Analysis and forecasting effectiveness of medical intervention during the treatment of patients with arterial hypertension with the use of neural net-work modeling

Анализ и прогнозирование эффективности медицинских вмешательств при лечении больных артериальной гипертензией с использованием нейросетевого моделирования

E.Y. Gafanovich, I.L. Kashirina
Е.Я. Гафанович, И.Л. Каширина

Abstract:

The article is dedicated to the possibility of using mathematical methods in prognostic evaluation of the effectiveness of medical interventions in the treatment of hypertension. Using of the neural processing technology of retrospective information including a comprehensive examination of the patient, the characterization of drug treatment, systolic and diastolic blood pressure during treatment, and at discharge is explained in the article. In order to select the best network, options are compared to the values of errors. The accuracy of the selected neural network forecasting model is cited. An algorithm for the use of predictive models for the selection of the optimal variant of antihypertensive therapy is expounded in the article.

Аннотация:

В статье рассматривается возможность применения математических методов прогностического оценивания эффективности медицинских вмешательств при лечении артериальной гипертензии. Обосновывается использование нейросетевой технологии обработки ретроспективной

информации, включающей данные комплексного обследования больного, характеристику медикаментозного лечения, значения систолического и диастолического артериального давления в процессе лечения и при выписке. Для выбора наилучшей сети варианты сравниваются по величинам ошибок. Приводится исследование точности прогноза выбранной нейросетевой модели. Предложен алгоритм использования прогностической модели для подбора оптимального варианта антигипертензивной терапии.

Keywords:

Arterial hypertension, neural network model, forecasting, antihypertensive therapy.

Ключевые слова:

Артериальная гипертензия, нейросетевая модель, прогнозирование, антигипертензивная терапия.

Введение

Современные методы прогностического оценивания эффективности медицинских вмешательств, основанные на математическом моделировании и компьютерных технологиях, являются основой интеллектуальной поддержки принятия врачебных решений. Чаще всего для прогностических целей строят регрессионные модели различной сложности [1]. Однако адекватность этой модели подтверждается только на той выборке ретроспективной информации, на которой она построена, затруднена ее коррекция по текущей информации. Кроме того, большинство медицинских данных имеют описательный характер, они не могут быть хорошо упорядочены и классифицированы. Для их количественной оценки используются лингвистические переменные, наборы дискретных чисел.

В этих условиях более эффективным является применение нейросетевого моделирования [2].

Целью работы является обоснование нейросететвого моделирования для прогнозирования эффективности выбранных врачом медицинских вмешательств при медикаментозном лечении артериальной гипертензии (АГ). При этом прогноз осуществляется путем задания исходных данных больного в нейронной сети, обученной и верифицированной на основе ретроспективной информации, которая включает в себя как количественные данные (возраст, индекс массы тела (ИМТ), систолическое и диастолическое артериальное давление, частота сердечных сокращений (ЧСС), толщина межжелудочковой перегородки (ТМЖП) и другие), так и дискретные оценки «да» – 0, «нет» – 1 (кардиалгия на фоне гипертонии, прием определенных препаратов и другие).

Материал и методы

Для построения нейросетевой модели использованы статистические данные наблюдения больных АГ в отделении кардиологии клиники Саратовского государственного медицинского университета.

В качестве входных неуправляемых переменных нейросетевой модели приняты:

- индивидуальные данные больного,
- данные анамнеза,
- результаты комплексного обследования сердечно-сосудистой системы,
- результаты биохимического анализа,
- характеристика лечения до поступления в стационар,

входных управляющих переменных:

- (характеристика лекарственных воздействий при стационарном лечении:

выходных:

- систолическое и диастолическое давление (САД и ДАД) в процессе лечения и при выписке. Количество наблюдений в выборке – 71, в контрольной – 14.

Проведено исследование, направленное на выбор нейросетевой модели, которая с минимальными ошибками позволяет прогнозировать эффективность медицинских вмешательств.

Для построения нейросетевой модели используется пакет *STATISTICA.*

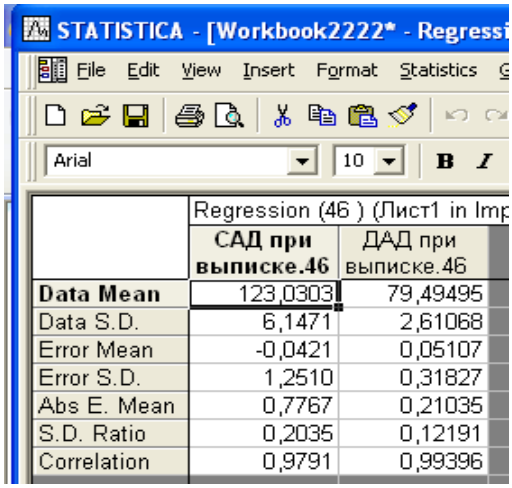
Выбор наилучшей сети осуществлялся по значениям ошибок.

