

УДК 004.891, 618

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБОСТРЕНИЯ ГЕРПЕСВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ ПОЛОВЫХ ОРГАНОВ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНЫХ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ

Лукашов М.И.

ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет», Курск, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru

В работе рассматриваются вопросы получения решающих правил для прогнозирования обострения генитального герпеса с целью выбора рациональных схем профилактики этого заболевания. Математические модели прогнозирования заболевания построены на основе гибридных нечетких решающих правил. Предложена процедура синтеза прогностических решающих правил обострения герпесвирусной инфекции половых органов, включающая построение математической модели агрегирования различных составляющих уверенности в правильном прогнозе по выделенным группам информативных признаков. Задача прогнозирования определялась как задача разделения двух классов: обострение генитального герпеса в ближайшей перспективе не ожидается; в течение восьми дней ожидается обострение заболевания. В качестве претендентов на информативные признаки были выбраны: относительные отклонения сопротивлений биологически активных точек от своих номинальных значений; опросник с семью вопросами и двоичными ответами; уровень психоэмоционального напряжения; уровень утомления, уровень защиты организма от рецидивов герпесвирусной инфекции. На репрезентативной контрольной выборке показывается, что с использованием технологии мягких вычислений достигаются приемлемые для медицинской практики результаты.

**Ключевые слова:** генитальный герпес, гибридные нечеткие модели, классификация, герпесвирусная инфекция

## PREDICTION OF ACUTE HERPES GENITAL INFECTIONS BASED ON HYBRID FUZZY MODEL

Lukashov M.I.

Southwest State University, Kursk, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru

In work are considered questions of the reception solving rules for forecasting of the intensification genitalherpes for the reason choice of the rational schemes of the preventive maintenance of this disease. The Mathematical models of the forecasting of the disease are built on base hybrid ill-defined solving rules. The Offered procedure of the syntheses forecasting solving rules of the intensification herpesvirus to infections sexual organ, including building to mathematical model integration different forming confidence in correct forecast on chosen group information sign. The Problem of the forecasting was defined as problem of division two classes: intensification : genitalherpes in nearest prospect is not expected; intensification of the disease is expected during eight days. As pretender on information signs were chose: relative deflections of the resistances biologically active point from their own nominal importances; test with family by questions and binary answer; the level of psychic emotional condition; the level of the fatigue, level of protection of the organism from relapse herpesvirus to infections. In a representative to checking sample appears that with use of technologies of the soft calculations are reached acceptable for medical practical persons results.

**Keywords:** genitalherpes, hybridfuzzymodels, classification, herpesvirus infection

Вопросам использования технологии мягких вычислений для прогнозирования обострения генитального герпеса посвящен ряд работ ученых Юго-Западного государственного университета [1, 12, 15].

Для оценки практической эффективности математических моделей, полученных в этих работах, нами были проведены соответствующие статистические испытания на репрезентативных контрольных выборках. В ходе этих испытаний было установлено, что предложенные математические модели имеют относительно «широкую» зону неопределенности в принимаемых решениях, что в ряде случаев затрудняет выбор схем профилактических мероприятий.

С целью устранения этого недостатка нами, в соответствии с рекомендациями работ [2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11], был проведен разведочный анализ с целью изучения структуры данных, описывающих классы

состояний пациентов с обострившимся генитальным герпесом.

В ходе разведочного анализа перед экспертами была поставлена задача уточнить список информативных признаков, использованных в работах [1, 12, 15], для чего были привлечены аппараты экспертного оценивания и теории измерения латентных переменных, а также определялась информативная мера по Кульбаку  $I_k$ . Как и в работах [1, 12, 15], задача прогнозирования определялась как задача разделения двух классов:  $\omega_0$  – обострение генитального герпеса в ближайшей перспективе не ожидается;  $\omega_{об}$  – в течение 8 дней ожидается обострение заболевания. В качестве претендентов на информативные признаки были выбраны: относительные отклонения сопротивлений биологически активных точек (БАТ) F11, VC1, VC7, VG1 и P7 от своих номинальных значений [13]; опросник

с семью вопросами и двоичными ответами  $b_1, \dots, b_7$  [15]; уровень психоэмоционального напряжения UP [17]; уровень утомления (UU) [16], уровень защиты организма от рецидивов герпесвирусной инфекции (UZ) [14, 18].

