

УДК 004.67

## ИНДИКАТОРЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

Артеменко М.В., Добровольский И.И., Калугина Н.М., Писарев М.В.

ФГОУ ВО «Юго-западный государственный университет», Курск, e-mail: artem1962@mail.ru

В статье рассматриваются актуальные вопросы интеллектуальной поддержки принятия решений в процессе дифференциальной диагностики состояний организма в превентивной медицине и скрининге на основе метода анализа иерархий. В матрице предпочтений альтернативных решений, соответствующих вершинам иерархических деревьев, рекомендуется использовать значения предлагаемых индикаторов функциональных и структурных различий состояний системы регистрируемых управляемых и наблюдаемых показателей, характеризующих состояние организма. Предлагается новая методика определения элементов матрицы предпочтений, отличающаяся использованием специальных процедур для вычисления значений функций, аргументами которых являются внутренние и внешнего дополнения критерии, применяемые в соответствии с концепцией самоорганизационного моделирования, с использованием или без итерационных операций. Методика позволяет на основе матрицы предпочтений, элементы которой над главной диагональю являются внешним информационным дополнением элементов под главной диагональю, получать ранжированные рекомендации решений для дифференциальной диагностики. Приведены ссылки на результаты практической апробации. Область применения – автоматизированные системы поддержки принятия диагностических решений идентификации состояний анализируемого объекта.

**Ключевые слова:** системы поддержки принятия решений, дифференциальная диагностика, медицина, индикаторы классификации, метод анализа иерархий

## INDICATORS OF DIFFERENTIAL DIAGNOSIS IN A DECISION SUPPORT SYSTEM CLASSIFICATION DECISIONS USING THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

Artemenko M.V., Dobrovolskiy I.I., Kalugina N.M., Pisarev V.M.

FSEI HE South-West State University, Kursk, e-mail: artem1962@mail.ru

The article discusses current issues of intellectual support of decision-making in the process of differential diagnosis of conditions the body to preventative medicine and screening based on the method of the analytic hierarchy process. In the matrix of the preferences of alternative solutions corresponding to the vertices of the hierarchical tree, it is recommended to use the values of the proposed indicators of functional and structural differences of states of the system register are managed and monitored indicators of the condition of the body. A new method of determining the elements of the matrix of preferences, characterized by the use of special procedures to calculate values of functions, whose arguments are the internal and external additions to the criteria to be applied in accordance with the concept of self-organization modelling, with or without iterative operations. The technique allows the matrix of preferences, whose elements above the main diagonal are external information addition of the elements under the main diagonal, to obtain a ranked recommendation of solutions for differential diagnosis. Provides links to the results of practical approbation. Scope – an automated decision support system for diagnostic decisions identifying conditions of the analyzed object.

**Keywords:** system of support of decision-making, differential diagnosis, medicine, indicators of classification, the analytic hierarchy process

Министерство здравоохранения РФ определило в качестве одного из приоритетных направлений развития концепции повышения качества и результативности медицинского обслуживания населения (особенно в области профилактики и лечения социально значимых заболеваний) интенсивную разработку и экстенсивное внедрение современных информационных технологий и иных инноваций в области своевременной и ранней диагностики на основе скрининга, превентивной медицины и профилактических мероприятий [29].

Современные медицинские системы поддержки принятия решений основываются на достижениях компьютерных технологий в области искусственного интел-

лекта и системного анализа [1, 18, 23, 31]. Основой медицинских приложений методологии системного являются фундаментальные работы, основанные на богатом экспериментальном материале, в области теорий функциональных систем организма и биотехнических систем, созданные и постоянно актуализируемыми российскими учеными П.К. Анохиным, В.М. Ахутиным, Е.П. Попечителевым, Н.А. Корневским, К.В. Судаковым [3, 15, 16, 24, 25, 28, 30].

Согласно концепции системного подхода, как патологические, так и нормальные состояния организма характеризуются численными, логическими и-или семантически значениями информативных наблюдаемых (регистрируемых) и-или регулируемых

параметраов (показателей, характеристик), образующих определенную, специфическую для диагностируемого состояния, структуру. (Вопросам формирования репрезентативного множества информативных показателей на основе анализа самоорганизационных моделей структуры данных с учетом специфики биологических объектов посвящены, например, работы [27, 33].)

Изменение структуры регистрируемых показателей по сути является индикатором диагностируемых состояний организма, соответствующим определенным патологиям (или нозологиям) [7]. Формализованное определение значения подобных индикаторов происходящих в организме системных изменений позволяет реализовать базу знаний в автоматизированной системе поддержке диагностических решений с приемлемым для медиков-клиницистов качеством функционирования. Численные значения индикаторов и определение значимых пороговых диапазонов соответствия определенным кластерам состояний позволяют применять их в качестве аргументов продукционных решающих правил как четкого, так и нечеткого логического выводов.

СППДР в силу доминирования идеологии экспертных систем применяются не столько в индивидуальном лечении, сколько на этапах превентивной медицины, работы консилиумов, повышения квалификации медицинских работников (в качестве интеллектуальных тренажеров) [8, 10, 32], несмотря на то, что когнитологи при их создании используют знания высокопрофессиональных экспертов и-или клинически подтвержденной информации, извлеченных из литературных источников и медицинских баз данных [35].

