

<https://doi.org/10.21869/2223-1536-2025-15-1-157-169>



УДК 519.715

Метод диагностики преходящих невротических расстройств на основе гибридных нечетких моделей

Р. И. Сафронов¹, О. А. Кныш², С. Н. Родионова², Л. В. Стародубцева²✉

¹ Курская государственная аграрная академия имени И. И. Иванова
ул. К. Маркса, д. 70, г. Курск 305021, Российская Федерация

² Юго-Западный государственный университет
ул. 50 лет Октября, д. 94, г. Курск 305040, Российская Федерация

✉ e-mail: lilja-74@inbox.ru

Резюме

Целью исследования является синтез нечетких моделей диагностики преходящих невротических расстройств на основе гибридных нечетких моделей, обеспечивающих повышение качества принимаемых решений.

Методы. Разведочный анализ показал, что структура данных, описывающих искомый класс психических расстройств, носит нечеткий характер, что делает целесообразным использование нечеткой логики принятия решений, а конкретно методологию синтеза гибридных нечетких решающих правил.

Определен состав информативных показателей, описывающих преходящие невротические расстройства в составе признаков, принятых в традиционной медицинской практике, уровня адаптации организма в целом, электрического разбаланса биологически активных точек, связанных с невротозами, показателя уверенности в прогнозе появления невротозов, количественных характеристики функционального резерва органов и систем мишеней. По этим группам показателей получены частные диагностические модели, агрегация которых дает финальную диагностическую модель.

Результаты. Для оценки качества принимаемых использовано три уровня проверки качества: на экспертном уровне; по модельным контрольным выборкам и по контрольным выборкам, в которых наличие преходящих невротических расстройств проверялось с использованием независимых общепринятых методов исследования. Качество классификации проверялось по таким показателям, как диагностическая чувствительность, специфичность и диагностическая эффективность, которые превысили величину 0,97.

Заключение. В работе получены нечеткие модели диагностики преходящих невротических расстройств. Проведенная оценка качества принимаемых решений с использованием методов экспертного оценивания, математического моделирования и статистического анализа показала, что полученные гибридные нечеткие модели обеспечивают приемлемое качество диагностики с уверенностью не ниже 0,97.

Ключевые слова: диагностика; преходящие невротические расстройства; математические модели; нечеткая логика; функции принадлежности.

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

© Сафронов Р. И., Кныш О. А., Родионова С. Н., Стародубцева Л. В., 2025

Для цитирования: Метод диагностики переходящих невротических расстройств на основе гибридных нечетких моделей / Р. И. Сафронов, О. А. Кныш, С. Н. Родионова, Л. В. Стародубцева // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2025. Т. 15, № 1. С. 157–169. <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2025-15-1-157-169>

Поступила в редакцию 11.01.2025

Подписана в печать 08.02.2025

Опубликована 31.03.2025

A method for diagnosing borderline mental disorders based on hybrid fuzzy models

Ruslan I. Safronov¹, Olga A. Knysh², Sofya N. Rodionova²,
Lilia V. Starodubtseva² ✉

¹ Kursk State Agricultural Academy named after I. I. Ivanov
70 K. Marx Str., Kursk 305021, Russian Federation

² Southwest State University
50 Let Oktyabrya Str. 94, Kursk 305040, Russian Federation

✉ e-mail: lilja-74@inbox.ru

Abstract

The purpose of the research is to synthesize fuzzy diagnostic models for transient neurotic disorders based on hybrid fuzzy models that improve the quality of decisions.

Methods. Exploratory analysis has shown that the data structure describing the desired class of mental disorders is fuzzy, which makes it advisable to use fuzzy decision-making logic, and specifically the methodology for synthesizing hybrid fuzzy decision rules. The composition of informative indicators describing transient neurotic disorders in the composition of signs accepted in traditional medical practice, the level of adaptation of the body as a whole, the electrical imbalance of biologically active points associated with neuroses, confidence in the prognosis of the appearance of neuroses, quantitative characteristics of the functional reserve of target organs and systems is determined. For these groups of indicators, private diagnostic models have been obtained, the aggregation of which gives the final diagnostic model.