Оценка информативной ценности по Кульбаку и группе экспертов приведена в табл. 1.

**Таблица 1**  
Информативная ценность БАТ

| БАТ | Класс         | Информативность по классу (Кульбак) | Общая информативность $I_k$ | Экспертная оценка ценности точки |
|-----|---------------|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| F11 | $\omega_0$    | 5                                   | 9                           | 0,1                              |
|     | $\omega_{об}$ | 4                                   |                             |                                  |
| VC1 | $\omega_0$    | 12                                  | 22                          | 0,2                              |
|     | $\omega_{об}$ | 10                                  |                             |                                  |
| VC7 | $\omega_0$    | 14                                  | 31                          | 0,35                             |
|     | $\omega_{об}$ | 17                                  |                             |                                  |
| VG1 | $\omega_0$    | 10                                  | 18                          | 0,25                             |
|     | $\omega_{об}$ | 8                                   |                             |                                  |
| P7  | $\omega_0$    | 10                                  | 25                          | 0,3                              |
|     | $\omega_{об}$ | 15                                  |                             |                                  |

Информативная ценность других типов информативных признаков представлена в табл. 2.

Как и при оценке БАТ, в качестве порогового значения была выбрана величина  $I_k = 20$ . Каждый из признаков  $b_i$  такой информативностью не обладает, однако их совокупность позволяет получить  $I_k = 21$ .

Уточнение информативности признаков производилось с использованием теории измерения латентных переменных по модели Г. Раша с использованием пакета RUMM2020 [19, 24, 25].

Для использования пакета RUMM 2020 по выборке значений, используемых прогностических признаков сформирована таблица исходных данных, фрагмент которой приведен в табл. 3.

Обобщенной характеристикой соответствия между интегральной латентной переменной и системой индикаторов служат гистограммы распределения интегрального показателя «уверенности» в прогнозе обострения генитального герпеса (рис. 1) [19].

Анализ данного графика показывает наличие трёх довольно чётко выраженных состояний обследуемых, которые инте-

грируются как низкая, средняя и высокая уверенность в обострении генитального герпеса что позволяет сделать вывод о том, что система критериев соответствует измеряемой латентной переменной – «Уверенность» в прогнозе обострения генитального герпеса и набор используемых индикаторных переменных является эффективным для целей измерения обобщенной латентной переменной.

Процедура синтеза прогностических решающих правил была реализована на основе общих рекомендаций, разработанных в Юго-Западном государственном университете [3, 10, 20, 21, 22, 23].

**Таблица 2**  
Информативная ценность пространства прогностических признаков

| Признак               | Класс         | Информативность по классу | Общая информативность $I_k$ | Экспертная оценка прогностической ценности |
|-----------------------|---------------|---------------------------|-----------------------------|--|
| UP                    | $\omega_0$    | 12                        | 23                          | 0,24                                       |
|                       | $\omega_{об}$ | 11                        |                             |  |
| UU                    | $\omega_0$    | 14                        | 29                          | 0,3  |
|                       | $\omega_{об}$ | 15                        |                             |  |
| UZ                    | $\omega_0$    | 16                        | 36                          | 0,4  |
|                       | $\omega_{об}$ | 20                        |                             |  |
| $b_1$                 | $\omega_0$    | 1,5                       | 3                           | 0,04                                       |
|                       | $\omega_{об}$ | 1,5                       |                             |  |
| $b_2$                 | $\omega_0$    | 1,5                       | 3                           | 0,04                                       |
|                       | $\omega_{об}$ | 1,5                       |                             |  |
| $b_3$                 | $\omega_0$    | 1,5                       | 3                           | 0,04                                       |
|                       | $\omega_{об}$ | 1,5                       |                             |  |
| $b_4$                 | $\omega_0$    | 1,5                       | 3                           | 0,04                                       |
|                       | $\omega_{об}$ | 1,5                       |                             |  |
| $b_5$                 | $\omega_0$    | 1,5                       | 3                           | 0,04                                       |
|                       | $\omega_{об}$ | 1,5                       |                             |  |
| $b_6$                 | $\omega_0$    | 1,5                       | 3                           | 0,04                                       |
|                       | $\omega_{об}$ | 1,5                       |                             |  |
| $b_7$                 | $\omega_0$    | 1,5                       | 3                           | 0,04                                       |
|                       | $\omega_{об}$ | 1,5                       |                             |  |
| Общая по группе $b_i$ | $\omega_0$    | 10                        | 21                          | 0,28                                       |
|                       | $\omega_{об}$ | 11                        |                             |  |

