

УДК 616.33/.34-002.44-07:004.89

<https://doi.org/10.20538/1682-0363-2018-3-88-95>

Для цитирования: Лазаренко В.А., Антонов А.Е., Markapuram V.K., Awad K. Опыт нейросетевой диагностики и прогнозирования язвенной болезни по результатам анализа факторов риска. *Бюллетень сибирской медицины*. 2018; 17 (3): 88–95.

Опыт нейросетевой диагностики и прогнозирования язвенной болезни по результатам анализа факторов риска

Лазаренко В.А.¹, Антонов А.Е.¹, Markapuram V.K.², Awad K.^{3,4}

¹ Курский государственный медицинский университет (КГМУ)
Россия, 305041, г. Курск, ул. К. Маркса, 3

² Centre for Development of Advanced Computing, Mohali
India, A-34, Phase-VIII, Industrial Area, Mohali, 160071, (Near Chandigarh) Punjab

³ National Research Center
Egypt, El. Bobouth Str., Dokki, Giza, PC 12622

⁴ Ruprecht-Karls University of Heidelberg
Germany, 68167, Mannheim

РЕЗЮМЕ

Цель. Разработать и верифицировать способ диагностики язвенной болезни, основывающийся на нейросетевом анализе данных о факторах риска больного.

Материалы и методы. В статье приводятся результаты исследования, проведенного по материалам 488 больных, посвященного изучению возможности диагностики и прогнозирования язвенной болезни, основывающейся на нейросетевом анализе данных о факторах риска с применением искусственной нейронной сети собственной разработки (свидетельство № 2017613090).

Результаты. В ходе клинической апробации данный подход продемонстрировал уровни чувствительности 74,4%, $m = 4,3$ и специфичности – 93,3%, $m = 2,46$.

Прогнозирование возраста вероятной госпитализации обеспечило генерацию массива данных, показатель средней абсолютной ошибки (mean absolute error, MAE) прогноза которого составил 1,8 года, $m = 0,11$ для обучающей группы и 1,9 года, $m = 0,15$ для группы клинической апробации. Модуль ошибки прогноза в группе клинической апробации не превысит 2,2 ($p = 0,95$) и 2,3 года ($p = 0,99$) соответственно.

Заключение. Предложен новый способ диагностики язвенной болезни, основывающийся на нейросетевом анализе данных о факторах риска больного. В ходе клинической апробации данный подход продемонстрировал уровни AUC, достигающие 0,943. Применение искусственной нейронной сети позволило также прогнозировать возраст вероятной госпитализации. Применение нейросети также обладало дополнительными преимуществами, в том числе неинвазивностью, отсутствием необходимости подготовки больного к исследованию, возможностью получения результатов сразу после возникновения заболевания, отсутствием временной задержки на обработку материала.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, многослойный персептрон, диагностика, язвенная болезнь, искусственный интеллект, прогнозирование.

✉ Антонов Андрей Евгеньевич, e-mail: drantonov@mail.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема язвенной болезни (ЯБ) сохраняет свою актуальность в связи с высокой заболеваемостью, достигающей уровня 6–16% среди населения, а также риском развития опасных осложнений [1]. Общепринятым подходом в диагностике ЯБ принято считать оценку совокупности клинических и лабораторно-инструментальных данных, полученных в ходе обследования пациента. Такая стратегия является запоздалой при формировании первичной персонализированной профилактической стратегии [2, 3], поскольку имеет дело со сформировавшимся заболеванием, и, следовательно, не удовлетворяет современным требованиям при принятии грамотных управленческих решений [4–6].

В то же время для ЯБ хорошо известны факторы риска: половозрастные [7–10], наследственные [11, 12], социальные и профессиональные [13, 14], алиментарные [7, 14, 15], психологические (стрессы) [8], а также связанные с вредными привычками [16], приемом ulcerогенных лекарственных препаратов [17]. Все названные факторы действуют в течение некоторого времени до возникновения заболевания и принципиально могут быть выявлены. Однако их совокупность представляет собой набор трудно структурируемых данных, действующих совместно и демонстрирующих неявные взаимосвязи и признаки паутиной причинности [18]. Данные такого рода сложны в обработке и предполагают широкое внедрение компьютерных технологий, автоматизированных систем управления [19, 20].

