

УДК 615.47

DOI: [10.26102/2310-6018/2019.27.4.031](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2019.27.4.031)

ДИАГНОСТИКА РАННИХ СТАДИЙ НАРУШЕНИЙ ВНИМАНИЯ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНЫХ НЕЧЕТКИХ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ

А.В. Поляков¹, С.Н. Родионова², Н.Л. Коржук³, Л.В. Стародубцева⁴

¹ЗАО «Атриум», г. Тула, Российская Федерация

^{2, 4}ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, Российская Федерация

³ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Российская Федерация

^{1, 3}e-mail: nikolaikorzhuk@mail.ru

²e-mail: knsofia@mail.ru

⁴e-mail: kstu-bmi@yandex.ru

Резюме: Работа посвящена повышению качества дифференциальной диагностики ранних стадий нарушений когнитивных функций внимания в условиях нечеткого описания исследуемых классов состояний. Для оценки функций внимания используется прибор, разработанный на кафедре биомедицинской инженерии ЮЗГУ, позволяющий определять такие свойства внимания как концентрированность, объём, селективность, переключаемость, распределяемость и устойчивость. В качестве математического аппарата используется методология синтеза гибридных нечетких решающих правил. Базовым элементом которых является функция принадлежности к исследуемым классам состояний (норма, легкие когнитивные нарушения, умеренные когнитивные нарушения, начальная клиническая стадия) с базовой переменной, определяемой по шкалам выбранных свойств внимания. Решение о классификации принимается по максимальной величине анализируемых функций принадлежности. Полученные математические модели позволяют диагностировать ранние стадии нарушений всех исследуемых функций внимания. Экспертное доверие к полученным математическим моделям превышает величину 0,8. Если совместно с показателями внимания использовать дополнительные показатели, характеризующие функциональный резерв, уровни психоэмоционального напряжения и утомления, и энергетический разбаланс меридианных структур организма, уверенность в правильной классификации ранних стадий нарушений функций внимания достигает величины 0,9, что позволяет рекомендовать полученные результаты в практической психологии и медицине.

Ключевые слова: ранняя стадия когнитивных нарушений внимания, гибридные решающие правила, функции принадлежности, уверенность в правильной классификации.

Для цитирования: Поляков А.В., Родионова С.Н., Коржук Н.Л., Стародубцева Л.В. Диагностика ранних стадий нарушений внимания на основе гибридных нечетких решающих правил. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2019;7(4). Доступно по: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/PolyakovSoavtors_4_19_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2019.27.4.031

DIAGNOSIS OF EARLY STAGES OF ATTENTION DISORDERS BASED ON HYBRID FUZZY DECISION RULES

A.V. Polyakov¹, S.N. Rodionova², N.L. Korzhuk³, L.V. Starodubtseva⁴

¹JSC «Atrium», Tula, Russian Federation

^{2, 4}Southwest State University, Kursk, Russian Federation

³Tula State University, Tula, Russian Federation

Abstract: The work is devoted to improving the quality of differential diagnosis of early stages of cognitive impairment in terms of fuzzy description of the studied classes of States. To assess the functions of attention, a device developed at the Department of biomedical engineering of SUSU is used to determine such properties of attention as concentration, volume, selectivity, switchability, distributability and stability. As a mathematical apparatus is used, the hybrid methodology for the synthesis of fuzzy decision rules. The basic element of which is the function of belonging to the studied classes of States (norm, mild cognitive impairment, moderate cognitive impairment, initial clinical stage) with a basic variable determined by the scales of the selected properties of attention. The decision on classification is made by the maximum value of the analyzed membership functions. The obtained mathematical models allow to diagnose the early stages of violations of all the studied functions of attention. Expert confidence in the obtained mathematical models exceeds 0.8. If, together with the level of attention, additional indicators characterizing the functional reserve, levels of psycho-emotional stress and fatigue and energy imbalance of the Meridian structures of the body are used, confidence in the correct classification of the early stages of attention disorders reaches a value of 0.9, which allows us to recommend the results in practical psychology and medicine.

Keywords: the early stage of cognitive impairment of attention, and hybrid decision rules, membership functions, confidence in the correct classification.

For citation: Polyakov A.V., Rodionova S.N., Korzhuk N.L., Starodubtseva L.V. Diagnosis of early stages of attention disorders based on hybrid fuzzy decision rules. *Modeling, optimization and information technology*. 2019;7(4). Available by: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/PolyakovSoavtors_4_19_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2019.27.4.031 (In Russ.).

Введение

Одной из важнейших когнитивных функций человека является внимание, обеспечивающее целенаправленность и активность его познавательной деятельности.

Ослабление внимания приводит к ухудшению практически всех видов человеческой деятельности как на производстве, так и в быту.

Существует множество причин нарушения внимания, связанных с психопатологическими синдромами, органическим поражением ЦНС, стрессом, соматическими недугами. В ряде случаев ухудшение внимания связывают с особенностями трудовой деятельности, например, операторы ЭВМ, радиолокационных станций, люди работающие в условиях чрезвычайных ситуаций и др.

Несвоевременное обнаружение ранних проявлений когнитивных нарушений, включая функции внимания, может привести к развитию тяжелых заболеваний приводящих к инвалидизации [1].

Своевременная диагностика ранних стадий когнитивных нарушений позволяет выбрать наиболее адекватные схемы профилактики и лечения, обеспечивая сохранение социальной, бытовой и трудовой адаптации [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

С учетом этого разработка эффективных методов, моделей и алгоритмов диагностики ранних стадий когнитивных расстройств, включая внимание, является актуальной задачей.

Для определения ранних стадий когнитивных нарушений проводится нейропсихологическое обследование с использованием различных методов, методик и тестов: краткая шкала оценки психического статуса (MMSE), батарея лобной дисфункции (FAB), монреальская шкала оценки когнитивных функций (MoCA), тесты символично-цифрового кодирования, повторение цифр в прямом и обратном порядке, рисования часов, слежения, воспроизведения литеральных и категориальных ассоциаций, таблицы Шульте, тесты свободного и ассоциированного селективного

распознавания (FCSRT), «5 слов» и др. Выраженность когнитивных нарушений оценивается по клинической рейтинговой шкале деменции (CDR).

В ряде работ для повышения точности оценки ранних стадий когнитивных нарушений предлагается проводить люмбальную пункцию, позитронно-эмиссионную компьютерную томографию, магнитно-резонансную томографию [1, 8, 9, 10, 11, 12].

Большинство этих методик позволяют определять класс умеренных когнитивных нарушений не детализируют их на различные составляющие когнитивных свойств, что значительно снижает их потенциальные возможности, сужая диапазон адекватных корректирующих воздействий и как следствие понижает эффективность проводимых профилактик и лечения.

В данной работе предлагается к классу умеренные когнитивные нарушения (ω_y) добавить класс легких когнитивных нарушений (ω_l), а также ввести два дополнительных граничных класса: норма (ω_n); начальная клиническая стадия (ω_k).

Введенные классы состояний определяются для таких показателей (свойств) внимания как концентрированность, объем, селективность переключаемость, распределяемость и устойчивость.

Такая дифференция позволяет выборочно оценивать и корректировать те свойства внимания, которые подвергаются наибольшему риску и (или) которые выходят за рамки номинальных значений.

Материалы и методы

Для оценки состояния всех перечисленных показателей внимания используются прибор контроля функций внимания и памяти (ПКФ-ВП) конструкция, принцип работы и порядок вычисления исследуемых показателей описаны в работах [7,13,14,15,16,17].

Анализ структуры данных по выбранным показателям внимания и исследуемым классам состояний показал, что решаемые в работе задачи относятся к классу плохоформализуемых задач с нечетко определяемыми границами различных состояний исследуемых показателей.

Опыт решения задач с аналогичной структурой данных, полученный на кафедре биомедицинской инженерии Юго-Западного государственного университета показал, что для решения выбранного класса задач целесообразно использовать методологию синтеза гибридных нечетких решающих правил, достаточно подробно описанную в работах [17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26].

Одним из базовых элементов гибридных нечетких решающих правил является функция принадлежности $\mu_\ell(Y_s)$ к исследуемым классам состояний ω_ℓ ($\ell = n, l, y, k$) с базовой переменной Y_s определяемой числовыми шкалами формируемыми ПКФ-ВП ($s=KB$ (концентрированность), OB (объем), CB (селективность), PB (переключаемость), PB (распространяемость), UB (устойчивость внимания)).

Характерной особенностью первичного, однократного измерения исследуемых показателей внимания, является то, что результаты измерения внимания характеризуют текущее состояние, ухудшение которого может быть вызвано различными причинами (кратковременный стресс на работе и дома, кратковременное переутомление и т. д.), которые легко устраняются простым отдыхом, простой релаксацией и т. д.

С учетом этого факта эксперты для построения классификационных функций принадлежности предложили использовать усредненные значения измерительных шкал Y_{sc} полученные как средние величины трех измерений Y_s через фиксированное время наблюдения T_n .

Используя общие рекомендации по синтезу гибридных нечетких решающих правил [17, 18, 27, 28] эксперты на шкалах Y_{sc} построили функции принадлежности к исследуемым классам состояний графики которых приведены на Рисунке.

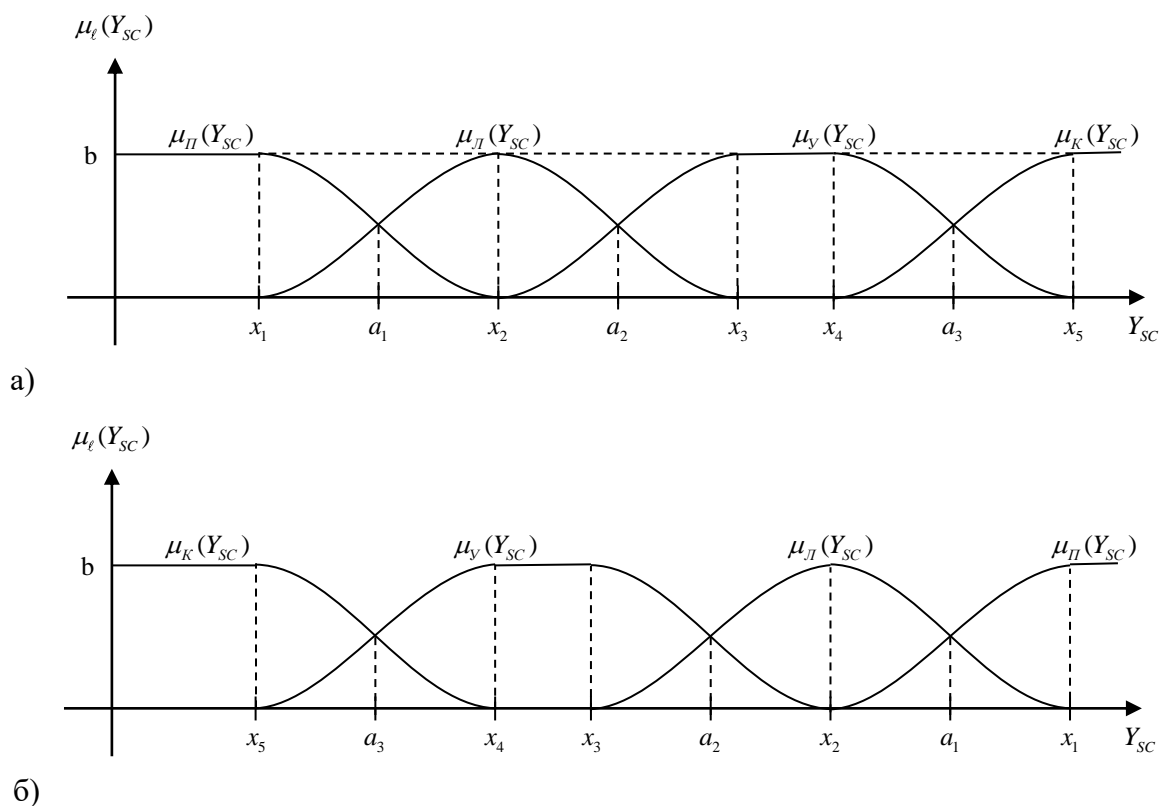


Рисунок – График функций принадлежности к исследуемым классам состояний с базовой переменной Y_{sc} : а) для показателей КВ, ОВ, СВ, ПВ, и УВ; б) для показателя РВ

Figure 1 – Graph of membership functions for the studied classes of states with a base variable: а) for indicators KV, OV, SV, PV, and HC; б) for the indicator RV

Уровень доверия к выбранным экспертами функциям принадлежности определяется экспертами, исходя из их доверия к результатам измерений с помощью ПКФ-ВП, собранному статистическому материалу, приведенному в работе [7], выбранному механизму синтеза функций принадлежности и доверию к собственным возможностям по синтезу нечетких решающих правил. С учетом этих факторов эксперты определили величину максимального значения функций принадлежности приведенных на Рисунке:

$$\mu_c^{\max}(Y_{sc}) = v = 0,8.$$

Результаты

В соответствии с общими рекомендациями по синтезу гибридных нечетких решающих правил с использованием технологии Дельфы эксперты получили следующие аналитические выражения для классификации ранних стадий расстройств показателей внимания.

$$\mu_n(Ysc) = \begin{cases} \nu, & \text{если } Ysc < x_1; \\ \nu - \frac{2\nu(Ysc - x_1)^2}{(x_2 - x_1)^2}, & \text{если } x_1 < Ysc \leq a_1; \\ \frac{2\nu(Ysc - x_2)^2}{(x_2 - x_1)^2}, & \text{если } a_1 < Ysc \leq x_2; \\ 0, & \text{если } Ysc > x_2, \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_n(Ysc) = \begin{cases} 0, & \text{если } Ysc < x_1; \\ \frac{2\nu(Ysc - x_1)^2}{(x_2 - x_1)^2}, & \text{если } x_1 \leq Ysc < a_1; \\ \nu - \frac{2\nu(Ysc - x_2)^2}{(x_2 - x_1)^2}, & \text{если } a_1 \leq Ysc < x_2; \\ \nu - \frac{2\nu(Ysc - x_2)^2}{(x_3 - x_2)^2}, & \text{если } x_2 \leq Ysc < a_2; \\ \frac{2\nu(Ysc - x_3)^2}{(x_3 - x_2)^2}, & \text{если } a_2 \leq Ysc < x_3; \\ 0, & \text{если } Ysc \geq x_3, \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_y(Ysc) = \begin{cases} 0, & \text{если } Ysc < x_2; \\ \frac{2\nu(Ysc - x_2)^2}{(x_3 - x_2)^2}, & \text{если } x_2 \leq Ysc < a_2; \\ \nu - \frac{2\nu(Ysc - x_3)^2}{(x_3 - x_2)^2}, & \text{если } a_2 \leq Ysc < x_3; \\ \nu, & \text{если } x_3 \leq Ysc < x_4; \\ \nu - \frac{2\nu(Ysc - x_4)^2}{(x_5 - x_4)^2}, & \text{если } x_4 \leq Ysc < a_3; \\ \frac{2\nu(Ysc - x_5)^2}{(x_5 - x_4)^2}, & \text{если } a_3 \leq Ysc < x_5; \\ 0, & \text{если } Ysc \geq x_5, \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_k(Ysc) = \begin{cases} 0, & \text{если } Ysc < x_4; \\ \nu - \frac{2\nu(Ysc - x_4)^2}{(x_5 - x_4)^2}, & \text{если } x_4 \leq Ysc \leq a_3; \\ \frac{2\nu(Ysc - x_5)^2}{(x_5 - x_4)^2}, & \text{если } a_3 \leq Ysc < x_5; \\ \nu, & \text{если } Ysc \geq x_5. \end{cases} \quad (4)$$

Аналитические выражения (1), (2), (3) и (4) записаны в общем виде для методик КВ, ОВ, СВ, ВВ и УВ. Для шкалы РВ функции принадлежности к классам состояний внимания имеют обратный порядок. С учетом этого для Рисунка 1, а параметры функций принадлежности определены следующим образом:

Для шкалы КВ: $x_1=150; a_1=200; x_2=250; a_2=275; x_3=300; x_4=350; a_3=375; x_5=400$.

Для шкалы ОВ: $x_1=4500; a_1=6000; x_2=7500; a_2=8000; x_3=8500; x_4=9000; a_3=9500; x_5=10000$.

Для шкалы СВ: $x_1=0,5; a_1=1; x_2=1,5; a_2=1,75; x_3=2; x_4=2,5; a_3=2,75; x_5=3$.

Для шкалы ПВ: $x_1=250; a_1=350; x_2=450; a_2=500; x_3=550; x_4=600; a_3=650; x_5=700$.

Для шкалы УВ: $x_1=250; a_1=350; x_2=450; a_2=500; x_3=550; x_4=600; a_3=650; x_5=700$.

Аналитически функции принадлежности для распределяемости внимания (РВ, Рисунок б) определяются выражениями:

$$\mu_x(PBc) = \begin{cases} 0,7, & \text{если } PBc < 50; \\ 0,7 - 0,00014 \cdot (PBc - 50)^2, & \text{если } 50 \leq PBc < 100; \\ 0,00014 \cdot (PBc - 150)^2, & \text{если } 100 \leq PBc < 150; \\ 0, & \text{если } PBc \geq 150, \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_y(PBc) = \begin{cases} 0,7, & \text{если } PBc < 50; \\ 0,00014 \cdot (PBc - 50)^2, & \text{если } 50 \leq PBc < 100; \\ 0,7 - 0,00014 \cdot (PBc - 150)^2, & \text{если } 100 \leq PBc < 150; \\ 0,7, & \text{если } 150 \leq PBc < 200; \\ 0,7 - 0,00014 \cdot (PBc - 200)^2, & \text{если } 200 \leq PBc < 250; \\ 0,00014 \cdot (PBc - 300)^2, & \text{если } 250 \leq PBc < 300; \\ 0, & \text{если } PBc \geq 300, \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_z(PBc) = \begin{cases} 0,7, & \text{если } PBc < 200; \\ 0,00014 \cdot (PBc - 200)^2, & \text{если } 200 \leq PBc < 250; \\ 0,7 - 0,00014 \cdot (PBc - 300)^2, & \text{если } 250 \leq PBc < 300; \\ 0,7, & \text{если } 300 \leq PBc < 400; \\ 0,7 - 0,00014 \cdot (PBc - 400)^2, & \text{если } 400 \leq PBc < 450; \\ 0,00014 \cdot (PBc - 500)^2, & \text{если } 450 \leq PBc < 500; \\ 0, & \text{если } PBc \geq 500, \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_n(PBc) = \begin{cases} 0, & \text{если } PBc < 400; \\ 0,00014 \cdot (PBc - 400)^2, & \text{если } 400 \leq PBc < 450; \\ 0,7 - 0,00014 \cdot (PBc - 500)^2, & \text{если } 450 \leq PBc < 500; \\ 0,7, & \text{если } 500 \leq PBc < 600. \end{cases} \quad (8)$$