**Таблица 3**

Значения индикаторных переменных для латентной переменной «Уверенность» в прогнозе обострения генитального герпеса (UOG)

| Индикаторные переменные |                  |                  |                 |      |      |      |            |
|-------------------------|------------------|------------------|-----------------|------|------|------|------------|
| $\delta R_{VC1}$        | $\delta R_{VC7}$ | $\delta R_{VG1}$ | $\delta R_{P7}$ | UP   | UU   | UZ   | $\sum b_i$ |
| 5,2                     | 10,1             | 8,1              | 3               | 0,15 | 0,1  | 0,8  | 2          |
| 2,3                     | 8,2              | 7,3              | 1,8             | 0,1  | 0,2  | 0,83 | 1          |
| 6,5                     | 7,5              | 8,5              | 5,1             | 0,2  | 0,25 | 0,9  | 1          |
| 3,9                     | 6,5              | 6,5              | 4,2             | 0,15 | 0,22 | 0,91 | 0          |
| 4,2                     | 8,2              | 15,2             | 2,15            | 0,3  | 0,1  | 0,85 | 0          |
| 7,1                     | 10,5             | 10,1             | 3,5             | 0,15 | 0,26 | 0,87 | 0          |
| 5,3                     | 7,3              | 14,1             | 5,1             | 0,12 | 0,13 | 0,75 | 0          |

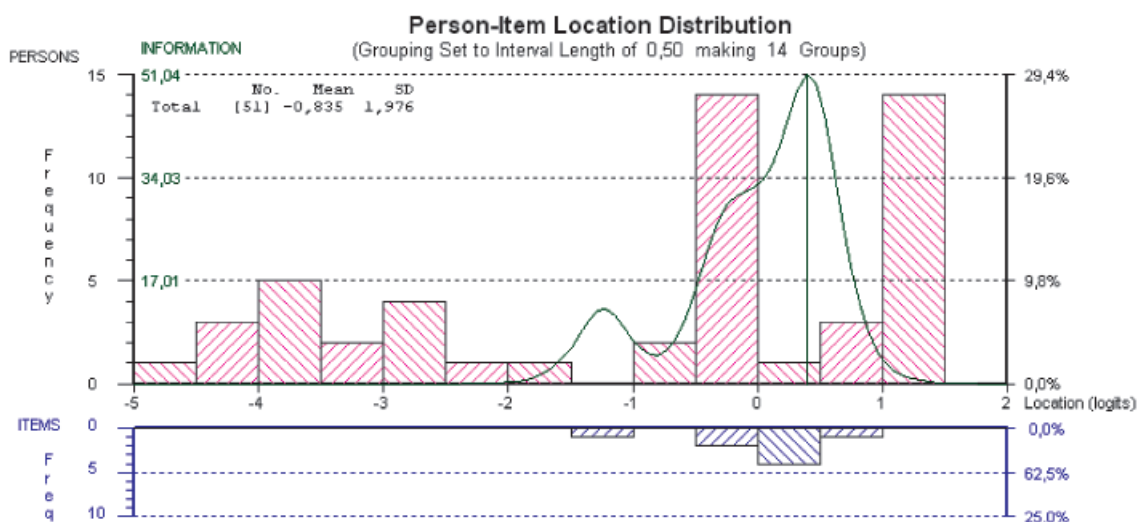


Рис. 1. Распределение интегрального показателя «Уверенность» в прогнозе обострения генитального герпеса

В результате процедуры синтеза получена прогностическая модель вида

$$YPZ = \max[0, (YPF - UZ)], \tag{1}$$

где  $YPF$  – уверенность в обострении генитального герпеса без оценки уровня защитных свойств  $UZ$ .

