© Дворжак В.С., Шулаев А.В., Вансовская Е.А., 2021

УДК 614.2

Опыт использования нейронных сетей для прогнозирования исходов ишемического инсульта. Обзор литературы

В.С. Дворжак, А.В. Шулаев, Е.А. Вансовская

ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России,
ул. Бутлерова, д. 49, г. Казань, 420012, Российская Федерация**Резюме**

Введение. Ишемический инсульт является структурно сложным заболеванием, в основе которого лежат разные патогенетические механизмы. Учитывая многокомпонентность данной патологии, а также ее сложную структуру, медицинским сообществом были созданы различные оценочные шкалы, в основе которых лежит оценка разных признаков. Данные шкалы созданы для того, чтобы прогнозировать возможное состояние пациента на различных этапах оказания медицинской помощи.

Цель исследования. Определение актуальности использования системы прогнозирования исходов ишемического инсульта на базе нейронных сетей для совершенствования организации лечебного процесса пациентам, перенесшим ишемический инсульт.

Материалы и методы. Был проведен анализ научной и медицинской литературы, посвященной вопросам создания и использования прогностических систем на базе искусственных нейронных сетей для прогнозирования исходов ишемического инсульта, а также самых распространенных оценочных шкал, которые в данное время используются в лечебной практике.

Результаты. После проведенного анализа эффективности имеющихся шкал, был выявлен их главный недостаток – субъективная составляющая при оценке состояния того или иного пациента. В свою очередь, использование нейронных сетей позволяет минимизировать субъективную составляющую при формировании прогноза исхода ишемического инсульта. Данные результаты достигаются за счет того, что нейронные сети способны обрабатывать большие массивы данных, в результате чего устанавливаются скрытые взаимосвязи между объектами исследований.

Выводы. Проведенный анализ отечественных и зарубежных источников доказывает, что наличие системы прогнозирования на базе нейронной сети является серьезным преимуществом для медицинской организации. Однако нейронные сети не в полной мере проходили клинические испытания, которые подтверждали бы превосходство нейронных сетей над современными методами прогнозирования исходов заболеваний, что является затруднением для их полноценного использования в клинической практике.

Ключевые слова: здравоохранение, статистические данные, прогностические системы, нейронные сети, ишемический инсульт, общественное здоровье.

Для цитирования: Дворжак В.С., Шулаев А.В., Вансовская Е.А. Опыт использования нейронных сетей для прогнозирования исходов ишемического инсульта. Обзор литературы // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 7. С. 82–85. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-7-82-85>

Сведения об авторах:

✉ Дворжак Владимир Сергеевич – аспирант кафедры общей гигиены; e-mail: dvorzhak1604@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4980-7617>.

Шулаев Алексей Владимирович – доктор медицинских наук, заведующий кафедрой общей гигиены; e-mail: shulaev8@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2073-2538>.

Вансовская Евгения Андреевна – студент V курса медико-биологического факультета; e-mail: j.vansovskaya@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8654-0408>.

Информация о вкладе авторов: Дворжак В.С., Шулаев А.В. – разработка дизайна исследования, получение данных для анализа; Дворжак В.С., Вансовская Е.А. – анализ данных, написание текста статьи; Дворжак В.С. – обзор публикаций по теме статьи.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 22.05.20 / Принята к публикации: 07.07.21 / Опубликовано: 30.07.21

Experience in Using Neural Networks to Predict the Outcomes of Ischemic Stroke: A Literature Review

Vladimir S. Dvorzhak, Alexey V. Shulaev, Evgeniya A. Vansovskaya

Kazan State Medical University, 49 Butlerov Street, Kazan, 420012, Russian Federation

Summary

Introduction. Ischemic stroke is a structurally complex disease based on various pathogenetic mechanisms. In view of the complexity of this pathology and its structure, the medical community has established various assessment scales based on different signs. The scales were created in order to predict possible conditions of a patient at various stages of treatment.

The objective of our research was to determine the relevance of applying the system of predicting outcomes of ischemic stroke based on neural networks to improve ischemic stroke treatment and management.

Materials and methods: We reviewed scientific and medical literature devoted to the development and use of forecasting systems based on artificial neural networks to predict outcomes of ischemic stroke and analyzed the most common assessment scales currently used in therapeutic practices.

Results. The analysis of effectiveness of available scales revealed that their main drawback was a subjective component in the assessment of a patient's condition. The use of neural networks, in its turn, minimizes the subjective component in predicting the outcome of ischemic stroke since neural networks are capable of processing large amounts of data and can, therefore, establish implicit correlation between research objects.

Conclusion. The analysis of domestic and foreign literary sources proves that the presence of a forecasting system based on a neural network is a major advantage for a health care facility. Yet, neural networks have not fully passed clinical trials that would confirm their superiority over current methods of predicting disease outcomes, which impedes their extensive use in clinical practice.

Keywords: health care, statistics, predictive systems, neural networks, ischemic stroke, public health.

For citation: Dvorzhak VS, Shulaev AV, Vansovskaya EA. Experience in using neural networks to predict the outcomes of ischemic stroke: A literature review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(7):82–85. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-7-82-85>

Author information:

✉ Vladimir S. Dvorzhak, postgraduate student, Department of General Hygiene, Kazan State Medical University; e-mail: dvorzhak1604@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4980-7617>.

Received: May 22, 2020 / Accepted: July 07, 2021 / Published: July 30, 2021

Математическое моделирование позволяет предсказать различные варианты клинических

симптомов, течения и исходов ишемического инсульта. Разработка современных математических моделей всегда была актуальной задачей [7–11]. С начала 1970 года предпринимались неоднократные попытки создания и программирования математических моделей, основной задачей которых должно было стать решение задач прогнозирования течения и исходов ишемического инсульта. Но при разработке этих моделей допускался один существенный недостаток — при количественной оценке признаков, необходимых для оценки исходов инсульта, роль того или иного симптома в течении и исходе заболевания трактовалась по-разному. Среди отечественных работ по прогнозированию исходов ишемического инсульта особое внимание заслуживает исследование, проведенное В.И. Ершовым. В его работе «Математическое моделирование острейшего периода ишемического инсульта» широко раскрыта тема эффективности разработанного авторами алгоритма диагностики патогенетических подтипов инсульта [12]. Функциональной особенностью смоделированной системы был расчет клинико-неврологического коэффициента, который описывал вероятность развития неврологических осложнений у пациента, перенесшего инсульт. Благодаря работе данного алгоритма была выявлена прямая связь между скоростью изменения тяжести ишемического инсульта и исходом в ближайший месяц. Данные результат стал безусловным успехом, так как позволил специалистам вносить коррективы непосредственно в тактику лечения больных. Отличительной чертой предлагаемой прогностической модели было использование метода линейной регрессии, что позволило модели достичь высоких результатов. Изучая результаты проведенных испытаний, можно подвести итог, что разработанная прогностическая модель показала достаточно хорошие результаты по сравнению с имеющимися аналогами. Отдельно необходимо выделить высокую точность полученных прогностических вариантов исхода инсульта, а также будущих осложнений. Однако применение подобных моделей прогнозирования обуславливало наличие неоднозначности в интерпретации результатов прогноза.

Тем не менее одной математической модели было мало, так как сам принцип ее работы был зажат в узкие рамки математических формул. Перспективным решением было использовать математическую модель, основанную на искусственном моделировании функций головного мозга методами программной классификации реальных ситуаций, так называемую нейронную сеть.

Любая система нейронной сети использует различные методы построения. Наиболее популярными являются метод опорных векторов, метод деревьев решений и метод «ближайшего соседа». Кроме того, зачастую основу системы могут составлять базовые методы статистического анализа данных, такие как линейная регрессия, а также методы кластерного и корреляционного анализа. В последнее время большую популярность начали набирать два других метода: метод поиска ассоциативных правил и метод генетических алгоритмов.

Благодаря уникальным функциям, таким как обработка больших массивов данных, анализ слабо структурированных и плохо формализованных задач, установление скрытых и сложных взаимосвязей связей между объектами исследования, искусственные нейронные сети имеют высокую значимость в медицинской отрасли. Решение

задач по диагностике различных нозологических форм заболеваний, прогнозирование течения и осложнений различных патологий — это лишь немногие примеры широкого использования нейронных сетей. Главной же задачей нейросетей остается помощь специалистам в выборе тактики лечения и профилактики возможных осложнений и состояний [10, 11, 13–15].

Большую популярность нейронные сети получили благодаря одному свойству — способности к обучению. Так называемое обучение отличается от привычного нам процесса. Суть обучения нейронной сети сводится к постоянной настройке конфигурации нейронной сети с помощью повторяющихся тестов на контрольных группах, пока выходной результат не будет соответствовать требованиям. Таким образом, благодаря этому свойству нейронная сеть сможет избегать появления большого числа ошибок в конечных результатах. При анализе отечественной и зарубежной литературы мы искали примеры использования искусственных нейронных сетей в вопросах прогнозирования статистических показателей и моделирования ситуаций, решение которых будет приводить к изменениям качества оказания медицинской помощи, а именно в системе организации помощи больным с ОНМК [16–19]. К сожалению, результатов было крайне мало.

Одной из значимых работ можно назвать работу М.А. Новожиловой и Т.М. Алексеевой «Прогнозирование ранних исходов геморрагических инсультов методом анализа нейронных сетей» [20]. Основой работы стало изучение метода анализа возможных исходов инсульта с использованием нейронных сетей [20–23]. В результате проведенной работы по проектированию математической модели была получена нейронная сеть, способная давать прогноз для ранних исходов инсульта у больных геморрагическими инсультами с точностью более 80 %. В ходе изучения анамнеза пациентов, вошедших в оставшиеся 20 %, были выявлены причины, которые привели к отклонениям. Благодаря тому что спроектированная нейронная сеть была обучаемая, в будущем есть возможность минимизировать имеющуюся ошибку путем внесения в ее структуру новых наборов признаков, которые возникали в процессе лечения пациентов [20].

Выводы. После проведенного анализа литературы мы пришли к двум главным выводам.

1. При такой сложности и одновременно структурированности заболеваний ОНМК, в частности ишемического инсульта, в настоящее время не представлено ни одной полноценно работающей модели искусственной нейронной сети.

2. Обнаруживается огромное влияние нейронных сетей в разных областях здравоохранения (вне заболеваний ОНМК) на деятельность медицинских организаций в области управления здравоохранением и оценки состояния здоровья населения и тенденций его изменения [24, 25].

Заключение. Фактически имеющиеся многочисленные исследования показывают, что наличие системы прогнозирования является неоспоримым преимуществом как для медицинской организации, так и для самого пациента. Это подтверждается тем, что подобная система позволила бы нам эффективно выстраивать реабилитационные мероприятия. Эффективность реабилитационных мероприятий увеличивается за счет того, что система после анализа имеющихся клинико-анамнестических данных пациентов может давать точные прогнозы и формулировать

эффективные решения стратегических и тактических задач ведения больного [26]. Таким образом, проанализировав данные, например об отдельных методах лечения крайне тяжелых больных, система прогнозирует потенциальные риски, с которыми столкнется врачебный персонал и медицинская организация в случае разных моделей развития событий с конкретным пациентом [27].