Results. To assess the quality of admissions, three levels of quality control were used: at the expert level; according to model control samples and according to control samples in which the presence of transient neurotic disorders was checked using independent generally accepted research methods. The quality of the classification was checked by such indicators as diagnostic sensitivity, specificity and diagnostic effectiveness, which exceeded the value of 0,97.

Conclusion. The paper provides fuzzy models for the diagnosis of transient neurotic disorders. An assessment of the quality of decisions made using expert assessment methods, mathematical modeling and statistical analysis showed that the hybrid fuzzy models obtained provide acceptable diagnostic quality with a confidence of at least 0,97.

Keywords: diagnostics; borderline mental disorders; mathematical models; fuzzy logic; membership functions.

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

For citation: Safronov R.I., Knysh O.A., Rodionova S.N., Starodubtseva L.V. A method for diagnosing borderline mental disorders based on hybrid fuzzy models. *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.* 2025;15(1):157–169. (In Russ.) <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2025-15-1-157-169>

Received 11.01.2025

Accepted 08.02.2025

Published 31.03.2025

Введение

Современное состояние трудового процесса характеризуется высоким уровнем автоматизации и интенсивности трудовой деятельности, порождающим возрастание уровня стрессов, что, по мнению широкого круга специалистов, приводит к особому типу заболеваний, определяемых общим термином «пограничные психические расстройства» (ППР) [1]. С другой стороны, такой же трудной диагностической задачей является диагностика промежуточных классов психических состояний, которые специалисты не относят к ППР, но они наблюдаются между классами «здоров» и «ранняя стадия заболеваний». В современной литературе такие классы состояний часто называют переходящими или персистирующими классами с той же аббревиатурой. Анализ профильной литературы показывает, что ППР характеризуются значительным омоложением, ростом снижения качества жизни у пациентов, страдающих данными заболеваниями [2].

Характерной чертой этого класса заболеваний является то, что они, маскируясь под адаптационный синдром, не вызывают адекватных реакций пациентов и их своевременного обращения к специалистам, не разбираясь в причинах и специфике своего расстройства [3], что, в конце концов, приводит к устойчивому снижению качества жизни

пациента [4]. В результате позднего обращения к врачам-психиатрам для эффективного лечения приходится тратить больше времени и усилий [5]. С учетом сказанного разработка эффективных средств диагностики пограничных и переходящих психических расстройств с использованием современных информационных и интеллектуальных технологий является актуальной задачей.

Материалы и методы

В современной психологии под пограничными и переходящими психическими расстройствами (ППР) понимают не резко выраженные нарушения, граничащие с состоянием здоровья и с начинающимся патологическим процессом. При этом начинающийся патологический процесс можно отнести к ранней стадии заболеваний, связанных с центральной нервной системой. В ряде работ ППР определяют как расстройства, связанные со срывом психической адаптации.

Из определения ППР специалистами предметной области (врачами-психиатрами) следует, что класс состояний человека, определяемый как пограничные психические расстройства (класс ω_{Π}), является принципиально нечеткой конструкцией [6], сходной с классами «прогноз заболевания» [7] и «ранняя стадия заболевания» [8]. В условиях нечеткой и неполной структуры данных в работе [9] рекомендуется

использовать методологию синтеза гибридных нечетких решающих правил (МСГНРП) [10].

Отличительной чертой МСГНРП [11] является эффективное соединение мощи естественного интеллекта [12] с достоинствами методов искусственного интеллекта [13], реализуемого технологиями мягких вычислений [14]. Основными элементами правил принятия решений в МСГНРП являются гибридные нечеткие модели [15], использующие функции принадлежности $\mu_{\omega_\ell}(x_i)$ [16] к гипотезам (классам) ω_ℓ с базовыми переменными, определяемыми существом решаемой задачи [17], коэффициенты уверенности [10], операторы нечеткого вывода [18] и т. д. Анализ литературы, посвященной исследованию ППП, показал, что пограничные психические расстройства в международном классификаторе болезней МКБ-10 определяются следующим образом: F3 – расстройства настроения (аффективные расстройства); F4 – невротические расстройства, связанные со стрессом, и соматоформные расстройства; F5 – поведенческие синдромы, связанные с физиологическими нарушениями и физическими факторами; F6 – расстройства личности и поведения в зрелом возрасте. При этом для описания исследуемой патологии в профессиональной литературе предлагается использовать девять информативных признаков: x_1, \dots, x_9 [9].

