

## Нейросетевая система диагностики печёночной недостаточности в хирургии

© А.А. СОЛОМАХА, В.И. ГОРБАЧЕНКО

Пензенский государственный университет, Пенза, Российская Федерация

*Системы поддержки врачебных решений сегодня интенсивно развиваются вместе с цифровыми технологиями. Нейросетевые методы стали чаще использоваться в качестве помощи при решении практических задач в здравоохранении. Сегодня системы поддержки принятия решений являются медицинскими изделиями. Авторами разработана нейросетевая система диагностики печёночной недостаточности. Испытания системы «Нейродиангност» осуществлено у 270 больных с печёночной недостаточностью вследствие перенесенного вирусного гепатита В или С. В результате клинической апробации системы «Нейродиангност» совпадение нейросетевой и лабораторной диагностики осуществилось с вероятностью 91,5 % (247 больных). Применение программы «Нейродиангност» может способствовать снижению риска развития печёночной недостаточности в хирургии.*

**Ключевые слова:** диагностика; врач; принятие решений; нейросеть; печёночная недостаточность; хирургия

## Neural Network System for Diagnosing Liver Failure in Surgery

© А.А. SOLOMAKHA, V.I. GORBACHENKO

Penza State University, Penza, Russian Federation

*Clinical decision support systems are rapidly developing along with digital technologies nowadays. Neural network methods have become more common in solving practical problems in healthcare. Today, clinical decision support systems are significant medical tools. The authors have developed a neural network system to diagnose liver failure. The "Neurodiagnost" system was tested in 270 patients with liver failure due to viral hepatitis B or C. As a result, clinical testing of the "Neurodiagnost" system demonstrated coincidence of neural network and laboratory diagnostics with a probability equal 91.5 % (247 patients). The use of the "Neurodiagnost" program can help reduce the risk of developing liver failure in surgery.*

**Keywords:** diagnostics; doctor; decision-making; neural network; liver failure; surgery

В настоящее время интенсивно развиваются направления систем поддержки решений врача и цифровые технологии в области информатизации здравоохранения [1 – 5]. Разработка моделей и алгоритмов для медицинских информационных систем диагностики и прогнозирования всё чаще проектируется на нейросетевых аппроксиматорах [2,6,7]. Актуальность проектирования, клинической апробации и применения данных систем в хирургии объясняется значительным увеличением численности людей пожилого и старческого возраста, обращающихся за медицинской помощью, которым необходима ранняя диагностика и прогнозирование риска развития осложнений [8,9,10]. Развитие систем поддержки принятия врачебных решений целесообразно сочетать с сетью Интернет с помощью ВЭБ-ресурсов [11]. Современные информационные системы уже включают оценку тяжести состояния больных врачом. Известно, что наибольшее число врачебных ошибок связано с неправильной оценкой тяжести состояния больных [12]. Стремление врача накопить репрезентативный статистический материал, который может быть оформлен в виде баз данных, характеризует исследовательскую культуру врача и его научную квалификацию [13]. Эти принципы развиваются направлением доказательной медицины. Однако разработка и выполнение новых технологий, методов, способов оперативных вмешательств, которые имеют прогрессивные результаты, могут не

иметь большого статистического материала и быть вполне доказательными [14]. Создание систем поддержки решений в практике хирурга сочетает доказательность с врачебным искусством. Наиболее близкой к теме, рассматриваемой нами, является следующая публикация [3]. Однако авторы рассматривают исключительно позитивные примеры и тенденции применения нейросетей в хирургии. Особенность применения нейросетевых технологий в хирургии характеризуется длительными, многочисленными экспериментами, последующей неоднократной корректировкой весов нейронов, клинической апробацией программы для ЭВМ, её дальнейшей регистрацией, получением хирургических отзывов. По мере накопления клинических примеров появляется потребность в модернизации нейросетевой информационной системы. Важное преимущество нейросетей осуществлять вычислительные действия на малых выборках, «компенсируется» проблемой длительной отладки системы и её реконструированием. В связи с этими особенностями применения нейросетей, имеющийся опыт вполне согласуется с требованиями, изданными в [15]. Системы поддержки принятия врачебных решений сегодня признаны медицинскими изделиями. Поэтому возрастает ответственность к их производству и клиническому применению. Клиническая оценка степени тяжести состояния больных начинается с применения прогнозных балльных шкал. Несмотря на их эффектив-