В процессе обучения автоматизированной системы формируется информативное для каждой нозологии множество параметров, на основании анализа которых может осуществляться рекомендательная превентивная диагностика на основе идентифицированных выработка диагностических правил и функций-аргументов к ним. Для этого применяется алгоритм, который состоит из следующих этапов [4, 8]:

а) *Нормирование показателей*, которое заключается в алгебраическом делении значения показателя на «норму», – рекомендуется модальное значение конкретного показателя в группе здоровых (не больных) людей. Для определения целесообразности использования параметрических методов используются тип распределения каждого из исследуемых параметров, используя, например, тесты Колмогорова – Смирнова, Шапиро – Уилки и хи-квадрат.

б) Проведение регрессионного анализа (линейного, нелинейного, парного, множественного). *Идентифицируются* приемлемо статистически значимые *функциональные зависимости* для каждой нозологии.

в) На экзаменационной выборке *синтезируются* решающие *диагностические правила* (чаще всего – продукционного типа).

г) *Диагностика состояния пациента* после проведения необходимых лабораторных исследований и регистрации значений, применяемых в диагностических правилах показателей, осуществляется следующим образом: по идентифицированным уравнениям оценивается средняя квадратичная ошибка – отклонение реального значения регистрируемого показателя от расчетного (среднее значение и вариационный размах ошибки) [22]. Для каждого альтернативного класса  $\omega_k$  рассчитываются значения меры (критерия) дальности множеств по формуле:

$$K_{\{c\}-\{C\}_{\omega_k}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (c_j - C_{j,\omega_k})^2 + \varepsilon}}, \quad (1)$$

где  $m$  – количество моделей аппроксимантов в классе  $\omega_k$  (не превышает количество регистрируемых показателей),  $\varepsilon$  – вычислительная точность,  $c_j$  – значение показателя  $j$  регистрируемого у пациента,  $C_{j,\omega_k}$  – значение показателя  $j$  в классе  $\omega_k$ , вычисленное согласно идентифицированным функциональным зависимостям – аппроксимантам.

Далее вычисляем коэффициент уверенности меры дальности  $U_{\omega_k}$ , отражающей возможность принадлежности объекта исследования – пациента определенному альтернативному классу заболеваний печени и-или контрольной группе по формуле

$$U_{\omega_k} = 1 - \frac{\sum_{l=1, l \neq k}^L K_{\{c\}-\{C\}_{\omega_l}}}{L \cdot \sum_{r=1}^L (K_{\{c\}-\{C\}_{\omega_r}}) \cdot \max \left( \frac{K_{\{c\}-\{C\}_{\omega_l}}}{\sum_{r=1}^L (K_{\{c\}-\{C\}_{\omega_r}})} \right)}, \quad (2)$$

где  $L$  – количество альтернативных классов.

Диагностические заключения относительно порогов  $Ifd_{\omega_i}$

$Ifd_{\omega_0} \geq P_{\omega_0}$ $Ifd_{\omega_1} \geq P_{\omega_1}$	$Ifd_{\omega_0} < P_{\omega_0}$ $Ifd_{\omega_1} \geq P_{\omega_1}$	$Ifd_{\omega_0} < P_{\omega_0}$ $Ifd_{\omega_1} < P_{\omega_1}$	$Ifd_{\omega_0} \geq P_{\omega_0}$ $Ifd_{\omega_1} < P_{\omega_1}$	Описание ситуации
0	0	0	1	Здоров – класс $\omega_0$
0	0	1	0	Дополнительное обследование
0	1	0	0	Болен – класс $\omega_1$
1	0	0	0	Дополнительное обследование

В качестве «индикатора функциональных различий» –  $Ifd_{\omega_i}$ , характеризующего отличие анализируемого состояния  $\omega_i$  от всех остальных рассматриваемых состояний (в разветвляющей вершине дерева решений дифференциальной диагностики), предлагается использовать формулу

$$Ifd_{\omega_i} = U_{\omega_i} - \prod_{k=0, k \neq i}^L (1 - U_{\omega_k}). \quad (3)$$

С целью учета «желаемых» взаимоотношений между значениями ошибок первого и второго рода принятие классификационных решений в СППДР может осуществляться с использованием двух порогов  $P_{\omega_0}$  и  $P_{\omega_1}$ , относительно которых строится таблица принятия решений. Если значение  $Ifd_{\omega_i}$  не превышает значения порога  $P_{\omega_i}$ , то элемент таблицы равен нулю. В противном случае – единице. Величины порогов  $P_{\omega_i}$  определяются экспертами на этапе обучения.

В качестве предлагаемого решения, например, могут быть использованы заключения: «1 – Пациент нуждается в дополнительном обследовании»; «2 – Вероятность присутствия предполагаемой патологии (нозологии) низка»; «3 – Высока вероятность присутствия предполагаемой патологии (нозологии)».

Интегральные (латентные) показатели предлагается рассчитывать по методике, предложенной в [20, 21].

Значения интегральных показателей определяются по формуле

$$Y_{k,j} = \frac{\sum_{i=1}^{n1} \left( \alpha_{i,k} \cdot \left( \frac{x_{i,j} - \overline{X_{\omega_{0i}}}}{\sqrt{D_{\omega_{0i}}}} \right)^2 \right)}{\sum_{i=1}^n \alpha_{i,k}}, \quad (4)$$

где  $Y_{k,j}$  –  $j$  – значение  $k$ -го интегрального показателя,  $x_{i,j}$  –  $j$ -ое значение  $i$ -го частного показателя,  $\overline{X_{\omega_{0i}}}$  – среднее значение  $i$ -го частного показателя в классе  $\omega_0$ ,  $D_{\omega_{0i}}$  – дисперсия  $i$ -го частного показателя,  $\alpha_{i,k} \in [0,1]$  – весовые коэффициенты, определяющие вклад показателя  $x_i$  в формирование интегрального показателя  $Y_k$  (определяются экспертами или на основе дисперсионного анализа или на основе иных статистических критериев [2, 22]).

д) *Визуальное представление полученных результатов.* Состояние организма (пациента) относится к тому кластеру, для которого его проекция в плоскости «среднее значение – вариационный размах» занимает более левое и нижнее положение (с предпочтением «левизны») или применяется продукционное правило:

**Если  $K_{\{c\}-\{C\}_{\omega_k}} = \min_j (K_{\{c\}-\{C\}_{\omega_j}})$ , то состояние пациента соотносится с классом  $\omega_k$  с уверенностью  $U_{\omega_k}$ ,**

или диагностика осуществляется в соответствии с таблицей.

В случае отсутствия пороговых значений (аналогичных представленным в таблице) предлагается применять следующее продукционное правило:

$$\text{Если } Ifd_{\omega_d} > 0,5 \ \& \ (U_{\omega_d} \geq (1 - \prod_{l=1, l \neq d}^L (1 - U_{\omega_l})) \ \& \ \sum_{l=1, l \neq d}^L (U_{\omega_l}) \neq 0).$$

**то у пациента высока вероятность наличия состояния  $\omega_d$ .**

Смысл последнего правила – состояние пациента соотносится к определенному классу, причем уверенность в соотнесении с ним должна превышать неуверенность принадлежности к другим, альтернативным

в данном случае, заболеваниям печени. Назовем это правило – «альтернативным».

Поскольку в диагностической системе реализуется в данном случае несколько способов классификации, то, так как они не являются противоречивыми с точки зрения математической и семантической

интерпретаций, предлагается использовать любую из них.

е) Коррекция базы знаний с учетом приемлемости результатов диагностики.

В процессе развития заболевания и-или проведения терапевтических процедур наблюдаются изменения состояний организма и, как следствие, структур и параметр, отражающих функциональные связи. Для выявления происходящих изменений школой А.В. Завьялова предлагается использовать Максимальный Градиент Функциональных Различий (the Maximum Gradient of the Functional Differences – *MGFD*), вычисляемый как наибольшее значение межранговых отклонений упорядоченных по убыванию значимых (приемлемых непротиворечивых) корреляций между показателями [9, 19, 20]. Показатель, имеющий наибольшую связность, рассматривается в дальнейшем как системообразующий для данного класса. Поскольку максимальное значение ранга равно  $(n - 1)$  ( $n$  – количество регистрируемых показателей), то индикатор корреляционных различий структур информативных показателей состояний организма  $Ikd_{\omega_i}$ , предлагается вычислять по формуле

$$Ikd_{\omega_i} = \frac{MGFD_{\omega_i}}{n-1}. \quad (5)$$

При сравнении биомедицинских сигналов (ЭКГ, ЭЭГ, ФПГ, дыхательные шумы и т.п.) в качестве меры связности между информативными характеристиками (показателями) сигналов предлагается использовать наряду с корреляцией значение когерентности и-или корреляции между спектральными функциями или иными хронометрическими показателями сигналов [5, 34].

Рассмотренная методология была успешно использована при построении решающих элементов систем поддержки принятия диагностических решений в следующих случаях:

- диагностика герпеса [26], рак желудка [12], заболевания печени [4, 20];
- анализ напряжения ФС человека-оператора (ЭВМ) [14];
- анализ экологической напряженности [13, с. 204–220];
- анализ здоровья новорожденного плода [11];
- анализ выбора учебной траектории абитуриентом [17].

В процессе дифференциальной диагностики на различных иерархических уровнях принятия решений в вершине принятия решений существуют альтернативы, количество которых характеризуют дуги, выходящие из вершин (минимальное количество – две). Каждая альтернатива имеет

доминирование над остальными, которая может быть оценена с помощью некоторого «коэффициента парных различий»  $RPD_{k,l}$  ( $k, l$  – индексы альтернативных решений). В этом случае каждая вершина графа принятия решений характеризуется матрицей предпочтений и выбор осуществляется автоматически с помощью методов и алгоритмов, основанных на «методе анализа иерархий», предложенном и достаточно хорошо разработанным в настоящее время Т. Саати [6].