В традиционной психиатрии принятие решения о наличии у обследуемого ППП осуществляется по достаточно простому алгоритму [7]. Диагноз ППП ставится при наличии у обследуемых 5 и более признаков. При таком алгоритме переход к нечеткому правилу принятия решений с учетом рекомендаций работы [9] осуществляется путем двоичного кодирования признаков ($x_i = 1$ – есть фактор, $x_i = 0$ – нет фактора) с последующим их суммированием для получения базовой переменной X для функции принадлежности $\mu_{\text{ппр}}(X)$ к классу ППП [13].

Уверенность в наличии у обследуемых ППП по этой группе признаков $YPP_{\text{ппр}}$ определяется соответствующей функцией принадлежности $\mu_{\text{ппр}}(X)$.

Синтез $\mu_{\text{ппр}}(X)$, как и в работе [19], проводился методом Дельфы по узловым (опорным) точкам [10] с построением таблиц экспертного опроса путем ответа на следующие пять вопросов. При каких значениях X_{\min} функция принадлежности $\mu_{\text{ппр}}(X)$ имеет минимальное значение $\mu_{\text{ппр min}}(X)$ и каково это значение? При каких значениях X_{\max} функция принадлежности $\mu_{\text{ппр}}(X)$ имеет максимальное значение $\mu_{\text{ппр max}}(X)$ и каково это значение [10]? Какую геометрическую форму имеет линия связи между минимальным и максимальным значениями [10] функции принадлежности [20]?

Результаты опроса экспертов по шкале X и усредненные по всем экспертам координаты опорных точек функции принадлежности $\mu_{\text{ппр}}(X)$ приведены ниже (табл. 1).

Таблица 1. Результаты опроса экспертов для функции принадлежности $\mu_{\text{пр}}(X)$ **Table 1.** Results of the expert survey for the membership function $\mu_{\text{пр}}(X)$

Граничный параметр	Эксперты							Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	7	
X_{\min}	1	2	1	1	0	2	0	1
$\mu_{\text{пр min}}(X)$	0	0	0	0	0	0	0	0
X_{\max}	8	7	7	8	5	7	7	7
$\mu_{\text{пр max}}(X)$	1,0	0,8	0,9	0,9	0,8	1,0	0,9	0,9
Форма графика	КВ	КВ	КВ	КВ	ЛН	КВ	ЛН	КВ

По рассчитанным средним значениям была получена аналитическая модель вида:

$$YPP_{\text{пр}} = \mu_{\text{пр}}(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < 2, \\ 0,072(x-2)^2, & \text{если } 2 \leq x < 4,5, \\ 0,9 - 0,072(x-7)^2, & \text{если } 4,5 \leq x < 7, \\ 0,9, & \text{если } x \geq 7. \end{cases} \quad (1)$$

Решение задачи синтеза математических моделей прогнозирования и диагностики невротических расстройств показало, что между классами «здоров» и «ранняя стадия заболевания» существует некоторое промежуточное состояние, которое, по мнению экспертов, следует рассматривать как класс переходящих невротических расстройств (ПНР), для которого на кафедре БМИ ЮЗГУ был получен набор информативных признаков и функций принадлежности к классу «ранняя стадия невротических расстройств». Анализ этих функций принадлежности показал, что обратные к ним функции представляют собой функции принадлежности к классу «здоров» (класс ω_3).