Ранее предпринимались попытки разработки специализированных информационных комплексов, позволяющих оценить факторы риска с применением традиционных биостатистических методов, но в полной мере решить проблему разработки персонализированной профилактической стратегии они не могут в силу свойственных им фундаментальных математических ограничений [21–23]. В то же время искусственные нейронные сети (ИНС) продемонстрировали возможности в анализе трудных данных [24, 25], однако их потенциал в рассматриваемой области медицины только предстоит изучить.

В связи с вышеизложенным цель данного исследования – разработать и верифицировать способ диагностики ЯБ, основывающийся на нейросетевом анализе данных о факторах риска больного.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование были включены 488 больных с патологиями гепатопанкреатодуоденальной зоны (в т. ч. 117 мужчин и 59 женщин с ЯБ), госпитализированных в медицинских организациях г. Курска. Средний возраст пациентов с ЯБ составил 48,1 ($m = 1,23$) года. В ходе исследования нами была разработана «Система интеллектуального анализа и диагностики заболеваний», основывающаяся на принципе многослойного персептрона [26]. В качестве активационной функции применялся гиперболический тангенс.

Больные были разделены на две группы: прошедшие лечение до 01.01.2011 ($n_1 = 385$) и в более поздние сроки ($n_2 = 103$). Первая подгруппа включала 133 пациента с ЯБ и 252 пациента, у которых данный диагноз был исключен. Первая подгруппа использовалась для обучения персептрона, которое проводилось с двумя типами выходов – качественным, включающим наличие или отсутствие диагноза (а также возможный неопределенный результат) и количественным, прогнозирующим возраст госпитализации больного в стационар по поводу заболевания гепатопанкреатодуоденальной зоны. Вторая подгруппа включала 43 человека с ЯБ и 60 пациентов с иной патологией (панкреатитом, холециститом) и применялась для апробации «Системы» в практическом здравоохранении.

В качестве входных параметров использовались сведения о поле, возрасте больных, имеющих у них факторах риска: факте и мере вредных привычек, наличии или отсутствии стрессов, занятости, особенностях питания и диетического режима [27]. Применялись следующие настройки персептрона: скрытых слоев – 3, число нейронов в скрытом слое – 10.

Оценка качества работы ИНС проводилась с применением методов описательной и индуктивной статистики, вычисления чувствительности, специфичности, ошибок прогноза, проведения ROC-анализа (receiver operating characteristic, рабочая характеристика приемника).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Различия в наборах факторов риска у больных ЯБ, с одной стороны, и холециститом и панкреатитом, с другой, позволили провести успешное обучение сети для распознавания векторов данных. Результат ROC-анализа представлен на рис. 1. Пороговое значение u_B , определяющее интервал $(-u_B; u_B)$, в границах которого выходное (неадаптированное) значение сети интерпретировалось как неопределенное, принималось

равным 0. То есть все выходные значения сети трактовались как истинные или ложные – наличие или отсутствие ЯБ [28].

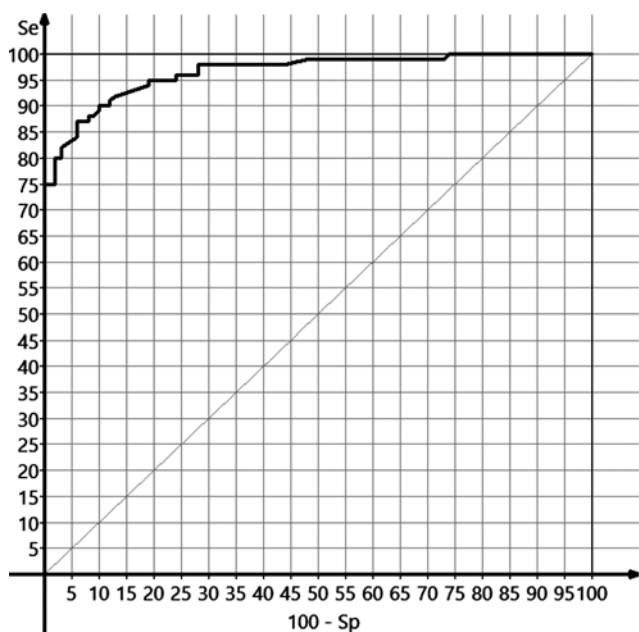


Рис. 1. Результаты ROC-анализа для обучающей выборки при пороговом значении $y_B = 0$

Fig. 1. Results of ROC-analysis for training set at border value $y_B = 0$

Значение площади под кривой area under curve (AUC) представленного графика для обучающей выборки составило 0,966. Для группы клинической апробации результат ROC-анализа представлен на рис. 2. Показатель AUC для группы клинической апробации составил 0,943. Снижение площади под кривой свидетельствует об измене-

нии влияния факторов риска на развитие ЯБ и подтверждает необходимость динамической актуализации сведений об их роли. Тем не менее качество математической модели для распознавания векторов данных в обучающей выборке и в группе клинической апробации остается высоким.