ность в диагностике и прогнозировании осложнений или неблагоприятных исходов, многие из них способны прогнозировать риск летальных исходов, за исключением шкалы Апгар [16]. Это относится и к балльным шкалам оценки полиорганной недостаточности. Полученные результаты трудно использовать для прогнозирования состояния этих тяжёлых больных из-за сбора всех параметров и данных ближе к выписке больного из стационара в благоприятном случае. Наиболее перспективным, имея собственный двадцатилетний опыт, являются нейросетевые методы, успешно аппроксимирующие медицинские данные на малых выборках [17]. Впервые балльные шкалы SOFA и SIRS применялись у 906 реанимационных больных в 25 реанимациях из 11 российских городов для оценки их степени тяжести. Однако несмотря на большой статистический материал, авторы сомневаются в объективности полученных ими данных. Основной вопрос любого исследователя, о том, каких больных отбирали для оценки степени тяжести [18,19]. Таким образом, понимая преимущества и недостатки балльных систем оценки, утверждаем, что цифровые технологии стали активнее применяться в хирургии и нейросетевые методы не являются исключением.

### Цель

Информировать о возможностях нейросетевых систем диагностики и прогнозирования, которые может применить хирург для улучшения результатов своей деятельности.

### Материалы и методы

Нами разработаны несколько нейросетевых систем диагностики и прогнозирования осложнений в хирургии. Кроме программ для ЭВМ, имеется, объединяющий все программы ЭВМ, логотип (рис. 1) и торговый знак [17].

О прогнозировании печёночной недостаточности в раннем послеоперационном периоде с разработкой балльной шкалы оценки состояния больных опубликована следующая работа [20]. Авторы разработали шкалу оценки тяжести печёночной недостаточности у 247 хирургических больных после резекции печени. Однако указывают, что прогностическая система позволила бы ещё до операции определить риск осложнений [20]. Нами разработана нейросетевая система диагностики печёночной недостаточности. В качестве примера рассмотрим её.

Нами были созданы две группы наблюдений для проектирования нейросетевой системы диагностики печёночной недостаточности. Одну группу составили здоровые люди, а именно доноры компонентов крови, которые обследовались амбулаторно и состояние их здоровья оценивалось врачом. Лица, получившие медицинский отвод от донорства, не участвовали в научном исследовании. Вторую группу составили люди, страдающие печёночной недостаточностью, и

проходившие лечение в отделении гепатологии. Обеим группам выполнялись лабораторные исследования с целью постановки клинического диагноза или для подтверждения статуса «здоров». Поэтому нами сформированы обе группы из чётко классифицированных случаев, что важно при «обучении» нейросетевых моделей.

Перечислим 23 лабораторных показателя, по которым затем были обследованы здоровые люди и пациенты отделения гепатологии. Гемоглобин, эритроциты, цветовой показатель, лейкоциты, палочкоядерные нейтрофильные лейкоциты, сегментоядерные нейтрофильные лейкоциты, эозинофилы, лимфоциты, моноциты, скорость оседания эритроцитов, общий белок, мочевина, билирубин, глюкоза, холестерин, бета-липопротеиды, сиаловая кислота, аспартатаминотрансфераза, аланинаминотрансфераза, щелочная фосфатаза, гаммаглутамилтранспептидаза, тимоловая проба, амилаза крови.

Статистические и нейросетевые алгоритмы применялись на выборке, включающей всего 300 пациентов. Нейросетевое моделирование выполнялось на кафедре «Компьютерные технологии» Пензенского государственного университета. Использовали пакет Neural Network Toolbox среды программирования MATLAB версия 6.5. Архитектура и параметры нейронных сетей в экспертной системе разрабатывались в среде Borland C++Builder. Хранение данных осуществлено в СУБД InterBASE. Эксперименты с нейронными сетями и нейросетевыми моделями начались с использования однослойного персептрона, многослойного, радиально-базисных нейросетей. Особенности моделирования отмечались нами на всех этапах исследования. Использовались алгоритмы Левенберга-Марквардта, градиентного спуска. Для нейросетевой диагностики печёночной недостаточности выбирались наиболее информативные параметры, которые были изучены несколькими параметрическими и непараметрическими статистическими методами. Приведём эти показатели: аланинаминотрансфераза, тимоловая проба, аспартатаминотрансфераза, щелочная фосфатаза, гаммаглутамилтранспептидаза, билирубин. Перечисленные гематологические показатели и явились основой нейросетевой системы диагностики печёночной недостаточности.



Рис. 1. Логотип «Система диагностики осложнений в хирургии».

Fig. 1. The logo "System for diagnosing complications in surgery".

## Результаты и их обсуждение

Экспериментально была доказана результативность разработанных алгоритмов первоначального расположения центров нейронов радиально-базисной нейросети, а также вычисляемого коэффициента скорости «обучения» весов. Минимальная ошибка диагностики печёночной недостаточности с помощью радиально-базисной нейросети составила 9,79 % с двумя нейронами в скрытом слое. Сравнение результатов диагностики печёночной недостаточности с помощью радиально-базисной нейросети и многослойного персептрона объясняет, что они сопоставимы. Поэтому результативность тестирования системы «Нейродиагност» составила 90, 91 % для многослойного персептрона и 90, 21% для радиально-базисной нейронной сети. Испытания системы «Нейродиагност» осуществлено у 270 больных с печёночной недостаточностью вследствие перенесенного вирусного гепатита В или С. В результате клинической апробации системы «Нейродиагност» совпадение нейросетевой и лабораторной диагностики осуществилось с вероятностью 91,5 %

## Список литературы

1. Гулиев Я.И. Основные аспекты разработки медицинских информационных систем. *Медицинские информационные системы*. 2014; 5: 10 – 19.
2. Басова Л.А., Карякина О.Е., Мартынова Н.А., Кочорова Л.В. Прогнозирование послеоперационных осложнений на основе нейросетевых технологий. *Вестник новых медицинских технологий*. 2015; 4: 117 – 121.
3. Литвин А.А., Литвин В.А. Системы поддержки принятия решений в хирургии. *Новости хирургии*. 2014; 1: 96 -100.
4. Карпов О.Э., Клименко Г.С., Лебедев Г.С. Применение интеллектуальных систем в здравоохранении. *Современные наукоёмкие технологии*. 2016; 7: 38 – 43.
5. Карпов О.Э., Ветшев П.С., Даминов В.Д., Епифанов С.А., Зуев А.А., Кузьмин П.Д., Махнёв Д.А. Цифровые технологии в клинической хирургии и реабилитации. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2017; 1: 4 – 14.
6. Богданова Ю.А., Заринова Г.Р., Катаев В.А., Галимов О.В. Экспертные системы в прогнозировании операционного риска при наиболее распространённых хирургических вмешательствах. *Врач и информационные технологии*. 2017; 1: 40 – 85.
7. Кузнецов П.П., Какорина Е.П., Алмазов А.А. Системы поддержки принятия врачебных решений на основе искусственного интеллекта – стратегия персонализированной медицины следующего этапа. *Терапевт*. 2020; 1. <https://doi.org/10.33920/MED-12-2001-06>
8. Карякина О.Е., Добродеева Л.К., Мартынова Н.А., Красильников С.В., Карякина Т.И. Применение математических моделей в клинической практике. *Экология человека*. 2012; 7: 55 – 64.
9. Павлов Л.А. *Структуры и алгоритмы обработки данных*. Санкт-Петербург. 2020; 256.
10. Полянская Г.А., Месропян М.Г. Выявление моделей и трендов поведения пациентов при использовании электронных приложений и Интернет-ресурсов для самодиагностики. *Бизнес-информатика*. 2018; 1: 28 – 38. <https://doi.org/10.17323/1998-066.3.2018.1.28.38>
11. Кадырова Э.А. Медицинские информационные ресурсы сети Интернет. *Медицинское образование и профессиональное развитие*. 2017; 4: 79 – 86.
12. Малых В.Л. Системы поддержки принятия решений в медицине. *Программные системы: теория и приложения*. 2019; 2: 155 – 184.
13. Бебуришвили А.Г., Фёдоров А.В., Панин С.И., Постолов М.П. Общая методология проведения и интерпретации результатов метаанализа в хирургии. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2019; 12: 60 – 65. <https://doi.org/10.17116/hirurgia201912160>
14. Варгузина В.И., Лысов Н.А., Федотов И.Л. Научно-педагогическая школа профессора Георгия Львовича Ратнера. *Вестник СамГУ*. 2009; 2: 5 – 9.
15. Реброва О.Ю. Жизненный цикл систем поддержки принятия врачебных решений как медицинских технологий. *Врач и информационные технологии*. 2020; 1: 27 – 37.