Список литературы

- Скворцова В.И. Медицинская и социальная значимость проблемы инсульта // *Качество жизни*. 2004. № 4. С. 10–12.
- Dickerson LM, Carek PJ, Quattlebaum RG. Prevention of recurrent ischemic stroke. *Am Fam Physician*. 2007;76(3):382–388.
- Franklin SW, Rajan SE. An automated retinal imaging method for the early diagnosis of diabetic retinopathy. *Technol Health Care*. 2013;21(6):557–569. doi: 10.3233/THC-130759
- Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet*. 1974;2(7872):81–84. doi: 10.1016/S0140-6736(74)91639-0
- Белова А.Н. Шкалы, тесты и опросники в неврологии и нейрохирургии. 3-е изд. М.: Практическая медицина, 2018. 696 с.
- Шмырев В.И., Каленко И.Е., Ардашев В.Н. Прогнозирование исходов острого ишемического инсульта // *Российские медицинские вести*. 2013. Т. 18. № 1. С. 4–9.
- Андрюков Б.Г., Веремчук Л.В., Кик П.Ф. Применение нейросетевых технологий для анализа взаимодействий систем организма с параметрами окружающей среды // *Современные наукоемкие технологии*. 2009. № 4. С. 45–46.
- Кик П.Ф., Веремчук Л.В., Горбуркова Т.В. Информационно-аналитическое моделирование медико-экологических процессов // *Системный анализ в медицине*. Материалы VII международной научной конференции. Благовещенск, 2013. С. 26–29.
- Addams Jr HP, del Zoppo G, Alberts MJ, et al. Guidelines for the early management of adults with ischemic stroke: a guideline from the American Heart Association/American Stroke Association Stroke Council, Clinical Cardiology Council, Cardiovascular Radiology and Intervention Council, and the Atherosclerotic Peripheral Vascular Disease and Quality of Care Outcomes in Research Interdisciplinary Working Groups: the American Academy of Neurology affirms the value of this guideline as an educational tool for neurologists. *Stroke*. 2007;38(5):1655–1711. doi: 10.1161/STROKEAHA.107.181486
- Murray NM, Unberath M, Hager GD, Hui FK. Artificial intelligence to diagnose ischemic stroke and identify large vessel occlusions: a systematic review. *J Neurointerv Surg*. 2020;12(2):156–164. doi: 10.1136/neurintsurg-2019-015135
- Soun JE, Chow DS, Nagamine M, et al. Artificial intelligence and acute stroke imaging. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2021;42(1):2–11. doi: 10.3174/ajnr.A6883
- Ершов В.И., Дегтярь И.И., Медведев А.В. Математическое моделирование острейшего периода ишемического инсульта // *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2004. № 6. С. 117–120.
- Ho KC, Scalzo F, Sarma KV, Speier W, El-Saden S, Arnold C. Predicting ischemic stroke tissue fate using a deep convolutional neural network on source magnetic resonance perfusion images. *J Med Imaging (Bellingham)*. 2019;6(2):026001. doi: 10.1117/1.JMI.6.2.026001
- Chan KL, Leng X, Zhang W, et al. Early identification of high-risk TIA or minor stroke using artificial neural network. *Front Neurol*. 2019;10:171. doi: 10.3389/fneur.2019.00171
- Feng R, Badgeley M, Mocco J, Oermann EK. Deep learning guided stroke management: a review of clinical applications. *J Neurointerv Surg*. 2018;10(4):358–362. doi: 10.1136/neurintsurg-2017-013355
- Дюк В.А., Эмануэль В.Л. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. СПб.: Питер, 2003. 528 с.
- Чубукова И.А. Data Mining: учебное пособие. 2-е изд., испр. М.: ИНТУИТ: Бином. Лаборатория знаний, 2008. 383 с.
- Ganesan N, Venkatesh K, Rama MA, Malathi Palani A. Application of neural networks in diagnosing cancer disease using demographic data. *Int J Comput Appl*. 2010;1(26):76–85. doi: 10.5120/476-783
- Kumar K, Abhishek. Artificial neural networks for diagnosis of kidney stones disease. *IJITCS*. 2009;1:41–48.
- Новожилова М.А. Алексеева Т.М. Прогнозирование ранних исходов геморрагических инсультов методом анализа нейронных сетей // *Вестник СПбГУ*. 2010. № 2. С. 121–126.
- Головкин В.А. Нейронные сети: обучение, организация и применение. М.: ИПРЖР, 2001. 256 с.
- Urie KL, Kasner SE, Adams RJ, et al. Guidelines for the prevention of stroke in patients with stroke or transient ischemic attack: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2011;42(1):227–276. doi: 10.1161/STR.0b013e3181f7d043
- Shantakumar BP, Kumaraswamy YS. Intelligent and effective heart attack prediction system using data mining and artificial neural network. *Eur J Sci Res*. 2009;31(4):642–656.
- Кик П.Ф., Горбуркова Т.В. Использование экспертных интеллектуальных систем в медико-биологических исследованиях // *Информатика и системы управления*. 2010. № 2 (24). С. 64–67.
- Веремчук Л.В., Горбуркова Т.В., Кик П.Ф. Информационно-аналитическое моделирование медико-экологических процессов здоровья населения // *Информатика и системы управления*. 2007. № 1(13). С. 8–11.
- Тестирование иммунометаболической резистентности пациента свидетельством о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2017616092 Российская Федерация / Т.В. Горбуркова, Е.П. Калинина, П.Ф. Кик, В.Г. Морева. № 2017612887; заявл. 05.04.2017; опубл. 01.06.2017.
- Мастыкин А.С., Дриготинов В.В., Апанель Е.Н. Гетерогенность нозологического понятия транзиторной ишемической атаки // *Белорусский медицинский журнал*. 2004. № 4 (10). С. 18–21.

References

- Skvortsova VI. [Medical and social significance of the problem of stroke.] *Kachestvo Zhizni. Meditsina*. 2004;(4):10–12. (In Russ.)
- Dickerson LM, Carek PJ, Quattlebaum RG. Prevention of recurrent ischemic stroke. *Am Fam Physician*. 2007;76(3):382–388.
- Franklin SW, Rajan SE. An automated retinal imaging method for the early diagnosis of diabetic retinopathy. *Technol Health Care*. 2013;21(6):557–569. doi: 10.3233/THC-130759
- Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet*. 1974;2(7872):81–84. doi: 10.1016/S0140-6736(74)91639-0
- Белова А.Н. [Scales, Tests and Questionnaires in Neurology and Neurosurgery.] 3rd ed. Moscow: Prakticheskaya Meditsina Publ., 2018. (In Russ.)
- Shmyrev VI, Kalenova IE, Ardashev VN. Prediction of acute ischemic stroke outcomes. *Rossiyskie Meditsinskie Vesti*. 2013;18(1):4–9. (In Russ.)
- Andryukov BG, Veremchuk LV, Kiku PF. [Application of neural network technologies for analyzing interactions of body systems with environmental parameters.] *Sovremennye Naukoemkie Tekhnologii*. 2009;(4):45–46. (In Russ.)
- Kiku PF, Veremchuk LV, Gorburukova TV. Information-analytical modeling medical and environmental processes. In: *System Analysis in Medicine: Proceedings of the VII International Scientific Conference, Blagoveshchensk, September 24–25, 2013*. Blagoveshchensk: Dalnevostochny Nauchny Tsentr Fiziologii i Patologii Dykhaniya Publ., 2013:26–29. (In Russ.)
- Addams Jr HP, del Zoppo G, Alberts MJ, et al. Guidelines for the early management of adults with ischemic stroke: a guideline from the American Heart Association/American Stroke Association Stroke Council, Clinical Cardiology Council, Cardiovascular Radiology and Intervention Council, and the Atherosclerotic Peripheral Vascular Disease and Quality of Care Outcomes in Research Interdisciplinary Working Groups: the American Academy of Neurology affirms the value of this guideline as an educational tool for neurologists. *Stroke*. 2007;38(5):1655–1711. doi: 10.1161/STROKEAHA.107.181486
- Murray NM, Unberath M, Hager GD, Hui FK. Artificial intelligence to diagnose ischemic stroke and identify large vessel occlusions: a systematic review. *J Neurointerv Surg*. 2020;12(2):156–164. doi: 10.1136/neurintsurg-2019-015135
- Soun JE, Chow DS, Nagamine M, et al. Artificial intelligence and acute stroke imaging. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2021;42(1):2–11. doi: 10.3174/ajnr.A6883
- Ershov VI, Degtyar II, Medvedev AV. Mathematical modelling of the ischemic stroke critical period. *Vestnik Orenburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2004;(6(31)):117–120. (In Russ.)
- Ho KC, Scalzo F, Sarma KV, Speier W, El-Saden S, Arnold C. Predicting ischemic stroke tissue fate using a deep convolutional neural network on source magnetic resonance perfusion images. *J Med Imaging (Bellingham)*. 2019;6(2):026001. doi: 10.1117/1.JMI.6.2.026001
- Chan KL, Leng X, Zhang W, et al. Early identification of high-risk TIA or minor stroke using artificial neural network. *Front Neurol*. 2019;10:171. doi: 10.3389/fneur.2019.00171
- Feng R, Badgeley M, Mocco J, Oermann EK. Deep learning guided stroke management: a review of clinical applications. *J Neurointerv Surg*. 2018;10(4):358–362. doi: 10.1136/neurintsurg-2017-013355
- Duke VA, Emanuel VL. [Information Technologies in Medical and Biological Research.] Saint Petersburg: Peter Publ., 2003. (In Russ.)
- Chubukova IA. [Data Mining: Textbook.] 2nd ed. Moscow: INTUIT: Binom. Laboratory of Knowledge Publ., 2008. (In Russ.)
- Ganesan N, Venkatesh K, Rama MA, Malathi Palani A. Application of neural networks in diagnosing cancer disease using demographic data. *Int J Comput Appl*. 2010;1(26):76–85. doi: 10.5120/476-783
- Kumar K, Abhishek. Artificial neural networks for diagnosis of kidney stones disease. *IJITCS*. 2009;1:41–48.
- Novozhilova MA, Alekseeva TM. Prediction of early outcomes of hemorrhagic stroke by the method of neural network analysis. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta. Meditsina*. 2010;(2):121–126. (In Russian)
- Golovko VA. [Neural Networks: Training, Organization and Application.] Moscow: IPRZHR, 2001. (In Russ.)
- Urie KL, Kasner SE, Adams RJ, et al. Guidelines for the prevention of stroke in patients with stroke or transient ischemic attack: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2011;42(1):227–76. doi: 10.1161/STR.0b013e3181f7d043
- Shantakumar BP, Kumaraswamy YS. Intelligent and effective heart attack prediction system using data mining and artificial neural network. *Eur J Sci Res*. 2009;31(4):642–656.
- Kiku PF, Gorburukova TV. [The use of expert intelligent systems in medical and biological research.] *Informatika i Sistemy Upravleniya*. 2010;(2(24)):64–67. (In Russ.) Accessed on July 19, 2021. http://www.khstu.ru/rus/ics/ics_pdf/N24_22.pdf
- Veremchuk LV, Gorburukova TV, Kiku PF. [Information and analytical modeling of medical and ecological processes of public health.] *Informatika i Sistemy Upravleniya*. 2007;(1(13)):8–11. (In Russ.)
- Gorburukova TV, Kalinina EP, Kiku PF, Moreva VG. [Testing of immunometabolic resistance of patients.] Certificate of State Registration of Computer Software No. 2017616092 issued on June 1, 2017. (In Russ.)
- Mastykin AS, Drivotinov BV, Apanel EN. Heterogenesis of transient ischemic attack nosology concept. *Belorusskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2004;(4(10)):18–21. (In Russ.)