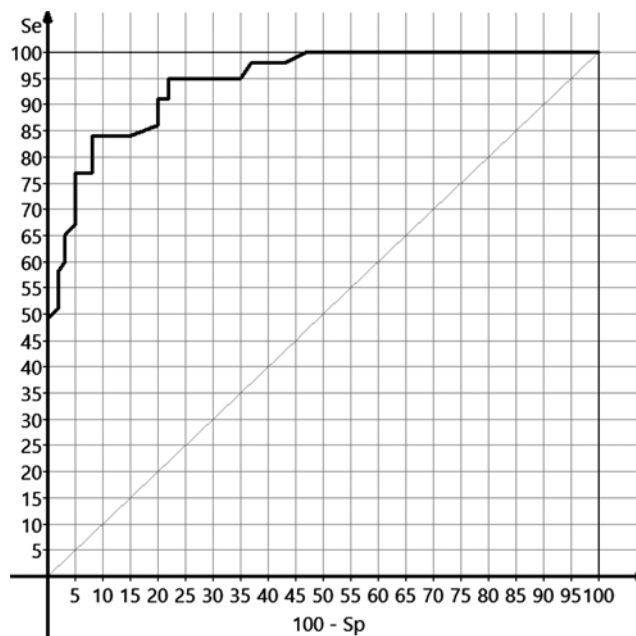


Рис. 2. Результаты ROC-анализа для группы клинической апробации при $y_B = 0$

Fig. 2. Results of ROC-analysis for clinical approbation set at border value $y_B = 0$

Результаты обучения ИНС и ее апробации в отношении диагностики ЯБ представлены в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Результаты обучения и практического применения «Системы интеллектуального анализа и диагностики заболеваний» в диагностике ЯБ, p (m, %)		
The results of training and clinical testing of the "System of Intellectual Analysis and Diagnosis of Diseases" in the diagnosis of peptic ulcer, p (m, %)		
Показатель Characteristic	Обучающая группа, $n = 385$ Training set, $n = 385$	Клиническая апробация, $n = 103$ Clinical testing, $n = 103$
Чувствительность (+/+) Sensitivity (+/+)	88,0 (1,66)	74,4 (4,30)
Ложноотрицательные результаты (-/+) False negative rate (-/+)	10,5 (1,56)	23,3(4,16)
Специфичность (-/-) Specificity (-/-)	90,1 (1,52)	93,3 (2,46)
Ложноположительные результаты (+/-) False positive rate (+/-)	7,9 (1,38)	5,0 (2,15)
Итого случаев ЯБ, чел.: подтвержденных Total: confirmed peptic ulcer	133	43
исключенных excluded peptic ulcer	252	60

Как следует из приведенных данных, сеть вполне успешно справлялась с задачей определения заболевания на основании анализа совокупности факторов риска. Показатели чувствительности и специфичности находились на уровне традиционных диагностических методов. В целом результаты клинической апробации несколько уступают результатам анализа качества работы нейросети на этапе обучения, что является ожидаемым, и обусловлено динамикой факторов ри-

ска в течение времени, а также свидетельствует об отсутствии переобучения сети.

Результаты прогнозирования возраста вероятной госпитализации представлены в табл. 2. Средняя абсолютная ошибка mean absolute error (MAE) прогноза, определяемая как среднее значение модулей разности вычисляемого и фактического показателя, не превышала 1,9 года для группы клинической апробации, а в обучающем множестве была ниже.

Т а б л и ц а 2
T a b l e 2

Результаты обучения и практического применения многослойного перцептрона в прогнозировании возраста вероятной госпитализации		
The results of training and clinical testing of the multilayer perceptron in predicting the age of probable hospitalization		
Показатель Characteristic	Обучающая группа, $n = 133$ Training set, $n = 133$	Клиническая апробация, $n = 43$ Clinical approbation, $n = 43$
Среднее значение фактическое M_y , лет Mean of the empiric age (M_y), years	47,3	50,7
Стандартная ошибка m_y , лет Its Standard Error (m_y), years	1,41	2,51
Среднее значение расчетное M_p , лет Mean of the estimated age (M_p), years	47,5	49,2
Стандартная ошибка m_p , лет Its Standard Error (m_p), years	1,41	2,42
Средняя ошибка прогноза, лет Mean Error (ME), years	-0,2	1,5
Средний квадрат ошибки прогноза, лет Mean Squared Error (MSE), years ²	4,6	4,6
Средняя абсолютная ошибка, лет Mean Absolute Error (MAE), years	1,8	1,9
Стандартная ошибка m_{MAE} , лет Its Standard Error (m_{MAE}), years	0,11	0,15
Ошибка прогноза не превысит (перцентиль p_{95}), лет The error of the prognosis will not exceed (percentile p_{95}), years	1,95	2,15
Ошибка прогноза не превысит (перцентиль p_{99}), лет The error of the prognosis will not exceed (percentile p_{99}), years	2,02	2,25
Средняя абсолютная процентная ошибка Mean Percentage Absolute Error (MPAE), %	4,3	4,1
Средняя процентная ошибка, % Mean Percentage Error (MPE), %	-0,6	2,4

Были также определены перцентили p_{95} и p_{99} для максимальной ошибки прогноза. Как и в случае диагностики, для прогнозирования количественного показателя прогноз был более точен для обучающей группы. Тем не менее в ходе клинической апробации с вероятностью $p = 0,99$ модуль ошибки прогноза возраста госпитализации не превысит 2,3 года.

Особо следует отметить, что нейросеть могла запускаться на неспециализированных персональных компьютерах и не предъявляла высоких требований к аппаратному обеспечению на этапе

практического применения. Использование «Системы интеллектуального анализа и диагностики заболеваний» могло производиться медицинским работником без специального дополнительного обучения. Применение ИНС также обладало дополнительными преимуществами: отсутствие необходимости подготовки больного к исследованию, возможность получения результатов сразу после возникновения заболевания (а принципиально и до этого момента), отсутствие временной задержки на обработку материала. Исследование также было неинвазивным.

ВЫВОДЫ

1. Предложен новый способ диагностики ЯБ, основывающийся на нейросетевом анализе данных о факторах риска больного. В ходе клинической апробации данный подход продемонстрировал уровни чувствительности 74,4%, $m = 4,3$ и специфичности – 93,3%, $m = 2,46$. Показатель АУС достиг 0,943.

2. Прогнозирование возраста вероятной госпитализации больных с ЯБ с применением ИНС, анализирующей факторы риска, обеспечило генерацию массива данных, показатель средней абсолютной ошибки (MAE) прогноза которого составил 1,8 года, $m = 0,11$ для обучающей группы и 1,9 года, $m = 0,15$ для группы клинической апробации. Модуль ошибки прогноза в группе клинической апробации не превысит 2,2 ($p = 0,95$) и 2,3 года ($p = 0,99$) соответственно.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

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

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Авторы заявляют об отсутствии финансирования.

СООТВЕТСТВИЕ ПРИНЦИПАМ ЭТИКИ

Исследование одобрено региональным этическим комитетом ФГБОУ ВО КГМУ Минздрава России (протокол № 4 от 9.03.2018 г.).

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Антонов А.Е., Лазаренко В.А., Новомлинец Ю.П. Хирургические аспекты условно-радикального лечения осложненной язвенной болезни. *Вестник новых медицинских технологий*. 2006; 13 (3): 150–152. [Antonov A.E., Lazarenko V.A., Novomlincev Yu.P. Surgical aspects of conditionally curative treatment of exacerbated peptic ulcer disease. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy – Journal of New Medical Technologies*. 2006; 13 (3): 150–152 (in Russ.)].
2. Лопухова В.А., Тарасенко И.В., Корневская Е.В. Исследование демографических процессов: преждевременная смертность и потерянные годы потенциальной жизни населения г. Курчатова. *Современные проблемы науки и образования*. 2017; (2): 113. [Lopukhova V.A., Tarasenko I.V., Korenevskaya E.V. Research of demographic processes: premature mortality and years of potential life lost among the citizens of Kurchatov-city. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya – Modern Problems of Science and Education*. 2017; (2): 113 (in Russ.)].
3. Кайланич Г.А., Лопухова В.А., Кайланич Е.А., Тарасенко И.В. Оценка качества стационарной медицинской