После выделения сети в списке и нажатия кнопки *Descriptive statistics* появляется окно с характеристиками данной нейросетевой модели (рис. 1). В нем приводятся значения Data Mean (среднее данных) для каждого прогнозируемого параметра, Data S.D. (среднеквадратическое отклонение данных), Error Mean (средняя ошибка прогноза), Error S.D. (среднеквадратическое отклонение ошибки прогноза), Abs E. Mean (средняя абсолютная ошибка прогноза), SD Ratio (отношение среднеквадратического отклонения ошибки прогноза к среднеквадратическому отклонению данных), Correlation (величина корреляции между реальными и спрогнозированными данными).

Значение ошибки «SD Ratio» является наиболее пригодной для целей сравнения, потому как представляет собой число между 0 и 1, зависит лишь от величины каждой составляющей ошибки (не зависит от знака), а также довольно восприимчиво к выбросам. Эмпирическое правило гласит, что если SD Ratio не превышает значения 0.2, сеть подобрана хорошо, если SD Ratio находится в пределах от 0.2 до 0.4 – то удовлетворительно, а если больше 0,4 – то неудовлетворительно.

Результаты

В нашем случае лишь одна сеть из 10, сохраненных программой, оказалась близка к хорошему качеству прогнозирования по обоим параметрам. (На рисунке 1 величина SD Ratio для ***САД при выписке*** равна 0.2035, а для ***ДАД при выписке*** 0.12191).



	САД при выписке.46	ДАД при выписке.46
Data Mean	123,0303	79,49495
Data S.D.	6,1471	2,61068
Error Mean	-0,0421	0,05107
Error S.D.	1,2510	0,31827
Abs E. Mean	0,7767	0,21035
S.D. Ratio	0,2035	0,12191
Correlation	0,9791	0,99396

Рис. 1. Таблица ошибок регрессии.

Исследуем поподробнее выбранную сеть (она имеет номер 46, то есть она в процессе тестирования была сформирована 46-й).

Архитектура этой сети проведена на рисунке 2. Эта сеть имеет 54 входа, 21 нейрон в первом слое, 2 нейрона во втором слое и 2 выхода.

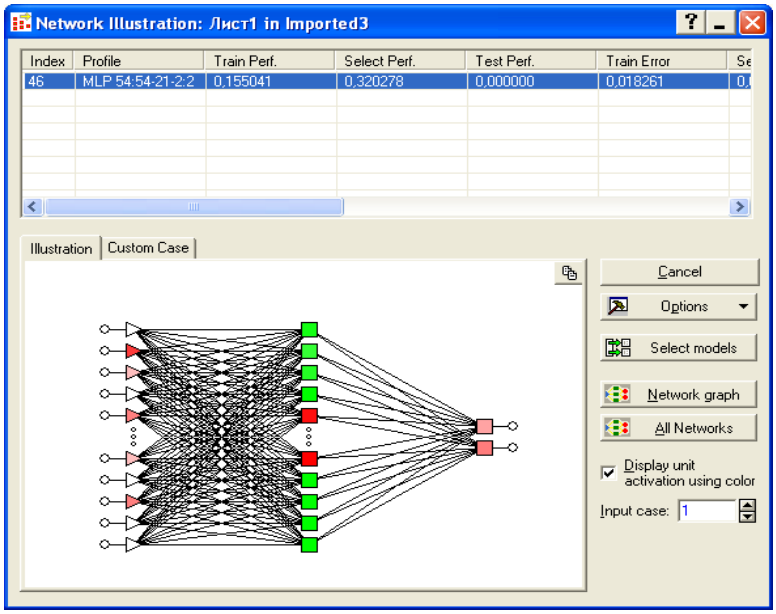
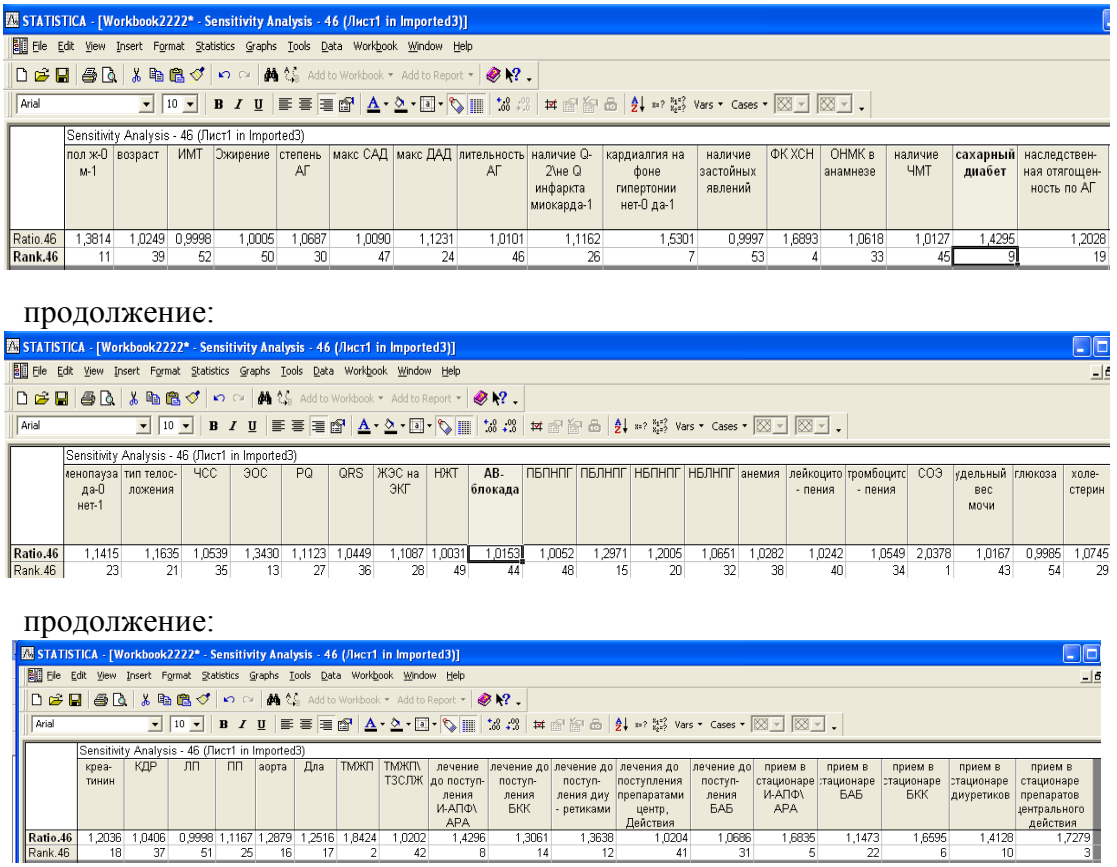


Рис. 2. Архитектура лучшей сети.

При построении этой сети 12 из 66 имеющихся входов были отброшены, как малозначимые (рис. 3).



	пол ж-0 м-1	возраст	ИМТ	Ожирение	степень АГ	макс САД	макс ДАД	лительность АГ	наличие Q-2ине Q инфаркта миокарда-1	кардиалгия на фоне гипертонии нет-0 да-1	наличие застойных явлений	ФК ХСН	ОНМК в анамнезе	наличие ЧМТ	**сахарный диабет**	наследствен-ная отягощен-ность по АГ
Ratio.46	1,3814	1,0249	0,9998	1,0005	1,0687	1,0090	1,1231	1,0101	1,1162	1,5301	0,9997	1,6893	1,0618	1,0127	1,4295	1,2028
Rank.46	11	39	52	50	30	47	24	46	26	7	53	4	33	45	9	19

продолжение:

	менопауза да-0 нет-1	тип телос-ложения	ЧСС	ЭОС	PQ	QRS	ЖЭС на ЭКГ	НЖТ	**АВ-блокада**	ПБПНПГ	ПБЛНПГ	НБПНПГ	НБЛНПГ	анемия	лейкоцито - пения	тромбоцитс - пения	СОЭ	удельный вес мочи	глюкоза	холе-стерин
Ratio.46	1,1415	1,1635	1,0539	1,3430	1,1123	1,0449	1,1087	1,0031	1,0153	1,0052	1,2971	1,2005	1,0651	1,0282	1,0242	1,0549	2,0378	1,0167	0,9985	1,0745
Rank.46	23	21	35	13	27	36	28	49	44	48	15	20	32	38	40	34	1	43	54	29

продолжение:

	креа-тинин	КДР	ЛП	ПП	аорта	Дла	ТМЖП	ТМЖП\ ТЗСЛЖ	лечение до поступ-ления И-АПФ\ АРА	лечение до поступ-ления ББК	лечение до поступ-ления диу - ретиками	лечения до поступления препаратами центр, Действия	лечение до поступ-ления ББАБ	прием в стационаре И-АПФ\ АРА	прием в стационаре ББАБ	прием в стационаре ББК	прием в стационаре диуретиков	прием в стационаре препаратов центрального действия
Ratio.46	1,2036	1,0406	0,9998	1,1167	1,2879	1,2516	1,8424	1,0202	1,4296	1,3061	1,3638	1,0204	1,0686	1,8835	1,1473	1,6595	1,4128	1,7279
Rank.46	18	37	51	25	16	17	2	42	8	14	12	41	31	5	22	6	10	3

Рис. 3. Значимость входов нейронной сети.

Гистограммы частот остатков для каждого из входов выбранной модели нейронной сети (рис. 4) показывают, с какой частотой встречаются те или иные ошибки при аппроксимации зависимости САД и ДАД при выписке от имеющихся входных параметров. И позволяют определить, что величина ошибки прогнозирования *ДАД при выписке* не превосходит по модулю 1.4 *мм рт. ст.* А чаще всего (в 48 случаях из 99 рассмотренных) это давление предсказывается абсолютно точно. Величина ошибки прогнозирования *САД при выписке* не превосходит по модулю 6 *мм рт. ст.*(причем 6 мм – это единичный выброс, подавляющая масса предсказаний имеет абсолютную погрешность не более 2 мм рт. столба).

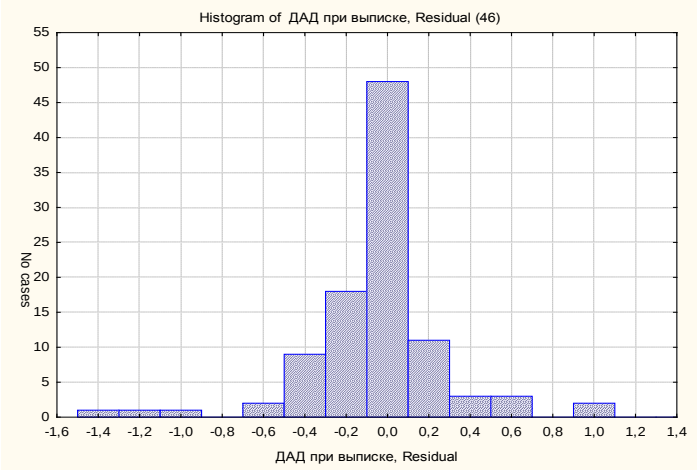


Рис. 4. Гистограммы частот остатков для каждого из входов выбранной модели нейронной сети.

Обсуждение

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что качество прогнозирования данной сетью действительно высоко.

Если учитывать значения давления на 3-й день лечения (иначе говоря, прогноз результатов лечения делать только после 3-го дня пребывания в стационаре), то качество прогноза можно еще улучшить.

На рисунке 5 приводятся результаты тестирования сетей, которые рассматривали 72 входа.

STATISTICA - [Workbook2222* - Regression (41 44-51) (Лист1 in Imported3)]

File Edit View Insert Format Statistics Graphs Tools Data Workbook Window Help

Regression (41 44-51) (Лист1 in Imported3)

	САД при выписке.41	ДАД при выписке.41	САД при выписке.44	ДАД при выписке.44	САД при выписке.48	ДАД при выписке.48	САД при выписке.49	ДАД при выписке.49	САД при выписке.50	ДАД при выписке.50	САД при выписке.51	ДАД при выписке.51
Data Mean	123,0303	79,49495	123,0303	79,49495	123,0303	79,49495	123,0303	79,49495	123,0303	79,49495	123,0303	79,49495
Data S.D.	6,1471	2,61068	6,1471	2,61068	6,1471	2,61068	6,1471	2,61068	6,1471	2,61068	6,1471	2,61068
Error Mean	0,0593	0,05418	0,1932	0,02862	0,1857	0,06051	-0,5401	0,07091	0,0427	0,01882	-0,0272	0,01566
Error S.D.	1,4752	0,23816	1,9816	0,80949	1,8008	0,36897	4,2012	2,32224	0,7026	0,64975	1,6077	0,30587
Abs E. Mean	0,9294	0,17012	1,1804	0,53266	1,1938	0,25703	2,2963	1,09655	0,2415	0,19935	0,7761	0,21628
S.D. Ratio	0,2400	0,09123	0,3224	0,31007	0,2930	0,14133	0,6834	0,88952	0,1143	0,24888	0,2615	0,11716
Correlation	0,9708	0,99698	0,9473	0,95709	0,9586	0,99091	0,7409	0,45819	0,9936	0,96905	0,9659	0,99424

Рис. 5. Таблица ошибок регрессий, построенных сетями, учитывающими значения давления на 3-й день лечения

Как видно из рисунка 5 сети с наименьшими значениями ошибок имеют номера 41, 44, 48, 49, 50 и 51. Однако ни одна из этих сетей не имеет оба показателя SD Ratio меньшие, чем 0,2. В то же время сеть с номером 50 хорошо предсказывает САД при выписке (SD Ratio =0,1143), а сеть с номером 51 хорошо предсказывает ДАД при выписке (SD Ratio =0,1171). Из этих двух сетей следует организовать “комитет”, и значение прогноза САД при выписке получать у первой сети, а прогноза ДАД при выписке – у второй.

Из рисунка 6 видно, что в этом случае величина ошибки прогнозирования *ДАД при выписке* не превзойдет по модулю 1.4 *мм рт. ст., а* величина ошибки прогнозирования *САД при выписке* не превзойдет по модулю 5 *мм рт. ст.*(причем подавляющая масса предсказаний будет иметь абсолютную погрешность не более 1 мм рт. столба.)

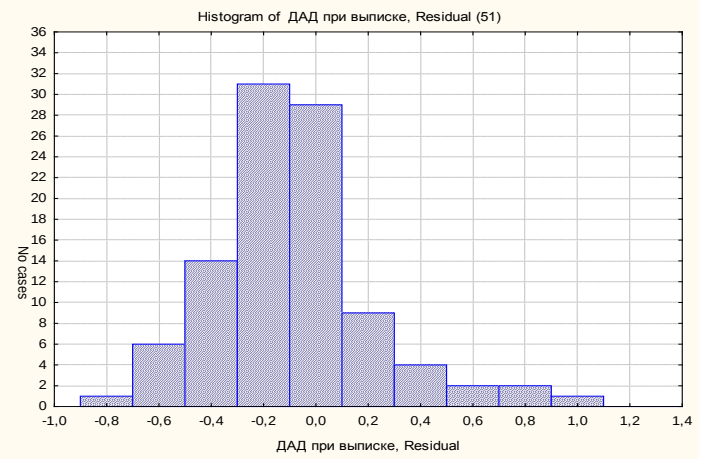


Рис. 6. Гистограммы частот остатков для каждого из входов 50 и 51-й моделей нейронной сети

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что построенные нейросетевые модели целесообразно использовать в качестве прогностических при выборе лечения в стационаре. При этом был использован следующий алгоритм:

1) в системе STATISTICA с зафиксированными прогностическими моделями вносятся исходные данные больного, поступившего на стационарное лечение;

2) столбцы «прием в стационаре» заполняются врачом в зависимости от выбранного лечения;

3) для предварительной оценки влияния на САД и ДАД при выписке отдельной группы лекарственных воздействий осуществляется прогнозирование с использованием выбранных нейросетевых моделей;

4) если врач не удовлетворен прогностической оценкой, то он переходит к новому варианту комплексного лекарственного воздействия и прогнозированию САД и ДАД при выписке, в противном случае – назначает предложенное лечение;

5) в исходные данные вносятся значения САД и ДАД на 3-й день лечения;

6) осуществляется прогнозирование значений САД и ДАД при выписке с учетом дополнительных исходных данных;

7) если врач не удовлетворен прогностической оценкой, то он корректирует лечение и рассматривает новую прогностическую оценку, в противном случае – назначенное лечение не меняется.

Использование данного подхода в клинических условиях показало, что нейросетевая обработка ретроспективных данных стационарного лечения больных АГ является эффективным инструментом в работе врача при анализе наиболее значимых факторов, влияющих на состояние поступившего в стационар пациента, и подбора оптимального варианта антигипертензивной терапии наиболее щадящим способом со снижением риска осложнений и обострений, которые возникают на начальном этапе при традиционном лечении.

Использованная литература:

[1] Статистический и нейросетевой методы идентификации и прогнозирования в медицине / Лифшиц В.Б. [и др.] // Информационные технологии. – 2004. – 3. – С. 60.

[2] Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком; 2008.

……

E.Y. Gafanovich, Cand. Sc. (Medicine)
Saratov V. I. Razumovsky State Medical Academy University
lvovicha@mail.ru

I.L. Kashirina, Cand. Sc. (Engineering)
Voronezh State University
kach.irina@mail.ru