Система поддержки принятия диагностических решений на каждом этапе последовательной дифференциации состояния автоматически или в интерактивном режиме с ЛПП (лицом, принимающим решение – в нашем случае – медицинским работником) осуществляет выбор на основании вектора предпочтений, полученного по матрице  $RPD$  либо методом средних геометрических либо путем вычисления главных собственных векторов указанной матрицы (в первом методе наблюдается в большинстве случаев нормального распределения высокая погрешность).

Элементы матрицы  $RPD$  Т. Саати предлагает определять экспертным путем (с учетом конкордации) или с использованием результата частотного анализа возникновения альтернативных ситуаций. Данные варианты требуют выполнения базовых постулатов доказательной медицины [22], которые часто трудно соблюдать в случае проектирования базы знаний СППДР с большим количеством разнообразных патологических состояний и иерархических уровней дерева принятия решений.

В связи с этим предлагается вычислять элементы матрицы  $RPD$  по рассмотренным индикаторам  $Ifd_{\omega_i}$  и  $Ikd_{\omega_i}$  следующим образом (учитывая, что их значения лежат в интервале  $[0, 1]$  и обладают метрическими свойствами).

В классическом варианте при одном виде критерия для выбора альтернатив элементы матрицы предпочтений связаны между собой следующим образом:

$$RPD_{l,k} = 1 - RPD_{k,l},$$

$$RPD_{k,k} = 1, 0 \leq RPD_{k,l} \leq 1. \quad (6)$$

Рассмотрим случай, когда возникает необходимость применения некоторого множества различных (желательно семантически не связанных) критериев (the criterion of selection of alternatives)  $\{CSA\}_{NA}$ , где  $NA$  – количество альтернатив. В случае применения концепции самоорганизационного моделирования (а именно ее настоятельно рекомендуется применять при исследовании систем организма человека, поскольку



она наилучшим образом отражает сущность функционирования живых систем), множество  $\{CSA\}_{NA}$  можно разделить на две группы: критерии внутренние  $\{CSA\}_{Ni}^{Int}$  и внешнего дополнения  $\{CSA\}_{Ne}^{Ext}$  ( $Ni + Ne = NA$ ). Первые определяются на обучающей выборке, вторые на контрольной (выборки обладают свойствами репрезентативности ко всему множеству и между собой). Тогда элементы матрицы  $\{RPD\}$  формируются по следующим вариантам, в зависимости от цели исследований и предпочтений лица принимающего решения:

1. Элементы матрицы предпочтений вычисляются по формуле

$$RPD_{k,l} = f(\{CSA\}_{Ni}^{Int}),$$

$$RPD_{l,k} = 1 - \varphi(\{CSA\}_{Ne}^{Ext}), RPD_{k,k} = 1. \quad (7)$$

Далее определяется вектор собственных значений матрицы, по которому осуществляется формирование рекомендаций по диагностическому выбору.

Назовем данный способ «стратегией поликритериального внешнего дополнения».

В данном случае элементы матрицы предпочтений под главной диагональю представляют собой значения некоторых функций  $f(\{CSA\}_{Ni}^{Int})$  свертки «внутренних» критериев, определяющих степень уверенности в том, что решение (диагноз)  $k$  предпочтительнее решения (диагноза)  $l$  в вершине иерархического дерева, идентифицированной на обучающей выборке. Значения элементов над главной диагональю определяются функциями  $\varphi(\{CSA\}_{Ne}^{Ext})$  свертки критериев внешнего дополнения, определяющих степень аналогичные степени уверенности, полученные на дополнительной (экзаменационной) выборке. Заметим, что если множества «внутренних» и «внешних» критериев идентичны, функции  $f(\{CSA\}_{Ni}^{Int}) = \varphi(\{CSA\}_{Ne}^{Ext})$ , и обучающие и экзаменационные выборки подобны и репрезентативны относительно общего распределения и друг друга, то матрица  $\{RPD\}$  представляет собой классическую матрицу предпочтений в методе анализа иерархий [27].

2. Элементы матрицы предпочтений вычисляются по формуле

$$RPD_{k,l} = \vartheta(CSA_m),$$

$$CSA_m \subset \left\{ \{CSA\}_{Ni}^{Int} \cup \{CSA\}_{Ne}^{Ext} \right\},$$

$$m = random(Ni + Ne)_{l,k}. \quad (8)$$

$$RPD_{l,k} = 1 - \vartheta(\{CSA\}_{Ni}^{Int} \cup \{CSA\}_{Ne}^{Ext} - CSA_m),$$

$$RPD_{k,k} = 1.$$

Далее определяется вектор собственных значений матрицы, по которому осуществляется формирование рекомендаций по диагностическому выбору.

Назовем данный способ «стратегией полного внешнего дополнения».

В этом случае элементы под главной диагональю определяются с помощью некоторой функции  $\psi(CSA_m)$  от любого элемента критерия выбора альтернатив  $CSA_m$ , выбранного случайным образом из всех критериев, а остальные считаются внешним дополнением, над которыми для определения уверенности в предпочтении используется функция

$$\vartheta(\{CSA\}_{Ni}^{Int} \cup \{CSA\}_{Ne}^{Ext} - CSA_m).$$

3. Способ «итерационного поликритериальной стратегии»: элементы матрицы предпочтений формируются с помощью последовательных итерационных шагов:

1) Выбирается случайным образом любая функция  $\psi(CSA_m)$ , которая определяет элементы под главной диагональю, а функция  $(1 - \psi(CSA_m))$  определяет элементы над главной диагональю.