Величина  $YPF$  определяется нечеткой интеграционной формулой вида

$$YPF = YPB + YPO + YPU - YPB \cdot YPO - YPB \cdot YPU - YPO \cdot YPU + YPB \cdot YPU \cdot YPO. \tag{2}$$

Нечеткие составляющие модели (2) определяются системой математических моделей вида

$$\begin{aligned} &\text{ЕСЛИ } [(\delta R_{P7} > 15\%) \text{ И } (\delta R_{VC7} > 15\%)] \\ &\text{ТО } \{ YPB(i+1) = YPB(i) + \mu_{\omega_{06}}(\delta R_{i+1}) [1 - YPB(i)] \} \\ &\text{ИНАЧЕ } \{ YPB = 0 \}. \tag{3} \\ &YPO = f_B(b_1, \dots, b_6) \\ &YPU = \mu_{\omega_{06}}(UP) + \mu_{\omega_{06}}(UU) [1 - \mu_{\omega_{06}}(UP)], \end{aligned}$$

где  $YPB$  – частная уверенность в  $\omega_{об}$  по величине электрической реакции БАТ;  $\mu_{об}(\delta R_{j+1})$  – функция принадлежности к классу  $\omega_{об}$  с базовыми переменными по шкалам отклонения электрических сопротивлений БАТ  $\delta R_{j+1}$ , связанных с заболеваниями кожи от своих номинальных значений;  $YPB(1) = \mu_{об}(\delta R_{P7})$ ;  $\delta R_2 = \delta R_{VC7}$ ;  $\delta R_3 = \delta R_{VC1}$ ;  $\delta R_4 = \delta R_{VG1}$ ;  $YPO$  – частная уверенность в  $\omega_{об}$  по данным опроса по опроснику  $B(b_1, \dots, b_7)$ ; в анамнезе ОРВИ грипп или другие болезни, ослабляющие иммунную систему ( $b_1$ ); переохлаждение организма ( $b_2$ ); перегрев организма ( $b_3$ ); медицинские манипуляции на половых органах ( $b_4$ ); злоупотребление алкоголем ( $b_5$ ); чрезмерное пребывание на солнце или злоупотребление солярием (избыточные дозы ультрафиолетового излучения) ( $b_6$ ); в анамнезе микрохирургические вмешательства на тройничном нерве ( $b_7$ );  $f_B(b_1, \dots, b_7)$  – функция агрегации опросника  $B$ ;  $\mu_{об}(UP)$  и  $\mu_{об}(UU)$  функции принадлежности к классу  $\omega_{об}$  с базовыми переменными уровнем ПЭН ( $UP$ ) и уровнем хронического утомления ( $UU$ ).

Уровень защиты определяется математической моделью вида

$$UZ = F_z [AP, \mathcal{E}P, f(a_j)], \quad (4)$$

где  $AP$  – адаптационный потенциал;  $\mathcal{E}P$  – энергетический разбаланс общесистемных БАТ;  $f(a_j)$  – функция принадлежности к  $\omega_{об}$  с базовыми переменными по данным лабораторного анализа;  $a_1$  – иммунорегуляторный коэффициент  $CD4+/CD8+$  (индекс);  $a_2$  –  $CD4 + 25 + T$ -лимфоциты, экспрессирующие рецепторы к  $IL2$  (процент от  $CD4 + T$ -клеток);  $a_3$  – активированные НК-клетки (экспрессирующие HLA-DR-мо-

лекулы) (процент от НК-клеток);  $a_4$  – Фенотип НК-клеток  $CD3-16 + 56$  – (высокая) (процент);  $F_z$ -функция агрегации составляющих модели (4).

Для оценки качества работы прогностических решающих правил начиная с 2005 года проводились наблюдения за больными генитальным герпесом в Курском областном кожно-венерологическом диспансере с фиксацией факта обострения заболеваний с момента проведения замеров значений признаков, описанных в предыдущих разделах. Фиксировались случаи заболевания через день после измерений, через два дня и т.д. вплоть до двух недель. На рис. 2 приведен график изменения показателей прогностической значимости для моделей (1).