По каждому из выбранных показателей S решение о классификации принимается по максимальной величине функций принадлежности

$$\Omega_{\ell}(S) = \max[\mu_n(Ysc), \mu_n(Ysc), \mu_y(Ysc), \mu_k(Ysc)], \quad (9)$$

При равенстве двух функций принадлежности решение принимается в пользу более «тяжелого» класса состояний.

Уверенность в принимаемом решении по показателю $S(UT_{\ell_s})$ численно равно выбранной функции принадлежности

$$UT_{\ell_s} = \max[\mu_{\ell}(Ysc)], \quad (10)$$

В ходе математического моделирования для обследуемых находящихся в нормальном функциональном состоянии (отсутствие активации, психоэмоционального напряжения и утомления) было показано, что использование выражений (9) и (10) обеспечивает уверенность в классификации ранних стадий нарушений функций внимания не ниже 0,85.

Обсуждение

В ходе проведенных исследований была показана возможность решения задач ранней диагностики нарушений функций внимания с использованием аппарата нечеткой логики принятия решений и прибора контроля показателей внимания и памяти разработанного в Юго-Западном государственном университете. Эксперты оценивают уверенность в принятии решений на уровне 0,8. Математическое моделирование на обследуемых, находящихся в нормальном функциональном состоянии, показало, что уверенность в правильной классификации ранних нарушений функций внимания превышает 0,85.

Естественно предположить, что если в момент обследования функциональное состояние будет изменено уверенность в правильной классификации может уменьшится. Однако предварительные исследования показывают, что если вместе с исследуемыми показателями внимания использовать дополнительные информативные признаки (функциональный резерв, уровень психоэмоционального напряжения, уровень утомляемости, энергетический разбаланс меридианных структур «связанных» с исследуемой когнитивной функцией) то не зависимо от функционального состояния обследуемого уверенность в наличии ранних стадий нарушений внимания достигает величины 0,9.

Заключение

Полученные математические модели позволяют диагностировать ранние стадии нарушений функций внимания по таким показателям как концентрированность, объем, селективность, переключаемость, распределяемость и устойчивость. Экспертное доверие к полученным математическим моделям превышает величину 0,8. Если совместно с показателями внимания использовать дополнительные показатели, характеризующие функциональный резерв, уровни психоэмоционального напряжения и утомления и энергетический разбаланс меридианных структур организма уверенность в правильной классификации ранних стадий нарушений функций внимания достигает величины 0,9, что позволяет рекомендовать полученные результаты в практической психологии и медицине.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лобзин В.Ю. Комплексная ранняя диагностика нарушений когнитивных функций. *Журнал неврологии и психологии*. 2015;11:72–79.