- помощи на основании формализованного интервью населения города Орла. *Современные проблемы науки и образования*. 2017; (2): 5. [Kaylanich G.A., Lopukhova V.A., Kaylanich E.A., Tarasenko I.V. Quality assessment of hospital care based on the formalized interview of the population Orel-city. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya – Modern Problems of Science and Education*. 2017; (2): 5 (in Russ.)].
4. Светлый А.И., Лопухова В.А., Тарасенко И.В., Клишкин А.С. Применение системы оценки технологий здравоохранения в принятии эффективных управленческих решений. *Журнал научных статей Здоровье и образование в XXI веке*. 2013; 15 (1–4): 234–235. [Svetlyy A.I., Lopukhova V.A., Tarasenko I.V., Klimkin A.S. The use of health technology assessment in making effective management decisions. *Zhurnal nauchnykh statej Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke – The Journal of Scientific Articles Health and Education Millenium*. 2013; 15 (1–4): 234–235 (in Russ.)].
 5. Лопухова В.А., Тарасенко И.В., Кайланич Г.А., Кайланич Е.А. Изучение качества внебольничной медицинской помощи в медицинских организациях города Орла. *Современные проблемы науки и образования*. 2016; (5). <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25383>. (Дата обращения: 28.11.2016). [Lopukhova V.A., Tarasenko I.V., Kaylanich G.A., Kaylanich E.A. The study of outpatient care quality in medical institutions of Orel-city. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya – Modern Problems of Science and Education*. 2016; (5). <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25383>. (access date 28.11.2016 (in Russ.)].
 6. Симонян Р.З., Кайланич Г.А., Лопухова В.А., Тарасенко И.В. Изучение качества медицинской помощи при оценке технологий здравоохранения. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016; (8): 185–187. [Simonyan R.Z., Kailanich G.A., Lopukhova V.A., Tarasenko I.V. The study of medical care quality in the health technology assessment. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovaniy*. 2016; (8): 185–187 (in Russ.)].
 7. Курамшина О.А., Кофанова Ю.А., Габбасова Л.В., Крюкова А.Я. Факторы риска развития гастроудоденальной патологии, роль образовательных программ в терапевтической коррекции у лиц молодого возраста. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2011; 6 (3): 19–23. [Kuramshina O.A., Kofanova Yu.A., Gabbasova L.V., Kryukova A.Ya. Risk factors of gastroduodenal pathology development. educational programmes in therapeutic strategies applied to youth. *Meditsinskiy vestnik Bashkortostana – Bashkortostan Medical Journal*. 2011; 6 (3): 19–23 (in Russ.)].
 8. Сошина А.А., Сергеева В.В., Зиняева Т.В. Особенности клинической картины и прогноз у пациентов, освидетельствованных в бюро медико-социальной экспертизы в связи с язвенной болезнью желудка и двенад-