Тенденция изменения показателей качества такова, что на седьмой – десятый день после начала наблюдений качество классификации стабилизируется и в дальнейшем существенно не изменяется. Это и послужило основой для выбора экспертами времени рационально прогноза  $T_0 = 8$  дней, причем реальное качество классификации несколько выше, чем дают эксперты, что позволяет рекомендовать полученные решающие правила к использованию в медицинской практике.

Таким образом, предложена процедура синтеза прогностических решающих правил обострения герпесвирусной инфекции половых органов, включающая построение математической модели агрегирования различных составляющих уверенности в правильном прогнозе по выделенным группам информативных признаков. Результаты математического моделирования синтезированных решающих правил и экспертного оценивания показали, что при максимальных значениях всех частных

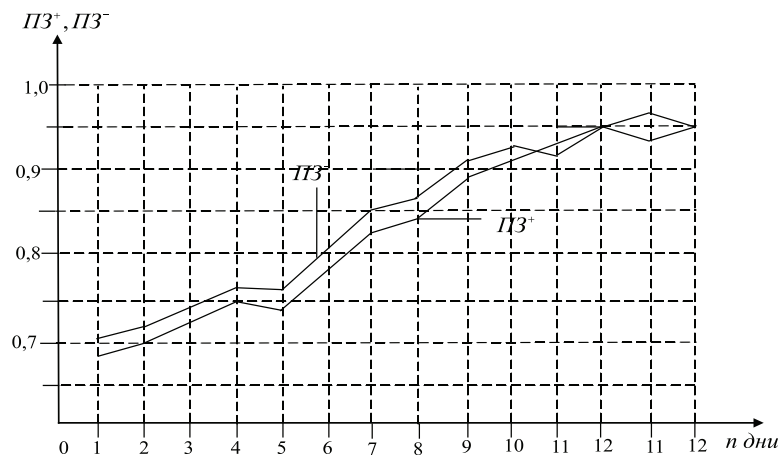


Рис. 2. График изменения показателей  $ПЗ^+$  и  $ПЗ$  для шкалы  $YPZ$  в зависимости от времени наблюдения

составляющих модели (1)  $YPZ = 0,9$ , а для наиболее часто встречающихся значений факторов риска уверенность в правильном прогнозе составляет 0,85, что для прогнозистических медицинских задач считается хорошим результатом.

### Список литературы

1. Еремин А.В. Методы модели и алгоритмы нечеткого прогнозирования обострения и оценки степени тяжести больных генитальной вирусной инфекцией: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.17. – СПб., 2010. – 135 с.
2. Корневский Н.А. Проектирование нечетких решающих сетей, настраиваемых по структуре данных для задач медицинской диагностики // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – М., 2005. – Т. 4. – № 1. – С. 12–20.
3. Корневский Н.А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. – 2015. – № 1(289). – С. 33–35.
4. Корневский Н.А. Метод синтеза гетерогенных нечетких правил для анализа и управления состоянием биотехнических систем // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2013. – № 2. – С. 99–103.
5. Корневский Н.А. Интерактивный метод классификации в задачах медицинской диагностики / Н.А. Корневский, С.В. Дегтярев, С.П. Серегин, А.В. Новиков // Медицинская техника. – 2013. – № 4. – С. 1–3.
6. Корневский Н.А., Крупчатников Р.А. Информационно-интеллектуальные системы для врачей рефлексотерапевтов: монография. – Старый Оскол, 2013. – 424 с.
7. Корневский Н.А. Синтез нечетких сетевых моделей обучаемых по структуре данных для медицинских экспертных систем / Н.А. Корневский, Р.А. Крупчатников, С.А. Горбатенко // Медицинская техника. – 2008. – № 2. – С. 18–24.
8. Корневский Н.А. Синтез коллективов гибридных нечетких моделей, оценки состояния сложных систем / Н.А. Корневский, К.В. Разумова // Наукоемкие технологии. – 2014. – Т.15. – № 12. – С. 31–40.
9. Корневский Н.А. Синтез нечетких классификационных правил в многомерном пространстве признаков для медицинских приложений / Н.А. Корневский, К.В. Разумова // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2012. – № 2. – С. 41. – С. 223–227.
10. Корневский Н.А. Метод прогнозирования и диагностики состояния здоровья на основе коллективов нечетких решающих правил / Н.А. Корневский, Р.В. Руцкой, С.Д. Долженков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2013. – Т. 12. – № 4. – С. 905–909.
11. Корневский Н.А. Геометрический подход к синтезу нечетких решающих правил для решения задач прогнозирования и медицинской диагностики / Н.А. Корневский, С.А. Филлист, А.Г. Устинов, Е.Б. Рябкова // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2012. – № 4. – С. 20–25.
12. Лукашов М.И. Синтез решающих правил прогнозирования обострения заболеваний на примере генитального герпеса / М.И. Лукашов, А.Г. Устинов, И.И. Хрипина, С.В. Солощенко // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2014. – № 3. – С. 70–80.
13. Лукашов М.И. Использование методов рефлексодиагностики при ведении больных генитальным герпесом / М.И. Лукашов, Н.А. Корневский, А.В. Еремин, Р.А. Круп-