(247 больных). Клинических наблюдений, когда нейросеть больных относилась к здоровым, не было.

## Заключение

В результате данного исследования отработана технология построения нейросетевых моделей для диагностики печёночной недостаточности в хирургии. Разработана нейросетевая система «Нейродиагност», продемонстрировавшая высокие показатели точности. Возможными направлениями дальнейших исследований является расширение обучающего набора и разработка алгоритмов дообучения сети с увеличением количества наблюдений. Применение диагностического инструмента «Нейродиагност» может способствовать снижению риска развития печёночной недостаточности в хирургии.

## Дополнительная информация

### Конфликт интересов

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

## References

1. Guliyev YaI. The main aspects of the development of medical information systems. *Meditsinskie informatsionnye sistemy*. 2014; 5: 10 – 19. (in Russ.)
2. Basova LA, Karyakina OE, Martynova NA, Kochorova LV. Prediction of postoperative complications based on neural network technologies. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii*. 2015; 4: 117 – 121. (in Russ.)
3. Litvin AA, Litvin VA. Decision support systems in surgery. *Novosti khirurgii*. 2014; 1: 96 -100. (in Russ.)
4. Karpov OE, Klimenko GS, Lebedev GS. Application of intelligent systems in healthcare. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. 2016; 7: 38-43. (in Russ.)
5. Karpov OE, Vetshev PS, Daminov VD, Epifanov SA, Zuev AA, Kuzmin PD, Makhnev DA. Digital technologies in clinical surgery and rehabilitation. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova*. 2017; 1: 4 – 14. (in Russ.)
6. Bogdanova YuA, Zariyova GR, Kataev VA, Galimov OV. Expert systems in predicting operational risk in the most common surgical interventions. *Vrach i informatsionnye tekhnologii*. 2017; 1: 40-85. (in Russ.)
7. Kuznetsov PP, Kakorina EP, Almazov AA. Systems for supporting medical decision-making based on artificial intelligence-a strategy for personalized medicine of the next stage. *Terapevt*. 2020; 1. <https://doi.org/10.33920/MED-12-2001-06>
8. Karyakina OE, Dobrodeeva LK, Martynova NA, Krasilnikov SV, Karyakina TI. Application of mathematical models in clinical practice. *Ekologiya cheloveka*. 2012; 7: 55 – 64. (in Russ.)
9. Pavlov LA. *Struktury i algoritmy obrabotki dannykh*. Sankt-Peterburg. 2020; 256. (in Russ.)
10. Polynskaya GA, Mesropyan MG. Vyyavlenie modelei i trendov povedeniya patsientov pri ispol'zovanii elektronnykh prilozhenii i Internet-resursov dlya samodiagnostiki. *Biznes-informatika*. 2018; 1: 28 – 38. <https://doi.org/10.17323/1998-066.3.2018.1.28.38> (in Russ.)
11. Kadyrova EA. Medical information resources of the Internet network. *Meditsinskoe obrazovanie i professional'noe razvitie*. 2017; 4: 79 – 86. (in Russ.)
12. Malykh VL. Decision support systems in medicine. *Programmnye sistemy: teoriya i prilozheniya*. 2019; 2: 155-184. (in Russ.)
13. Beburishvili AG, Fedorov AV, Panin SI, Postolov MP. General methodology of conducting and interpreting the results of meta-analysis in surgery. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova*. 2019; 12: 60 – 65. <https://doi.org/10.17116/hirurgia201912160> (in Russ.)
14. Varguzina VI, Lysov NA, Fedotov IL. Scientific and pedagogical school of Professor Georgy Lvovich Ratner. *Vestnik SamGU*. 2009; 2: 5-9. (in Russ.)
15. Rebrova OYu. The life cycle of medical decision support systems as medical technologies. *Vrach i informatsionnye tekhnologii*. 2020; 1: 27-37. (in Russ.)
16. Alexandrovich YuS, Gordeev VI. *Otsenochnye i prognosticheskie shkaly v meditsine kriticheskikh sostoyanii*. Izdatel'stvo «Sotis». 2007; 140. (in Russ.)

