

В.А. Лазаренко, А.Е. Антонов, А.В. Прасолов, М.И. Чурилин

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗДОРОВЬЯ У ПАЦИЕНТОВ С ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ГЕПАТОПАНКРЕАТОДУОДЕНАЛЬНОЙ ЗОНЫ

УДК [616.366-002+616.37-002+616.342]
-037:004.9:31

Работа посвящена актуальной проблеме контроля функционирования искусственных нейронных сетей при прогнозировании количественных показателей здоровья больных с патологиями гепатопанкреатодуоденальной зоны. В статье содержится перечень и подробное математическое описание биостатистических методик, а также приводится опыт их практического применения на примере оценки вероятной госпитализации пациентов с язвенной болезнью, холециститом и панкреатитом.

Ключевые слова: язвенная болезнь, холецистит, панкреатит, биомедицинская статистика, многослойный перцептрон, искусственный интеллект, нечеткая логика, искусственная нейронная сеть, прогнозирование.

The paper is devoted to the up-to-date problem of monitoring the functioning of artificial neural networks in predicting the quantitative health indicators in patients with pathologies of the hepatopancreatoduodenal zone. The article contains the list and detailed mathematical description of biostatistical techniques, as well as experience of their practical application on the example of forecasting the age of probable hospitalization of patients with peptic ulcer, cholecystitis and pancreatitis.

Keywords: peptic ulcer, cholecystitis, pancreatitis, biomedical statistics, multilayer perceptron, artificial intelligence, fuzzy logic, artificial neural network, forecasting.

Введение. Организация здравоохранения в современном обществе предусматривает системный подход к принятию решений [10, 2, 3]. В вопросах прогнозирования показателей здоровья у больных с язвенной болезнью, холециститом и панкреатитом приобретают особое значение адаптированные математические программные комплексы [5, 11, 6], а также автоматизированные системы управления, в основе которых положены принципы искусственных нейронных сетей (ИНС) [1, 12, 13]. Такие средства признаются наиболее перспективными и удобными благодаря их способности обрабатывать сложные данные [8, 7], обладающие признаками паутиной причинности [4]. Однако интеллектуальные системы нуждаются в механизмах контроля их функционирования.

Целью нашего исследования явилось: в социально-гигиеническом исследовании осуществить подбор оптимальных биостатистических ме-

тодов контроля функционирования искусственных нейронных сетей (ИНС), предназначенных для прогнозирования количественных показателей здоровья пациентов с заболеваниями гепатопанкреатодуоденальной зоны, а также изучить возможности их практического применения.

Материал и методы исследования. В исследовании приняли участие 385 пациентов, проходивших лечение в стационарах г. Курск по поводу заболеваний гепатопанкреатодуоденальной зоны – язвенной болезни, холецистита и панкреатита. Математический аппарат реализовывался в программном средстве собственной разработки – «Системе интеллектуального анализа и диагностики заболеваний» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017613090). Система обладала функционалом для создания, настройки и обучения ИНС типа многослойный перцептрон. В качестве активационной функции применялся гиперболический тангенс. Размерность входного вектора сети составляла 16. Использовались сведения о наличии вредных привычек, поле, годе рождения, наличии инвалидности, отягощенности наследственного анамнеза, профессиональных вредностях и др. Сеть включала в себя 10–14 нейронов в каждом из 3 скрытых слоев. В качестве основного выходного показателя использовался возраст вероятной госпитализации. Переобучение сети контролировалось с применением метода кросс-проверок, для которого

обучающее множество разбивалось случайным образом на две части. Для обучения применялись сведения о 355 больных, контроль проводился на материале 30 пациентов.

Результаты и обсуждение. Активационная функция – гиперболический тангенс, принимает значения $OUT \in \mathbb{R} \wedge OUT \in (-1; 1)$ и в таком виде не может быть интерпретирована пользователем для оценки количественного показателя здоровья больного. Полученная величина (y) может адаптироваться с использованием статистики обучающего множества по формуле:

$$y_{dN} = y \times \max(z_{\max} - Mz, Mz - z_{\min}) + Mz, \quad (1)$$

где Mz , z_{\max} и z_{\min} – соответственно среднее, максимальное и минимальное значение данного выхода в обучающем множестве.

