

УДК 616-07:004

Ю. В. ЕГОРОВА

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ

Предлагаются модели процесса оказания медицинской помощи, концепция формализации профессиональных знаний как основа построения информационной системы поддержки принятия лечебно-диагностических решений.

Формализация знаний; информационная система; управление

В современных условиях все усиливающихся негативных воздействий внешней среды использование достижений здравоохранения, наук о человеке и среде его жизнедеятельности, смежных наук, достижений в области организации производства, построения наукоемких производственных систем, информационных технологий возможно только в условиях эффективного управления процессом оказания медицинской помощи.

Основой совершенствования управления оказанием медицинской помощи является эффективный процесс принятия решений специалистами на основе соответствующих информационных технологий. В условиях роста объема информации и усложнения ее структуры, особенно в медицинских системах, создание таких технологий, с помощью которых решаются задачи принятия эффективных лечебно-диагностических решений, является реализацией основной функции системы здравоохранения — оказания качественной медицинской помощи.

1. ПРОБЛЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

Управление процессом оказания медицинской помощи строится на основе трехконтурной схемы управления процессом оказания медицинской помощи, представленной на рис. 1. Согласно иерархии системы здравоохранения данная схема управления включает в себя три уровня управления процессом оказания медицинской помощи: макроуровень (управление на верхнем уровне), мезоуровень (уровень лечебно-профилактиче-

ских учреждений), и микроуровень (уровень отдельного пациента). Схема управления позволяет показать место процесса оказания медицинской помощи в системе здравоохранения, а также взаимосвязи процесса со структурами системы здравоохранения и их связи.

Как управление процессом оказания медицинской помощи в целом, так и управление состоянием здоровья пациентов представляют собой сложные циклические процессы, для реализации которых необходимо создание соответствующей системы информационного обеспечения, которая включала бы в себя систему знаний о человеке.

При этом наиболее эффективное использование разнообразных знаний возможно с помощью моделирования всей системы знаний о человеке в режиме реального времени с учетом временных характеристик. Результаты анализа проблем изменения уровня общественного здоровья и увеличения объема профессиональных знаний в системе здравоохранения показывают необходимость построения такой системы обеспечения здоровья человека, которая в комплексе должна использовать наиболее совершенные методы современной науки, используя автоматизированные средства управления процессом оказания медицинской помощи [1].

Компьютерная реализация процесса адаптации существующих знаний в медицинских системах к практическому использованию основывается на формализации этих знаний, то есть переводе их из различных существующих форм в формы, пригодные для построения технологий процесса оказания медицинской помощи.

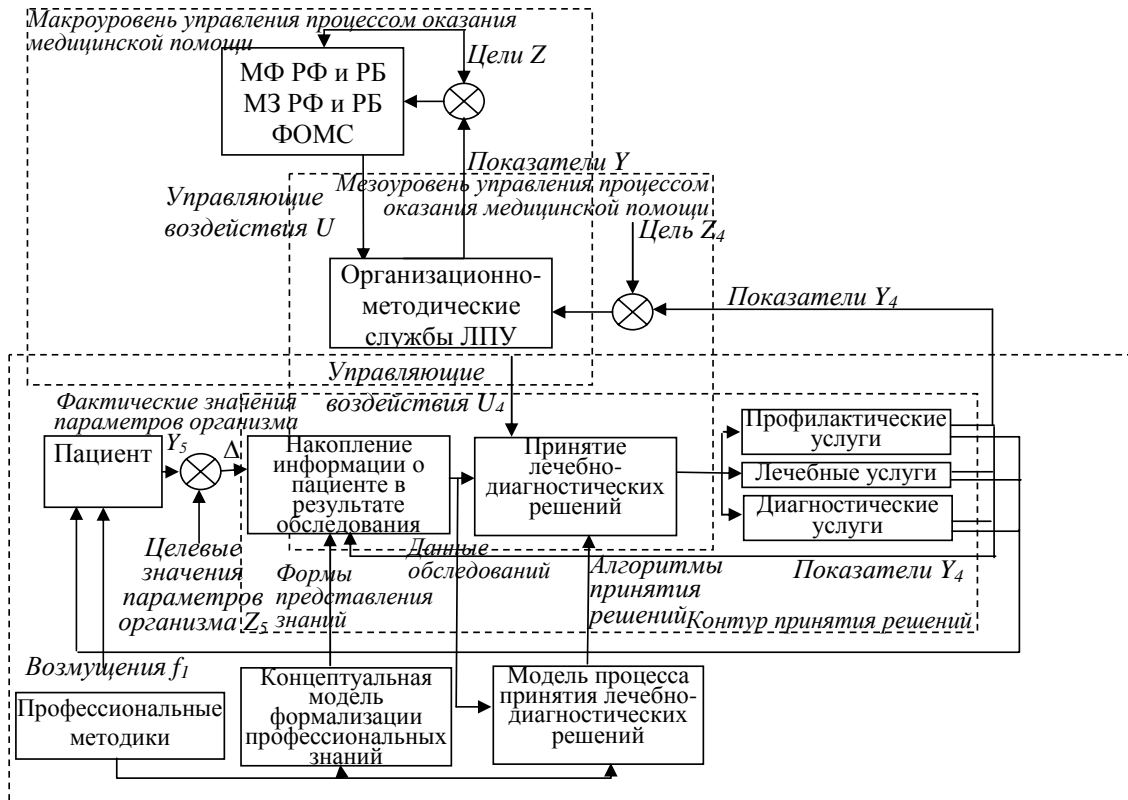


Рис. 1. Схема управления процессом оказания медицинской помощи: $Z = \{Z_1, Z_2, Z_3\}$, где Z_1 – повышение уровня общественного здоровья; Z_2 – достижение сбалансированности ресурсов, выделяемых обществом на здравоохранение; Z_3 – обеспечение высокого качества МП населению; $Y = \{Y_1, Y_2, Y_3\}$, где Y_1 – показатели, характеризующие состояние общественного здоровья; Y_2 – показатели, характеризующие затраты ЛПУ в процессе ОМП; Y_3 – показатели, характеризующие объем и структуру оказанной МП; $U = \{U_1, U_2, U_3\}$, где U_1 – изменение материально-технической базы и кадров системы ЛПУ; U_2 – изменение информационно-методического обеспечения системы ