathcal{E}P \geq 0,8. \end{cases} \quad (2)$$

Модели (1) и (2) были получены экспертами методом Дельфы и требуют проверки путем их сопоставления с различными классами состояний организма человека (относительно здоровые люди, состояния с высоким риском появления и развития заболеваний, донозологические и преморбидные состояния, заболевания с различной степенью тяжести и др.), которые определяются с использованием внешних по отношению к характеристикам БАТ критериев [6; 11].

Для проверки предположения о целесообразности использования энергетических характеристик БАТ при оценке УЗО с дальнейшим их использованием в прогностических и диагностических моделях была сформирована группа экспертов из восьми человек, перед которой была поставлена задача – оценить возможность использования данных о разбалансе электрических сопротивлений общесистемных БАТ в сравнении с общепринятыми в адаптологии показателями, такими как: показатель активно-

сти регуляторных систем по Р. М. Баевскому (ПАРС); показатель характеризующий адаптационный потенциал системы кровообращения (АП); показатель, характеризующий иммунно-эндокринную составляющую адаптации по Л. Х. Гаркави (ИЭСА); показатель, характеризующий нервно-психическую составляющую адаптации (НПСА) по шкале И. Н. Гурвича; перекисное окисление липидов (ПОЛ); антиокислительная активность (АОА). Этот набор показателей в современной литературе ассоциируется с защитными механизмами организма.

Для решения этой задачи на основе анализа состояния здоровья студентов кафедры биомедицинской инженерии и истории болезни пациентов, наблюдавшихся в Клиническом научно-медицинском центре «Авиценна» г. Курска, была отобрана группа из 60 человек, в состав которой входили люди, считающие себя здоровыми, люди, склонные к заболеваниям нервной и иммунной систем, сердечно-сосудистой системы и системы дыхания. Текущее состояние этих людей определялось с использованием моделей прогнозирования, ранней и дифференциальной диагностики, приведенные в

работах [6; 24]. По каждому из обследуемых определялись показатели ПАРС, АП, ИЭСА, НПСА, ПОЛ, АОА и ЭР. Эксперты, зная состояние здоровья и значения измеряемых показателей по методу Дельфы, выставляли согласованные баллы (от 0 до 10), отражающие уверенность в том, что эти показатели целесообразно применять для оценки УЗО. В результате оценивания была получена таблица экспериментальных данных показателей, характеризующих экспертное заключение о целесообразности использования исследуемых показателей для расчета УЗО.

Для объективизации полученных оценок проводилась проверка информативности анализируемых показателей по отношению к латентной переменной УЗО с использованием теории измерений латентных переменных, реализуемой интерактивным пакетом RUMM 2020.

Порядок подготовки данных и интерпретация их обработки пакетом RUMM 2020 описаны в работах [25; 26; 27; 28]. Результат обработки с ранжированием индикаторных по значениям *ChiSq Prob* приведен ниже (табл. 1).

Таблица 1. Ранжирование индикаторов по значениям *ChiSq Prob*

Table 1. Ranking of indicators by values *ChiSq Prob*

| Индикаторные переменные | Location | SE | ChiSq Prob |
|-------------------------|----------|-------|------------|
| ПАРС | 0,352 | 0,201 | 0,903 |
| НПСА | 0,031 | 0,311 | 0,856 |
| ПОЛ | -0,122 | 0,209 | 0,733 |
| ЭР | 0,312 | 0,510 | 0,675 |
| АОА | -0,253 | 0,411 | 0,521 |
| АП | -0,476 | 0,308 | 0,321 |
| ИЭСА | 0,701 | 0,453 | 0,065 |

По результатам обработки было установлено, что показатель ЭР по степени его соответствия модели Г. Раша превышает показатели АОА, АП и ИЭСА, а соответственно может быть использован для оценки УЗО наряду с принятыми и признанными в адаптологии показателями.

Анализ литературы и собственные исследования показали, что для синтеза решающих правил оценки уровня защиты по электрическому сопротивлению БАТ необходимо придерживаться ряда важных практических рекомендаций, касающихся процедуры и режимов измерений. Так измерение сопротивления следует производить на переменном токе с частотой 1 кГц при силе тока до 10 мкА. Следует учитывать, что получаемые значения сопротивлений зависят не только от состояния организма, но и от способов наложения электродов, от их площади, условий контакта с кожей, местоположения БАТ на теле человека и множества других параметров. Поэтому при измерении номинальных и текущих значений сопротивлений БАТ необходимо обеспечивать сопоставимость всех измерительных процедур, рекомендации по обеспечению которых приведены в работах [14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23].

В работах [6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13] было показано, что для решения задач прогнозирования, ранней и дифференциальной диагностики различных классов заболеваний, использующих в качестве одного из ведущих информативных

показателей УЗО, включая уровни защиты организма, определяемые по энергетическим характеристикам БАТ, целесообразно использовать методы нечеткой логики принятия решений, и в частности, методологию синтеза гибридных нечетких решающих правил (МСГНРП), разработанную в Юго-Западном государственном университете [29; 30; 31; 32; 33; 34; 35].

Результаты и их обсуждение

Проведенные нами исследования показали, что для синтеза моделей оценки уровня защиты на общесистемном, системном и органном уровнях по величинам энергетического разбаланса соответствующих групп БАТ с последующим их «встраиванием» в прогностические и диагностические модели, обеспечивая требуемые качества принятия решений, необходимо учитывать особенности циркуляции энергии и информации по меридианным структурам организма. Анализ взаимосвязи энергетических характеристик БАТ с функциональным состоянием и состоянием здоровья сопряженных органов и систем позволил разработать метод оценки защитных механизмов организма по энергетическому разбалансу меридианных структур, определяемый следующей последовательностью действий:

1. С учетом общих рекомендаций по синтезу моделей принятия решений по параметрам электрических сопротивлений БАТ выбираются технические средства, режимы и способы измерений

электрических характеристик (ЭХ) БАТ и метод определения их номинальных значений.

2. Выбирается уровень исследований: организм в целом, системы, подсистемы и органы, обозначаемые идентификатором s (организм в целом, система (сердечно-сосудистая, дыхания, желудочно-кишечный тракт и т. д.), орган (сердце, печень, легкое и т. д.)).

3. При решении задачи оценки уровня защиты по органам, имеющим представительство на точках, описанных в известных атласах меридиан, по этим атласам определяются списки точек, имеющих связь с искомой патологией, по которым определяются списки диагностически значимых точек (ДЗТ), списки информативных точек и осуществляется синтез комбинированной нечеткой модели определения уровня энергетического разбаланса ER_s с использованием выражения

$$\begin{aligned} &\text{ЕСЛИ} \left[\left(\delta R_{Y_1}^D > \delta R^{\Pi} \right) \right. \\ &\text{И} \left(\delta R_{Y_1}^D > \delta R^{\Pi} \right), \dots, \\ &\left. \left(\delta R_{Y_{ms}}^D > \delta R^{\Pi} \right) \right], \quad (3) \\ &\text{ТО} \left[ER_s = F_E \left(EY_{sj} \right) \right], \\ &\text{ИНАЧЕ} \left(ER_s = 0 \right), \end{aligned}$$

где ER_s – электрический разбаланс по множеству точек, выбранных из атласов меридиан под конкретную ситуацию s (в зависимости от решаемых задач – весь организм, система, орган, заболевание, синдром и др.); EY_{sj} – энергетический разбаланс БАТ с именем Y_{sj} , выбранной

как информативная по отношению к уровню защиты, состоянию здоровья или к функциональному состоянию; $\delta R_{Y_j}^D$ – величина относительного отклонения сопротивления R_{Y_j} из списка диагностически значимых точек (ДЗТ) от своего номинального значения для БАТ с идентификатором Y_j ; δR^{Π} – пороговое значение отклонений БАТ от номинального значения.

Алгоритмы определения списков ДЗТ и информативных БАТ описаны в работах [15; 16; 17].

При использовании выражения (3) следует иметь в виду, что отклонения сопротивлений БАТ от номинальных значений в положительную и отрицательную сторону несут различную прогностическую и диагностическую информацию, а следовательно, знак отклонения должен учитываться при синтезе соответствующих функций уровня защиты (ФУЗО). В то же время в части решающих правил являющихся условием проверки выбранной гипотезы (часть ЕСЛИ ..., ТО...) знак отклонения не имеет существенного значения.

Такой учет обеспечивается тем, что $\delta R_{Y_j}^D$ может быть определено по формуле

$$\delta R_{Y_j}^D = \frac{|R_{H_j} - R_{T_j}|}{R_H}. \quad (4)$$

При определении энергетического разбаланса EY_{sj} БАТ с именем Y_{sj} следует использовать выражение вида

$$\delta R_{sj} = \frac{R_{T_j} - R_{H_j}}{R_H}. \quad (5)$$

Проведенные нами исследования показали, что выбор функций агрегации определяется типом решаемых задач в соответствии с общими рекомендациями МСГНПП, например путем расчета среднего значения составляющих EY_{sj} :

$$ER_s = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J EY_j. \quad (6)$$

Методы и алгоритмы определения параметров выражения (2) описаны в работах [15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23].

4. Показатель уровня энергетического разбаланса ER_s определяется как аргумент (базовая переменная) для функций уровня защиты органа s . С учетом нечеткой природы функций уровня защиты (ФУЗ) для количественной оценки уровня защиты организма вводится характеристическая функция уровня защиты с областью значений на интервале $[0, \dots, 1]$. Нулевому значению ФУЗ соответствует слом функций защиты на исследуемом уровне организма (орган, система, организм в целом), приводящей к гибели без внешней помощи, направленной на коррекцию этой функции. Единичному значению ФУЗ соответствует такое состояние функции защиты, которое позволяет сохранить работоспособность исследуемого уровня организма с требуемым качеством при условии, что внешние воздействия не превышают пределов, не совместимых с жизнью. В качестве ФУЗ может быть, например, использована классическая

функция принадлежности для лингвистической переменной превосходный (отличный) уровень защиты. В качестве количественной меры УЗО в работе определена способность организма сопротивляться появлению и развитию заболеваний на различных уровнях организма. Выбранное определение сопоставляет уровень защиты организма с состоянием здоровья и его девиациями под воздействием разнообразных экзогенных и эндогенных факторов. С учетом этого при оценке уровня защиты организма по его энергетическому разбалансу ER_s выбрано сопоставление значений ER_s с различными классами состояний организма человека (относительно здоровые люди, состояния с высоким риском появления и развития заболеваний, донозологические и преморбидные состояния, заболевания с различной степенью тяжести и др.), которые определяются с использованием внешних по отношению к энергетическим характеристикам БАТ критериев, например модели прогнозирования, ранней и дифференциальной диагностики с доказанной точностью принятия решений и др. Для известных классов состояния здоровья на экспертном уровне производится установление соответствия между уровнем защиты и состоянием здоровья с фиксацией соответствующих значений ER_s или их интервалов, являющихся аргументами для построения соответствующих функций уровней защиты $f_z(ER_s)$.

5. Анализ литературы и собственные исследования показывают, что точность оценки уровня защиты повышается, если наряду с измерением текущего значения ER_s измерять величину энергетического разбаланса после выполнения стандартных нагрузок аналогично тому, как это делается при определении адаптационного и функционального резерва. Для определения уровня защиты по нагрузочной пробе, как и в варианте оценки адаптационного резерва, предлагается использовать два показателя: EN – отношение величины ER до воздействия нагрузкой $ER(0)$ и после воздействия $ER(N)$ и скорость EV восстановления ER за время наблюдения: $T_{НБ} - EV = [ER(0) - ER(N)]/T_{НБ}$. В условиях нечеткой парадигмы определяются две частные функции уровня нагрузочного энергетического разбаланса: $f_{ER}(EN)$ и $f_{ER}(EV)$ с базовыми переменными EN и EV .

Нагрузочный энергетический разбаланс ERN_s для анализируемого показателя ER_s определяется агрегацией частных функций уровня энергетического разбаланса в соответствии с общими рекомендациями МСГНПП. Например, если показатели EN и EV дополняют «усиливают» друг друга, то нагрузочный энергетический разбаланс определяется выражением

$$ERN_s = f_{ER}(EN) + f_{ER}(EV) - f_{ER}(EN) \cdot f_{ER}(EV). \quad (7)$$

В более общем случае выражение (7) имеет вид

$$ERN_s = AGE[f_{ER}(EN), f_{ER}(EV)]. \quad (8)$$

Используя показатели (8) как базовые переменные, определяют функции уровня защиты по нагрузочной пробе $f_{zs}(ERN_s)$.

Интегральная оценка уровня защиты организма, его систем и органов определяется агрегацией соответствующих пар уровней защиты:

$$UZE_s = AG_{UE}[f_{zs}(ER_s), f_{zs}(ERN_s)]. \quad (9)$$

Показатели нагрузочного энергетического разбаланса и интегральная оценка уровня защиты организма так же, как и показатель ER_s , используется для построения соответствующих ФУЗ.

6. Если решается задача оценки уровня защиты по энергетическим характеристикам БАТ (ЭХ БАТ) на системном уровне, то для выбранной системы s , руководствуясь рекомендациями биофизики акупунктуры, с учетом специфики решаемых задач выбирается система точек, характеризующих энергетическое состояние искомой системы с точки зрения биофизики акупунктуры (начальные и конечные точки меридиан по Фолю, точки тревоги, точки-пособники по А. И. Нечушкину, ЛО-пункты, пары сигнальных и сочувственных точек и др.). По выбранной системе точек определяется энергетический разбаланс каждой из них с последующей агрегацией в энергетический разбаланс выбранной системы с использованием модели аналогичной (3). При наличии медико-технических возможностей синтезируются модели, аналогичные (8) и (9).

7. Если решается задача оценки уровня защиты по энергетическим характеристикам БАТ (ЭХ БАТ) для организма в целом (на общесистемном уровне), руководствуясь рекомендациями биофизики акупунктуры, с учетом специфики решаемых задач выбирается способ вычисления энергетического разбаланса на общесистемном уровне. Если выбираются общесистемные БАТ, осуществляется синтез модели типа (1) и при наличии медико-технических возможностей синтезируются модели, аналогичные (8) и (9). Если выбран механизм оценки энергетического разбаланса на общесистемном уровне по энергетическому разбалансу отдельных меридиан, то выполняется пункт 5 с последующим построением объединенной модели путем агрегации всех системных составляющих.

Полученные показатели УЗО в соответствии с общими рекомендациями МСГНРП встраиваются в более общие прогностические и диагностические модели. В работах [6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13;

14] описаны различные типы моделей такого встраивания в зависимости от типов решаемых задач.

Выводы

В ходе проведенных исследований было показано, что для улучшения показателей качества прогнозирования и диагностики социально значимых и профессиональных заболеваний целесообразно использовать показатели уровня защиты организма, определяемые по энергетическому разбалансу меридианных структур.

В результате экспертного оценивания и математического моделирования было показано, что качество принятия решений с использованием предложенных моделей увеличивается на 10–20% в зависимости от типа решаемых задач по сравнению с моделями, не использующими показатели уровня защиты организма, что позволяет рекомендовать полученные результаты к практическому использованию в системе здравоохранения.

Список литературы

1. Лопатина А. Б. Неспецифические механизмы защиты и адаптационные реакции организма // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. № 10-3. С. 467–469.
2. Берестенева О. Г., Уразаев А. М., Шелехов И. Л. Основные этапы процесса индивидуальной адаптации // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6.
3. Кузьмина В. Е., Беляков В. И. Основы адаптологии. 2-е изд. Самара: Самарский университет, 2013. 236 с.
4. Баевский Р. М., Берсенева А. П. Оценка адаптационных возможностей организма и риска заболеваний. М.: Медицина, 1997. 128 с.
5. Казначеев В. П., Баевский Р. М., Берсенева А. П. Донозологическая диагностика в практике массовых обследований населения. М.: Медицина, 1980. 208 с.

6. Контроль динамики развития ишемических процессов в сердце по энергетическому разбалансу меридианных структур организма / Н. А. Корневский, И. Ю. Григоров, К. В. Разумова, В. А. Горбунов, В. В. Дмитриева, С. В. Дегтярев // Медицинская техника. 2020. № 1 (319). С. 47–49.

7. Оценка и управление состояния здоровья обучающихся на основе гибридных интеллектуальных технологий: монография / Н. А. Корневский, А. Н. Шуткин, С. А. Горбатенко, В. И. Серебровский. Старый Оскол: ТНТ, 2016. 472 с.

8. Крикунова Е. В., Сафронов Р. И., Кадырова С. Математические модели оценки уровня защиты центральной нервной системы // Актуальные проблемы медицинской науки и образования (АПМНО – 2022): сборник статей по материалам VIII Международной научной конференции. Пенза: Пензенский государственный университет, 2022. С. 131–135.

9. Крикунова Е. В., Сафронов Р. И. Метод синтеза гибридных нечетких решающих правил прогнозирования и ранней диагностики с учетом защитных свойств организма // Медико-экологические информационные технологии – 2022: сборник научных статей по материалам XXV Международной научно-технической конференции / Юго-Западный государственный университет. Курск, 2022. С. 109–113.

10. Количественная оценка защитных механизмов организма по его оксидантному статусу / Н. А. Корневский, С. Н. Родионова, Е. В. Крикунова, Л. В. Стародубцева, М. В. Скиданчук // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2021. Т. 11, № 4. С. 146–162.

11. Использование показателей, характеризующих адаптационные механизмы, для оценки уровня защиты организма от воздействия внешних факторов риска / Р. И. Сафронов, С. Н. Родионова, Е. В. Крикунова, Л. В. Стародубцева, С. С. Сергеева, А. В. Титова // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2021. Т. 11, № 4. С. 163–179.

12. Методы количественной оценки защитных механизмов организма на различных его уровнях на основе гибридных нечетких моделей и их использование в задачах прогнозирования и медицинской диагностики / Н. А. Корневский, С. Н. Родионова, Е. В. Крикунова, Р. И. Сафронов, В. А. Белозеров // Медицинская техника. 2022. № 3 (333). С. 24–27.

13. Метод определения уровня защиты организма по его оксидантному статусу в задачах оценки влияния производственных факторов риска на состояние здоровья /

Н. А. Кореневский, С. Н. Родионова, Л. В. Стародубцева, Н. А. Милостная, Е. Н. Кореневская // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2022. Т. 21, № 3. С. 75–89.

14. Developing a biotech scheme using fuzzy logic model to predict occurrence of diseases using person's functional state / R. Al-Kasasbeh, N. Korenevskiy, A. A. Aikeyeva, A. A. Shaqadan, I. Maksim // International Journal of Computer Applications in Technology. 2020. Vol. 62, N 3. P. 257–267.

15. Кореневский Н. А., Крупчатников Р. А., Аль-Касасбех Р. Т. Теоретические основы биофизики акупунктуры с приложениями в медицине, психологии и экологии на основе нечетких сетевых моделей: монография. Старый Оскол: ТНТ, 2020. 528 с.

16. Bioengineering system for prediction and early prenosological diagnostics of stomach diseases based on energy characteristics of bioactive points with fuzzy logic / R. T. Al-Kasasbeh, N. Korenevskiy, M. Alshamasin, D. Klionskiy // Biosensors and Bioelectronics. 2015. Vol. 6, N 4. P. 1–9.

17. Кореневский Н. А., Крупчатников Р. А. Информационно-интеллектуальные системы для врачей рефлексотерапевтов: монография. Старый Оскол: ТНТ, 2013. 424 с.

18. Numerical software algorithms for monitoring control processes and correcting health by synthesis of hybrid fuzzy rules of decision-making on the basis of changes in energetic characteristics of biologically active points / R. T. Al-Kasasbeh, N. Korenevskiy, M. S. Alshamasin, D. Klionskiy, F. Ionescu // International Journal of Modelling, Identification and Control. 2016. Vol. 25, N 2. P. 119–137.

19. Application of fuzzy analysis with the energy condition of bioactive points to the prediction and diagnosis of gastrointestinal tract diseases / R. T. Al-Kasasbeh, N. A. Korenevskiy, F. Ionescu, M. Alshamasin, A. P. Smith, A. Alwadie, S. Aljbour // International Journal of Biomedical Engineering and Technology. 2013. Vol. 11, N 2. P. 136–154.

20. A biotech measurement software system using controlled features for determining the level of psycho-emotional tension on man-machine system operators by bio-active points based on fuzzy logic measures / R. T. Al-Kasasbeh, M. A. A. Zaubi, N. Korenevskiy, F. Al-Shawawreh, M. S. Alshamasin, F. Ionescu // International Journal of Modelling, Identification and Control. 2014. Vol. 22, N 4. P. 375–395.

21. Bioengineering system for prediction and early prenosological diagnostics of stomach diseases based on energy characteristics of bioactive points with fuzzy logic / R. T. Al-Kasasbeh, N. Korenevskiy, M. Alshamasin, D. Klionskiy // Biosensors and Bioelectronics. 2015. Vol. 6, N 4. P. 1–9. <https://doi.org/10.4172/2155-6210.1000182>

22. Сафронов Р. И., Стародубцева Л. В., Крикунова Е. В. Перспективы применения мягких вычислений и информационных технологий в профпатологии: монография.

Курск: Издательство Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2018. 232 с.

23. Шкатова Е. С., Магеровский М. А., Мухатиев Ю. Б. Оценка функционального состояния и функционального резерва организма по энергетической сбалансированности меридианных структур // Современные тенденции развития техники и технологии: сборник научных трудов по материалам VIII Международной научно-практической конференции. Белгород: ИП Ткачева Е. П., 2015. С. 132–135.

24. An Expert System for Predicting and Diagnosing Occupational Diseases of Electric Power Industry Workers / N. A. Korenevskiy, L. V. Shulga, E. V. Krikunova, R. I. Safronov, G. V. Siplivy // Biomedical Engineering. 2022. Vol. 55, N 6. P. 437–441. <https://doi.org/10.1007/s10527-022-10154-x>.

25. Оценка и управление состоянием здоровья на основе моделей Г. Раша / Н. А. Корневский, А. Н. Шуткин, Е. А. Бойцова, В. В. Дмитриева // Медицинская техника. 2015. № 6 (294). С. 37–40.

26. Шуткин А. Н. Оценка уровня психоэмоционального напряжения на основе комбинированных нечетких моделей и модели Г. Раша // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2014. Т. 14, № 3. С. 593–600.

27. Оценка функционального состояния здоровья человека с использованием теории измерения латентных переменных на основе моделей Г. Раша / А. Н. Шуткин, Е. А. Бойцова, С. Н. Корневская, В. Я. Провоторов // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2014. Т. 13, № 4. С. 927–932.

28. Бойцов А. В. Использование латентных переменных для оценки усталости человека // Медико-экологические информационные технологии – 2014: сборник материалов XVII Международной научно-технической конференции / Юго-Западный государственный университет. Курск, 2014. С. 116–122.

29. Использование теории измерений латентных переменных с моделью Г. Раша для оптимизации схем лечебно-оздоровительных мероприятий / Н. А. Корневский, А. В. Бойцов, М. И. Лукашов, И. А. Ключиков // Научный взгляд на современный этап развития общественных, технических, гуманитарных и естественных наук. Актуальные проблемы: сборник научных статей по итогам Всероссийской научно-практической конференции. СПб., 2014. С. 70–72.

30. Корневский Н. А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. 2015. № 1 (289). С. 33–35.

31. Использование технологии мягких вычислений для прогнозирования и диагностики профессиональных заболеваний работников агропромышленного комплекса: монография / Н. А. Корневский, В. И. Серебровский, Р. В. Степашов, Т. Н. Говорухина.

Курск: Издательство Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2016. 224 с.

32. Корневский Н. А. Метод синтеза гетерогенных нечетких правил для анализа и управления состоянием биотехнических систем // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2013. № 2. С. 99–103.

33. Прогнозирование и ранняя диагностика профессиональных заболеваний в электроэнергетике на основе методологии синтеза гибридных нечетких решающих правил: монография / В. И. Серебровский, М. А. Мясоедова, В. В. Серебровский [и др.]. Курск: Издательство Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2019. 285 с.

34. Корневский Н. А., Башир А. С., Горбатенко С. А. Синтез гибридных нечетких правил для прогнозирования, оценки и управления состоянием здоровья в экологически неблагоприятных регионах // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2013. № 4. С. 69–73.

35. Быков А. В., Корневский Н. А., Устинов А. Г. Нечеткий алгоритм прогноза развития ишемической болезни конечностей для различных этапов ведения пациентов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2016. № 2 (19). С. 142–155.

References

1. Lopatina A. B. Nespecificheskie mekhanizmy zashchity i adaptacionnye reakcii organizma [Nonspecific defense mechanisms and adaptive reactions of the body]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij = International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2013, no. 10-3, pp. 467–469.

2. Beresteneva O. G., Urazaev A. M., Shelekhov I. L. Osnovnye etapy processa individual'noj adaptacii [The main stages of the process of individual adaptation]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern Problems of Science and Education*, 2013, no. 6.

3. Kuz'mina V. E., Belyakov V. I. Osnovy adaptologii [Fundamentals of adaptology]. 2nded. Samara, Samara University Publ., 2013. 236 p.

4. Baevskij R. M., Berseneva A. P. Ocenka adaptacionnyh vozmozhnostej organizma i riska zabolevanij [Evaluation of the adaptive capacity of the organism and the risk of diseases]. Moscow, Medicina Publ., 1997. 128 p.

5. Kaznacheev V. P., Baevskij R. M., Berseneva A. P. Donozologicheskaya diagnostika v praktike massovyh obsledovanij naseleniya [Prenosological diagnostics in the practice of mass surveys of the population]. Moscow, Medicina Publ., 1980. 208 p.

6. Korenevskij N. A., Grigorov I. Yu., Razumova K. V., Gorbunov V. A., Dmitrieva V. V., Degtyarev S. V. Kontrol' dinamiki razvitiya ishemicheskikh processov v serdce po energeticheskomu razbalansu meridiannyh struktur organizma [Control of the dynamics of development of ischemic processes in the heart according to the energy imbalance of the meridian structures of the body]. *Medicinskaya tekhnika = Medical Technique*, 2020, no. 1 (319), pp. 47–49.

7. Korenevskij N. A., SHutkin A. N., Gorbatenko S. A., Serebrovskij V. I. Ocenka i upravlenie sostoyaniya zdorov'ya obuchayushchihsya na osnove gibridnyh intellektual'nyh tekhnologij [Assessment and management of the health status of students based on hybrid intellectual technologies]. Staryj Oskol, TNT Publ., 2016. 472 p.

8. Krikunova E. V., Safronov R. I., Kadyrova S. [Mathematical models for assessing the level of protection of the central nervous system]. *Aktual'nye problemy medicinskoj nauki i obrazovaniya (APMNO – 2022). Sbornik statej po materialam VIII Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii* [Actual problems of medical science and education (APMNO – 2022). Collection of articles based on the materials of the VIII International Scientific Conference]. Penza, Penza State University Publ., 2022, pp. 131–135. (In Russ.)

9. Krikunova E. V., Safronov R. I. [Method for the synthesis of hybrid fuzzy decision rules for forecasting and early diagnosis taking into account the protective properties of the organism]. *Mediko-ekologicheskie informacionnye tekhnologii – 2022. Sbornik nauchnyh statej po materialam XV Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii* [Medical and environmental information Technologies – 2022. Collection of scientific articles based on the materials of the XV International Scientific and Technical Conference]. Kursk, Southwest State University Publ., 2022, pp. 109–113. (In Russ.)

10. Korenevskij N. A., Rodionova S. N., Krikunova E. V., Starodubceva L. V., Skidanchuk M. V. Kolichestvennaya ocenka zashchitnyh mekhanizmov organizma po ego oksidantnomu statusu [Quantitative assessment of the body's defense mechanisms according to its oxidative status]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universitetyu. Seriya: Upravlenie, vychis-litel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*, 2021, vol. 11, no. 4, pp. 146–162.

11. Safronov R. I., Rodionova S. N., Krikunova E. V., Starodubceva L. V., Sergeeva S. S., Titova A. V. Ispol'zovanie pokazatelej, harakterizuyushchih adaptacionnye mekhanizmy, dlya ocenki urovnya zashchity organizma ot vozdejstviya vneshnih faktorov riska [The use of indicators characterizing adaptive mechanisms to assess the level of protection of the body from the impact of external risk factors]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universitetyu. Seriya: Upravlenie, vychis-litel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer*

12. Korenevskij N. A., Rodionova S. N., Krikunova E. V., Safronov R. I., Belozerov V. A. Metody kolichestvennoj ocenki zashchitnyh mekhanizmov organizma na razlichnyh ego urovnayah na osnove gibridnyh nechetkih modelej i ih ispol'zovanie v zadachah prognozirovaniya i medicinskoj diagnostiki [Methods for quantitative assessment of the body's defense mechanisms at its various levels based on hybrid fuzzy models and their use in forecasting and medical diagnostics]. *Medicinskaya tekhnika = Medical Technique*, 2022, no. 3 (333), pp. 24–27.

13. Korenevskij N. A., Rodionova S. N., Starodubceva L. V., Milostnaya N. A., Korenevskaya E. N. Metod opredeleniya urovnya zashchity organizma po ego oksidantnomu statusu v zadachah ocenki vliyaniya proizvodstvennyh faktorov riska na sostoyanie zdorov'ya [Method for determining the level of protection of the organism by its oxidative status in the tasks of assessing the impact of occupational risk factors on the state of health]. *Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah = System Analysis and Management in Biomedical Systems*, 2022, vol. 21, no. 3, pp. 75–89.

14. Al-Kasasbeh R., Korenevskiy N., Aikeyeva A. A., Shaqadan A. A., Maksim I. Developing a biotech scheme using fuzzy logic model to predict occurrence of diseases using person's functional state. *International Journal of Computer Applications in Technology*, 2020, vol. 62, no. 3, pp. 257–267.

15. Korenevskij N. A., Krupchatnikov R. A., Al'-Kasasbekh R. T. Teoreticheskie osnovy biofiziki akupunktury s prilozheniyami v medicine, psihologii i ekologii na osnove nechetkih setevykh modelej [Theoretical foundations of the biophysics of acupuncture with applications in medicine, psychology and ecology based on fuzzy network models]. Staryj Oskol, TNT Publ., 2020. 528 p.

16. Al-Kasasbeh R. T., Korenevskiy N., Alshamasin M., Klionskiy D. Bioengineering system for prediction and early prenosological diagnostics of stomach diseases based on energy characteristics of bioactive points with fuzzy logic. *Biosensors and Bioelectronics*, 2015, vol. 6, no. 4, pp. 1–9.

17. Korenevskij N. A., Krupchatnikov R. A. Informacionno-intellektual'nye sistemy dlya vrachej refleksoterapevtov [Information and intellectual systems for reflexologists]. Staryj Oskol, TNT Publ., 2013. 424 p.

18. Al-Kasasbeh R. T., Korenevskiy N., Alshamasin M. S., Klionskiy D., Ionescu F. Numerical software algorithms for monitoring control processes and correcting health by synthesis of hybrid fuzzy rules of decision-making on the basis of changes in energetic characteristics of biologically active points. *International Journal of Modelling, Identification and Control*, 2016, vol. 25, no. 2, pp. 119–137.

19. Al-Kasasbeh R. T., Korenevskiy N. A., Ionescu F., Alshamasin M., Smith A. P., Alwadie A., Aljbour S. Application of fuzzy analysis with the energy condition of bioactive points to the prediction and diagnosis of gastrointestinal tract diseases. *International Journal of Biomedical Engineering and Technology*, 2013, vol. 11, no. 2, pp. 136–154.

20. Al-Kasasbeh R. T., Zaubi M. A. A., Korenevskiy N., Al-Shawawreh F., Alshamasin M. S., Ionescu F. A biotech measurement software system using controlled features for determining the level of psycho-emotional tension on man-machine system operators by bio-active points based on fuzzy logic measures. *International Journal of Modelling, Identification and Control*, 2014, vol. 22, no. 4, pp. 375–395.

21. Al-Kasasbeh R. T., Korenevskiy N., Alshamasin M., Klionskiy D. Bioengineering system for prediction and early prenosological diagnostics of stomach diseases based on energy characteristics of bioactive points with fuzzy logic. *Biosensors and Bioelectronics*, 2015, vol. 6, no. 4, pp. 1–9. <https://doi.org/10.4172/2155-6210.1000182>

22. Safronov R. I., Starodubceva L. V., Krikunova E. V. Perspektivy primeneniya myagkih vychislenij i informacionnyh tekhnologij v profpatologii [Prospects for the use of soft computing and information technology in occupational pathology]. Kursk, Kursk State Agricultural Academy Publ., 2018. 232 p.

23. Shkatova E. S., Magerovskij M. A., Muhatiev Yu. B. [Evaluation of the functional state and functional reserve of the body according to the energy balance of meridian structures]. *Sovremennye tendencii razvitiya tekhniki i tekhnologii. Sbornik nauchnyh trudov po materialam VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Modern trends in the development of technology and technology. A collection of scientific papers based on the materials of the VIII International Scientific and Practical Conference]. Belgorod, IP Tkacheva E. P. Publ., 2015, pp. 132–135. (In Russ.)

24. Korenevskiy N. A., Shulga L. V., Krikunova E. V., Safronov R. I., Siplivy G. V. An Expert System for Predicting and Diagnosing Occupational Diseases of Electric Power Industry Workers. *Biomedical Engineering*, 2022, vol. 55, no. 6, pp. 437–441. <https://doi.org/10.1007/s10527-022-10154-x>

25. Korenevskij N.A., Shutkin A. N., Bojcova E. A., Dmitrieva V. V. Ocenka i upravlenie sostoyaniem zdorov'ya na osnove modelej G. Rasha [Assessment and management of health status based on G. Rush models]. *Medicinskaya tekhnika = Medical Technique*, 2015, no. 6 (294), pp. 37–40.

26. Shutkin A. N. Ocenka urovnya psihoemocional'nogo napryazheniya na osnove kombinirovannyh nechetkih modelej i modeli G. Rasha [Evaluation of the level of psycho-emotional stress based on combined fuzzy models and G. Rush's model]. *Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah = System Analysis and Management in Biomedical Systems*, 2014, vol. 14, no. 3, pp. 593–600.

27. Shutkin A. N., Bojцова E. A., Korenevskaya S. N., Provotorov V. Ya. Ocenka funkcional'nogo sostoyaniya zdorov'ya cheloveka s ispol'zovaniem teorii izmereniya latentnykh peremennykh na osnove modelej G. Rasha [Evaluation of the functional state of human health using the theory of measurement of latent variables based on G. Rasch models]. *Sistemnyy analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah = System Analysis and Management in Biomedical Systems*, 2014, vol. 13, no. 4, pp. 927–932.

28. Bojcov A. V. [The use of latent variables to assess human fatigue]. *Mediko-ekologicheskie informacionnye tekhnologii – 2014. Sbornik materialov XVII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii* [Medical and Environmental Information Technologies – 2014. Collection of materials of the XVII International Scientific and Technical Conference]. Kursk, Southwest State University Publ., 2014, pp. 116–122. (In Russ.)

29. Korenevskiy N. A., Boytsov A. V., Lukashov M. I., Klyuchikov I. A. [Using the theory of measurements of latent variables with the G. Rasch model for optimizing the schemes of medical and health-improving measures]. *Nauchnyy vzglyad na sovremennyy etap razvitiya obshchestvennykh, tekhnicheskikh, gumanitarnykh i estestvennykh nauk. Aktual'nye problemy. Sbornik nauchnykh statej po itogam vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencii* [Scientific view on the modern stage of development of social, technical, humanitarian and natural sciences. Actual problems. Collection of scientific articles on the results of the All-Russian Scientific and Practical conference]. St. Peterburg, 2014, pp. 70–72. (In Russ.)

30. Korenevskiy N. A. Ispol'zovanie nechetkoj logiki prinyatiya reshenij dlya medicinskih ekspertnykh sistem [Using fuzzy decision-making logic for medical expert systems]. *Medicinskaya tekhnika = Medical Technique*, 2015, no. 1 (289), pp. 33–35.

31. Korenevskiy N. A., Serebrovskiy V. I., Stepashov R. V., Govoruhina T. N. Ispol'zovanie tekhnologii myagkikh vychislenij dlya prognozirovaniya i diagnostiki professional'nykh zabolevanij rabotnikov agropromyshlennogo kompleksa: monografiya [Using Soft Computing Technology to Predict and Diagnose Occupational Diseases of Agro-Industrial Workers]. Kursk, Kursk State Agricultural Academy Publ., 2016. 224 p.

32. Korenevskiy N. A. Metod sinteza geterogennykh nechetkikh pravil dlya analiza i upravleniya sostoyaniem biotekhnicheskikh sistem [Method for the synthesis of heterogeneous fuzzy rules for the analysis and control of the state of biotechnical systems.]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universitetyu. Seriya: Upravlenie, vychis-litel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*, 2013, no. 2, pp. 99–103.

33. Serebrovskiy V. I., Myasoedova M. A., Serebrovskiy V. V., eds. Prognozirovanie i rannaya diagnostika professional'nykh zabolevanij v elektroenergetike na osnove metodologii

sinteza hibridnyh nechetkih reshayushchih pravil [Forecasting and early diagnosis of occupational diseases in the electric power industry based on the methodology for the synthesis of hybrid fuzzy decision rules]. Kursk, Kursk State Agricultural Academy Publ., 2019. 285 p.

34. Korenevskij N. A., Bashir A. S., Gorbatenko S. A. Sintez hibridnyh nechetkih pravil dlya prognozirovaniya, ocenki i upravleniya sostoyaniem zdorov'ya v ekologicheski neblagopriyatnyh regionah [Synthesis of hybrid fuzzy rules for predicting, assessing and managing the state of health in ecologically unfavorable regions]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*, 2013, no. 4, pp. 69–73.

35. Bykov A. V., Korenevskij N. A., Ustinov A. G. Nechetkij algoritm prognoza razvitiya ishemicheskoy bolezni konechnostej dlya razlichnyh etapov vedeniya pacientov [Fuzzy algorithm for predicting the development of ischemic disease of the extremities for various stages of patient management]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*, 2016, no. 2 (19), pp. 142–155.

Информация об авторах / Information about the Authors

Корневский Николай Алексеевич, доктор технических наук, заведующий кафедры биомедицинской инженерии, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2048-0956

Nikolai A. Korenevsky, Dr. of Sci. (Engineering), Head of the Department of Biomedical Engineering, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2048-0956

Шульга Леонид Васильевич, доктор медицинских наук, профессор, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: asy.gnezdilova@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-6793-7362

Leonid V. Shulga, Dr. of Sci. (Medical), Professor, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: asy.gnezdilova@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-6793-7362

Родионова Софья Николавна, кандидат технических наук, доцент кафедры биомедицинской инженерии, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: knsofia@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4477-3975

Sofia N. Rodionova, Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Department of Biomedical Engineering, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: knsofia@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4477-3975

Разумова Ксения Викторовна, кандидат технических наук, преподаватель кафедры биомедицинской инженерии, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: myelectronworld@mail.ru, ORCID: 0009-0007-7942-8083

Ksenia V. Razumova, Cand. of Sci. (Engineering), Lecturer of the Department of Biomedical Engineering, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: myelectronworld@mail.ru, ORCID: 0009-0007-7942-8083

Рыбаков Антон Юрьевич, аспирант кафедры биомедицинской инженерии, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: rybakov.ay@novomor.org

Anton Y. Rybakov, Post-Graduate Student of the Department of Biomedical Engineering, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: rybakov.ay@novomor.org