2. Кудяшева А.В. *Возможности ранней дифференциальной диагностики умеренных когнитивных нарушений*: Автореф. дис...канд.мед.наук. СПб.2013. Доступно по: http://www.discollection.ru/article/19112013_kudjasheva. Ссылка активна на 22.07.2015.
3. Гаврилова С.И., Кольхалов И.В., Федорова Я.Б., Калын Я.Б., Селезнева Н.Д., Самородов А.В., Мясоедов С.Н., Бокша И.С. Прогноз прогрессирования когнитивного дефицита у пожилых пациентов с синдромом мягкого когнитивного снижения при длительном лечении (3-летнее наблюдение). *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2013;113(3):45–53.
4. Левин О.С., Голубева Л.В. Гетерогенность умеренного когнитивного расстройства: диагностические и терапевтические аспекты. *Консилиум*.2006;12:106–110.
5. Емелин А.Ю. *Когнитивные нарушения при цереброваскулярной болезни (патогенез, клиника, дифференциальная диагностика)* Автореф. дис...канд.мед.наук. СПб.2010. Доступно по: <http://www.discollecat.com/content/kognitivnyc-narusheniya-pri-tserebrovaskulyarnoi-bolezni-patogez-klinika-differentsialnaja>. Ссылка активна на 22.07.2015.
6. Дамулин И.В. Деменция и заболевания мелких церебральных сосудов. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2014;114(8):105–110.
7. Плотников В.В., Корневский Н.А., Забродин Ю.М. *Автоматизация методик психологического исследования: Принципы и рекомендации*. Орел: Изд-во ин-та психологии АН СССР; ВНИИОТ Госагропрома СССР. 1989:327.
8. Одинак М.М., Лобзин В.Ю., Емелин А.Ю., Лупина Н.А. Ультразвуковая диагностика нарушений церебральной гемодинамики у больных сосудистой деменцией. *Медицинский академический журнал*. 2008;8(4):115–122.
9. Абриталин Е.Ю., Шамрей В.К., Корзнев А.В. Современные методы нейровизуализации в диагностике психических расстройств. *Профилактическая и клиническая медицина*. 2011;3(40):234–239.
10. Емелин А.Ю., Одинак М.М., Труфанов Г.Е., Бойков И.В., Воробьев С.В., Кашин А.В., Лобзин В.Ю., Киселев В.Н., Резванцев М.В. Возможности позитронной эмиссионной компьютерной томографии в дифференциальной диагностике деменций. *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2010;32(4):46–51.
11. Емелин А.Ю., Одинак М.М., Лобзин В.Ю., Киселев В.Н. Современные возможности нейровизуализации в диагностике когнитивных нарушений. *Неврология. Нейропсихиатрия, психосоматика*. 2012;2:51-55.
12. Воробьев С.В., Фокин В.А., Лобзин В.Ю., Емелин А.Ю., Кудяшева А.В., Лупанов И.А., Соколов А.В. Применение магнитно-резонансной спектроскопии в рамках патогенетической диагностики посттравматических когнитивных нарушений. *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2013;3(43):1115.
13. Корневский Н.А., Скопин Д.Е., Аль-Касасбех Р., Кузьмин А.А. Комплекс для исследования особенностей внимания и памяти. *Медицинская техника*. 2010;1:32–35.
14. Конева Л.В., Корневская С.Н., Дегтярев С.В. Оценка уровня психоэмоционального напряжения и утомления по показателям, характеризующим состояние внимания человека. *Системный анализ и управление в биомедицинских системах*. 2012;11(4):993–1000.
15. Корневская С.Н., Шкатова Е.С., Магеровский М.А., Шуткин А.Н. Аппаратно-программный комплекс для психофизиологических исследований на беза платформы ANDROID с AFE – интерфейсом. *Медицинская техника*. 2016;5:24–27.
16. Korenevskiy N.A., Skopin D.E., Kusmin A.A., Al-Kasasbeh R.T. System for studying specific features of attention and memory. *Biomedical engineering*. 2010;44(1):32–35.

17. Кореневский Н.А., Шуткин А.Н., Горбатенко С.А., Серебровский В.В. *Оценка и управление состоянием здоровья обучающихся на основе гибридных интеллектуальных технологий*: монография. Старый Оскол: ТНТ. 2015:472.
18. Кореневский Н.А., Родионова С.Н., Хрипина И.И. *Методология синтеза гибридных нечетких решающих правил для медицинских интеллектуальных систем поддержки принятия решений*: монография. Старый Оскол: ТНТ, 2019:472.
19. Кореневский Н.А., Родионова С.Н., Говорухина Т.Н., Мясоедова М.А. Нечеткие модели оценки уровня эргономики технических систем и её влияния на состояние здоровья человека оператора с учетом функционального резерва его организма. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2019;7(1). Доступно по: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/01/KorenevskiySoavtori_1_19_1.pdf. DOI: 10.26102/2310-6018/2019.24.1.015.
20. Кореневский Н.А. *Проектирование систем принятия решений на нечетких сетевых моделях в задачах медицинской диагностики и прогнозирования. Телекоммуникации*. 2006;6:25–31.
21. Кореневский Н.А., Иванков Ю.А., Яковлева Е.А., Савченко Н.Н. Синтез нечетких решающих правил для прогнозирования и ранней диагностики заболеваний, вызываемых состоянием окружающей среды, с учетом индивидуальных особенностей организма. *Системный анализ и управление в биомедицинских системах*. 2007;6(2):395–400.
22. Al-Kasabeh R.T., Korenevskiy N.A., Ionescu F., Kuzmin A.A. *Synthesis of combined fuzzy decision rules based on the exploration analysis data*. Proc. 4th IAFA Intern. Conference Interdisciplinary Approaches in Fractal Analysis, Bucharest, Romania, May 26-29. 2009 ISSN 2066-4451:71–78.
23. Korenevskiy N.A., *Application of Fuzzy Logic for Decision-Making in Medical Expert Systems*. Biomedical Engineering May. 2015;(49):46–49.
24. Korenevskiy N.A., Degtyarev S.V., Seregin S.P., Novikov A.V. Use of an Interactive Method for Classification in Problems of Medical Diagnosis. *Biomedical Engineering*. November. 2013; 47(4):169–172.
25. Кореневский 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;4:69–73.
26. Кореневский Н.А., Разумова К.В. Синтез нечетких классификационных правил в многомерном пространстве признаков для медицинских приложений. *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение*. 2012;2(41):223–227.
27. Кореневский Н.А., Тутов Н.Д., Лазурина Л.П. *Проектирование медико-экологических информационных систем*. Министерство образования Российской Федерации, Курский государственный технический университет, Курск. 2001.
28. Тутов Н.Д., Кореневский Н.А., Корженевич И.М. Способы представления разнотипных данных в задачах медицинских и экологических исследований. *Известия Курского государственного технического университета*. 1998;2:56–63.