Тогда геометрически функции принадлежности к классу ПНР (класс $\omega_{\text{пнр}}$) располагаются между функциями принадлежности к классам «здоров» и «ранняя стадия невротических расстройств» (класс ω_p). Реализуя эту логику, эксперты построили графики функций принадлежности к искомым классам состояний с базовыми переменными по такому набору показателей, как: система информативных признаков, принятых в традиционной медицинской практике (показатель YOT_p); уровень адаптации организма в целом (показатель UAO); электрический разбаланс БАТ, связанных с невротическими расстройствами (показатель ER_N); показатель уверенности в прогнозе появления невротических расстройств (показатель YPN); количественные характеристики функционального резерва органов и систем мишеней (показатель YF_p). Аналитически эти зависимости описываются функциями принадлежности вида:

$$\mu_{\text{нпр}}(YOT_p) = \begin{cases} 0, & \text{если } YOT_p < 0,2, \\ 20(YOT_p - 0,2)^2, & \text{если } 0,2 \leq YOT_p < 0,3, \\ 0,4 - 20(YOT_p - 0,4)^2, & \text{если } 0,3 \leq YOT_p < 0,4, \\ 0,4, & \text{если } 0,4 \leq YOT_p < 0,6, \\ 0,4 - 20(YOT_p - 0,6)^2, & \text{если } 0,6 \leq YOT_p < 0,7, \\ 20(YOT_p - 0,8)^2, & \text{если } 0,7 \leq YOT_p < 0,8, \end{cases}$$

$$\mu_{\text{нпр}}(YA_\phi) = \begin{cases} 0, & \text{если } YA_\phi < 0,2, \\ 4,44(YA_\phi - 0,2)^2, & \text{если } 0,2 \leq YA_\phi < 0,35, \\ 0,2 - 4,44(YA_\phi - 0,5)^2, & \text{если } 0,35 \leq YA_\phi < 0,65, \\ 4,44(YA_\phi - 0,8)^2, & \text{если } 0,65 \leq YA_\phi < 0,8, \\ 0, & \text{если } YA_\phi \geq 0,8, \end{cases}$$

$$\mu_{\text{нпр}}(ER_N) = \begin{cases} 0, & \text{если } ER_N < 0,2, \\ 6,67(ER_N - 0,2)^2, & \text{если } 0,2 \leq ER_N < 0,35, \\ 0,3 - 6,67(ER_N - 0,5)^2, & \text{если } 0,35 \leq ER_N < 0,65, \\ 6,67(ER_N - 0,8)^2, & \text{если } 0,65 \leq ER_N < 0,8, \\ 0, & \text{если } ER_N \geq 0,8, \end{cases}$$

$$\mu_{\text{нпр}}(YPN) = \begin{cases} 0, & \text{если } YPN < 0,3, \\ 8,89(YPN - 0,3)^2, & \text{если } 0,3 \leq YPN < 0,45, \\ 0,4 - 8,89(YPN - 0,6)^2, & \text{если } 0,45 \leq YPN < 0,75, \\ 8,89(YPN - 0,9)^2, & \text{если } 0,75 \leq YPN < 0,9, \\ 0, & \text{если } YPN \geq 0,9, \end{cases}$$

$$\mu_{\text{нпр}}(YF_p) = \begin{cases} 0, & \text{если } YF_p < 0,1, \\ 15(YF_p - 0,1)^2, & \text{если } 0,1 \leq YF_p < 0,2, \\ 0,3 - 15(YF_p - 0,3)^2, & \text{если } 0,2 \leq YF_p < 0,4, \\ 15(YF_p - 0,5)^2, & \text{если } 0,4 \leq YF_p < 0,5, \\ 0, & \text{если } YF_p \geq 0,5. \end{cases}$$

Полученные функции принадлежности, характеризующие наличие переходящих невротических расстройств, на основе рекомендаций МСГНРП объединяются в общую диагностическую модель вида [21]:

$$YPR(j+1) = YPR(j) + \mu_{\text{нпр}}(Y_{j+1})[1 - YPR(j)], \quad (2)$$

где $YPR(1) = \mu_{\text{нпр}}(Y_1) = \mu_{\text{нпр}}(YOT_p)$; $Y_2 = UA_\phi$; $Y_3 = ER_N$; $Y_4 = YPN$; $Y_5 = YF_p$; $Y_6 = YPP_{\text{пр}}$.

Результаты и их обсуждение

Проверка качества принимаемых решений с использованием модели (2) осуществлялась по трехступенчатой схеме.

Первая ступень реализовывалась по традиционной экспертной схеме с использованием метода Дельфы с оценкой меры доверия [20]. Усредненная по восьми экспертам мера доверия к диагностической модели (2) превысила величину 0,97.

