

Ortopedicheskaya stomatologiya / N.G. Abolmasov, N.N. Abolmasov, V.A. Vy`chkov, A. Al`-Nakim. – M.: MEDpress-inform, 2013. – 512 s. – Tekst: neposredstvenny`j.

8. Изучение хрящевой ткани суставов после ультразвукового воздействия в эксперименте / В.В. Богатов, В.М. Курицын, Р.Д. Новоселов, А.М. Шабанов. – Текст: непосредственный // Актуальные вопросы стоматологии: сб. науч. тр. – Самара, 1992. – С. 41–44.

Izuchenie hryashhevoj tkani sustavov posle ul`trazvukovogo vozdejstviya v e`ksperimente / V.V. Bogatov, V.M. Kuricyn, R.D. Novoselov, A.M. Shabanov. – Tekst: neposredstvenny`j // Aktual`ny`e voprosy` stomatologii: sb. nauch. tr. – Samara, 1992. – S. 41–44.

9. Богатов, В.В. Применение ультразвука в ортодонтии / В.В. Богатов, А.А. Доманин, А.М. Шабанов. – Тверь: Губернская медицина, 2002. – 79 с. – Текст: непосредственный.

Bogatov, V.V. Primenenie ul`trazvuka v ortodontii / V.V. Bogatov, A.A. Domanin, A.M. Shabanov. – Tver` : Gubernskaya medicina, 2002. – 79 s. – Tekst: neposredstvenny`j.

*Богатов Василий Викторович (контактное лицо) – к. м. н., доцент кафедры стоматологии детского возраста ФГБОУ ВО Тверской государственной медицинской университет Минздрава России; 170100, Тверь, ул. Советская, д. 4. Тел. 8-964-166-48-33; e-mail: djoulai@mail.ru.*

УДК 616.211-002-072:004.91

Г.М. Портенко<sup>1</sup>, Г.П. Шматов<sup>2</sup>

## ВЫЯВЛЕНИЕ СМЕШАННОЙ ФОРМЫ РИНИТА В ГРУППАХ БОЛЬНЫХ АЛЛЕРГИЧЕСКИМ И ВАЗОМОТОРНЫМ РИНИТАМИ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО Тверской государственной медицинской университет Минздрава России,

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО Тверской государственной технической университет

Разработана многослойная искусственная нейронная сеть прямого распространения для проведения дифференциации пациентов с аллергической и вазомоторной формами ринита, ее использование позволило выявить иную форму заболевания, названную «смешанный ринит». Предложенная технология снижает субъективизм при проведении дифференциального диагноза ринопатий.

**Ключевые слова:** аллергический ринит, вазомоторный ринит, смешанный ринит, нейронная сеть, классификация, информационно-значимые симптомы.

## IDENTIFICATION OF MIXED FORM OF RHINITIS IN GROUPS OF ALLERGIC AND VASOMOTOR RHINITIS PATIENTS BY USING AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

G.M. Portenko<sup>1</sup>, G.P. Shmatov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tver State Medical University,

<sup>2</sup> Tver State Technical University

A multilayer artificial neural network of direct distribution was developed to differentiate patients with allergic and vasomotor forms of rhinitis, its use made it possible to identify a different form of the disease called «mixed rhinitis». The proposed technology reduces subjectivity in the differential diagnosis of rhinopathy.

**Key words:** allergic rhinitis, vasomotor rhinitis, mixed rhinitis, neural network, classification, information-relevant symptoms.

### Введение

В настоящее время клинические симптомы аллергического и вазомоторного ринита являются настолько сходными, что диагноз устанавливается на основании субъективной оценки врача. При использовании статистических методов (в основе которых лежит выборочный метод) возникают сложности, обусловленные целым рядом объективных причин.

Это делает особенно актуальным поиск применения технологии искусственных нейронных сетей. Нейронные сети – раздел искусственного интеллекта, в котором для обработки результатов наблюдений используются явления, аналогичные происходящим в нейронах живых существ. Другое не менее важное свойство нейронной сети – способность к обучению и обобщению накопленной информации (знаний).

