



УДК 681.3

## **МНОГОЭТАПНАЯ ПРОЦЕДУРА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИСХОДОВ И РАЦИОНАЛЬНОГО ВЫБОРА МЕДИКАМЕНТОЗНОГО ЛЕЧЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЭКСПЕРТНО-ИГРОВОГО ОЦЕНИВАНИЯ**

**Е.Я. ГАФАНОВИЧ<sup>1</sup>****В.Д. ЛУЦЕНКО<sup>2</sup>****М.В. ФРОЛОВ<sup>3</sup>**

*<sup>1)</sup> Саратовский государственный  
медицинский университет  
им.В.И.Разумовского*

*<sup>2)</sup> МБУЗ «Городская больница №2»,  
г. Белгород*

*<sup>3)</sup> Воронежская государственная  
медицинская академия Н.Н.Бурденко*

*e-mail: office@vvt.ru*

В статье рассматривается возможность применения математических методов прогностического и оптимизационного оценивания эффективности медицинских вмешательств при лечении артериальной гипертензии. На первом этапе реализуется процедура построения прогностической модели на основе нейросетевой обработки ретроспективной информации технологии. Второй этап связан с оптимизационным оцениванием комплекса лекарственных средств, а третий – с рациональным выбором медикаментозного лечения с использованием экспертно-игрового оценивания.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, прогнозирование, нейросетевая модель, оптимизация.

Основой оценивания эффективности медицинских вмешательств при медикаментозном лечении артериальной гипертензии (АГ) является прогностическая модель. Выбор технологии обработки перечисленных видов информации определяет дальнейшую возможность использования прогностической модели для анализа исходов медикаментозных воздействий и рационального выбора в многовариантной среде [1].

Целью работы является обоснование применения нейросетевого и оптимизационного моделирования для оценки и выбора эффективных медицинских вмешательств при лечении АГ. В зависимости от класса прогностической модели, характера ее использования, возможностей сочетания ретроспективной, текущей и экспертной информации, используемых алгоритмов принятия решений исследуется построение многоэтапной процедуры моделирования и рационального выбора. Для реализации процедуры рассматривается ее декомпозиция на распределенные во времени определенные процессы, реализуемые в автоматическом и интерактивном режимах, и следующие за этими процессами результаты, получение каждого из которых позволяет перейти к определенному процессу.

Выбор в качестве прогностической нейро-нечеткой модели влечет за собой необходимость в заданной структуризации ретроспективной информации для реализации процесса обучения модели. Процесс рационального выбора варианта лечения в этом случае организуется на основе имитационного моделирования с использованием экспертной информации.

Разнообразие современных лекарственных средств, используемых при лечении ССЗ, приводит к необходимости постоянного сравнительного анализа эффекта от применения лекарства, приведенного в описаниях фирмы-производителя и литературных источниках и полученного в реальной клинической практике. Результатом такого анализа должна стать структуризация всего множества средств в некоторый комплекс лекарственных воздействий, наиболее приемлемых для стационарного лечения с позиций практического опыта определенной группы врачей-экспертов. При этом первоначально рассматривается максимальный перечень препаратов и по каждому из них решается альтернатива включения в рекомендуемый комплекс, т.е. процесс выбора представляется процедурой многоальтернативной структуризации. Предлагается реализация указанной процедуры в режиме компьютерного совещания [2].



Рассмотрим процедуры моделирования и рационального выбора лечения в режиме дуального экспертно-игрового оценивания. При этом структура многоэтапной процедуры моделирования и рационального выбора артериальной гипертензии включает следующие процессы:  $\pi_1$  – формирование ретроспективной информации по результатам стационарного лечения артериальной гипертензии;  $\pi_2$  – настройка параметров нейро-нечеткой модели на основе структурированной ретроспективной информации;  $\pi_3$  – рациональный выбор варианта лечения на основе имитационного моделирования;  $\pi_4$  – сбор текущей информации в ходе стационарного лечения больного;  $\pi_5$  – верификация модели;  $\pi_6$  – коррекция параметров модели;  $\pi_7$  – коррекция лечения;  $\pi_8$  – продолжение лечения.

Результаты перечисленных процессов обозначим следующим образом:  $\theta_1$  – структурированная информация для настройки модели;  $\theta_2$  – завершение настройки параметров нейро-нечеткой модели;  $\theta_3$  – реализация варианта стационарного лечения больного;  $\theta_4$  – структурная текущая информация о ходе лечения больного;  $\theta_5$  – оценка адекватности модели;  $\theta_6$  – скорректированная модель;  $\theta_7$  – скорректированный вариант лечения.

Взаимодействие процессов и результатов показано на рис. 1.

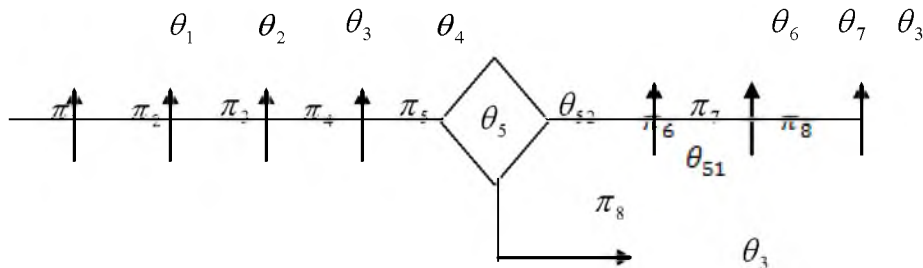


Рис. 1. Схема взаимодействия процессов и результатов многоэтапной процедуры моделирования и рационального выбора лечения

Процедуры имитационного моделирования реализованы с использованием многослойной нейро-нечеткой сети (рис. 2) [3], в которой:

$U_F$  – двухслойная вперед направленная сеть, состоящая из слоев  $U_1$  и  $U_2$ , где  $U_1$  – входной слой,  $U_2$  – слой функции принадлежности;

$U_1$  – двухслойная вперед направленная сеть, состоящая из слоев  $U_3$  и  $U_4$ ,

$U_3$  – слой агрегации (композиции),  $U_4$  – слой вывода;

$U_D$  – однослойная вперед направленная сеть, состоящая из слоя  $U_5$  – входного слоя.

В эффективных комбинациях используют препараты различных классов для того, чтобы получить дополняющий друг друга эффект путем сочетания препаратов с



различными механизмами действия и с одновременным сведением до минимума взаимодействий, которые ограничивают снижение АД.

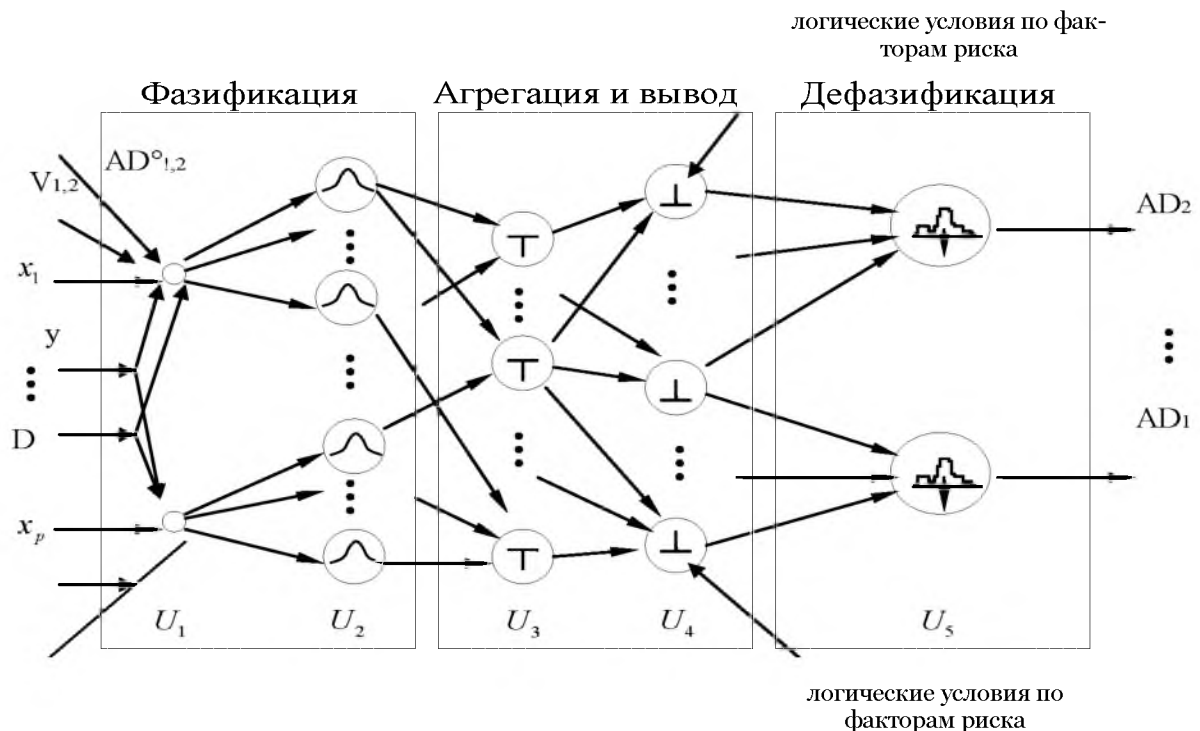


Рис. 2. Структура нейро-нечеткой модели стационарного лечения артериальной гипертензии

Для выбора эффективных комбинаций предлагается подход, позволяющий реализовать дуальный процесс оценивания вариантов лечения АГ двумя экспертами; врачом-экспертом и автоматом-экспертом. При этом в качестве автомата-эксперта служит прогностическая модель.

Используя дуальные оценки эксперта-автомата и эксперта-врача, выбирается вариант лечения, обеспечивающий выполнение условий:

$$(1) \quad f_1(A_k) = (AD_1 - AD_1^*)^2 \rightarrow \min;$$

$$f_2(A_k) = (AD_2 - AD_2^*)^2 \rightarrow \min; \tag{2}$$

$$f_3(A_k) = \sum_{j=1}^n \varepsilon_j D_j + Z \left( j = \frac{\max}{1, n} \frac{d_j}{d_j} \right) \leq C, \tag{3}$$

где  $\varepsilon_j$  — удельная стоимость  $j$ -го лекарственного воздействия;

$Z$  — суточные затраты на содержание больного в стационаре;

$d_j$  — суточная доза  $j$ -го лекарственного воздействия;

$C$  — граничный уровень стоимости стационарного лечения больного.

Процесс выбора по каждому из критериев  $f_1, f_2$  представлен в виде 2хК игры [3], где одной стороной являются интересы больного на проведение эффективного лечения из совокупности вариантов  $A_k \quad k = \overline{1, K}$ , а другой — возможности эксперта-автомата ( $B_1$ ) и эксперта-врача ( $B_2$ ) дать прогноз реальной эффективности лечения.

Структурная схема дуального экспертно-игрового оценивания вариантов стационарного лечения АГ представлена на рис. 3.

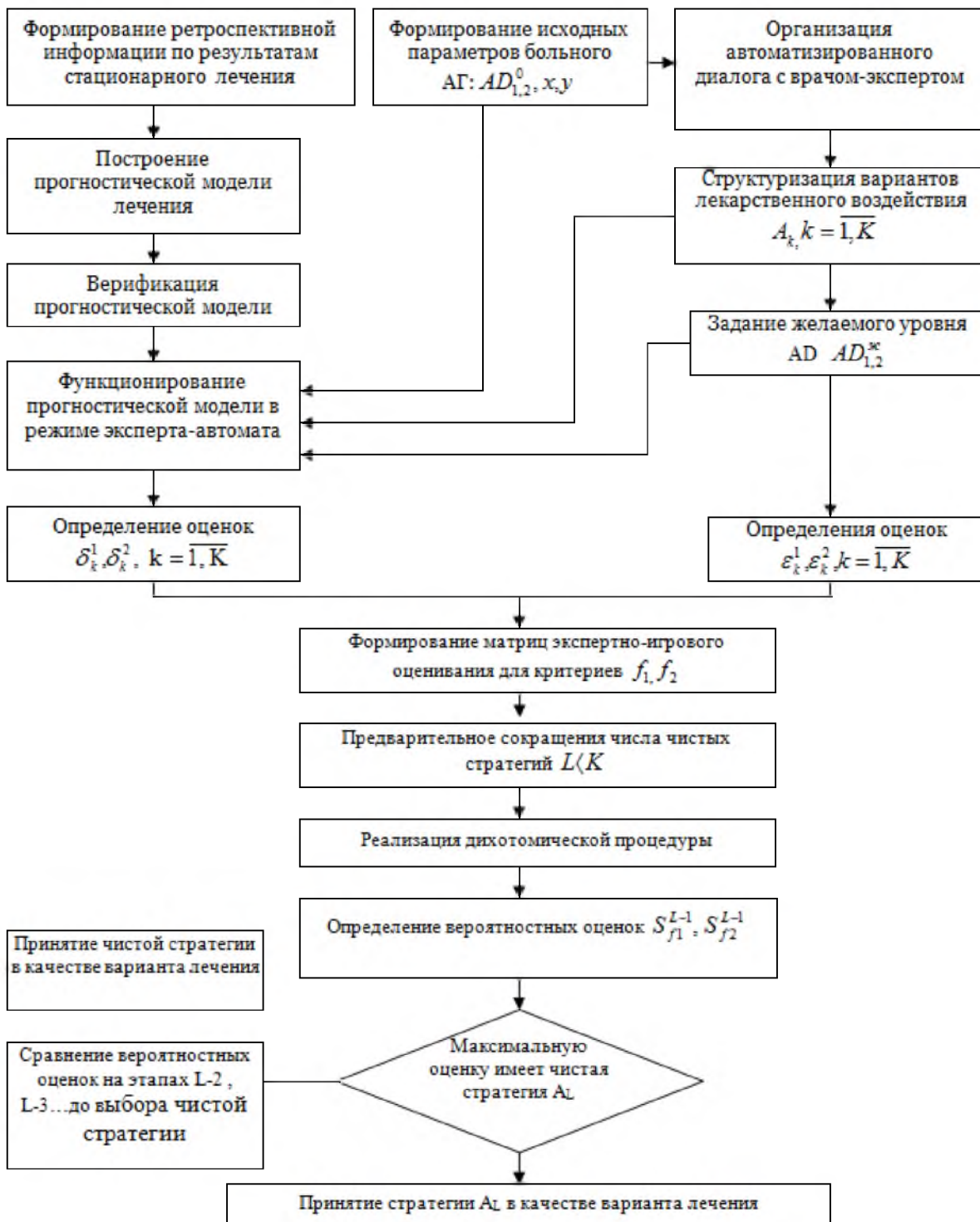


Рис. 3. Структурная схема алгоритма дуального экспертно-игрового оценивания вариантов стационарного лечения АГ

### Литература

1. Гафанович, Е.Я. Оценка эффективности диагностики и лечения больных артериальной гипертензией в условиях интеллектуализации стационарозамещающих технологий / Е.Я. Гафанович, М.В. Фролов // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. XIX, № 1. – С.118-120.
2. Львович, Я.Е. Принятие решений в экспертно-виртуальной среде : монография / Я.Е.Львович, И.Я.Львович. – Воронеж : Научная книга, 2010. – 117 с.



3. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский ; пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М. : Горячая линия – Телеком, 2008. – 115 с.

## **A MULTI-STAGE PROCEDURE OF OUTCOMES FORECASTING AND RATIONAL CHOICE OF MEDICAL TREATMENT OF HYPERTENSION WITH THE APPLICATION OF NEURAL NETWORK MODELING AND EXPERT-GAME EVALUATION**

**E.Y. GAFANOVICH<sup>1</sup>**

**V.D. LUTSENKO<sup>2</sup>**

**M.V. FROLOV<sup>3</sup>**

*<sup>1)</sup> Saratov State Medical University  
named after V. I. Razumovsky*

*<sup>2)</sup> City Hospital № 2, Belgorod*

*<sup>3)</sup> Voronezh State Medical Academy after  
of N.N. Burdenko*

*e-mail: office@vvt.ru*

The subject of the article is the analysis of the regional prevalence of cardiovascular diseases with the application of mathematical and computer modeling. The systematization of the epidemiological status is realized with regard for the territorial distribution of the primary statistical information. A number of proved prognostic assessments allows to rank the sub-regional appearances by prevalence indicators of cardiovascular diseases.

Key words: hypertension, forecasting, neural network model, optimization.