2) Определяется собственный вектор матрицы предпочтений  $W$ .

3) Строится новая матрица предпочтений  $\{RPD\}^*$ , элементы которой являются разностями между соответствующими параметрами в собственном векторе: в случае положительной разности – элементы под главной диагональю, отрицательной – над главной диагональю (по модулю). Не определенные элементы матрицы  $\{RPD\}^*$  заполняются значениями соответствующих функций уверенности в предпочтениях, аналогичных случаю 1 (в качестве аргументов используются один или несколько  $CSA$ , выбранных случайным образом из оставшихся).

4) Если множество выбранных критериев не исчерпано, то п. 2–3 повторяются. Если исчерпано, то решение принимается согласно итоговому вектору  $W$ .

Таким образом, предлагаемые способы, несмотря на возрастание вычислительных затрат (особенно в третьем случае), позволяют существенно повысить качество принятия решений за счет использования принципа внешнего дополнения в методе анализа иерархий.

В случае использования двух критериев, например предлагаемых индикаторов  $Ifd_{\omega_i}$  и  $Ikd_{\omega_i}$ , процесс ранжирования рекомендательных диагностических решений дифференциального типа в каждой вершине графа

представляет собой одношаговую процедуру (в итерационной поликритериальной стратегии – два шага, стратегии поликритериальной и общего дополнения совпадают). В простейшем варианте рекомендуется использовать следующие функции:

$$f(Ifd_{\omega_k}, Ifd_{\omega_l}) = \frac{Ifd_{\omega_k}}{Ifd_{\omega_k} + fd_{\omega_l}},$$

$$\varphi(Ikd_{\omega_k}, Ikd_{\omega_l}) = \frac{Ikd_{\omega_k}}{Ikd_{\omega_k} + Ikd_{\omega_l}}. \quad (9)$$

В случае отсутствия одного из индикаторов в формуле (10) он приравняется нулю и  $f(\ ) = \varphi(\ )$ .

### Выводы

Поскольку развитие патологического процесса вызывает изменение состояний функциональных и физиологических систем, которые идентифицируются определенными структурами регистрируемыми управляемыми и-или наблюдаемыми показателями, то возникает возможность использования специальных индикаторов, отражающих корреляционно-функциональные различия между структурами, в алгоритмах дифференциальной диагностики, реализуемых в автоматизированных системах поддержки решений превентивной медицины в ходе скрининга приемлемого соотношения состояния обследуемого к определенному заболеванию на ранней стадии.

Применение метода анализа иерархий, характерного для дифференциальной диагностики, совместно с методологией самоорганизационного моделирования при оценке исследуемого состояния к определенному кластеру и использованием критериев внешнего и внутреннего дополнения при построении матрицы предпочтений для вершин дерева принятия решений позволяет осуществлять классификационный процесс достаточными для автоматизации формализованными приемами, что приводит к повышению эффективности диагностического процесса в целом.

Учитывая актуальность и значимость проблем повышения качества и результативности диагностики социально значимых заболеваний на этапе массовой диспансеризации населения, предлагаемые в работе теоретические посылки требуют проведения дополнительных исследований на клиническом материале для удовлетворения постулатов доказательной медицины.

### Список литературы

1. Аверьянова О.А., Коршак В.И. Искусственный интеллект в условиях современной медицины // Естественные и математические науки в современном мире: сб. ст. по ма-

тер. XLII междунар. науч.-практ. конф. № 5(40). – Новосибирск: СибАК, 2016. – С. 34–38.

2. Алексахин С.В. Прикладной статистический анализ данных. Теория. Компьютерная обработка. Области применения. Книга 1. [Текст] С.В. Алексахин // В 2-х томах. – М.: ПРИОР, 2002. – 688 с.

3. Анохин П.К. Избранные труды. Кибернетика функциональных систем. – М.: – Медицина. – 1998. – 400 с.

4. Артеменко М.В. Автоматизированная система диагностики хронических заболеваний печени на основе биохимических показателей крови. // Артеменко М.В., Дронова Т.А., Щекина Е.Н. – Вестник новых медицинских технологий. – 2006. – Том XIII, № 2. – С. 151–152.

5. Артеменко М.В., Калугина Н.М. Диагностический анализ состояния биообъекта по хронометрическим параметрам регистрируемых сигналов / Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 4 (46). – С. 30–35.

6. Артеменко М.В., Калугина Н.М., Шуткин А.Н. Формирование множества информативных показателей на основе аппроксимирующего полинома Колмогорова-Габора и максимального градиента функциональных различий // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2016. – № 1 (18). – С. 116–123.

7. Артеменко М.В. Количественная оценка различий организации физиологических функций в диагностическом процессе // Артеменко М.В., Дронова Т.А. – Вестник новых медицинских технологий. – 2006. – Том XIII, № 2. – С. 127–129.

8. Артеменко М.В. Применение показателей системной организации в диагностическом процессе. // Артеменко М.В., Корневский Н.А., Дронова Т.А. – Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2003. – Т. 2, № 1. – С. 16–20.

9. Артеменко М.В. Оценка состояния патологического процесса по функциональным сдвигам // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 1. – С. 92.

10. Артеменко М.В., Добровольский И.И., Мишустин В.Н. Информационно-аналитическая поддержка автоматизированной классификации на основе прямых и обратных решающих правил на примере прогноза тромбоэмболии // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 12–2. – С. 199–205; URL: <http://www.top-technologies.ru/article/view?id=35237>.

11. Артеменко М.В., Корневский Н.А., Жиленкова Л.А. Диагностика здоровья новорожденного путем системного анализа показателей беременной // Вестник новых медицинских технологий. – 2003. – Т. 10, № 3. – С. 50–52.

12. Артеменко М.В., Серебровский В.В., Бабков А.С. Информационно-аналитическая модель принятия решений в процессе диагностики рака желудка // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6–1. – С. 18–23.

13. Артеменко М.В., Протасова В.В. Методы и средства моделирования влияния экологической напряженности региона здоровья населения: монография / М.В. Артеменко, В.В. Протасова; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высшего проф. образования «Курский гос. техн. ун-т», Курский гуманитар.-техн. ин-т. – Курск, 2009. – 225 с.

14. Артеменко Н.М. Оценка функционального состояния геймера // Молодежь и XXI век – 2012 материалы IV Международной молодежной научной конференции. Ответственный редактор: Горохов А.А. – 2012. – С. 22–27.

15. Ахутин В.М. Биотехнические системы. Теория и проектирование [текст]: учебное пособие / В.М. Ахутин, А.П. Немирко, Н.Н. Першин, А.В. Пожаров, Е.П. Попечитель. – Л.: Изд-во Ленингр.ун-та, 1981. – 220 с.

16. Берг Аксель, Ахутин В.М. Некоторые проблемы биологической кибернетики. Из-тво Наука. Ленинградское отделение, 1972. – 404 с.

17. Головки И.Н., Артеменко М.В. Система исследования психофизиологического статуса учащегося в средней

школе // *Фундаментальные исследования*. – 2008. – № 7. – С. 66–69; URL: <http://fundamental-research.ru/article/view?id=3465> (дата обращения: 18.09.2016).

18. Воронцов И.М., Шаповалов В.В., Шерстюк Ю.М. Здоровье. Опыт разработки и обоснование применения автоматизированных систем для мониторинга и скринирующей диагностики нарушений здоровья. – СПб.: ООО «ИПК «Коста»Б, 2006. – 432 с.

19. Горяинова Е.Р., Панков А.Р., Платонов Е.Н. Прикладные методы анализа статистических данных [Текст]: учеб. пособие. – М.: Изддом Высшей школы экономики, 2012. – 310 с.

20. Дронова Т.А., Завьялов А.В. Гормональные сдвиги при хронических заболеваниях печени // *Вестник Российской академии медицинских наук*. – 2006. – № 3. – С. 11–14.

21. Завьялов А.В. Соотношение функций организма: экспериментальный и клинко-физиологический аспекты. – М.: Медицина, 1990 – 160 с.

22. Ключин Д. Доказательная медицина. Применение статистических методов // Ключин Д., Петунин Ю. – Вильянс: Диалектика, 2008. – 320 с.

23. Кобринский Б.А. Автоматизированные регистры медицинского назначения: теория и практика применения: монография / Б.А. Кобринский. – Изд. 2-е, стер. – М.; Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 149 с.: ил., схем., табл. – Библиогр. в кн.; URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443845> (дата обращения: 05.10.2016).

24. Корневский Н.А. Биотехнические системы медицинского назначения [Текст]: учебник / Н.А. Корневский, Е.П. Попечителей. – Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 688 с.

25. Корневский Н.А. Моделирование рефлекторной системы человека [Текст]: учебное пособие / Н.А. Корневский, А.Г. Устинов, З.М. Юлдашев. – Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 324 с.

26. Корневский Н.А., Лукашов М.И., Артеменко М.В., Агарков Н.М. Синтез гибридных нечетких решающих правил для классификации клинических вариантов течения генетального герпеса на основе моделей системных взаимосвязей // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 10–5. – С. 901–907.

27. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети [Текст]: монография / Т.Л. Саати; пер. с англ. О.Н. Андрейчиковой; науч. ред. А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – 4-е изд. – Москва: URSS: ЛЕНАНД, 2015. – 360 с.

28. Попечителей Е.П. Человек в биотехнической системе [Текст]: учебное пособие. – Старый Оскол: ТНТ, 2016. – 584 с.

29. Федеральный закон Российской Федерации от 21 ноября 2011 г. N 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» Опубликован 24 ноября 2011; обновлен 18 мая 2015.

30. Физиология. Основы и функциональные системы: [Текст]: Курс лекций / Под. Ред. К.В. Судакова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 880 с.

31. Чеченин Г.И. Системный подход и системный анализ в здравоохранении и медицине. – Новокузнецк: МАОУ ДПО ИПК, 2011. – 348 с.