Надресованная на ограниченном множестве (выборке) данных сеть способна обобщать полученную информацию и показывать хорошие результаты на данных, не использовавшихся в процессе обучения [1]. Нейронные сети с успехом используются в системах медицинской постановки диагнозов, определения прогноза заболевания, для разработки индивидуальных рекомендаций с учетом специфических особенностей пациентов [2, 3].

**Цель исследования:** минимизировать субъективизм оценки врача при дифференциации аллергической и вазомоторной форм хронического ринита с помощью разработанной, обученной и протестированной компьютерной модели искусственной нейронной сети с машинным обучением.

### Материалы и методы

Исследование проводилось на базе оториноларингологического отделения ГБУЗ «Областная клиническая больница» (ОКБ) г. Твери в период стационарного лечения пациентов с аллергической ринопатией (А-ринит, AP) и вазомоторной ринопатией (В-ринит, VP) в период с сентября 2012 г. по май 2014 г., носило одномоментный, наблюдательный характер.

Обследовано 172 пациента от 18 лет до 71 года: 128 женщин с диагнозом В-ринит и 44 женщины с диагнозом А-ринит. Все они обратились в консультационные поликлиники и поступили на стационарное лечение в оториноларингологическое отделение ГБУЗ ОКБ г. Твери. На каждого пациента заполнялась разработанная карта обследования по 39 симптомам. Симптомы были распределены по категориям: «Жалобы» (12 симптомов), «Анамнез» (10 симптомов), «Объективный статус» (к которому были отнесены также и лабораторные анализы – 17 симптомов). Результаты обследования (данные анкетирования) первичных и текущих пациентов накапливались, хранились и извлекались по запросу из разработанной для этого исследования базы данных (свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620310 от 18 февраля 2015 г.). База данных размещена в рабочих листах книги табличного процессора Microsoft Excel 2007 в виде двух списков: «В-ринит», «А-ринит». Значениями полей симптомов являлись элементы множества {0, 1} (0 – симптом у больного отсутствует, 1 – симптом у больного имеется).

В качестве вычислительного средства использовался персональный компьютер IBM PC с операционной системой Windows 7 x64. Инструментом и средой аналитического исследования являлась матричная система компьютерной математики и моделирования MATLAB с пакетом программного расширения Statistics and Machine Learning Toolbox.

### Результаты и обсуждение

Извлеченные из базы данных многомерные выборки больных (В-ринит – 39×128 и А-ринит – 39×44) в силу большой разности в объемах не могут быть применены для обучения нейронной сети. Объем выборки А-ринит увеличили втрое (39×132) аналитико-статистическим методом бутстреп [4, 5].

