

**Р.Л. Баранов¹, О.В. Родионов¹,
О.В. Судаков², Н.Ю. Алексеев², Е.А. Фурсова²**

ПОСТРОЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОЗВОНОЧНИКА НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

¹ГБОУ ВО Воронежский государственный технический университет,

²ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России

Резюме. Патология системы опорно-двигательного аппарата неуклонно растет. Особое место занимает патология позвоночника. В своей работе мы рассмотрели реализацию нейросетевой модели, обеспечивающей информационную поддержку принимаемых лечащим врачом решений при диагностике патологии позвоночника с проведением количественной оценки влияния различных диагностических показателей на выходной сигнал сети. Проведена проверка работоспособности построенного информационного комплекса.

Ключевые слова: нейросетевое моделирование, экспертная система, позвоночник.

Сосудистые поражения нервной системы в настоящее время являются наиболее важной проблемой в клинической неврологии. Исключительное внимание к сосудистой патологии мозга, цереброваскулярным заболеваниям объясняется, прежде всего, их широкой распространенностью. Современные условия жизни (неблагоприятная экологическая обстановка, частые стрессы, усложнение процессов трудовой деятельности, недостаток физической активности) способствуют также увеличению заболеваемости среди молодых людей. Это приобретает социальную значимость, поскольку затрагивает трудоспособные слои населения. В структуре смертности взрослого населения большинства экономически развитых стран смертность от цереброваскулярных заболеваний составляет 12-15%. В то же время отмечается, что сосудистые кризы встречаются гораздо чаще при недостаточности кровообращения в вертебрально-базилярном бассейне [1,2,4,6,7,25].

Вертебрально-базилярная недостаточность (ВБН) – это обратимое нарушение функций мозга, вызванное уменьшением кровоснабжения области, питаемой позвоночными и основной артериями. Основными причинами ВБН являются сочетание атеросклеротического поражения позвоночных артерий с экстравазальными воздействиями [5,13,14,16,17].

В то же время ощущается острая необходимость выработки оптимальных процедур принятия решения при диагностике и выборе тактики лечения ВБН. В связи с этим, моделирование диагностики пациентов с патологией шейного отдела позвоночника (ШОП), влияющей на кровоток в позвоночных артериях представляется весьма важной задачей [15,23,24].

Применения математических методов решения задач диагностики, имитационного моделирования, а также использование компьютерных технологий как средства, позволяющего принять во внимание большое количество диагностических признаков с учетом их индивидуального коэффициента значимости, позволяют значительно повысить качество диагностики таких пациентов [3,8-10,24].

В шейном отделе позвоночника выражен физиологический лордоз (изгиб кпереди). Определение степени выраженности физиологического изгиба и проведение дифференциальной диагностики между нормальной кривизной и патологической является главной задачей на этапе рентгенологического исследования. Согласно общепринятой практике, изменение лордоза можно представить в виде трех вариантов: нормальный лордоз (или нормолордоз), уплощенный или выпрямленный лордоз (гиполордоз) и кифозирование (кифотическая установка).

Для моделирования процесса диагностики степени кривизны ШОП была разработана искусственная нейронная сеть (ИНС), представляющая собой многослойный персептрон с прямым распространением информации.

Нейросетевые модели рекомендуется применять для отыскания скрытых закономерностей в запутанных данных. Несмотря на их большую вычислительную трудоёмкость, они помогают получить более точный результат. При этом обучение нейронной сети сводится к задаче построения полинома от элементарных функций, для которого на некотором обучающем множестве входных значений переменных x_1, \dots, x_n заданы промежутки, в которые попадают значения полинома [9,12,18,19,20,22].

В качестве исходной информационной базы для обучения нейросети (обучающая выборка) были взяты результаты рентгенологического обследования 95 пациентов с симптомами ВБН, разделённых на три подгруппы в соответствии со степенью выраженности лордоза (изгиба ШОП кпереди): 1 подгруппа – пациенты с нормальным лордозом (нормолордозом) – 30 человек; 2 подгруппа – пациенты с уплощенным или выпрямленным лордозом (гиполордозом) – 45 человек; и 3 подгруппа – пациенты с кифозированием ШОП (кифотической установкой) – 20 человек. В тестовую выборку были включены 23 пациента: 1 подгруппа – 8 человек; 2 подгруппа – 11 человек и 3 подгруппа – 4 человека. Также была сформирована контрольная группа из 7 человек: 1 подгруппа – 2 человека; 2 подгруппа – 3 человека и 3 подгруппа – 2 человека [11,15,17,21].

Обучение нейросети осуществлялось с помощью пакета Deductor 5.0. Всё множество исходных данных было разделено на три подмножества: обучающее, тестовое и валидационное. Обучение проводилось в режиме с кросс-проверкой на тестовом подмножестве. Валидационное подмножество использовалось в качестве дополнения для независимого контроля качества обученной нейронной сети. В качестве функции активации была выбрана сигмоида.

Для оценки состояния пациента использовалась совокупность показателей, характеризующих степень выраженности физиологического изгиба шейного отдела позвоночника: X1 – верхний угол лордоза (ВУЛ, град.); X2 – нижний угол лордоза (НУЛ, град.); X3, X4, X5, X6, X7, X8 – расстояния от прямой ATh1, соединяющей позвонок C1 и Th1, до позвонков C2-C7 соответственно (мм).

Граф полученной нейронной сети включает в себя 8 входных и 1 выходной узел, а также скрытый слой из 5 нейронов (рис. 1).

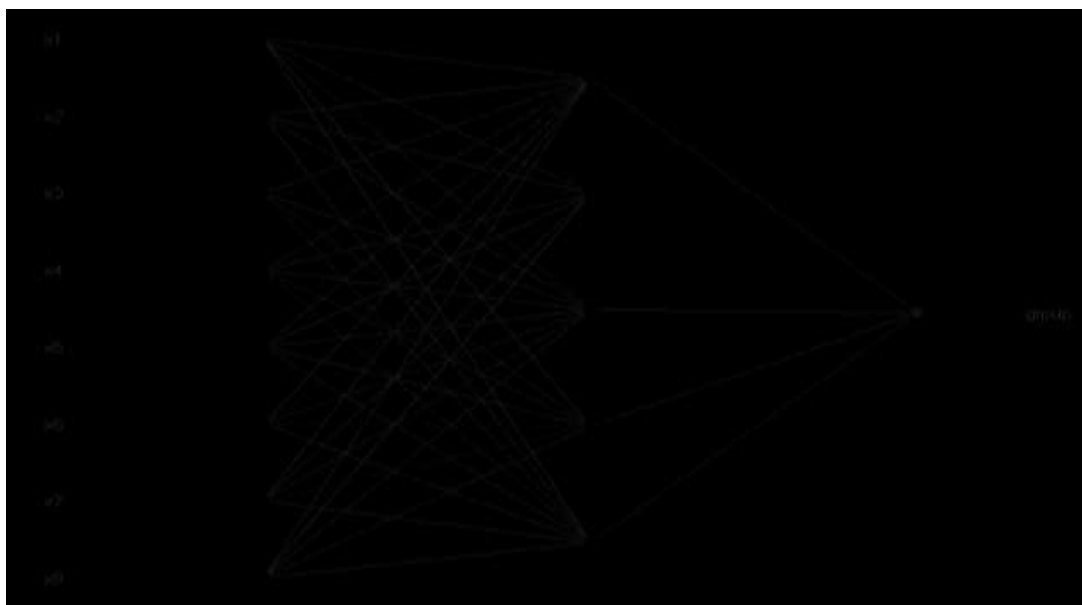


Рис. 1. Граф нейронной сети

Таблица сопряжённости для обучающей выборки и для тестового множества представлена на рис. 2.

Граф нейросети X Что-если X Обучающий набор				
group				
Фактически	Классифицировано			Итого
	1	2	3	
1	30			30
2		44		44
3			21	21
Итого	30	44	21	95

А

Граф нейросети X Что-если X Обучающий набор X				
group				
Фактически	Классифицировано			Итого
	1	2	3	
1	8			8
2		11		11
3		1	3	4
Итого	8	12	3	23

В

Рис. 2. Таблицы сопряжённости для А – обучающей выборки; В – тестового множества

В процессе проверки разработанной нейросетевой модели выявлен один случай неверной постановки диагноза в тестовой и контрольной выборке, что соответствует достоверности постановки диагноза на уровне 96,7% и говорит о её высокой точности.

Литература.

1. Алгоритмизация процесса выявления патологии в шейном отделе позвоночника при проведении общей анестезии / Р.Л. Баранов, Л.И. Фирсова, О.В. Судаков, Н.Ю. Алексеев // Прикладные информационные аспекты медицины. 2015. Т. 18. № 2. С. 11-15.
2. Алексеев Н.Ю. Боль в спине – новые возможности лечения / Н.Ю. Алексеев, Н.Ю. Кузьменко, Ю.Н. Алексеев // Инновационный Вестник Регион. 2008. № 2. С. 51-53.

