© Коллектив авторов, 2018
УДК 616.62-008.22:004.032.26
DOI 10.21886/2308-6424-2018-6-3-12-16
ISSN 2308-6424

Экспертные системы в оценке данных урофлоуграмм

А.В. Ершов, Ф.П. Капсаргин, А.Г. Бережной, М.П. Мылтыгашев

ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет
имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» МЗ РФ; Красноярск, Россия

Актуальность. В практике врача-уролога принято судить о типе мочеиспускания по двум параметрам: чаще всего это эффективный объём мочевого пузыря (V) и максимальная объёмная скорость мочеиспускания (Qmax). Поскольку экспертная оценка цифровых характеристик потока мочи часто неоднозначна, они скептически воспринимаются частью врачей и нередко остаются без должного внимания. В настоящее время всё больше проявляется стремление медицины к объективизации путём количественного выражения клинических показателей. Основной технологией, используемой для решения задач обработки и анализа данных, а также их классификации и прогнозирования, являются искусственные нейронные сети. Целью работы являлась разработка экспертной системы распознавания данных урофлоуметрии на основе нейросетевого классификатора.

Материалы и методы. Обучение искусственной трёхслойной нейронной сети прямого распространения происходило по данным 210 урофлоуграмм и многомерного вектора, характеризующегося 9 входными параметрами.

Результаты. Тестирование системы проводилось на 40 примерах – данных урофлоуграмм пациентов, не участвовавших в обучении нейронной сети. При этом нейронная сеть определила все предложенные примеры правильно.

Выводы. Предложен нейросетевой метод распознавания данных урофлоуметрии различных заболеваний нижних мочевых путей. Сформировано пространство информативных признаков, влияющих на оценку данных урофлоуметрии. Разработана экспертная система, классифицирующая заболевания (3 вида отклонений от нормы) нижних мочевых путей (НМП) со степенью уверенности в 95%.

Ключевые слова: урология; искусственные нейронные сети; урофлоуметрия; распознавание заболеваний

Раскрытие информации: Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию: 23.08.2018. **Принята к публикации:** 17.09.2018.

Автор для связи: Капсаргин Федор Петрович; тел.: +7 (908) 212-48-20; e-mail: kapsargin@mail.ru

Для цитирования: Ершов А.В., Капсаргин Ф.П., Бережной А.Г., Мылтыгашев М.П. Экспертные системы в оценке данных урофлоуграмм. Вестник урологии. 2018;6(3):12-16. DOI: 10.21886/2308-6424-2017-6-3-12-16

Expert systems in uroflowmetry data evaluation

A.V. Ershov, F.P. Kapsargin, A.G. Berezhnoy, M.P. Miltigashev

Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V.F. Voyno-Yasenetski;
Krasnoyarsk, Russian Federation

Introduction. In the practice of an urologist, it is customary to assess the type of urination by two parameters: most often it is the effective volume of the bladder (V) and the maximum volume rate of urination (Qmax). Since the expert assessment of the digital characteristics of urine flow is often ambiguous, they are not taken into consideration by some doctors and often remain without due attention. Today there is a tendency in medicine to objectify by quantification of clinical parameters. The main technology used to solve the tasks of data processing and analysis, as well as their classification and forecasting, are artificial neural networks. The aim of the work was to develop an expert system of urine flow rate data recognition based on neural network classifier.

Materials and methods. The training of an artificial three-layer neural network of direct distribution occurred according 210 uroflowgrams and a multidimensional vector, characterized by 9 input parameters.

Results. the system was tested on 40 examples – uroflowgram data of patients who did not participate in neural network training. Despite this fact, the neural network has identified all the proposed examples correctly.

Conclusions. A neural network method for recognition of uroflowmetry data of various diseases of the lower urinary tract is proposed. The space of informative features influencing the assessment of uroflowmetry data is formed. An expert system that classifies diseases (3 types of disorders) of the lower urinary tract with a 95% degree of confidence has been developed.

Key words: urology; artificial neural networks; uroflowmetry; disease recognition.

Disclosure: The study did not have sponsorship. The authors have declared no conflicts of interest.