При реализации второй ступени эксперты сформировали контрольные выборки, в первую из которых включались пациенты с точно проверенными данными о пациентах, точно не имеющих состояние описываемое как ПНР. Во вторую контрольную группу включались пациенты с наиболее часто встречающимися значениями исследуемых показателей [10] для альтернативного и исследуемого классов и со значениями, которые, по мнению экспертов, равновероятно можно отнести как к альтернативному, так и к исследуемому классу состояний [10]. В третью контрольную группу включались пациенты с точно установленным состоянием ПНР. В ходе математического моделирования, проводимого по этим контрольным выборкам, было показано, что уверенность в правильной классификации для модели (2) составила 0,98.

Третий уровень контроля осуществлялся по репрезентативным контрольным выборкам [10] с использованием независимых методов исследования [22]. Учитывая квадратичную разделяющую модель и выбранное достижимое качество классификации на уровне 0,95, был определен объем выборок по 100 человек на каждый из исследуемых

классов состояний. Качество диагностики проверялось по таким общепринятым показателям, как диагностическая чувствительность (ДЧ), специфичность (ДС) и диагностическая эффективность (ДЭ). В ходе проведенных расчетов получены следующие значения показателей качества: ДЧ = 0,97, ДС = 0,98 и ДЭ = 0,97, что позволяет рекомендовать предложенную модель для использования в работе практических психологов [10].

Выводы

В ходе проведенных исследований была синтезирована модель оценки уверенности при наличии у пациентов переходящих невротических расстройств, отличающаяся использованием в качестве информативных показателей признаков, принятых в традиционной медицинской практике, уровня адаптации организма в целом, электрического разбаланса биологически активных точек, связанных с невротами, показателя уверенности в прогнозе появления неврозов, количественных характеристик функционального резерва органов и систем мишеней, позволяющая получать уверенность в правильном принятии решения не хуже 0,97.

Список литературы

1. Twenty years of research on borderline personality disorder: a scientometric analysis of hotspots, bursts, and research trends / Y. Liu, C. Chen, Y. Zhou, N. Zhang, S. Liu // *Front Psychiatry*. 2024. N 15. P. 1361535. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2024.1361535>
2. Ruocco A. C., Marceau E. M. Update on the Neurobiology of Borderline Personality Disorder: A Review of Structural, Resting-State and Task-Based Brain Imaging Studies // *Curr Psychiatry Rep*. 2024. N 26(12). P. 807–815. <https://doi.org/10.1007/s11920-024-01553-w>

3. The Role of Trauma in Early Onset Borderline Personality Disorder: A Biopsychosocial Perspective / P. Bozzatello, P. Rocca, L. Baldassarri, M. Bosia, S. Bellino // *Front Psychiatry*. 2021. N 12. P. 721361. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.721361>

4. Sexual Dysfunctions and Problematic Sexuality in Personality Disorders and Pathological Personality Traits: A Systematic Review / G. Ciocca, R. Di Stefano, A. Collazzoni, T. B. Jannini, G. Di Lorenzo, E. A. Jannini, A. Rossi, R. Rossi // *Curr Psychiatry Rep*. 2023. N 25 (3). P. 93–103. <https://doi.org/10.1007/s11920-023-014099>

5. On the interplay of borderline personality features, childhood trauma severity, attachment types, and social support / A. Schulze, L. Cloos, M. Zdravkovic, S. Lis, A. Krause-Utz // *Borderline Personal Disord Emot Dysregul*. 2022. N 9 (1). P. 35. <https://doi.org/10.1186/s40479-022-00206-9>

6. Корневский Н. А., Родионова С. Н., Хрипина И. И. Методология синтеза гибридных нечетких решающих правил для медицинских интеллектуальных систем поддержки притяни решений: монография. Старый Оскол: ТНТ, 2019. 472 с. <https://doi.org/www.tnt-ebook.ru/library/book/441>

7. Математические модели прогнозирования и ранней диагностики заболеваний нервной системы, провоцируемых комбинированным воздействием разнородных факторов риска / Т. Н. Говрухина, М. А. Мясоедова, И. Ю. Григоров, А. В. Поляков // *Системный анализ и управление в биомедицинских системах*. 2019. Т. 18, № 2. С. 110–116. <https://doi.org/10.25987/VSTU.2019.18.2.022>

8. Бокерия Л. А., Быков А. В., Корневский Н. А. Оптимизация ведения пациентов с мультицентричным ишемическим поражением на базе нечетких интеллектуальных технологий: монография. Старый Оскол: ТНТ, 2019. 400 с.

9. Корневский Н. А., Сафронов Р. И., Серебровский В. И. Системы поддержки принятия решений врачей профпатологов с гибридной нечёткой сетевой базой знаний: монография. Курск: Издательство Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2021. 333 с.

10. Прогнозирование появления и развития ишемической болезни сердца у инженерно-технического персонала на основе нечетких гибридных моделей / Н. А. Корневский, Р. И. Сафронов, С. Н. Родионова, Н. А. Милостная, К. В. Разумова // *Системный анализ и управление в биомедицинских системах*. 2024. Т. 23, № 4. С. 148–157.

11. Математические модели оценки влияния электромагнитных полей на появление и развитие профессиональных заболеваний в электроэнергетической отрасли / М. А. Мясоедова, Н. А. Корневский, Л. В. Стародубцева, М. В. Писарев // *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2019. Т. 7, № 2. С. 27–42. <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2019.25.2.013>

12. Метод синтеза нечетких моделей и ранней диагностики профессиональных заболеваний работников гальванических производств / Н. А. Корневский, И. Ю. Григоров,

Т. Н. Говорухина, Р. А. Крупчатников // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2019. Т. 18, № 3. С. 163–169. <https://doi.org/10.25987/VSTU.2019.18.3.019>

13. Корневский Н. А., Медников Д. А., Стародубцев В. В. Метод синтеза моделей прогнозирования и ранней диагностики профессиональных заболеваний работников локомотивных бригад // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2020. Т. 19, № 3. С. 140–154. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2020.19.3.018>

14. Корневский Н. А., Титова А. В. Метод синтеза нечетких моделей оценки влияния электромагнитных полей радиочастотного диапазона на состояние здоровья // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2020. Т. 10, № 2. С. 102–117.

15. Biotechnical monitoring system for determining person's health state in polluted environment using hybrid decisive rules / R. T. Al-Kasasbeh, N. Korenevskiy, S. Filist, O. V. Shatalova, M. S. Alshamasin, A. A. Shaqadan // International Journal of Modelling, Identification and Control. 2019. Vol. 32, N 1. P. 10–22. <https://doi.org/10.1504/IJMIC.2019.101957>

16. Корневский Н. А., Титова А. В., Сурнина А. И. Оценка влияния электромагнитных полей радиочастотного диапазона на функциональное состояние и работоспособность операторов на основе технологии мягких вычислений // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2021. Т. 11, № 2. С. 120–137.

17. Белозеров В. А., Корневский Н. А., Коржук Н. Л. Диагностика патологии внепеченочных желчных протоков по данным эндоскопической ультрасонографии с использованием нечетких математических моделей // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2022. Т. 12, № 2. С. 149–164. <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2022-12-2-149-164>

18. Прогнозирование возникновения и развития фатальных сосудистых осложнений при COVID-19 с использованием нечетких математических моделей / А. В. Быков, Н. А. Корневский, А. В. Винников, А. И. Безуглов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2022. Т. 12, № 1. С. 145–159. <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2022-12-1-145-159>

19. Математическая модель нечеткого прогнозирования рецидивов инфаркта миокарда / С. П. Серегин, Н. А. Корневский, К. А. Истомина, Ю. А. Челебаева // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2019. Т. 9, № 2 (31). С. 101–111.

20. Метод комплексной оценки уровня информативности классификационных признаков в условиях нечеткой структуры данных / Н. А. Корневский, В. В. Аксенов,

С. Н. Родионова, С. Н. Гонтарев, Л. П. Лазурина, Р. И. Сафронов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2023. № 3. С. 80–96.

21. Метод и нечеткие модели оценки функциональных состояний оперативной памяти / А. Ю. Рыбаков, С. Н. Родионова, К. В. Разумова, Н. А. Милостная, Н. Л. Коржук // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2024. Т. 14, № 2. С. 106–125.

22. Прогнозирование появления и развития невротических расстройств провоцируемых инженерным трудом / Н. А. Корневский, О. Ю. Лукаш, Р. И. Сафронов, С. Н. Родионова, С. П. Серегин, Г. В. Сипливый // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2024. Т. 23, № 3. С. 146–153.

References

1. Liu Y., Chen C., Zhou Y., Zhang N., Liu S. Twenty years of research on borderline personality disorder: a scientometric analysis of hotspots, bursts, and research trends. *Front Psychiatry*. 2024;(15):1361535. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2024.1361535>

2. Ruocco A.C., Marceau E.M. Update on the Neurobiology of Borderline Personality Disorder: A Review of Structural, Resting-State and Task-Based Brain Imaging Studies. *Curr Psychiatry Rep*. 2024;(26):807–815. <https://doi.org/10.1007/s11920-024-01553-w>

3. Bozzatello P., Rocca P., Baldassarri L., Bosia M., Bellino S. The Role of Trauma in Early Onset Borderline Personality Disorder: A Biopsychosocial Perspective. *Front Psychiatry*. 2021;(12):721361. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.721361>

4. Ciocca G., Di Stefano R., Collazzoni A., Jannini T.B., Di Lorenzo G., Jannini E.A., Rossi A., Rossi R. Sexual Dysfunctions and Problematic Sexuality in Personality Disorders and Pathological Personality Traits: A Systematic Review. *Curr Psychiatry Rep*. 2023;(25):93–103. <https://doi.org/10.1007/s11920-023-014099>

5. Schulze A., Cloos L., Zdravkovic M., Lis S., Krause-Utz A. On the interplay of borderline personality features, childhood trauma severity, attachment types, and social support. *Borderline Personal Disord Emot Dysregul*. 2022;(9):35. <https://doi.org/10.1186/s40479-022-00206-9>

6. Korenevsky N.A., Rodionova S.N., Khripina I.I. Methodology of synthesis of hybrid fuzzy decision rules for medical intelligent decision support systems. Stary Oskol: TNT; 2019. 472 p. (In Russ.) <https://doi.org/www.tnt-ebook.ru/library/book/441>

7. Govrukhina T.N., Myasoedova M.A., Grigorov I.Y., Polyakov A.V. Mathematical models of forecasting and early diagnosis of diseases of the nervous system caused by the combined effects of heterogeneous risk factors. *Sistemnyi analiz i upravlenie v*

biomeditsinskikh sistemakh = System Analysis and Management in Biomedical Systems. 2019;18(2):110–116. (In Russ.) <https://doi.org/10.25987/VSTU.2019.18.2.022>

8. Bokeria L.A., Bykov A.V., Korenevsky N.A. Optimization of management of patients with multicentric ischemic lesion based on fuzzy intellectual technologies. Stary Oskol: TNT; 2019. 400 p. (In Russ.)

9. Korenevsky N.A., Safronov R.I., Serebrovsky V.I. Decision support systems for occupational pathologists with a hybrid fuzzy network knowledge base. Kursk: Izdatel'stvo Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii; 2021. 333 p. (In Russ.)

10. Korenevsky N.A., Safronov R.I., Rodionova S.N., Milostnaya N.A., Razumova K.V. Predicting the appearance and development of coronary heart disease in engineering and technical personnel based on fuzzy hybrid models. *Sistemnyi analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh = Systems Analysis and Management in Biomedical Systems*. 2024;23(4):148–157. (In Russ.)

11. Myasoedova M.A., Korenevsky N.A., Starodubtseva L.V., Pisarev M.V. Mathematical models for assessing the influence of electromagnetic fields on the occurrence and development of occupational diseases in the electric power industry. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii = Modeling, Optimization, and Information Technology*. 2019;7(2):27–42. (In Russ.) <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2019.25.2.013>

12. Korenevsky N.A., Grigorov I.Yu., Govorukhina T.N., Krupchatnikov R.A. Method of synthesis of fuzzy models and early diagnosis of occupational diseases of electroplating workers. *Sistemnyi analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh = System Analysis and Management in Biomedical Systems*. 2019;18(3):163–169. (In Russ.) <https://doi.org/10.25987/VSTU.2019.18.3.019>

13. Korenevsky N.A., Mednikov D.A., Starodubtsev V.V. Method of synthesis of models for forecasting and early diagnosis of occupational diseases of locomotive crew workers. *Sistemnyi analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh = System Analysis and Management in Biomedical Systems*. 2020;19(3):140–154. (In Russ.) <https://doi.org/10.36622/VSTU.2020.19.3.018>

14. Korenevsky N.A., Titova A.V. Method of synthesis of fuzzy models for assessing the effect of electromagnetic fields of the radio frequency range on the state of health. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*. 2020;10(2):102–117. (In Russ.)

15. Al-Kasasbeh R.T., Korenevskiy N., Filist S., Shatalova O.V., Alshamasin M.S., Shaqadan A.A. Biotechnical monitoring system for determining person's health state in polluted environment using hybrid decisive rules. *International Journal of Modelling, Identification and Control*. 2019;32(1):10–22. <https://doi.org/10.1504/IJMIC.2019.101957>

16. Korenevsky N.A., Titova A.V., Surnina A.I. Evaluation of the effect of electromagnetic fields in the radio frequency range on the functional state and the ability of operators based on soft computing technology. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*. 2021;11(2):120–137. (In Russ.)

17. Belozarov V.A., Korenevsky N.A., Korzhuk N.L. Diagnosis of pathology of extrahepatic bile ducts according to endoscopic ultrasonography using fuzzy mathematical models. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*. 2022;12(2):149–164. (In Russ.) <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2022-12-2-149-164>

18. Bykov A.V., Korenevsky N.A., Vinnikov A.V., Bezuglov A.I. Forecasting the occurrence and development of fatal vascular complications in COVID-19 using fuzzy mathematical models. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*. 2022;12(1):14–159. (In Russ.) <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2022-12-1-145-159>

19. Seregin S.P., Korenevsky N.A., Istomina K.A., Chelebaeva Y.A. Mathematical model of fuzzy prediction of myocardial infarction recurrence. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*. 2019;9(2):101–111. (In Russ.)

20. Korenevsky N.A., Aksyonov V.V., Rodionova S.N., Gontarev S.N., Lazurina L.P., Safronov R.I. A method of complex assessment of the level of informativeness of classification features in conditions of a fuzzy data structure. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*. 2023;(3):80–96. (In Russ.)

21. Rybakov A.Y., Rodionova S.N., Razumova K.V., Milostnaya N.A., Korzhuk N.L. Method and fuzzy models for assessing the functional states of RAM. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*. 2024;14(2):106–125. (In Russ.)

22. Korenevsky N.A., Lukash O.Y., Safronov R.I., Rodionova S.N., Seregin S.P., Siplivy G.V. Forecasting the appearance and development of neurotic disorders caused by engineering work. *Sistemnyi analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh = Systems Analysis and Management in Biomedical Systems*. 2024;23(3):146–153. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the Authors

Сафронов Руслан Игоревич, кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и электроэнергетики, Курский государственный аграрный университет имени И. И. Иванова, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: russafronov@yandex.ru, ORCID: 0009-0004-5151-4711

Ruslan I. Safronov, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Electric Power Engineering, Kursk Agricultural University named after I. I. Ivanov, Kursk, Russian Federation, e-mail: russafronov@yandex.ru, ORCID: 0009-0004-5151-4711

Кныш Ольга Анатольевна, аспирант кафедры биомедицинской инженерии, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: ol.knish@yandex.ru

Olga A. Knysh, Post-Graduate Student of the Department of Biomedical Engineering, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: ol.knish@yandex.ru

Родионова Софья Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры биомедицинской инженерии, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: knsofia@mail.ru

Sofya N. Rodionova, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Biomedical Engineering, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: knsofia@mail.ru

Стародубцева Лилия Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры биомедицинской инженерии, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: lilja-74@inbox.ru, ORCID: 0000-0001-6803-298X

Lilia V. Starodubtseva, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Biomedical Engineering, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: lilja-74@inbox.ru, ORCID: 0000-0001-6803-298X