Таблица 1

### Общий список симптомов, используемых в исследовании

№	Название симптома	Аллергический ринит	Вазомоторный ринит
		n = 132	n = 128
<b>Жалобы</b>			
1	Затруднение носового дыхания постоянное	83	59
2	Затруднение носового дыхания периодическое	49	49
3	Изменение носового дыхания при перемене положения головы во время сна	37	48
4	Ринорея с водянистым отделяемым	68	50
5	Заложенность носа непостоянная	40	39
6	Заложенность носа выраженная	61	48
7	Ощущение густой слизи, стекающей в глотку	28	50
8	Чихание приступообразное	97	44
9	Чихание редкое	29	50
10	Зуд в носу	71	24
11	Дневной ритм	83	42
12	Ночной ритм	39	58
<b>Анамнез</b>			
13	Заболевание возникло после стресса	23	26
14	Поллиноз	29	0
15	Положительный аллергологический анамнез собственный	75	16
16	Положительный аллергологический анамнез семейный	46	32
17	Аллергологический анамнез отрицательный	3	63
18	Кожные пробы положительные	29	0
19	Частые ОРВИ (2 и более раз в году)	25	37
20	Атопический дерматит	19	4
21	Конфликтная ситуация дома	22	19
22	Конфликтная ситуация на работе	25	17
<b>Объективный статус</b>			
23	Набухание носовых раковин	31	52
24	Гиперемия слизистой оболочки носовых раковин	30	21
25	Бледность слизистой оболочки носа	54	25
26	Отечность слизистой оболочки носа	65	7
27	Цианотичность слизистой оболочки носа	34	29
28	Сизые пятна «Воячека»	0	55
29	Положительная проба с адреналином	25	84
30	Отрицательная проба с адреналином	107	43
31	Отделяемое водянистое	78	38
32	Отделяемое светлое	26	39
33	Отделяемое слизисто-водянистое	28	22
34	Шип носовой перегородки	2	8
35	Искривление носовой перегородки	35	43
36	Эозинофилия в крови	75	18
37	Лимфоцитоз	2	35
38	Кожные пробы положительные	27	0
39	Эозинофилия в отделяемом из носа (более 5 в поле зрения)	67	35

Анализ информативности симптомов заболевания для оториноларинголога представляет собой сложную медико-биологическую задачу. Оценка истории возникновения симптома обладает разной степенью субъективизма, который существенно влияет на ошибку диагностики заболевания.

По степени субъективности категорий симптомов их можно расположить в следующей последовательности: «высокая» – категория «Анамнез» (совокупность сведений о больном и развитии заболевания, полученных при опросе самого пациента и знающих его лиц и используемых для становления диагноза); «средняя» – категория «Жалобы» (неспособность пациента выразить словами свои ощущения); «низкая» – категория «Объективный статус» (ошибки врача при осмотре пациента, технические и методические ошибки лабораторной аппаратуры).

В настоящем исследовании нейронную сеть мы будем строить для категории симптомов с «низкой» субъективностью «Объективный статус». В задаче классификации форм ринита входные данные нейронной сети представляют собой векторы, компоненты которых являются симптомами распознаваемых форм ринита (А-ринит, В-ринит). Для решения создадим двухслойную сеть прямого распространения (рис. 1) с одним скрытым слоем (17 нейронов) и выходным слоем (2 нейрона), так как входные данные необходимо разделить на два класса ринита: АР\*, ВР\*. В скрытом слое используется гиперболическая тангенциальная функция активации  $\text{tansig}$ , в выходном слое – функция активации с мягким максимумом  $\text{softmax}$ .

Функция обучения нейронной сети использует алгоритм оптимизации Левенберга–Марквардта. В процессе обучения при неизменных весах на вход сети подаются все обучающие примеры и вычисляется усредненная по всем весам ошибка сети. Величина ошибки используется для корректировки весов. Затем снова повторяется цикл обучения, пока ошибка не станет малой. Процедура предъявления сети всего набора (пакета) обучающих данных называется эпохой.

Обучение нейронной сети происходит на трех наборах (выборках) данных: обучающим набором –

70%, проверочным набором – 25%, которые используются, чтобы оценить обобщающие свойства сети и остановить обучение, когда обобщение прекращает улучшаться, а также тестовым набором – 5%, не оказывающим влияния на обучение, но служащим для проверки на данных, которые не использовались в обучении сети.

Качество классификации нейронной сетью удобно оценить с помощью таблицы сопряженности, которая позволяет проводить подробный анализ результатов классификации (табл. 2).

Таблица 2

**Классификация для двух форм ринита  
(первая положительная – А-ринит,  
вторая отрицательная – В-ринит)**

Модели		Цель классификации		Всего
		А-ринит	В-ринит	
Модель	А-ринит	125 TP	3 FP	128 TP + FP
	В-ринит	3 FN	129 TN	132 FN + TN
Всего		128 TP + FN	132 FP + TN	

*Примечание:* TP – верно классифицированные положительные примеры (А-ринит); TN – верно классифицированные отрицательные примеры (В-ринит); FN – положительные примеры (А-ринит) классифицированы как отрицательные; FP – отрицательные примеры (В-ринит), классифицированные как положительные (А-ринит).

При анализе чаще оперируют не абсолютными показателями, а относительными – долями (rates), выраженными в процентах.

Чувствительность (Sensitivity) – доля истинно положительных случаев (А-ринит):

$$TPR = TP / (TP + FN) \times 100 = 97,66\%.$$

Специфичность (Specificity) – доля истинно отрицательных случаев (В-ринит), которые были правильно классифицированы:

$$SPC = TN / (FP + TN) \times 100 = 97,73\%.$$

Ошибка I рода (False Negative Rate) – ложноотрицательный случай:

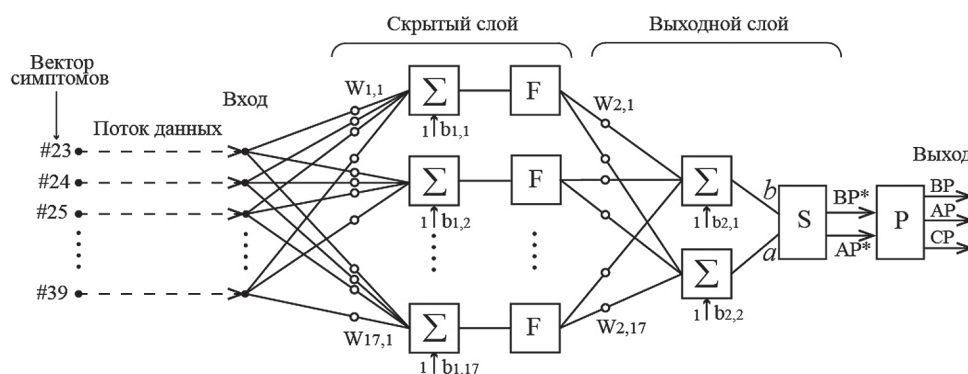


Рис. 1. Архитектура нейронной сети. W – весовой коэффициент (weight), b – смещение (bias),  $\Sigma$  – сумматор (netsum), F – функция активации ( $\text{tansig}$ ), P – функция вероятностного порога ( $p \leq 0,05$ ), S – функция активации с мягким максимумом ( $\text{softmax}$ )

$$FNR = FP / (FP + TN) = 2,27\%$$

Ошибка II рода (False Positive Rate) – ложноположительный случай:

$$FPR = FN / (TP + FN) = 2,34\%$$

Точность (Accuracy):

$$ACC = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN) \times 100 = 97,69\%$$

На основе приведенных расчетов применение нейронной сети для классификации форм ринита (А-ринит и В-ринит) следует признать весьма эффективным. Форма А-ринита выявлена на 97,66%. Ошибки отнесения формы А-ринит к форме В-ринит с вероятностью 2,27%. Точность классификации очень высокая – 97,69%. Только 2,31% случаев обучающей выборки классифицированы ошибочно.

Выходной слой с использованием функции активации softmax задает распределение вероятностей. Координаты полученного вектора при этом трактуются как вероятности того, что объект принадлежит некоторому классу элементов, который имеет значение более 0,5 (отсюда и термин «мягкий максимум»).

Фильтрация форм ринита осуществляется пользовательской функцией вероятностного порога Р (рис. 1), которая относит выходы функции softmax к формам АР и ВР, если их вероятности превышают порог 0,95.

Таким образом, формируется еще одна форма ринита, называемая «смешанный ринит» (СР). Функция Р также возвращает индексы пациентов (indBP, indAP, indCP), которые отнесены к категориям симптомов «Жалобы» и «Анамнез» форм ринита. Результатом фильтрации являются три выборки объемом: ВР – 114, АР – 100, СР – 46 (табл. 3).