Received: 23.08.2018. **Accepted:** 17.09.2018.

For correspondence: Fedor P. Kapsargin; tel.: +7 (908) 212-48-20; e-mail: kapsargin@mail.ru

For citation: Ershov A.V., Kapsargin F.P., Berezhnoy A.G., Miltigashev M.P. Expert systems in uroflowmetry data evaluation. *Urology Herald*. 2018;6(3):12-16. (In Russ.). DOI: 10.21886/2306-6424-2018-6-3-12-16

Введение

В настоящее время всё больше проявляется стремление медицины к объективизации путём количественного выражения клинических показателей. В первую очередь это связано с появлением новых технических возможностей. Причём это касается не только лабораторных данных, но и сведений, имеющих весьма субъективный характер оценки [1].

Основной технологией, используемой для решения задач обработки и анализа данных, а также их классификации и прогнозирования, являются искусственные нейронные сети.

Основное преимущество нейронных сетей в медицине – обработка и учёт большого количества параметров, которые зачастую выявить врачу невозможно. В этом и заключается основная сложность прогнозирования, значительная часть информации представляет собой субъективные оценки врача, основанные на его знаниях и опыте [2, 3]. Тем не менее, влияние этих данных на постановку диагноза или выбор тактики лечения довольно высоко. Нейросети способны при-

нимать решения, основываясь на скрытых закономерностях, фильтруя многочисленные данные [4].

В свете изложенного, не лишена интереса работа С. Van de Beek et al. [5], в которой представлены результаты интерпретации 25 урофлоуграмм здоровых пациентов и больных с нарушениями мочеиспускания группой урологов из 58 человек; определялись нормальные урофлоуграммы и формулировались вероятные диагнозы. Оказалось, что в 43% случаев нормальные урофлоуграммы были отнесены к патологическим, а в 6% – наоборот [2].

Целью нашей работы являлась разработка экспертной системы распознавания данных урофлометрии на основе нейросетевого классификатора. Суть метода заключается в распознавании входных параметров и соотношении их к тому или иному классу заболеваний.

Материалы и методы

Обучающую выборку составили данные 210 урофлоуграмм (на базе урологического отделения «Дорожной клинической больницы на ст. Красноярск ОАО

Таблица 1. Показатели при урофлоуметрии

Table 1. Parameters of uroflowmetry

Входной параметр/ Input parameter	Комментарий / Comment
Age	Возраст пациента / Age of the patient
T Q max	Время достижения максимального мочеиспускания / Time to maximize urination
T Q max\T	Соотношение времени максимального мочеиспускания к полному времени обследования / Ratio of maximum urination time to total examination time
Q mid	Средняя скорость мочеиспускания / Average urination rate
V	Объём мочеиспускания / Urination volume
T	Время мочеиспускания / Urination time
KA	Коэффициент адекватности мочеиспускания / Coefficient of urination
Q mid\Q max	Соотношение средней к максимальной скорости мочеиспускания / The ratio of the average speed to the maximum speed of urination
Q max	Максимальная скорость мочеиспускания / Maximum urination rate

«РЖД») и многомерного вектора, характеризующегося 9 входными параметрами, численных показателей обследования (табл. 1).

Все пациенты обследованы по стандартному диагностическому алгоритму, включающему лабораторные, инструментальные, рентгенологические и ультразвуковые методы, которые позволяли выбрать оптимальный метод лечения в зависимости от анатомо-функционального состояния нижних мочевых путей, выявленной патологии, а также фазы течения воспалительного процесса.

Каждый пример имеет выходной параметр «класс», представляющий заранее известный диагноз (нормальное мочеиспускание кодируется цифрой 0, аденома простаты –1, стриктура уретры – 2, а сфинктерно-детрузорная диссинергия (СДД) –3) (рис. 1). Количество примеров каждого класса составили: 58 – число пациентов с нормальным мочеиспусканием, 107 – с аденомой простаты, 25 – со стриктурой уретры и 20 – с СДД.