3. Алексеев Н.Ю. Моделирование тяжелых форм острого токсического гепатита / Н.Ю. Алексеев, Н.Ю. Кузьменко, О.В. Судаков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2012. Т. 11. № 2. С. 481-484.
4. Алексеев П.Ю. Тревожно-депрессивные расстройства у больных с острым, подострым и хроническим синдромом боли в нижних отделах спины / П.Ю. Алексеев, Н.Ю. Кузьменко, Н.Ю. Алексеев // Прикладные информационные аспекты медицины. 2012. Т. 15. № 1. С. 3-7.
5. Баранов Р.Л. Алгоритмизация диагностики и лечения вертебрально-базиллярной недостаточности на основе анализа клинических признаков / Р.Л. Баранов, О.В. Родионов, В.М. Фролов // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2010. Т. 9. № 1. С. 153-156.
6. Баранов Р.Л. Моделирование и алгоритмизация диагностики и рационального выбора тактики лечения вертебрально-базиллярной недостаточности / Р.Л. Баранов, О.Е. Работкина, О.В. Родионов // монография. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2008. 96с.
7. Баранов Р.Л. Разработка нейросетевой модели диагностики пациентов с патологией шейного отдела позвоночника на основе данных рентгенологического исследования / Р.Л. Баранов, О.В. Родионов, О.Е. Работкина // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 8. С. 8-10.
8. Выбор тактики лечения осложнений сахарного диабета на основе нейросетевого моделирования / Д.В. Судаков, Е.Н. Коровин, О.В. Родионов, О.В. Судаков, Е.А. Фурсова // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2014. Т. 13. № 3. С. 592-597.
9. Есауленко И.Э. Мониторинг здоровья учащейся молодежи на основе компьютерных технологий / И.Э. Есауленко, Т.Н. Петрова, О.В. Судаков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2014. Т. 13. № 2. С. 483-487.
10. Математическая модель, используемая для исследования вариабельности ритма сердца на длительных временных интервалах / А.В. Свиридова, О.В. Судаков, О.В. Родионов, Н.Ю. Алексеев // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2007. Т. 6. № 1. С. 109-113.
11. Математическое, алгоритмическое и программное обеспечение информационного комплекса поддержки принятия врачебных решений у пациентов с сахарным диабетом и артериальной гипертензией / О.В. Судаков, Н.А. Гладских, Е.В. Богачева, Н.Ю. Алексеев, О.А. Андросова // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2015. Т. 14. № 4. С. 815-819.
12. Основные этапы и особенности обработки статистической информации в процессе судебно-медицинской идентификации личности с целью построения моделей недостающих частей тела по имеющимся / В.И. Бахметьев, Д.В. Бавыкин, Д.В. Судаков, О.В. Судаков // Прикладные информационные аспекты медицины. 2015. Т. 18. № 5. С. 27-33.
13. Пат. 2166923 Россия, МПК: 7А 61Н 1/00 А, 7А 61Н 9/00 В. Способ лечения заболеваний позвоночника
14. Пат. 2199300 Россия, МПК: 7А 61Н 7/00 А, 7А 61Н 23/00 В. Способ лечения миофасциальных болей и устройство для его осуществления
15. Петрова Т.Н. Анализ состояния здоровья студентов высших учебных заведений города Воронежа / Т.Н. Петрова, О.В. Судаков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2012. Т. 11. № 1. С. 217-221.
16. Петрова Т.Н. Комплексный подход к оценке состояния здоровья студентов медицинского вуза / Т.Н. Петрова, О.В. Судаков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2012. Т. 11. № 1. С. 121-128.
17. Петрова Т.Н. Сравнительный анализ состояния здоровья студенческой молодежи в зависимости от профиля вуза / Т.Н. Петрова, О.В. Судаков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2012. Т. 11. № 3. С. 804-809.

18. Построение адаптивного алгоритма процесса лечения больных сахарным диабетом и артериальной гипертензией / О.В. Родионов, Е.Н. Коровин, О.В. Судаков, Е.А. Фурсова, Д.В. Судаков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2014. Т. 13. № 3. С. 688-690.

19. Построение информационного комплекса поддержки принятия врачебных решений в лечебно-диагностическом процессе больных сахарным диабетом в сочетании с артериальной гипертензией / О.В. Судаков, Т.Н. Петрова, Н.Ю. Алексеев, Е.А. Фурсова // Прикладные информационные аспекты медицины. 2015. Т. 18. № 6. С. 4-9.

20. Построение математической модели выбора вида лечебного воздействия у пациентов с синдромом диабетической стопы по результатам предварительной обработки информации / Д.В. Судаков, О.В. Родионов, Е.Н. Коровин, О.В. Судаков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2012. Т. 11. № 4. С. 869-872.