Как видно из таблицы 3, смешанному риниту (СР) присущи те же самые информационно-значимые симптомы в 3-х категориях, на основании которых мы диагностируем АР и ВР. В свое время Г.М. Портенко [6] при изучении больных с аллергической и вазомоторной формами ринопатий выявил и смешанную форму ринита с отдельными положительными тестами на аллергию, которую автор рекомендовал лечить как хроническую аллергическую ринопатию.

Таблица 3

**Общий список форм ринита – вазомоторный ринит, аллергический ринит, смешанный ринит, установленных искусственной нейронной сетью**

№	Название симптома	В-ринит	А-ринит	С-ринит
		n = 114	n = 101	n = 46
<b>Жалобы</b>				
1	Затруднение носового дыхания постоянное	56	63	23
2	Затруднение носового дыхания периодическое	44	37	17
3	Изменение носового дыхания при перемене положения головы во время сна	42	23	20
4	Ринорея с водянистым отделяемым	42	64	12
5	Заложенность носа непостоянная	34	37	8
6	Заложенность носа выраженная	40	35	34
7	Ощущение густой слизи, стекающей в глотку	44	17	17
8	Чихание приступообразное	37	73	31
9	Чихание редкое	46	21	12
10	Зуд в носу	20	50	25
11	Дневной ритм	37	66	22
12	Ночной ритм	51	26	20
<b>Анамнез</b>				
13	Заблевание возникло после стресса	19	23	7
14	Поллиноз	0	25	4
15	Положительный аллергологический анамнез собственный	14	56	21
16	Положительный аллергологический анамнез семейный	26	30	22
17	Аллергологический анамнез отрицательный	56	4	6
18	Кожные пробы положительные	0	27	2
19	Частые ОРВИ (2 и более раз в году)	32	14	16

№	Название симптома	В-ринит	А-ринит	С-ринит
		n = 114	n = 101	n = 46
20	Атопический дерматит	4	14	5
21	Конфликтная ситуация дома	17	19	5
22	Конфликтная ситуация на работе	14	16	12
<b>Объективный статус</b>				
23	Набухание носовых раковин	50	21	12
24	Гиперемия слизистой оболочки носовых раковин	15	11	25
25	Бледность слизистой оболочки носа	22	43	14
26	Отечность слизистой оболочки носа	5	64	3
27	Цианотичность слизистой оболочки носа	27	30	6
28	Сизые пятна «Воячека»	54	0	1
29	Положительная проба с адреналином	79	7	23
30	Отрицательная проба с адреналином	34	93	23
31	Отделяемое водянистое	33	68	15
32	Отделяемое светлое	33	18	14
33	Отделяемое слизисто-водянистое	21	17	12
34	Шип носовой перегородки	8	2	0
35	Искривление носовой перегородки	39	24	15
36	Эозинофилия в крови	14	73	6
37	Лимфоцитоз	34	0	3
38	Кожные пробы положительные	0	27	0
39	Эозинофилия в отделяемом из носа (более 5 в поле зрения)	30	42	30

### Выводы

Проведенная классификация симптомов «Объективного статуса» обученной многослойной нейронной сетью прямого распространения ошибки подтвердила наличие смешанного ринита в группах больных аллергическим и вазомоторным ринитом.

«Низкая» оценка субъективности категории «Объективный статус» соответствует ошибке классификации нейронной сети в 2,27%.

### Литература/References

1. *Осовский, С.* Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский; перевод с польского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с. – Текст: непосредственный.

*Osovskij, S.* Nejrorny'e seti dlya obrabotki informacii / S. Osovskij; perevod s pol'skogo. – M.: Finansy i statistika, 2002. – 344 s. – Tekst: neposredstvenny'j.

2. *Ясницкий, Л.Н.* Нейронные сети – инструмент для получения новых знаний: успехи, проблемы, перспективы / Л.Н. Ясницкий. – Текст: непосредственный // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2015. – № 5. – С. 48–56.