чатников // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2009. – Т.8. – № 4. – С. 869–872.

14. Лукашов М.И. Оценка уровня психоэмоционального напряжения и его роль в появлении и развитии психосоматических заболеваний / М.И. Лукашов, Н.А. Корневский, О.И. Филатова // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2009. – Т.8. – № 3. – С. 603–607.

15. Лукашов, М.И. Использование информационных технологий для прогнозирования и диагностики инфекционных заболеваний (на примере генитального герпеса): монография / М.И. Лукашов, Н.А. Корневский, В.И. Серебровский и др. – Курск: Изд-во Курск. гос. с-х. ак., 2011. – 123 с.

16. Лукашов, М.И. Определение уровня длительного физического утомления как факторов риска рецидивов хронических заболеваний / М.И. Лукашов, Н.А. Корневский, А.В. Еремин, О.И. Филатова // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2009. – № 5. – С. 10–15.

17. Лукашов М.И. Нечеткая оценка степени психоэмоционального напряжения и ее роль в прогнозировании и диагностике заболеваний / М.И. Лукашов, В.А. Буняев, В.В. Буняев, В.И. Афанасьев // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2009. – № 5. – С. 27–31.

18. Шуткин А.Н. Использование технологии мягких вычислений для оценки защитных механизмов организма / А.Н. Шуткин, Е.А. Бойцова, Л.П. Лазурина, М.В. Писарев // Известия Юго-Западного государственного университета: Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2015. – № 2. – С. 62–72.

19. Шуткин А.Н. Применение теории измерения латентных переменных для формирования пространства информативных признаков в задачах оценки функционального состояния человека / А.В. Бойцов, Л.П. Лазурина, С.Н. Корневская, А.Н. Шуткин // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2014. – № 6. – С. 52–58.

20. Korenevskiy N.A. Design of network-based fuzzy knowledge bases for medical decision-making support systems [text] / N.A. Korenevsky, S.A. Gorbatenko, R.A. Krupchatnikov, M.I. Lukashov // Biomedical Engineering. – 2009. – Vol. 43. – № 4. – P. 187–190.

21. Korenevskiy N.A. Use of an Interactive Method for Classification in Problems of Medical Diagnosis / N.A. Korenevsky, S.V. Degtyarev, S.P. Seregin, A.V. Novikov // Biomedical Engineering November. – 2013. – Vol. 47, Issue 4. – P. 169–172.

22. Korenevskiy N.A., Krupchatnikov R.A., Gorbatenko S.A. Generation of fuzzy network models based on basic of data structure for medical expert systems, Biomedical Engineering Journal. – 2008. – Vol. 42, № 2 – P. 67–72.

23. Korenevskiy N.A. Application of Fuzzy Logic for Decision-Making in Medical Expert Systems // Biomedical Engineering. – May 2015. – Vol. 49, Issue 1. – P. 46–49.

24. Rasch G. Probabilistic models for some intelligence anent tests (Expanded edition, with foreword and afterword by Benjamin D. Wright). – Chicago: University of Chicago Press, 1980. – 199 p.