Адаптированное значение y_{dN} вполне пригодно для дальнейшей практической оценки и имеет те же единицы измерения, что и выход обучающего множества, например, годы. Тем не менее, данная величина нуждается в статистической проверке. В нашем исследовании мы применили следующие расчетные величины:

1. Средняя ошибка mz средней эмпирической Mz , вычисляемая исходя из объективных данных выхода z обучающего множества.

2. Среднее расчетное M_{ydN} и его средняя ошибка m_{ydN} определяются на основе значений показателя y_{dN} , получаемых в результате работы ИНС.

ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» МЗ России: **ЛАЗАРЕНКО Виктор Анатольевич** – д.м.н., проф., ректор, зав. кафедрой, kurskmed@mail.ru, **АНТОНОВ Андрей Евгеньевич** – к.м.н., доцент, помощник ректора, drantonov@mail.ru, **ЧУРИЛИН Михаил Иванович** – ассистент кафедры; **ПРАСОЛОВ Александр Владимирович** – д.м.н., зав. отделом Областного гос. казённого учрежд. здравоохранения особого типа «Областной центр медицинской профилактики» (г. Белгород), drdeath@mail.ru.

Вычисление средних и их ошибок проводится традиционно.

3. Критерий χ^2 был избран в целях подтверждения или опровержения гипотезы об отсутствии различия между фактическими и прогнозируемыми показателями в выборочной совокупности. Вычисление показателя проводится по формуле:

$$\chi^2 = \sum \frac{(z - y_{dN})^2}{y_{dN}}, \quad (2)$$

где z – эмпирические значения показателя, y_{dN} – прогнозируемое значение показателя.

Значимость гипотезы (α) оценивается по результатам сравнения критерия χ^2 с критическими точками, известными из таблиц для числа степеней свободы $k = n - 1$.

4. Средняя ошибка прогноза ME вычисляется как среднее арифметическое от разности между фактическим и прогнозируемым значением изучаемого количественного показателя (с изменениями по [9]):

$$ME = \frac{\sum d}{n}, \quad (3)$$

где $d = z - y_{dN}$

Знак данного показателя позволяет оценить, является ли прогноз завышенным или заниженным, а его модуль указывает на величину ошибки.

5. Средний квадрат ошибки прогноза MSE позволяет оценить работу ИНС в целом и вычисляется как:

$$MSE = \frac{\sum d^2}{n}. \quad (4)$$

6. Средняя абсолютная ошибка прогноза MAE вычисляется подобно ME по формуле:

$$MAE = \frac{\sum |d|}{n}. \quad (5)$$

Для MAE возможно вычисление средней ошибки $mMAE$ по общим правилам.

7. Значения MAE и $mMAE$, полученные на предыдущем этапе расчета, целесообразно применять для вычисления наглядной величины – максимальной абсолютной ошибки прогноза $|d_{\max 99}|$ (6) и $|d_{\max 95}|$ (7):

$$|d_{\max 99}| = MAE + z_{p_{99}} \times mMAE, \quad (6)$$

$$|d_{\max 95}| = MAE + z_{p_{95}} \times mMAE, \quad (7)$$

где $z_{p_{99}}$ и $z_{p_{95}}$ – 99-й и 95-й перцентили стандартного нормального распределения соответственно.