Все пациенты обследованы по стандартному диагностическому алгоритму, включающему лабораторные, инструментальные, рентгенологические и ультразвуковые методы, которые позволяли выбрать оптимальный метод лечения в зависимости от анатомо-функционального состояния нижних мочевых путей, выявленной патологии, а также фазы течения воспалительного процесса.

Каждый пример имеет выходной параметр «класс», представляющий заранее известный диагноз (нормальное мочеиспускание кодируется циф-

рой 0, аденома простаты –1, стриктура уретры – 2, а сфинктерно-детрузорная диссинергия (СДД) – 3) (рис. 1). Количество примеров каждого класса составили: 58 – число пациентов с нормальным мочеиспусканием, 107 – с аденомой простаты, 25 – со стриктурой уретры и 20 – с СДД.

Результаты и обсуждение

В практике врача-уролога принято судить о типе мочеиспускания по двум параметрам: чаще всего это эффективный объем мочевого пузыря (V) и максимальная объемная скорость мочеиспускания ($Q_{\max}$). Поскольку экспертная оценка цифровых характеристик потока мочи часто неоднозначна, они скептически воспринимаются частью врачей и нередко остаются без должного внимания [2]. Мы же считаем, что вывод можно сделать только при одновременной оценке множества параметров, и этот вывод делается на основании опыта.

Цель обучения нейросети – приобрести этот опыт, поработав с данной обучающей выборкой. В работе использовалась стандартная трехслойная нейронная сеть. Процесс обучения представляет собой поиск закономерности между совокупностью обучающих данных и заранее известным результатом. Обучение сети для 9 входных векторов и 210 записей заняло около 14 минут.

Следующей важной задачей явилось изучение значимости входных параметров нейросети, для постановки диагноза (рис. 2).

Рисунок 1. Классы заболеваний нижних мочевых путей.
Figure 1. Classes of diseases of the lower urinary tract.

Рисунок 2. Средняя значимость входных параметров.
Figure 2. Average significance of input parameters.

Наиболее значимыми показателями ($p < 0,05$) явились: полное время мочеиспускания (0,677), эффективный объём мочевого пузыря (0,547), коэффициент адекватности (0,427), а также отношение периода максимального мочеиспускания к полному периоду (0,305). Следует отметить, что максимальную объёмную скорость мочеиспускания экспертная система не отнесла к наиболее значимым показателям при установке диагноза.

Далее нами разработана нейросетевая экспертная система, позволяющая тестировать данные. Тестирование системы проводилось на 40 примерах

заболеваний нижних мочевых путей (НМП). При этом нейронная сеть определила все предложенные примеры правильно. Более того, экспертная система «отбраковала» два примера, которые были внесены в тестовую выборку по ошибке. Урофлоуметрия двух пациентов была произведена на 10 сутки после TUR аденомы простаты (эксперт определил показатели мочеиспускания как нормальные).

Выводы

Таким образом, в данном исследовании нами решены следующие задачи:

- предложен нейросетевой метод распознавания данных урофлоуметрии различных заболеваний нижних мочевых путей.
- сформировано пространство информативных признаков, влияющих на оценку данных урофлоуметрии.
- разработан нейросетевой классификатор в среде Panalyzer 5.0. Рассчитаны показатели значимости параметров, которые имели наибольшее влияние на выбор метода лечения.
- выполнено тестовое прогнозирование разработанной экспертной системы с использованием контрольной выборки пациентов урологического отделения «Дорожной клинической больницы на ст. Красноярск ОАО «РЖД». Тестирование проводилось на 40 примерах, при этом степень диагностической уверенности системы составила 95%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каллан Р. *Основные концепции нейронных сетей*. Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс»; 2001:128-140. (In Russ.). ISBN: 5-8459-0210-X
2. Вишневский Е.Л., Пушкар Д.Ю., Лоран О.Б., Данилов В.В., Вишневский А.Е. *Урофлоуметрия*. М.: Печатный город; 2004. ISBN: 5-98467-001-1
3. Круглов В.В., Борисов В.В. *Искусственные нейронные сети. Теория и практика*. М.: Горячая линия-Телеком; 2002. ISBN 5-93517-031-0
4. Россиев Д.А. *Самообучающиеся нейросетевые экспертные системы в медицине: теория, методология, инструментарий, внедрение*. Дис. ... док. мед. наук. Красноярск; 1997. Доступно по: <http://earthpapers.net/samoobuchayuschiesya-neyrosetevye-ekspertnye-sistemy-v-medsine-teoriya-metodologiya-instrumentariy-vnedrenie> Ссылка активна на 28.09.2018.
5. Van de Beek C, Stoevelaar HJ, McDonnell J, Nijs HG, Casparie AF, Janknegt RA. Interpretation of uroflowmetry curves by urologists. *J Urol*. 1997;157(1):164-8. PMID: 8976242