25. Smith E.V., Smith M.S. Introduction to Rasch Measurement. Theory, Models and Applications. – Marle Grove, Minnesota: JAM Press, 2004. – 689 p.

### References

1. Eremin, A.V. Metody modeli i algoritmy nechetkogo prognozirovaniya obostreniya i otsenki stepeni tyazhesti bolnykh genitalnoj virusnoj infektsiej: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.11.17. SPb., 2010. 135 p.
2. Korenevskij, N.A. Proektirovanie nechetkikh reshayushikh setej, nastraiyaemykh po strukture dannykh dlya zadach meditsinskoj diagnostiki. N.A. Korenevskij Sistemnyj analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh, M., 2005. T.4. no. 1. pp. 12–20.

3. Korenevskij, N.A. Ispolzovanie nechetkoj logiki prinyatiya reshenij dlya meditsinskikh ehkspertnykh sistem. N.A. Korenevskij Meditsinskaya tekhnika, 2015, no. 1(289). pp. 33–35.
4. Korenevskij, N.A. Metod sinteza geterogennykh nechetkikh pravil dlya analiza i upravleniy asostoyaniem biotekhnicheskikh sistem / N.A. Korenevskij Izvestiya YU go-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie. 2013. no. 2. pp. 99–103.
5. Korenevskij, N. A. Interaktivnyj metod klassifikatsii v zadachakh meditsinskoj diagnostiki N.A. Korenevskij, S.V. Degtyarev, S.P. Seregin, A.V. Novikov Meditsinskaya tekhnika. 2013. no. 4. pp. 1–3.
6. Korenevskij N.A., Krupchatnikov R.A. Informatsionno-intellektualnye sistemy dlya vrachej refleksoterapevtov: monografiya N.A. Korenevskij, R.A. Krupchatnikov. StaryjOskol: TNT, 2013. 424 p.
7. Korenevskij, N.A. Sintez nechetkikh setevykh modelej obuchaemykh po structure dannykh dlya meditsinskikh ehkspertnykh sistem N.A. Korenevskij, R.A. Krupchatnikov, S.A. Gorbatenko Meditsinskaya tekhnika. 2008. no. 2. pp. 18–24.
8. Korenevskij, N.A. Sintez kolektivov gibridnykh nechetkikh modelej, otsenki sostoyaniya slozhnykh sistem N.A. Korenevskij, K.V. Razumova Naukoemkie tekhnologii. 2014. T.15. no. 12. pp. 31–40.
9. Korenevskij, N.A. Sinteznechetkikh klassifikatsionnykh pravil v mnogomernom prostranstve priznakov dlya meditsinskikh prilozhenij N.A. Korenevskij, K.V. Razumova Izvestiya YUgo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: upravlenie, vychislitel'nayatekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie. 2012. no. 2. CH1. pp. 223–227.
10. Korenevskij, N.A. Metod prognozirovaniya i diagnostiki sostoyaniya zdorovya na osnove kolektivovnechetkikh reshayushhikhpravil N.A. Korenevskij, R.V. Rutskoj, S.D. Dolzhenkov Sistemnyj analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh 2013. T.12. no. 4. pp. 905–909.
11. Korenevskij, N.A. Geometricheskij podkhod k sintezu nechetkikh reshay ushhikh pravil dlya resheniya zadach prognozirovaniya i meditsinskoj diagnostiki Korenevskij, N.A., Filist S.A., Ustinov A.G., Ryabkova E.B. Biomeditsinskaya radioehlektronika. 2012. no. 4. pp. 20–25.
12. Lukashov M.I. Sintez reshayushhikh pravil prognozirovaniya obostreniya zabozevanij na primere genitalnogo gerpesa M.I. Lukashov, A.G. Ustinov, I.I. KHripina, S.V. Soloshenko Izvestiya YUgo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'nayatekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie. 2014. no. 3. pp. 70–80.
13. Lukashov M.I. Ispolzovanie metodov refleksodiagnostiki pri vedenii bolnykh genitalnym herpesom M.I. Lukashov, N.A. Korenevskij, A.V. Eremin, R.A. Krupchatnikov Sistemnyj analizupravlenie v biomeditsinskikh sistemakh. 2009. T.8 no. 4. pp. 869–872.