21. Судаков О.В. Построение прогностической математической модели, базирующейся на параметрах сердечного ритма для оценки тяжести сердечных заболеваний / О.В. Судаков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2007. Т. 6. № 1. С. 201-208.

22. Фурсова Е.А. Применение нейросетевого моделирования для поддержки принятия решений при диагностике хронической сердечной недостаточности / Е.А. Фурсова, Е.И. Новикова, О.В. Судаков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2009. Т. 8. № 2. С. 410-413.

23. Эффективность применения вакуумно-мембранного мышечно-скелетного вытяжения в комплексном лечении синдрома боли в нижних отделах спины / Н.Ю. Алексеев, Ю.Н. Алексеев, Н.Ю. Кузьменко, Э.В. Минаков // Практическая медицина. 2011. № 3-1 (50). С. 56.

24. Alexeev Yu. N., Alexeeva N. V., Alexeev N. Yu., Alexeeva N. Yu., Alexeev P. Yu.//International Journal on Immunorehabilitation. -Jull, 1998. -№ 8. -P. 165.

Abstract.

R.L. Baranov¹, O.V. Rodionov¹

O.V. Sudakov², N.Y. Alexeev², E.A. Fursova²

CONSTRUCTION OF THE INFORMATION SYSTEM OF EVALUATION OF DIAGNOSIS AND TREATMENT OF SPINE DISEASES BASED ON THE NEURAL NETWORK MODELING

1Voronezh State technical University

2Voronezh State Medical University

Pathology of the musculoskeletal system is steadily growing. A special place is occupied by the spinal pathology. In our work, we examined the implementation of neural network models, providing informational support of physician decisions when diagnosing pathologies of the spine with the holding of the quantification of the impact of different diagnostic indicators at the output signal network. Held health check information complex built.

Key words: neuronet modeling, expert system, spine

References.

1. Algorithmization of process of detection of pathology in cervical department of a backbone when carrying out the general anesthesia/R. L. Baranov, L.I. Firsova, O. V. Sudakov, N. Yu. Alekseev // Applied information aspects of medicine. 2015. Т. 18. No. 2. Page 11-15.

2. Alekseev N. Yu. Pain in a back – new opportunities of treatment / N. Yu. Alekseev, N. Yu. Kuzmenko, Yu.N. Alekseev // the Innovative Region Bulletin. 2008. No. 2. Page 51-53.

3. Alekseev N. Yu. Modeling of heavy forms of acute toxic hepatitis / N. Yu. Alekseev, N. Yu. Kuzmenko, O. V. Sudakov // the System analysis and management in biomedical systems. 2012. Т. 11. No. 2. Page 481-484.

4. Alekseev P.Yu. Disturbing and depressive frustration at patients with a sharp, subacute and chronic syndrome of pain in the lower departments of back / P. Yu. Alekseev, N. Yu. Kuzmenko, N. Yu. Alekseev//Applied information aspects of medicine. 2012. Т. 15. No. 1. Page 3-7.