16. Александрович Ю.С., Гордеев В.И. *Оценочные и прогностические шкалы в медицине критических состояний*. Издательство «Со-тис». 2007; 140.
17. Соломаха А.А., Горбаченко В.И., Митрошин А.Н. Система диагностики осложнений в хирургии. Свидетельство на товарный знак. № 809090. 2021.
18. Астафьева М.Н., Руднов В.А., Кулабухов В.В., Багин В.А., Зубарева Н.А., Трибулёв М.А., Мухачёва С.Ю. Использование шкалы qSOFA в прогнозе исхода лечения у хирургических пациентов в ОРИТ. Субпопуляционный анализ материалов исследования РИСЭС. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2019; 9: 58 – 65. <https://doi.org/10.17116/hirurgia201909158>
19. Геллер В.А., Полятыкина Т.С. Оценка тяжести состояния больного в амбулаторных условиях: дискуссионные вопросы. *Вестник Ивановской медицинской академии*. 2011; 1: 64 – 66.
20. Тупикин К.А., Коваленко Ю.А., Олифир А.А., Байдарова М.Д., Вишневецкий В.А. Новые возможности диагностики и прогнозирования пострезекционной печёночной недостаточности в раннем послеоперационном периоде. *Практическая медицина*. 2016; 5: 50 – 52.
17. Solomakha AA, Gorbachenko VI, Mitroshin AN. Sistema diagnostiki oslozhnenii v khirurgii. Svidetel'stvo na tovarnyi znak. № 809090. 2021. (in Russ.)
18. Astafyeva MN, Rudnov VA, Kulabukhov VV, Bagin VA, Zubareva NA, Tribulev MA, Mukhacheva SYu. The use of the qSOFA scale in predicting the outcome of treatment in surgical patients in the ICU. Subpopulation analysis of RISEC research materials. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova*. 2019; 9: 58 – 65. <https://doi.org/10.17116/hirurgia201909158> (in Russ.)
19. Geller VA, Polyatykina TS. Assessment of the severity of the patient's condition in outpatient settings: debatable issues. *Vestnik Ivanovskoi meditsinskoi akademii*. 2011; 1: 64-66. (in Russ.)
20. Tupikin KA, Kovalenko YuA, Olifir AA, Baidarova MD, Vishnevsky VA. New possibilities of diagnosis and prognosis of postresection liver failure in the early postoperative period. *Prakticheskaya meditsina*. 2016; 5: 50 – 52. (in Russ.)

### Информация об авторах

1. Соломаха Анатолий Анатольевич - к.м.н., доцент, Пензенский государственный университет, e-mail: anatoly.solomakha@yandex.ru
2. Горбаченко Владимир Иванович - д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Компьютерные технологии», Пензенский государственный университет, e-mail: gorvi@mail.ru

### Information about the Authors

1. Anatoly Anatolievich Solomakha - Ph.D., Associate Professor of the Department of Surgery, Penza State University, e-mail: anatoly.solomakha@yandex.ru
2. Vladimir Ivanovich Gorbachenko - Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department "Computer Technologies", Penza State University, e-mail: gorvi@mail.ru

### Цитировать:

Соломаха А.А., Горбаченко В.И. Нейросетевая система диагностики печёночной недостаточности в хирургии. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии* 2021; 14: 4: 303-306. DOI: 10.18499/2070-478X-2021-14-4-303-306.

### To cite this article:

Solomakha A.A., Gorbachenko V.I. Neural Network System for Diagnosing Liver Failure in Surgery. *Journal of experimental and clinical surgery* 2021; 14: 4: 303-306. DOI: 10.18499/2070-478X-2021-14-4-303-306.