- цатиперстной кишки. Казанский медицинский журнал. 2013; 94(1): 124–127. [Soshina A.A., Sergeeva V.V., Zinyaeva T.V. Clinical features and prognosis in patients examined in medical and social expertise bureaus in relation to peptic ulcer disease. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal – Kazan Medical Journal*. 2013; 94 (1): 124–127 (in Russ.)].
9. Мальшенко О.С., Белобородова Э.И., Вавилов А.М. Влияние возраста и типа поведения на течение язвенной болезни. *Терапевтический архив*. 2005; (2): 28–31. [Malyshenko O.S., Beloborodova E.I., Vavilov A.M. Impact of age and type of behavior on the course of ulcer disease. *Terapevticheskiy arkhiv – Therapeutic Archive*. 2005; (2): 28–31 (in Russ.)].
 10. Вахрушев Я.М., Ефремова Л.И., Белова Е.В. Сравнительная характеристика течения язвенной болезни в различные возрастные периоды. *Терапевтический архив*. 2004; (4): 15–18. [Vakhrushev Ya.M., Efremova L.I., Belova E.V. Age-related comparative characteristics of ulcer disease course. *Terapevticheskiy arkhiv – Therapeutic Archive*. 2004; (4): 15–18 (in Russ.)].
 11. Гребенев А.А., Шептулин А.А. Язвенная болезнь. М.: Медицина, 1995: 187. [Grebenev A.L., Sheptulin A.A. Ulcer Disease. M.: Meditsina Publ., 1995: 187 (in Russ.)].
 12. Лопатина В.В. Факторы риска в развитии язвенной болезни. *Здоровье населения и среда обитания*. 2011; (12): 16–18. [Lopatina V.V. Risk factors in the development of ulcer disease. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2011; (12): 16–18 (in Russ.)].
 13. Бойцов С.А., Самородская И.В., Третьяков В.В. Градиент смертности населения в возрасте 40–59 лет в субъектах Российской Федерации. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2014; (7): 106–111. [Boytsov S.A., Samorodskaya I.V., Tret'yakov V.V. Gradient of mortality of persons aged 40–59 in regions of the Russian federation. *Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk – Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2014; (7): 106–111 (in Russ.)].
 14. Galea S., Tracy M., Hoggatt K.J., Di Maggio C., Karpati A. Estimated deaths attributable to social factors in the United States. *Am. J. of Publ. Health*. 2011; 101 (8): 1456–1465.
 15. Карамнова Н.С., Шальнова С.А., Деев А.Д., Бойцов С.А. Привычки питания, характеризующие уровень сердечно-сосудистого здоровья в российской популяции. *Результаты эпидемиологического исследования эссе-РФ. CardioСоматика*. 2015; (S1): 47. [Karamnova N.S., Shal'nova S.A., Deev A.D., Boytsov S.A. Habits of nutrition, characterizing the level of cardiovascular health in the Russian population. *The results of the epidemiological study essay-RF. CardioSomatika*. 2015; (S1): 47 (in Russ.)].
 16. Rosenstock S., Jorgensen T., Bonnevie O., Andersen L. Risk factors for peptic ulcer disease: a population based prospective cohort study comprising 2416 Danish adults. *Gut*. 2003; (52): 186–93.
 17. Соловьева С.В. НПВП-гастропатии – проблема пожилых. *Академический журнал Западной Сибири*. 2012; (3): 28. [Solov'eva S.V. NSAID-gastropathies – the problem of the elderly. *Akademicheskii zhurnal Zapadnoy Sibiri – Academic Journal of West Siberia*. 2012; (3): 28 (in Russ.)].
 18. Константинова Е.Д., Вараксин А.Н., Жовнер И.В. Определение основных факторов риска развития неинфекционных заболеваний: метод деревьев классификации. *Гигиена и санитария*. 2013; (5): 69–72. [Konstantinova E.D., Varaksin A.N., Zhovner I.V. Identification of the main risk factors for non-infectious diseases: method of classification trees. *Gigiena i sanitariya*. 2013; (5): 69–72 (in Russ.)].
 19. Безруков Н.С., Еремин Е.А. Построение и моделирование адаптивной нейро-нечеткой системы в задаче медицинской диагностики. *Информатика и системы управления*. 2005; 2 (10): 36–46. [Bezrukov N.S., Eremin E.L. Construction and modeling of the adaptive neuro-fuzzy system in the problem of medical diagnostics. *Informatika i sistemy upravleniya – Information Science and Control Systems*. 2005; 2 (10): 36–46 (in Russ.)].
 20. Скворцова В.И. Семь принципов модернизации здравоохранения. *Вопросы экономики и управления для руководителей здравоохранения*. 2010; (5): 7–14. [Skvortsova V.I. Seven principles of organization of healthcare. *Voprosy ekonomiki i upravleniya dlja rukovoditelej zdavoobraneniya*. 2010; (5): 7–14 (in Russ.)].
 21. Лазаренко В.А., Антонов А.Е., Новомлинец Ю.П. Визуальная среда непараметрического корреляционного анализа факторов риска у больных с хирургической патологией. *Журнал научных статей Здоровье и образование в XXI веке*. 2017; 19 (4): 34–37. [Lazarenko V.A., Antonov A.E., Novomlinec Ju.P. Visual environment for nonparametric correlation analysis of risk factors in patients with surgical diseases. *Zhurnal nauchnykh statej Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke – The Journal of Scientific Articles Health and Education Millenium*. 2017; 19 (4): 34–37 (in Russ.)].
 22. Лазаренко В.А., Антонов А.Е., Прасолов А.В., Чурилин М.И. Проблема оптимизации регрессионного анализа в оценке факторов риска, влияющих на развитие хирургических заболеваний гепатопанкреатодуоденальной зоны. *Журнал научных статей Здоровье и образование в XXI веке*. 2017; 19 (5): 24–27. [Lazarenko V.A., Antonov A.E., Prasolov A.V., Churilin M.I. The problem of regression analysis optimization in evaluation of risk factors influencing the development of surgical diseases of hepatopancreatoduodenal zone. *Zhurnal nauchnykh statej Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke – The Journal of Scientific Articles Health and Education Millenium*. 2017; 19 (5): 24–27 (in Russ.)].
 23. Лазаренко В.А., Антонов А.Е. Роль социальных факторов риска в развитии язвенной болезни в Курской области. *Курский научно-практический вестник «Че-*

- люди и его здоровье». 2016; 2: 35–39. [Lazarenko V.A., Antonov A.E. The role of social risk factors in peptic ulcer development in Kursk Region. *Kurskij nauchno-prakticheskij vestnik "Chelovek i ego zdorov'e" – Kursk Scientific and Practical Bulletin "Man and His Health"*. 2016; 2: 35–39 (in Russ.)]. DOI: 10.21626/vestnik/2016-2/06.
24. Щепин В.О., Расторгуева Т.И., Проклова Т.Н. К вопросу о перспективных направлениях развития здравоохранения Российской Федерации. *Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья имени Н.А. Семашко*. 2012; (1): 147–152. [Shhepin V.O., Rastorgueva T.I., Proklova T.N. More on prospective directions of healthcare development in the Russian Federation. *Vjulleten' Nacional'nogo nauchno-issledovatel'skogo instituta obsbhestvennogo zdorov'ja imeni N.A. Semashko*. 2012; (1): 147–152 (in Russ.)].
25. Мустафаев А.Г. Применение искусственных нейронных сетей для ранней диагностики заболевания сахарным диабетом. *Кибернетика и программирование*. 2016; (2): 1–7. [Mustafaev A.G. Use of artificial neural networks in early diagnosis of diabetes mellitus disease. *Kibernetika i programirovanie – Cybernetics and Programming*. 2016; (2): 1–7 (in Russ.)]. DOI: 10.7256/2306-4196.2016.2.17904.
26. Лазаренко В.А., Антонов А.Е. Система интеллектуального анализа и диагностики заболеваний. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ (RU) № 2017613090. Заявитель ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России № 2016664120; 22.12.2016; опублик. 10.03.2017. [Lazarenko V.A., Antonov A.E. System for Intellectual Analysis and Diagnosis of Diseases. Certificate for State Registration of Programs for Computers (RU) no. 2017613090. Applicant FSBEI HE "Kursk State Medical University" MOH Russia no. 2016664120 on 22.12.2016; published on 10.03.2017 (in Russ.)].
27. Лазаренко В.А., Антонов А.Е. Опыт разработки программного комплекса для нейросетевой диагностики и прогнозирования заболеваний гепатопанкреатодуоденальной зоны. *Врач и информационные технологии*. 2017; (4): 132–140. [Lazarenko V.A., Antonov A.E. Experience of the development of the software package for neural network diagnosis and prediction of diseases of hepatopancreatoduodenal zone. *Physicians and IT*. 2017; (4): 132–140 (in Russ.)].
28. Лазаренко В.А., Антонов А.Е. Оценка качества функционирования искусственных нейронных сетей с логическими выходами в диагностике заболеваний гепатопанкреатодуоденальной зоны. *Казанский медицинский журнал*. 2017; 98 (6): 928–932. [Lazarenko V.A., Antonov A.E. Evaluation of the quality of functioning of artificial neural network with logic outputs in the diagnosis of diseases of hepatopancreatoduodenal zone. *Kazan Medical Journal*. 2017; 98 (6): 928–932 (in Russ.)]. DOI: 10.17750/КМЖ2017-928.

Поступила в редакцию 30.03.2018

Подписана в печать 15.05.2018

Лазаренко Виктор Анатольевич, д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой хирургических болезней, ректор, КГМУ, г. Курск. <http://orcid.org/0000-0002-2069-7701>.

Антонов Андрей Евгеньевич, канд. мед. наук, доцент, кафедра хирургических болезней, помощник ректора по общим вопросам, КГМУ, г. Курск. <http://orcid.org/0000-0001-5745-3586>.

Markapuram Vinodh Kumar, BEng (Mechanical Engineering) MDes (Product Design) M.Sc. (Computer Science), Senior Director & Centre Head (Mohali), Centre for Development of Advanced Computing, Mohali, Punjab, India. <https://orcid.org/0000-0002-2811-3352>.