14. Lukashov M.I. Otsenka urovnya psikhohemotsionalnogo napryazheniyai ego rol v poyavlenii i azvitiipсихосоматических zabozevanij M.I. Lukashov, N.A. Korenevskij, O.I. Filatova Sistemnyj analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh. 2009. T.8. no. 3. pp. 603–607.
15. Lukashov, M.I. Ispolzovanie informatsionnykh tekhnologij dlya prognozirovaniya i diagnostiki infektsionnykh zabozevanij (naprimeregenitalnogogerpesa): Monografiya M.I. Lukashov, N.A. Korenevskij, V.I. Serebrovskij dr. Kursk. izdvo Kursk. gos. s-kh. ak., 2011. 123 p.
16. Lukashov, M.I. Opredelenie urovnya dlitel'nogo fizicheskogo utomleniya kak faktorov riska retsidivov khronicheskikh zabozevanij M.I. Lukashov, N.A. Korenevskij, A.V. Eremin, O.I. Filatova Biomeditsinskaya radioehlektronika, 2009. no. 5. pp. 10–15.
17. Lukashov M.I. Nechetkaya otsenka stepeni psikhohemotsion alnogo napryazheniya i eerol v prognozirovanii i diagnostike zabozevanij M.I. Lukashov, V.A. Bunyaev, V.V. Bunyaev, V.I. Afanasev Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Tekhnicheskienauki. 2009. no. 5. pp. 27–31.
18. SHutkin, A.N. Ispolzovanie tekhnologii myagkikh vychislenij dlya otsenki zashhitnykh mekhanizmov organizma /A.N. SHutkin, E.A. Bojtsova, L.P. Lazurina, M.V. Pisarev // IzvestiyaYUgo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta: Seriya Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie, no. 2, 2015. pp. 62–72.
19. SHutkin, A.N. Primenenie teorii izmereniya latentnykh peremennykh dlya formirovaniya prostranstva informativnykh priznakov v zadachakh otsenki funktsionalnogo sostoyaniya cheloveka / A.V. Bojtsov, L.P. Lazurina, S.N. Korenevskaya, A.N. SHutkin // Izvestiya YUgo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta, no. 6, 2014. pp. 52–58.
20. Korenevskiy N.A. Design of network-based fuzzy knowledge bases for medical decision-making support systems / N.A. Korenevskiy, S.A. Gorbatenko, R.A. Krupchatnikov, M.I. Lukashov // Biomedical Engineering. 2009. Vol.43. no. 4. pp. 187–190.
21. Korenevskiy N.A. Use of an Interactive Method for Classification in Problems of Medical Diagnosis // N.A. Korenevskiy, S.V. Degtyarev, S. P. Seregin, A. V. Novikov //Biomedical Engineering November 2013, Vol. 47, Issue 4, pp. 169–172.
22. Korenevskiy, N.A., Krupchatnikov, R.A., Gorbatenko, S.A. Generation of fuzzy network models taught on basic of data structure for medical expert systems, Biomedical Engineering Journal, 2008, Vol.42, no. 2, pp. 67–72.
23. Korenevskiy N.A., Application of Fuzzy Logic for Decision-Making in Medical Expert Systems N. A. Korenevskiy Biomedical Engineering, May 2015, Vol. 49, Issue 1, pp. 46–49.
24. Rasch G. Probabilistic models for some intelligence anent tests (Expanded edition, with foreword and afterword by Benjamin D. Wright). Chicago: University of Chicago Press, 1980. 199 p.
25. Smith E.V., Smith M.S. Introduction to Rasch Measurement. Theory, Models and Applications. Marle Grove, Minnesota: JAM Press, 2004. 689 p.

#### Рецензенты:

Ключиков И.А., д.т.н., главный научный сотрудник НИИЦ, ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ, г. Курск;

Серегин С.П., д.м.н., зав. урологическим отделением № 2, ОБУЗ «Курская городская клиническая больница скорой медицинской помощи», г. Курск.