REFERENCES

1. Lobzin V.Y. Comprehensive early diagnosis of cognitive impairment. *Journal of neurology and psychology*. 2015;11:72–79.

2. Kudyasheva A.V. *Possibilities of early differential diagnosis of moderate cognitive impairment: Abstract. dis ... Cand.honey.sciences'*. SPb.2013. Available by: http://www.discollection.ru/article/19112013_kudjasheva. The link is active on 22.07.2015.
3. Gavrilova S.I., Kolykhalov I.V., Fedorova Y.B., Kalyn Y.B., Selezneva N.D., Samorodov A.V., Myasoedov, S.N., Boksha I.S. Prognosis of cognitive deficit progression in elderly patients with mild cognitive decline syndrome with long-term treatment (3-year follow-up). *Journal of neurology and psychiatry S. S. Korsakov*. 2013;113(3):45–53.
4. Levin O.S., Golubeva L.V. Heterogeneity of moderate cognitive disorder: diagnostic and therapeutic aspects. *Consultation*. 2006;12:106–110.
5. Emelin A.Y. Cognitive impairment in cerebrovascular disease (pathogenesis, clinic, differential diagnosis) Abstract. dis ... Cand.honey.sciences'. SPb.2010. Available by: <http://www.discollecat.com/content/kognitivnyc-narusheniya-pri-tsrebrovaskulyarno-bolezni-patogez-klinika-differentsialnaja>. The link is active on 22.07.2015.
6. Damulin I.V. Dementia and diseases of small cerebral vessels. *Journal of neurology and psychiatry S. S. Korsakov*. 2014;114(8):105–110.
7. Plotnikov V.V., Korenevsky N.A., Zabrodin Yu. M. *Automation of psychological research methods: Principles and recommendations*. Eagle: Publishing house in-TA psychology of the USSR; VNIOT Gosagroprom USSR. 1989:327.
8. Odinak M.M., Lobzin V.Y., Emelin A.Y., Lupina N.A. Ultrasound diagnosis of cerebral hemodynamics disorders in patients with vascular dementia. *Medical academic journal*. 2008;8(4):115–122.
9. Abritalin E.Y., Shamrey V. K., Korzenev A.V. Modern methods of neuroimaging in the diagnosis of mental disorders. *Preventive and clinical medicine*. 2011;3(40):234–239.
10. Emelin A.Y., Odinak M.M., Trufanov G.E., Boykov I.V., Vorobiev S.V., Kashin A.V., Lobzin V.Yu., Kiselev V.N., Rezvantsev M.V. Positron emission computed tomography Capabilities in differential diagnosis of dementia. *Bulletin of the Russian military medical Academy*. 2010;32(4):46–51.
11. Emelin A.Y., Odinak M.M., Lobzin V.Y., Kiselev V.N. Modern possibilities of neuroimaging in the diagnosis of cognitive disorders. *Neurology. Neuropsychiatry, psychosomatics*. 2012;2:51–55.
12. Vorobiev S.V., Fokin V.A., Lobzin V.Y., Emelin A.Y., Kudryashova A.V., Lupanov I.A., Sokolov A.V. Application of magnetic resonance spectroscopy in the framework of pathogenetic diagnostics of posttraumatic cognitive disorders. *Bulletin of the Russian military medical Academy*. 2013;3(43):1115.
13. Korenevskiy N.A., Skopin D.E., Al-Kasasbeh R., Kuzmin A.A. Complex for research of features of attention and memory. *Medical equipment*. 2010;1:32–35.
14. Koneva L.V., Korenevskaya S.N., Degtyarev S.V. Assessment of the level of psycho-emotional stress and fatigue on indicators characterizing the state of human attention. *System analysis and management in biomedical systems*. 2012;4(11):993–1000.
15. Korenevskaya S.N., Shkatova E.S., Magerovsky M.A., Shutkin A.N. Hardware-software complex for psychophysiological research based on ANDROID platform with AFE-interface. *Medical equipment*. 2016;5:24–27.
16. Korenevskiy N.A., Skopin D.E., Kusmin A.A., Al-Kasasbeh R.T. System for studying specific features of attention and memory. *Biomedical engineering*. 2010;44(1):32–35.
17. Korenevsky N.A., Shutkin A.N., Gorbatenko S.A., Serebrovsky V.V. Assessment and management of students' health on the basis of hybrid intellectual technologies: monograph. *Stary Oskol: TNT*. 2015:472.