*Yasniczkij, L.N.* Nejrorny'e seti – instrument dlya polucheniya novy'h znaniy: uspehi, problemy, perspektivy / L.N. Yasniczkij. – Tekst: neposredstvenny'j // Nejrorkomp'yutery: razrabotka, primenenie. – 2015. – № 5. – S. 48–56.

3. Diagnosis and prognosis of cardiovascular diseases on the basis of neural networks / L. Yasnitsky, A.A. Dum-

ler, A.N. Poleshchuk [et al.]. – Text: visual // Biomedical Engineering. – 2013. – Vol. 47. – № 3. – P. 160–163.

4. *Диаконис, П.* Статистические методы с интенсивным использованием ЭВМ / П. Диаконис, Б. Эфрон. – Текст: непосредственный // В мире науки. – 1993. – № 3. – С. 60–72.

*Diakonis, P.* Statisticheskie metody s intensivny'm ispol'zovaniem E'VM / P. Diakonis, B. E'fron. – Tekst: neposredstvenny'j // V mire nauki. – 1993. – № 3. – S. 60–72.

5. *Эфрон, Б.* Нетрадиционные методы многомерного статистического анализа / Б. Эфрон. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 348 с. – Текст: непосредственный.

*E'fron, B.* Netradicionny'e metody mnogomernogo statisticheskogo analiza / B. E'fron. – M.: Finansy i statistika, 1988. – 348 s. – Tekst: neposredstvenny'j.

6. *Портенко, Г.М.* К вопросу о дифференциальной диагностике хронической аллергической и хронической вазомоторной ринопатий / Г.М. Портенко. – Текст: непосредственный // Вестник оториноларингологии. – 1969. – № 6. – 1969. – С. 47.

*Portenko, G.M.* K voprosu o differencial'noj diagnostike hronicheskoy allergicheskoy i hronicheskoy vazomotornoj rinopatij / G.M. Portenko. – Tekst: neposredstvenny'j // Vestnik otorinolaringologii. – 1969. – № 6. – 1969. – S. 47.

*Портенко Геннадий Михайлович (контактное лицо) – д. м. н., профессор, заведующий кафедрой оториноларингологии ФГБОУ ВО Тверской государственный медицинский университет Минздрава России; 170100, Тверь, ул. Советская, д. 4. Тел. 8-960-703-18-59; e-mail: gennadij-portenko@yandex.ru.*

УДК 616.329/.33-002-008.17-092-07

В.В. Чернин, Е.В. Секарева

## ЭТИОЛОГИЧЕСКИЕ, КЛИНИКО-ПАТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕГАТИВНОЙ ФОРМЫ ГАСТРОЭЗОФАГЕАЛЬНОЙ РЕФЛЮКСНОЙ БОЛЕЗНИ И ХРОНИЧЕСКОГО ЭЗОФАГИТА

*Кафедра факультетской терапии ФГБОУ ВО Тверской государственный медицинский университет Минздрава России*

В статье представлены данные об экзогенных и эндогенных факторах риска, клинико-патогенетических и морфологических характеристиках эндоскопически негативной формы гастроэзофагеальной рефлюксной болезни и хронического эзофагита. Установлено, что они имеют ряд этиологических, патогенетических и клинико-морфологических различий, требующих пересмотра их классификации и принципов лечения.

**Ключевые слова:** гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь, хронический эзофагит, факторы риска, этиология, патогенетические механизмы, клиника, лечение.

## ETHIOLOGICAL, CLINICAL, PATHOGENETIC AND MORPHOLOGICAL FEATURES OF A NEGATIVE TYPE OF GASTROESOPHAGEAL REFLUX DISEASE AND CHRONIC ESOPHAGITIS

V.V. Chernin, E.V. Sekareva  
*Tver State Medical University*

The article presents data on exogenous and endogenous risk factors, clinical, pathogenetic and morphological characteristics of the endoscopy negative type of gastroesophageal reflux disease and chronic esophagitis. It was established