Kareem Awad, BPharmScs MPharmScs in Biochemistry, Assistant Researcher (PhD candidate), Therapeutic Chemistry Department, Pharmaceutical Industry Division, National Research Center, Dokki, Cairo, Egypt; PhD Student (Dr. sc. Hum. candidate), Ruprecht-Karls University of Heidelberg, Germany. <https://orcid.org/0000-0003-1007-9632>.

(✉) Антонов Андрей Евгеньевич, e-mail: drantonov@mail.ru.

УДК 616.32/.345-006.6-018-097:577.152.34

<https://doi.org/10.20538/1682-0363-2018-3-88-95>

For citation: Lazarenko V.A., Antonov A.E., Markapuram V.K., Awad K. Experience of neuronet diagnosis and prediction of peptic ulcer disease by results of risk factors' analysis. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2018; 17 (3): 88–95.

Experience of neuronet diagnosis and prediction of peptic ulcer disease by results of risk factors' analysis

Lazarenko V.A.¹, Antonov A.E.¹, Markapuram V.K.², Awad K.^{3,4}

¹ *Kursk State Medical University (KSMU)*

3, K. Marx Str., Kursk, 305041, Russian Federation

² Centre for Development of Advanced Computing, Mohali
A-34, Phase-VIII, Industrial Area, Mohali -160071, (Near Chandigarh) Punjab, India

³ National Research Center
El. Bobouth Str., Dokki, Giza, Egypt PC 12622

⁴ Ruprecht-Karls University of Heidelberg
68167 Mannheim, Germany

ABSTRACT

Aim. To develop and verify a method for diagnosis of peptic ulcer based on neural network analysis of data on patients' risk factors.

Materials and methods. This article presents the results of a study based on materials on risk factors of 488 patients. The data was analyzed using internally developed artificial neural network (Certificate of State Registration of Program for Computers (RU) no. 2017613090).

The results of the study. The proposed approach demonstrated the levels of sensitivity of 74.4%, $m = 4.3$ and specificity of 93.3%, $m = 2.46$ during clinical testing.

The prediction of the age of probable hospitalization ensured the generation of an array of data for which the Mean Absolute Error (MAE) of the prognosis was 1.8 years, $m = 0.11$ in the training set and 1.9 years, $m = 0.15$ in the clinical testing set. The maximum of absolute prognosis error in the clinical testing set did not exceed 2.2 at $p = 0.95$ and 2.3 years at $p = 0.99$.

Conclusion. A new method is proposed for diagnosis of peptic ulcer based on a neural network analysis of data on patients' risk factors. During clinical testing of the model, this approach demonstrated Area Under the Curve (AUC) levels reaching 0.943. The use of the artificial neural network also made it possible to predict the age of probable hospitalization. The use of the neural network demonstrated additional advantages including: non-invasiveness, the lack of need to prepare the patient for the study and the possibility to obtain results immediately after the onset of the disease without a time delay for sample processing.

Key words: artificial neural network, neuronet, multilayer perceptron, diagnosis, diagnostics, peptic ulcer disease, artificial intelligence, prognosis.

CONFLICT OF INTEREST

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

SOURCE OF FINANCING

The authors state that there is no funding for the study.

CONFORMITY WITH THE PRINCIPLES OF ETHICS

The study approved by the local ethics committee under the KSMU (Protocol No. 4 of 9.03.2018).

Received 30.03.2018

Accepted 15.05.2018

Lazarenko Viktor A., DM, Professor, Chair of the Department Surgical Diseases, Rector, KSMU, Kursk, Russian Federation.

Antonov Andrey E., PhD, Associate Professor, Department Surgical Diseases, Assistant Rector for Cross-Cutting Issues, KSMU, Kursk, Russian Federation.

Markapuram Vinodh Kumar, BEng (Mechanical Engineering) MDes (Product Design) M.Sc. (Computer Science), Senior Director & Centre Head (Mohali), Centre for Development of Advanced Computing, Mohali, Punjab, India.

Awad, Kareem, BPharmScs MPharmScs in Biochemistry, Assistant Researcher (PhD candidate), Therapeutic Chemistry Department, Pharmaceutical Industry Division, National Research Center, Dokki, Cairo, Egypt; PhD Student (Dr. sc. Hum. candidate), Ruprecht-Karls University of Heidelberg, Germany.

(✉) Antonov Andrey E., e-mail: drantonov@mail.ru.