18. Korenevsky N.A., Rodionova S.N., Khripina I.I. *Methodology of synthesis of hybrid fuzzy decision rules for medical intelligent decision support systems: monograph*. Stary Oskol: TNT. 2019:472.
19. Korenevsky N.A., Rodionova S.N., Govorukhina T.N., Myasoedova M.A. Fuzzy models of estimation of level of ergonomics of technical systems and its influence on a state of health of the person of the operator taking into account functional reserve of his organism. *Modeling, optimization and information technologies*. https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/01/KorenevskiySoavtori_1_19_1.pdf. DOI: 10.26102/2310-6018/2019.24.1.015.
20. Korenevsky N.A. Design of decision-making systems on fuzzy network models in problems of medical diagnostics and forecasting. *Telecommunications*. 2006;6:25–31.
21. Korenevsky N.A., Ivankov Y.A., Yakovleva E.A., Savchenko N.N. Synthesis of fuzzy decision rules for forecasting and early diagnosis of diseases caused by the state of the environment, taking into account the individual characteristics of the organism. *System analysis and management in biomedical systems*. 2007;6(2):395–400.
22. Al-Kasabeh R.T., Korenevskiy N.A., Ionescu F., Kuzmin A.A. *Synthesis of combined fuzzy decision rules based on the exploration analysis data*. Proc. 4th IAFA Intern. Conference Interdisciplinary Approaches in Fractal Analysis, Bucharest, Romania, May 26-29. 2009 ISSN 2066-4451:71–78.
23. Korenevskiy N.A., *Application of Fuzzy Logic for Decision-Making in Medical Expert Systems*. Biomedical Engineering May. 2015;(49):46–49.
24. Korenevskiy N.A., Degtyarev S.V., Seregin S.P., Novikov A.V. Use of an Interactive Method for Classification in Problems of Medical Diagnosis. *Biomedical Engineering*. November. 2013; 47(4):169–172.
25. Korenevsky N.A., Bashir A.S., Gorbatenko S.A. Synthesis of hybrid fuzzy rules for forecasting, assessment and management of health in ecologically unfavorable regions. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Series management, computer engineering, computer science. Medical instrumentation*. 2013;4:69–73.
26. Korenevsky N.A., Razumova K.V. Synthesis of fuzzy classification rules in multidimensional feature space for medical applications. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Series management, computer engineering, computer science. Medical instrumentation*. 2012;2(41).223–227.
27. Korenevsky N.A., Titov N.D., Lazurina L.P. *Design of medico-ecological information systems*. Ministry of education of the Russian Federation, Kursk state technical University, Kursk. 2001.
28. Tutov N.D., Korenevsky N.A., Korzhenevich I.M. Ways of presenting different types of data in the problems of medical and environmental research. *Proceedings of the Kursk state technical University*. 1998;2:56–63.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Поляков Андрей Викторович, генеральный директор ЗАО «Атриум», г. Тула, Российская Федерация.

Andrey V. Polyakov, General Director of JSC «Atrium», Tula, Russian Federation.

Родионова Софья Николаевна, аспирант кафедры биомедицинской инженерии, Юго-Западный государственный университет, Курск, Российская Федерация.

Sofia N. Rodionova, PhD student, Department of biomedical engineering, Southwestern state University, Kursk, Russian Federation.

Коржук Николай Львович, канд. техн. наук, профессор кафедры, «Приборы и биотехнические системы», Тульский государственный университет, Тула, Российская Федерация.

Nikolai L. Korzhuk, Cand. tech. Sciences, Professor of the Department «Devices and bioengineering systems», Tula State University, Tula, Russian Federation.

Стародубцева Лилия Викторовна, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет, Курск, Российская Федерация.

Lilia V. Starodubtseva, Cand. tech. associate Professor, Southwestern state University, Kursk, Russian Federation.