$|d_{\max 99}|$ и $|d_{\max 95}|$ представляют собой числа, которые не превысят модуль

Результаты обучения ИНС по определению возраста вероятной госпитализации больных с заболеваниями гепатопанкреатодуоденальной зоны, $n = 385$

Показатель	Возраст вероятной госпитализации
Среднее значение фактическое, Mz , лет	52,86
Средняя ошибка, mz , лет	0,83
Среднее значение расчётное, M_{ydN} , лет	53,31
Средняя ошибка, m_{ydN} , лет	0,83
Критерий χ^2	47,13
Значимость, α	$\leq 0,001$
Средняя ошибка прогноза, ME , лет	-0,45
Средний квадрат ошибки прогноза, MSE , лет ²	6,02
Средняя абсолютная ошибка, MAE , лет	1,87
Средняя ошибка, $mMAE$, лет	0,08
Ошибка прогноза не превысит (перцентиль p_{95}), лет	2,00
Ошибка прогноза не превысит (перцентиль p_{99}), лет	2,06
Средняя процентная ошибка, MPE , %	-1,01
Средняя абсолютная процентная ошибка, $MPAE$, %	4,03

ошибки прогноза $|d|$ с вероятностью 99 или 95%.

8. Средняя процентная ошибка MPE подобно ME позволяет оценить смещение прогноза:

$$MPE = \frac{\sum \frac{d}{z}}{n} \times 100. \quad (8)$$

Для правильно обученной ИНС $|MPE|$ не должен превышать 5%.

9. Средняя абсолютная процентная ошибка $MPAE$ подобна MAE , но позволяет оценить ошибку в масштабе величины показателя:

$$MPAE = \frac{\sum \frac{|d|}{z}}{n} \times 100. \quad (9)$$

При $MPAE \leq 10\%$ точность прогноза признается высокой, при $10\% < MPAE \leq 20\%$ – хорошей, при $20\% < MPAE \leq 50\%$ – удовлетворительной, при $MPAE > 50\%$ – неудовлетворительной. Величины MPE и $MPAE$ являются нормализованными и поэтому могут использоваться для сравнения выходов ИНС, имеющих неодинаковые единицы измерения и масштабы, а также различных ИНС между собой.

В качестве выборочной совокупности для проведения статистического анализа качества работы ИНС возможно использование как всего обучающего множества, так и меньшего числа единиц наблюдения. В данном случае выбор единиц наблюдения для расчета показателей производится случайным образом.

Результаты расчета могут представляться в виде таблицы. Такое представление результатов анализа позволяет исследователю, не обладающему специальными математически-

ми знаниями, наглядно ознакомиться с оценкой качества обучения ИНС, а также контролировать работу обученной сети в клинических условиях.

Вывод. Наиболее удобными и информативными математическими средствами оценки качества работы ИНС при прогнозировании количественных показателей здоровья больных с заболеваниями гепатопанкреатодуоденальной зоны являются различные виды ошибок прогноза (средняя ошибка, средняя абсолютная ошибка, средняя абсолютная процентная ошибка и др.). Целесообразно вычислять максимальную абсолютную ошибку прогноза (для $p=0,05$ и $p=0,01$), повышающую наглядность представления результатов, а также критерий χ^2 , с помощью которого оценивается гипотеза об отсутствии различий между массивами расчетных и эмпирических количественных показателей.

Литература

- Жариков О.Г. Экспертные системы в медицине / О.Г. Жариков, А.А. Литвин, В.А. Ковалёв // Мед. новости. – 2008. – № 10. – С. 15–18.
- Zharikov O.G. Expert systems in medicine / O.G. Zharikov // Medical News. – 2008. – № 10. – P. 15–18.
- Изучение качества внебольничной медицинской помощи в медицинских организациях города Орла / В.А. Лопухова, И.В. Тарасенко, Г.А. Кайланич, Е.А. Кайланич // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 5. [Электронный ресурс] <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25383>. (Дата обращения: 28.11.2016).
- The study of outpatient care quality in medical institutions of Orel / V.A. Lopuhova, I.V. Tarasenko, G.A. Kajlanich, E.A. Kajlanich // Modern problems of science and education. – 2016. – № 5. [Electronic resource] <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25383>. (Accessed on: 28.11.2016)..

3. Изучение качества медицинской помощи при оценке технологий здравоохранения / Р.З. Симонян, Г.А. Кайланич, В.А. Лопухова, И.В. Тарасенко // *Междунар. ж-л прикладных и фундаментальн. исслед.* – 2016. – № 8. – С. 185-187.

The study of medical care quality in the health technology assessment / R.Z. Simonyan, G.A. Kailanich, V.A. Lopukhova, I.V. Tarasenko // *International journal of applied and fundamental research.* – 2016. – №8. – P. 185-187.

4. Константинова Е.Д. Определение основных факторов риска развития неинфекционных заболеваний: метод деревьев классификации / Е.Д. Константинова, А.Н. Варакин, И.В. Жовнер // *Гигиена и санитария.* – 2013. – № 5. – С. 69–72.

Konstantinova E.D. Identification of the main risk factors for non-infectious diseases: method of classification trees / E.D. Konstantinova, A.N. Varaksin, I.V. Zhovner // *Hygiene and sanitary.* – 2013. – № 5. – P. 69–72.

5. Лазаренко В.А. Визуальная среда непараметрического корреляционного анализа факторов риска у больных с хирургической патологией / В.А. Лазаренко, А.Е. Антонов, Ю.П. Новомлинец // *Здоровье и образование в XXI веке: ж-л науч. ст.* – 2017. – Т. 19, № 4. – С.34-37.

Lazarenko V.A. Visual environment for nonparametric correlation analysis of risk factors in patients with surgical diseases / V.A. Lazarenko, A.E. Antonov, Ju.P. Novomlinec // *The Science and education in the XXI century: journal of scientific articles.* – 2017. – № 19 (4). – P. 34-37.

6. Лазаренко В.А. Роль социальных факторов риска в развитии язвенной болезни в курской области / В.А. Лазаренко, А.Е. Антонов //

Человек и его здоровье: Курский науч.-практ. вестн. – 2016. – № 2. – С. 35-39. DOI: 10.21626/vestnik/2016-2/06.

Lazarenko V.A. The Role of Social Risk Factors in Peptic Ulcer Development in Kursk Region / V.A. Lazarenko, A.E. Antonov // *Kursk Scientific and Practical Bulletin «Man and His Health».* – 2016. – № 2. – P. 35-39. DOI: 10.21626/vestnik/2016-2/06

7. Мустафаев А.Г. Применение искусственных нейронных сетей для ранней диагностики заболевания сахарным диабетом / А.Г. Мустафаев // *Кибернетика и программирование.* – 2016. – № 2. – С. 1–7. DOI: 10.7256/2306-4196.2016.2.17904.

Mustafaev A.G. Use of artificial neural networks in early diagnosis of diabetes mellitus disease / A.G. Mustafaev // *Cybernetics and programming.* – 2016. – № 2. – P. 1–7. DOI: 10.7256/2306-4196.2016.2.17904.

8. Новые технологии прогнозирования риска развития ИБС / С. Горохова, О. Атьков, А. Сбоев [и др.] // *Врач.* – 2011. – №14. – С.22–25.

New technologies for predicting the risk of coronary heart disease / S. Gorohova, O. At'kov A. Sboev [et al.] // *Vrach.* – 2011. – № 14. – P.22–25.

9. Показатели точности прогноза [Электронный ресурс]. – http://studopedia.ru/17_33823_pokazateli-tochnosti-progoza.html (дата обращения 28.03.2017).

Indexes of prognosis accuracy [Electronic resource]. – http://studopedia.ru/17_33823_pokazateli-tochnosti-progoza.html (Accessed on: 28.03.2017).

10. Применение системы оценки технологий здравоохранения в принятии эффективных управленческих решений / Л.И. Светый, В.А. Лопухова, И.В. Тарасенко, А.С. Климин //

Здоровье и образование в XXI веке: ж-л науч. ст. – 2013. – Т. 15, № 1-4. – С. 234-235.

The use of health technology assessment in making effective management decisions / L.I. Svetyy, V.A. Lopukhova, I.V. Tarasenko, A.S. Klimkin // *The Science and education in the XXI century: journal of scientific articles.* – 2013. – № 15 (1-4). – P. 234-235.

11. Проблема оптимизации регрессионного анализа в оценке факторов риска, влияющих на развитие хирургических заболеваний гепатопанкреатодуоденальной зоны / В.А. Лазаренко, А.Е. Антонов, А.В. Прасолов, М.И. Чурилин // *Там же.* – 2017. – Т. 19, № 5. – С.24-27.

The problem of regression analysis optimization in evaluation of risk factors influencing the development of surgical diseases of hepatopancreatoduodenal zone / V.A. Lazarenko, A.E. Antonov, A.V. Prasolov, M.I. Churilin // *ib id.* – 2017. – № 19 (5). – P. 24-27

12. Чубукова И.А. Data Mining / И.А. Чубукова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 324 с.

Chubukova I.A. Data Mining / I.A. Chubukova. – М.: BINOM. Laboratory of knowledge, 2008. – 324 p.

13. Щепин В.О. К вопросу о перспективных направлениях развития здравоохранения Российской Федерации / В.О. Щепин, Т.И. Расторгуева, Т.Н. Проклова // *Бюлл. Национальн. науч.-исслед. ин-а обществ. здоровья им. Н.А. Семашко.* – 2012. – № 1. – С. 147–152.

Shhepin V.O. Towards prospective directions of healthcare development in the Russian Federation / V.O. Shhepin, T.I. Rastorgueva, T.N. Proklova // *Bulletin of National research institute of public health imeni N.A. Semashko.* – 2012. – № 1. – P. 147–152.

В.Г. Банзаракшеев, Я.Г. Разуваева

ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ И ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ПЕЧЕНИ БЕЛЫХ КРЫС ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ДИСЛИПИДЕМИИ И ЕЕ КОРРЕКЦИИ

УДК 616-092.9:615.322

В эксперименте проведена морфофункциональная оценка изменений печени крыс при дислипидемии и ее фитотерапевтической коррекции. Установлено, что назначение атерогенной диеты сопровождается увеличением содержания в крови общего холестерина, триглицеридов, холестерина липопротеинов низкой плотности и снижением уровня холестерина липопротеинов высокой плотности. На этом фоне в печени развиваются патоморфологические изменения в форме жирового гепатоза, некробиоза и нарушений кровообращения. Кроме того, в гомогенатах печени крыс наблюдаются повышение концентрации малонового диальдегида и угнетение активности каталазы. Вместе с тем, курсовое введение фитосредства нормализует показатели липидного обмена, повышает в гомогенатах печени активность каталазы и снижает содержание малонового диальдегида, а также уменьшает выраженность патоморфологических изменений в печени. По-видимому, поливалентный эффект фитосредства обусловлен содержанием в его компонентах комплекса биологически активных веществ, оказывающих гиполипидемическое, антиоксидантное и гепатопротекторное действие.

Ключевые слова: дислипидемия, печень, перекисное окисление липидов, фитосредство.

In the experiment, a morphofunctional assessment of liver changes in rats with dyslipidemia and its phytotherapeutic correction was performed. It was found that the appointment of an atherogenic diet is accompanied by an increase in the total blood cholesterol, triglycerides, low density lipoproteins cholesterol and a decrease in the level of high density lipoproteins cholesterol. Against this background, the liver develops pathomorphological changes in the form of fatty hepatosis, necrobiosis and circulatory disorders. In addition, an increase in malonic dialdehyde concentration and inhibition of catalase activity are observed in rats liver homogenates. At the same time, the course introduction of phytotherapy normalizes the lipid metabolism, raises the activity of catalase in liver homogenates and reduces the content of malonic dialdehyde, and also reduces the severity of pathomorphological changes in the liver. Apparently, the polyvalent

БАНЗАРАКШЕЕВ Виталий Гамбалович – к.м.н., доцент Медицинского университета Бурятского государственного университета, gambalovi4@mail.ru; **РАЗУВАЕВА Янина Геннадьевна** – д.б.н., с.н.с. Института общей и экспериментальной биологии СО РАН (г. Улан-Удэ), tatur75@mail.ru.