REFERENCES

1. Callan R. *The Essence of Neural Networks*. Translation from English. M.: Publishing House "Williams"; 2001:128-140. (In Russ.). ISBN: 5-8459-0210-X
2. Vishnevsky EL, Pushkar DY., Laurent OB, Danilov VV, Vishnevsky AE. *Uroflowmetry*. M.: Printed City; 2004. (In Russ.). ISBN: 5-98467-001-1
3. Kruglov VV, Borisov VV. *Artificial neural networks. Theory and practice*. M.: Hotline-Telecom; 2002. (In Russ.). ISBN 5-93517-031-0
4. Rossiev DA. Self-learning neural network expert systems in medicine: theory, methodology, tools, implementation. Dis. ... doc. medical sciences. Krasnoyarsk; 1997. (In Russ.). Available at: <http://earthpapers.net/samoobuchayuschiesya-neyrosetevye-ekspertnye-sistemy-v-medsine-teoriya-metodologiya-instrumentariy-vnedrenie>. Accessed September 09, 2018.
5. Van de Beek C, Stoevelaar HJ, McDonnell J, Nijs HG, Casparie AF, Janknegt RA. Interpretation of uroflowmetry curves by urologists. *J Urol*. 1997;157(1):164-8. PMID: 8976242

Сведения об авторах

Ершов Артём Владимирович – ассистент кафедры урологии, андрологии и сексологии ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России
ORCID iD 0000-0001-5646-9279
e-mail: ershov1989@mail.ru

Information about the authors

Artyom V. Ershov – M.D.; Assistant of the Department of Urology, Andrology and Sexology, Krasnoyarsk State Medical University n. a. Prof. V.F. Voino-Yasenetski
ORCID iD 0000-0001-5646-9279
e-mail: ershov1989@mail.ru

Капсаргин Федор Петрович – д.м.н, профессор, заведующий кафедрой урологии, андрологии и сексологии ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России

ORCID iD 0000-0003-1029-2089

e-mail: kapsargin@mail.ru

Бережной Александр Григорьевич – к.м.н, доцент кафедры урологии, андрологии и сексологии ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России

ORCID iD 0000-0001-7229-8895

e-mail: alekb2008@yandex.ru

Мылтыгашев Мирген Прокопьевич – к.м.н, ассистент кафедры урологии, андрологии и сексологии ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России

ORCID iD 0000-0002-7283-4018

e-mail: smallmirg@mail.ru

Fedor P. Kapsargin – M.D., Ph.D. (M), Professor; Head of the Department of Urology, Andrology and Sexology, Krasnoyarsk State Medical University n. a. Prof. V.F. Voino-Yasenetski

ORCID iD 0000-0003-1029-2089

e-mail: kapsargin@mail.ru

Alexandr G. Berezhnoy – M.D., Ph.D. doctoral candidate (M); Associated Professor of the Department of Urology, Andrology and Sexology, Krasnoyarsk State Medical University n. a. Prof. V.F. Voino-Yasenetski

ORCID iD 0000-0001-7229-8895

e-mail: alekb2008@yandex.ru

Mirgen P. Myltygashev – M.D., Ph.D. doctoral candidate (M); Assistant of the Department of Urology, Andrology and Sexology, Krasnoyarsk State Medical University n. a. Prof. V.F. Voino-Yasenetski

ORCID iD 0000-0002-7283-4018

e-mail: smallmirg@mail.ru