5. Baranov R. L. Algorithmization of diagnostics and treatment of vertebral of insufficiency on the basis of the analysis of clinical signs/R. L. Baranov, O. V. Rodionov, V. M. Frolov // the System analysis and management in biomedical systems. 2010. T. 9. No. 1. Page 153-156.
6. Baranov R. L. Modeling and algorithmization of diagnostics and rational choice of tactics of treatment of vertebral insufficiency/R. L. Baranov, O. E. Rabotkina, O. V. Rodionov // monograph. Voronezh: GOUVPO "The Voronezh state technical university", 2008. 96s.
7. Baranov R. L. Development of neural network model of diagnostics of patients with pathology of cervical department of a backbone on the basis of data of radiological research/R. L. Baranov, O. V. Rodionov, O. E. Rabotkina // Bulletin of the Voronezh state technical university. 2008. T. 4. No. 8. Page 8-10.
8. A choice of tactics of treatment of complications of diabetes on the basis of neural network modeling / D. V. Sudakov, E.N. Korovin, O. V. Rodionov, O. V. Sudakov, E.A. Fursova // the System analysis and management in biomedical systems. 2014. T. 13. No. 3. Page 592-597.
9. Esaulenko I.E. Monitoring of health of the studying youth on the basis of computer technologies / I.E. Esaulenko, T.N. Petrova, O. V. Sudakov // the System analysis and management in biomedical systems. 2014. T. 13. No. 2. Page 483-487.
10. The mathematical model used for research of variability of a rhythm of heart on long temporary intervals / A.V. Sviridova, O. V. Sudakov, O. V. Rodionov, N. Yu. Alekseev // the System analysis and management in biomedical systems. 2007. T. 6. No. 1. Page 109-113.
11. Mathematical, algorithmic and program providing information complex of support of adoption of medical decisions at patients with diabetes and arterial hypertension / O. V. Sudakov, N. A. Gladskikh, E.V. Bogachyova, N. Yu. Alekseev, O. A. Androsova // the System analysis and management in biomedical systems. 2015. T. 14. No. 4. Page 815-819.
12. The main stages and features of processing of statistical information in the course of medicolegal identification of the personality for the purpose of creation of models of missing parts of a body on the available / V. I. Bakhmetyev, D. V. Bavykin, D. V. Sudakov, O. V. Sudakov // Applied information aspects of medicine. 2015. T. 18. No. 5. Page 27-33.
13. Patent. 2166923 Russia, MPK: 7A 61H 1/00 A, 7A 61H 9/00 B. Way of treatment of diseases of a backbone
14. Patent. 2199300 Russia, MPK: 7A 61H 7/00 A, 7A 61H 23/00 B. A way of treatment the miofastsialnykh of pains and the device for its implementation
15. Petrova T.N. The analysis of a state of health of students of higher educational institutions of the city of Voronezh / T.N. Petrova, O. V. Sudakov // the System analysis and management in biomedical systems. 2012. T. 11. No. 1. Page 217-221.
16. Petrova T.N. An integrated approach to an assessment of a state of health of students of medical school / T.N. Petrova, O. V. Sudakov//the System analysis and management in biomedical systems. 2012. T. 11. No. 1. Page 121-128.
17. Petrova T.N. The comparative analysis of a state of health of student's youth depending on a profile of higher education institution / T.N. Petrova, O. V. Sudakov // the System analysis and management in biomedical systems. 2012. T. 11. No. 3. Page 804-809.
18. Creation of adaptive algorithm of process of treatment of patients with diabetes and arterial hypertension / O. V. Rodionov, E.N. Korovin, O. V. Sudakov, E.A. Fursova, D. V. Sudakov // the System analysis and management in biomedical systems. 2014. T. 13. No. 3. Page 688-690.
19. Creation of information complex of support of adoption of medical decisions in medical and diagnostic process of patients with diabetes in combination with an arterial hypertension / O. V. Sudakov, T.N. Petrova, N. Yu. Alekseev, E.A. Fursova // Applied information aspects of medicine. 2015. T. 18. No. 6. Page 4-9.
20. Creation of mathematical model of a choice of a type of medical influence at patients with a syndrome of diabetic foot by results of preliminary information processing / D. V. Sudakov, O. V.

Rodionov, E.N. Korovin, O. V. Sudakov // the System analysis and management in biomedical systems. 2012. Т. 11. No. 4. Page 869-872.

21. O. V pike perches. Creation of the predictive mathematical model which is based on parameters of a warm rhythm for an assessment of weight of heart diseases / O. V. Sudakov//the System analysis and management in biomedical systems. 2007. Т. 6. No. 1. Page 201-208.

22. Fursova E.A. Application of neural network modeling for support of decision-making at diagnosis of chronic heart failure / E.A. Fursova, E.I. Novikova, O. V. Sudakov // the System analysis and management in biomedical systems. 2009. Т. 8. No. 2. Page 410-413.

23. Efficiency of application of vacuum and membrane musculoskeletal extension in complex treatment of a syndrome of pain in the lower departments of a back / N. Yu. Alekseev, Yu.N. Alekseev, N. Yu. Kuzmenko, E.V. Minakov//Applied medicine. 2011. No. 3-1 (50). Page 56.

24. Alexeev Yu. N, Alexeeva N. V., Alexeev N. Yu., Alexeeva N. Yu., Alexeev P. Yu.//International Journal on Immunorehabilitation. -Jull, 1998. -№ 8. -P. 165.

Сведения об авторах: Баранов Роман Леонидович – кандидат технических наук, доцент кафедры системного анализа и управления в медицинских системах ГБОУ ВО ВГТУ; Родионов Олег Валерьевич – доктор технических наук, заведующий кафедрой системного анализа и управления в медицинских системах ГБОУ ВО ВГТУ; Судаков Олег Валериевич – доктор медицинских наук, заведующий кафедрой медицинской информатики и статистики ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко; Алексеев Николай Юрьевич – кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской информатики и статистики ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко; Фурсова Елена Анатольевна – доктор медицинских наук, доцент кафедры госпитальной терапии и эндокринологии ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко.