

УДК 519.816:65.011

Гожий А.П., Марцинковский И.Б.

## Система поддержки принятия решений при формировании плана медикаментозного лечения заболеваний сердца

*В статье рассматривается пример применения метода аналитической иерархии для поддержки принятия решений в формировании планов лечения заболеваний сердечно-сосудистой системы. Рассмотрена возможность создания автоматизированных систем диагностики и принятия решений в кардиологии.*

*In the article the analytic hierarchy methods to analysis of data in problem expert information processing in cardiological diagnostics system is investigated.*

В настоящее время заболевания органов сердечно-сосудистой системы прочно занимают одно из первых мест среди основных видов заболеваний населения Украины [3].

Лечение таких проявлений сердечно-сосудистой патологии как артериальная гипертензия, нарушение ритма сердца, сердечная недостаточность и др. на ранних стадиях развития проводится с использованием различных медикаментозных средств, спектр наименований которых достаточно велик. При этом актуальной является задача выбора из множества лекарственных препаратов тех, которые с точки зрения лечащего врача будут наиболее эффективны для больного. Для решения данной задачи может быть использована автоматизированная информационная система поддержки принятия решений.

**Постановка задачи.** Целью данной работы является разработка математического и программного обеспечения системы поддержки принятия решений (СППР) как инструментального средства, предназначенного для оказания помощи лечащему врачу в плане подсказки и самопроверки при выборе оптимального набора лекарственных препаратов.

**Изложение основного материала.** Формированию исходного плана медикаментозного лечения предшествует проведение обследования пациента с использованием общеклинических и специальных методов исследования и последующим анализом полученных результатов. К числу методов относятся:

- биохимический анализ крови;
- электрокардиограмма;
- ультразвуковое исследование сердца (УЗИ<sub>1</sub>);
- ультразвуковое исследование брюшной полости (УЗИ<sub>2</sub>);
- измерение артериального давления;
- флюорограмма;
- велоэргометрия (ВЕМ).

На основании анализа полученных данных при обследовании с помощью

перечисленным методов, лечащий врач принимает решение по выбору группы (класса) лекарственных препаратов, доз и приема, а также сочетаний разных препаратов выбранной группы по приему в разное время дня (суток).[2].

Реализация такого выбора может быть поддержана созданием компьютерной информационной технологии, в основу которой могут быть положены методы поддержки принятия решений, позволяющие структурировать (ранжировать) альтернативы на основе выбранных критериев.[1]. При этом в качестве критериев ( $k$ ) могут быть использованы рассмотренные выше методы, а альтернативами ( $A$ ) будут выступать наименования лекарственных препаратов, дозы, время и сочетания их приема.

Исходная модель такого подхода имеет вид следующей критериальной таблицы (табл.1).

Таблица 1

Критерии Альтернативы	$k_1$	$k_2$	...	$k_m$
$A_1$	$x_{11}$	$x_{12}$		$x_{1m}$
$A_2$	$x_{21}$	$x_{22}$		$x_{2m}$
...	...	...	...	...
$A_n$	$x_{n1}$	$x_{n2}$		$x_{nm}$

Здесь на пересечении  $i$ -й строки записывается оценка  $x_{ij}$  альтернативы  $A_i$  по критерию  $k_j$ . Одним из подходов, широко используемым при работе с такими таблицами, является построение обобщенного критерия, суть которого состоит в том, что производится объединение многих критериев в один с помощью так называемых «весовых» коэффициентов важности критериев. Обозначив такие коэффициенты вектором  $(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)$ , можно для каждой альтернативы (каждой  $i$ -й строки таблицы) рассчитать следующую величину [4,5]:

$$S_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} \cdot \omega_j, \quad \text{где} \quad 0 \leq \omega_j \leq 1 \quad \sum_{j=1}^m \omega_j = 1 - \text{условия нормировки.} \quad (1)$$

Затем принимается правило: чем больше значение  $S_i$ , тем лучше альтернатива  $A_i$ . Данная процедура называется "линейной (аддитивной) сверткой".

Для решения поставленной задачи воспользуемся методом аналитической иерархии (метод Т.Саати) [4, 5], в основе которого лежат процедуры построения и анализа таблиц, аналогичных приведенной выше таблице 1. Метод реализуется посредством выполнения следующих этапов:

1. Первый этап заключается в структуризации задачи в виде иерархической структуры с несколькими уровнями: цели – критерии – альтернативы (рис.1).

2. На втором этапе лицо, принимающее решение (ЛПР), а в нашем случае – лечащий врач, выполняет попарно сравнения критериев с использованием шкалы относительной важности (табл. 2), где дается шкала словесных определений важности, причем каждому определению ставится в соответствие определенное число. Результаты таких сравнений заносятся в таблицу 3 (матрица сравнений для критериев), где в качестве примера выбраны критерии:  $k_1$  - электрокардиограмма,  $k_2$  – ультразвуковое исследование сердца,  $k_3$  – артериальное давление. Матрица соответствует следующим предпочтениям ЛПР: критерий  $k_1$  существенно превосходит критерий  $k_2$  (стоит число 5) и умеренно превосходит критерий  $k_3$  (стоит число 3) и т.д. Затем подсчитываются

значения собственного вектора ( $D$ ) и его нормированные значения ( $\omega$ ) по следующим формулам:

$$d = \sqrt[m]{k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_m} \text{ для каждой строки матрицы}$$

$$D = d_1 + d_2 + \dots + d_m; \quad \omega_1 = \frac{d_1}{D}, \omega_2 = \frac{d_2}{D}, \dots, \omega_m = \frac{d_m}{D}. \quad (2)$$

Для нашего примера имеем:

$$D = d_1 + d_2 + d_3; \quad d_1 = \sqrt[3]{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3} = \sqrt[3]{1 \cdot 5 \cdot 3} = 2,47;$$

$$d_2 = \sqrt[3]{1/5 \cdot 1 \cdot 3} = 0,848; \quad d_3 = \sqrt[3]{1/3 \cdot 1/3 \cdot 1} = 0,48;$$

$$D = 2,47 + 0,84 + 0,48 = 3,80;$$

$$\omega_1 = \frac{2,47}{3,80} = 0,65; \quad \omega_2 = \frac{0,848}{3,80} = 0,22; \quad \omega_3 = \frac{0,48}{3,80} = 0,13.$$

Проверяется условие нормировки  $\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = 0,65 + 0,22 + 0,13 = 1,0$ .

3. На третьем этапе проводятся аналогичные попарные сравнения альтернатив ( $A$ ) по отношению к каждому из критериев ( $k$ ). Далее выполняются расчеты, в результате чего формируется матрица, которая представлена в таблице 4. Сформируем, например, три альтернативы, несущих в себе информацию о названии лекарственного препарата, его дозировке и времени приема:

- $A_1 = \{\text{Метопролол 2,5 мг (утром), Липразид 5-10 мг (вечером)}\};$
- $A_2 = \{\text{Небилет 5 мг (1 раз в день), Липразид 5-10 мг (вечером)}\};$
- $A_3 = \{\text{Тенорик } \frac{1}{2} - \frac{1}{4} \text{ табл. 1 раз в день утром}\}.$

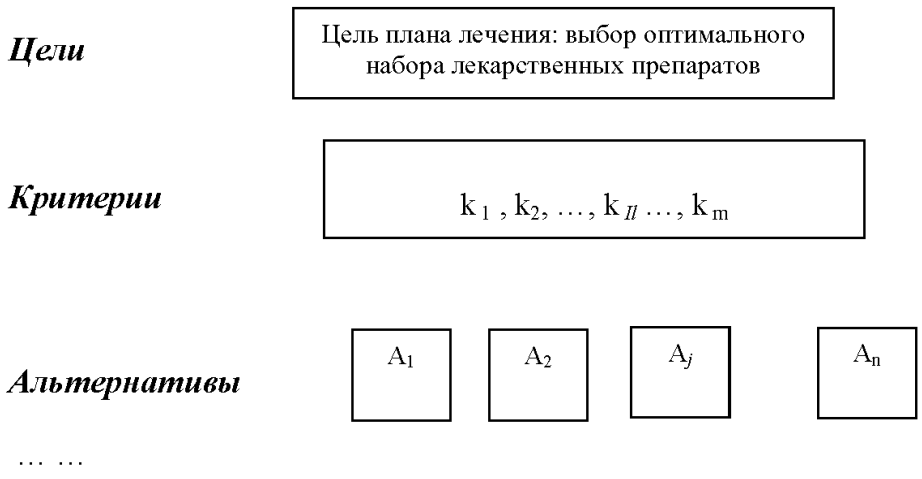


Рис. 1. Структуризация задачи принятия решений

Таблица 2

Шкала относительной важности	
Уровень важности	Количественное значение
Равная важность	1
Умеренное превосходство	3
Существенное превосходство	5
Значительное (большое) превосходство	7
Очень большое превосходство	9

Таблица 3

## Матрица сравнений для критериев

Критерий	$k_1$ электро - кардиограмма	$k_2$ ультразвуковое исследование сердца	$k_3$ артериальное давление	Собственный вектор ( $D$ )	Нормированное значение собственного вектора ( $\omega$ )
$k_1$ электрокардиограмма	1	5	3	$d_1=2,47$	$\omega_1 = 0,65$
$k_2$ ультразвуковое исследование сердца	1/5	1	3	$d_2=0,848$	$\omega_2 = 0,22$
$k_3$ артериальное давление	1/3	1/3	1	$d_3=0,48$	$\omega_3=0,13$

Таблица 4

## Относительная важность альтернатив по отдельным критериям

По критерию $k_1$ (электрокардиограмма)					
Альтернатива	$A_1$	$A_2$	$A_3$	Собственный вектор ( $D$ )	Нормированные значения ( $V$ )
$A_1$	1	7	3	2,76	0,69
$A_2$	1/7	1	3	0,755	0,19
$A_3$	1/3	1/3	1	0,48	0,12
По критерию $k_2$ (ультразвуковое исследование сердца)					
$A_1$	1	1/7	1/5	0,31	0,07
$A_2$	7	1	3	2,76	0,65
$A_3$	5	1/3	1	1,18	0,28
По критерию $k_3$ (артериальное давление)					
$A_1$	1	5	5	2,93	0,68
$A_2$	1/5	1	1/5	0,34	0,09
$A_3$	1/5	5	1	1	0,23

Синтез полученных коэффициентов важности осуществляется по формуле:

$$S_i = \sum_{j=1}^n \omega_j \cdot V_{ji}, \quad (3)$$

где  $S_i$  – показатель качества  $j$ -й альтернативы;  $\omega_i$  – вес  $i$ -го критерия;  $V_{ji}$  – важность  $j$ -й альтернативы по  $i$ -му критерию.

Для каждой из альтернатив по трем критериям можно записать следующие выражения:

$$\begin{aligned} S_{A_1} &= \omega_1 \cdot V_{11} + \omega_2 \cdot V_{12} + \omega_3 \cdot V_{13} \\ S_{A_2} &= \omega_1 \cdot V_{21} + \omega_2 \cdot V_{22} + \omega_3 \cdot V_{23} \\ S_{A_3} &= \omega_1 \cdot V_{31} + \omega_2 \cdot V_{32} + \omega_3 \cdot V_{33} \end{aligned} \quad (4)$$

Используя полученные значения в таблицах 3 и 4, выражения (4) можно переписать в числовом виде:

$$\begin{aligned} S_{A_1} &= 0,65 \cdot 0,69 + 0,22 \cdot 0,07 + 0,13 \cdot 0,68 = 0,552 \\ S_{A_2} &= 0,65 \cdot 0,19 + 0,22 \cdot 0,65 + 0,13 \cdot 0,09 = 0,278 \\ S_{A_3} &= 0,65 \cdot 0,12 + 0,22 \cdot 0,28 + 0,13 \cdot 0,23 = 0,17 \end{aligned} \quad (5)$$

Принимается предварительное решение в пользу той альтернативы, для которой

значение  $S_j$  оказалось наибольшим, т.е. альтернативы  $A_1$ .

Окончательное решение по альтернативе  $A_1$  может быть принято после выполнения двух проверок: определению степени отклонения от согласованности в матрицах парных сравнений (табл. 3. и 4) и наличия транзитивности в выражениях (5).

Первая проверка заключается в определении индекса согласованности (ИС) и отношения согласованности (ОС).

Выражение для ИС имеет следующий вид [4, 5]:

$$\text{ИС} = (\lambda_{\max}^n)(n - 1), \quad (6)$$

где  $\lambda_{\max}$  – максимальное собственное число матрицы попарных сравнений вида

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}, \quad (7)$$

определяемое следующим образом

$$\lambda_{\max} = \left(\sum_{i=1}^n a_{i1}\right)\omega_1 + \left(\sum_{j=2}^n a_{j2}\right)\omega_2 + \dots + \left(\sum_{s=1}^n a_{sn}\right)\omega_n, \text{ т.е. суммируется каждый столбец матрицы (7)}$$

и данная сумма умножается на величину первой компоненты нормированного значения собственного вектора  $\omega_1$ , сумма второго столбца на вторую компоненту вектора  $\omega_2$  и т.д.;  $n$  – число сравниваемых элементов.

Если разделить ИС на число соответствующее случайной согласованности  $R$ (табл. 5) матрицы того же порядка, что и матрица (7) можно получить отношение согласованности (ОС).

Таблица 5[2]

Индексы случайной согласованности (R)										
Размер матрицы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Случайная согласованность	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Величина ОС не должна превышать 10-20%, противном случае значения матриц сравнений (табл.3 и 4) следует перепроверить.

Вторая проверка заключается в проверке итоговых значений в выражениях (5) на транзитивность, которую еще называют основным правилом логического вывода. Обобщенное условие транзитивности может быть сформулировано в следующем виде ( $A_1, A_2, A_3$  - сравниваемые альтернативы):

если  $A_1 > A_2$  и  $A_2 > A_3$ , то  $A_1 > A_3$

если  $A_1 = A_2$  и  $A_2 = A_3$ , то  $A_1 = A_3$  (8)

если  $A_1 > A_2$  и  $A_2 = A_3$ , то  $A_1 > A_3$

Для примера проведем рассмотренные проверки по значениям табл. 3 и итоговых выражений (5).

$$\lambda_{\max} = \sum_{1-\text{й стол}} 1,53 \cdot 0,65 + \sum_{2-\text{й стол}} 6,33 \cdot 0,22 + \sum_{3-\text{й стол}} 7 \cdot 0,13 = 3,3$$

$$\text{ИС} = (3,3 - 3)/(3 - 1) = 0,15; \quad \text{ОС} = \frac{\text{ИС}}{R} = \frac{0,15}{0,58} \approx 0,2.$$

Если  $A_1 > A_2$  и  $A_2 > A_3$ , то  $A_1 > A_3$

$0,522 > 0,278$  и  $0,278 > 0,17$ , то  $0,522 > 0,17$ .

Обе проверки выполняются, следовательно окончательно альтернатива  $A_1$  является

лучшей.

**Выводы.** Рассмотренный пример применения метода аналитической иерархии для поддержки принятия решений в формировании планов лечения заболеваний сердечно-сосудистой системы указывает на возможность создания автоматизированных систем в кардиологии.

## Литература

1. Гожий А.П., Коваленко И.И. Системные технологии генерации и анализа сценариев: Монография. – Николаев: НГГУ им. П.Могилы, 2006–160 с.
2. Орлов А.И. О применении статистических методов в медицинских исследованиях.// "Вестник Академии медицинских наук СРСР". 1987. No.2. С.88-94.
3. Сборник статистических данных по основным видам заболеваний населения Украины. – К., 2005. – 46 с.
4. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. – М.: "Радио и связь", 1991. – 223 с.
5. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: "Радио и связь", 1993. – 276 с.