32. Artemenko M.V., Dobrovolsky I.I. Automated training test-system of doctors trauma on the basis of expert module support diagnostic decisions // *Collection 3rd the International Conference «Research, Innovation and Education» 25–30 January 2016, London* (Вопросы трансформации образования). – 2016. – № 1. – P. 226–237.

33. Artemenko M.V., Kalugina N.M., Dobrovolsky I.I. The formation of a set of informative features based on the functional relationships between the data structure field observations // *European Journal of Natural History*. – 2016. – № 6. – P. 43–48.

34. Kalugina N. Diagnostics of the organism on biomedical signals based on reinforcement learning // *Proceedings of the 12th Russian-German Conference on Biomedical Engineering*. – Suzdal. VISU. 2016. – P. 204–208.

35. Medical information database / URL: <http://healthgate.com>, <http://www.kfinder.com>, <http://php.silverplatter.com>.

## References

1. Averjanova O.A., Korshak V.I. *Iskusstvennyj intellekt v uslovijah sovremennoj mediciny // Estestvennye i matematicheskie nauki v sovremennom mire: sb. st. po mater. XLII mezhdunar. nauch.-prakt. konf. no. 5(40). Novosibirsk: SibAK, 2016. pp. 34–38.*

2. Aleksahin S.V. *Prikladnoj statisticheskiy analiz dannyh. Teorija. Kompjuternaja obrabotka. Oblasti primeneniya. Kniga 1. [Tekst] S.V. Aleksahin // V 2-h tomah. M.: PRIOR, 2002. 688 p.*

3. Anohin P.K. *Izbrannye trudy. Kibernetika funkcionalnyh sistem. M.: Medicina. 1998. 400 p.*

4. Artemenko M.V. *Avtomatizirovannaja sistema diagnostiki hronicheskikh zaboolevanij pečeni na osnove biohimicheskikh pokazatelej krovi. // Artemenko M.V., Dronova T.A., Shhekinina E.N. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2006. Tom XIII, no. 2. pp. 151–152.*

5. Artjomenko M.V., Kalugina N.M. *Diagnostichestkiy analiz sostojanija bioobjekta po hronometricheskim parametram registriruemyh signalov / Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. 2016. no. 4 (46). pp. 30–35.*

6. Artemenko M.V., Kalugina N.M., Shutkin A.N. *Formirovanie mnozhestva informativnyh pokazatelej na osnovanii approksimirujushhego polinoma Kolmogorova-Gabora i maksimalnogo gradienta funkcionalnyh razlichij // Izvestija Jugozapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2016. no. 1 (18). pp. 116–123.*

7. Artemenko M.V. *Kolichestvennaja ocenka razlichij soorganizacii fiziologicheskikh funkcij v diagnostichestkom processe // Artemenko M.V., Dronova T.A. Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2006. Tom XIII, no. 2. pp.127–129.*

8. Artemenko M.V. *Primenenie pokazatelej sistemnoj organizacii v diagnostichestkom processe. // Artemenko M.V., Korenevskij N.A., Dronova T.A. Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. 2003. T. 2, no. 1. pp. 16–20.*

9. Artemenko M.V. *Ocenka sostojanija patologicheskogo processa po funkcionalnym sdivigam // Fundamentalnye issledovanija. 2006. no. 1. pp. 92.*

10. Artemenko M.V., Dobrovolskiy I.I., Mishustin V.N. *Informacionno-analiticheskaja podderzhka avtomatizirovannoj klassifikacii na osnove prjamyh i obratnyh reshajushhih pravil na primere prognoza trombojembolii // Sovremennye naukoemkie tehnologii. 2015. no. 12–2. pp. 199–205; URL: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=35237>.*

11. Artemenko M.V., Korenevskij N.A., Zhilenkova L.A. *Diagnostika zdorovja novorozhdennogo putem sistemnogo analiza pokazatelej beremnoj // Vestnik novyh medicinskih tehnologij. 2003. T. 10, no. 3. pp. 50–52.*

12. Artemenko M.V., Serebrovskij V.V., Babkov A.S. *Informacionno-analiticheskaja model prinjatija reshenij v processe diagnostik i raka zheludka // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 6–1. pp. 18–23.*

13. Artemenko M.V., Protasova V.V. *Metody i sredstva modelirovanija vlijanija jekologicheskoy naprjazhennosti regiona zdorovja naselenija: monografija / M.V. Artemenko, V.V. Protasova; Federalnoe agentstvo po obrazovaniju, Gos. obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego prof. obrazovanija «Kurskiy gos. tehn. un-t», Kurskiy gumanitar.-tehn. in-t. Kursk, 2009. 225 p.*

14. Artemenko N.M. *Ocenka funkcionalnogo sostojanija gejmera // Molodezh i XXI vek 2012 materialy IV Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii. Otvetstvennyj redaktor: Gorohov A.A. 2012. pp. 22–27.*

15. Ahutin V.M. *Biotehnicheskie sistemy. Teorija i proektirovanie [tekst]: uchebnoe posobie / V.M. Ahutin, A.P. Nemirko, N.N. Pershin, A.V. Pozharov, E.P. Popechitelev. L.: Izd-vo Leningr.un-ta, 1981. 220 p.*

16. Berg Aksel, Ahutin V.M. *Nekotorye problemy biologicheskoy kibernetiki. Iz-tvo Nauka. Leningradskoe otdelenie, 1972. 404 p.*

17. Golovko I.N., Artemenko M.V. Sistema issledovanija psihofiziologičeskogo statusa uchashhegosja v srednej shkole // Fundamentalnye issledovanija. 2008. no. 7. pp. 66–69; URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=3465> (data obrashhenija: 18.09.2016).
18. Voroncov I.M., Shapovalov V.V., Sherstjuk Ju.M. Zdorove. Opyt razrabotki i obosnovanie primenenija avtomatizirovannyh sistem dlja monitoringa i skrinirujushhej diagnostiki narushenij zdorovja. SPb.: OOO «IPK «Kosta»B, 2006. 432 p.
19. Gorjainova E.R., Pankov A.R., Platonov E.N. Prikladnye metody analiza statističeskikh dannyh [Tekst]: ucheb. posobie. M.: Izd.dom Vysshej shkoly jekonomiki, 2012. 310 p.
20. Dronova T.A., Zavjalov A.V. Gormonalnye sdvigi pri hroničeskikh zabelevanijah pečeni // Vestnik Rossijskoj akademii medicinskih nauk. 2006. no. 3. pp. 11–14.
21. Zavjalov A.V. Sootnošenie funkcij organizma: jeksperimentalnyj i kliniko-fiziologičeskij aspekt. M.: Medicina, 1990. 160 p.
22. Kljushin D. Dokazatel'naja medicina. Primenenie statističeskikh metodov // Kljushin D., Petunin Ju. Viljans: Dialektika, 2008. 320 p.
23. Kobrinskij B.A. Avtomatizirovannye registry medicinskogo naznachenija: teorija i praktika primenenija: monografija / B.A. Kobrinskij. Izd. 2-e, ster. M.; Berlin: Direkt-Media, 2016. 149 p.: il., shem., tabl. Bibliogr. v kn.; URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443845> (data obrashhenija: 05.10.2016).
24. Korenevskij N.A. Biotehničeskije sistemy medicinskogo naznachenija [Tekst]: uchebnik / N.A. Korenevskij, E.P. Popechitelev. Staryj Oskol: TNT, 2014. 688 p.
25. Korenevskij N.A. Modelirovanie reflektornoj sistemy čeloveka [Tekst]: uchebnoe posobie / N.A. Korenevskij, A.G. Ustinov, Z.M. Juldasev. Staryj Oskol: TNT, 2014. 324 p.
26. Korenevskij N.A., Lukashov M.I., Artemenko M.V., Agarkov N.M. Sintez gibridnyh nečetkih reshajushhih pravil dlja klassifikacii kliničeskikh variantov tečenija genetalnogo herpesa na osnove modelej sistemnyh vzaimosvjazej // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 10–5. pp. 901–907.
27. Saati T.L. Prinjatje reshenij pri zavisimostjah i obratnyh svjazjah. Analitičeskije seti [Tekst]: monografija / T.L. Saati; per. s angl. O.N. Andrejčikovoju; nauch. red. A.V. Andrejčikov, O.N. Andrejčikova. 4-e izd. Moskva: URSS: LENAND, 2015. 360 p.
28. Popechitelev E.P. Čelovek v biotehničeskoi sisteme [Tekst]: uchebnoe posobie. Staryj Oskol: TNT, 2016. 584 p.
29. Federalnyj zakon Rossijskoj Federacii ot 21 nojabrja 2011 g. N 323-FZ «Ob osnovah ohrany zdorovja grazhdan v Rossijskoj Federacii» Opublikovan 24 nojabrja 2011; obnovljen 18 maja 2015.
30. Fiziologija. Osnovy i funkcionalnye sistemy: [Tekst]: Kurs lekcij / Pod. Red. K.V. Sudakova. M.: GJeOTAR-Media, 2012. 880 p.
31. Čečenin G.I. Sistemnyj podhod i sistemnyj analiz v zdruvoohranenii i medicine. Novokuzneck: MAOU DPO IPK, 2011. 348 p.
32. Artemenko M.V., Dobrovolsky I.I. Automated training test-system of doctors trauma on the basis of expert module support diagnostic decisions // Collection 3rd the International Conference «Research, Innovation and Education» 25–30 January 2016, London (Voprosy transformacii obrazovanija). 2016. no. 1. pp. 226–237.
33. Artemenko M.V., Kalugina N.M., Dobrovolsky I.I. The formation of a set of informative features based on the functional relationships between the data structure field observations // European Journal of Natural History. 2016. no. 6. pp. 43–48.
34. Kalugina N. Diagnostics of the organism on biomedical signals based on reinforcement learning // Proceedings of the 12th Russian-German Conference on Biomedical Engineering. Suzdal. VISU. 2016. pp. 204–208.
35. Medical information database / URL: <http://healthgate.com>, <http://www.kfinder.com>, <http://php.silverplatter.com>.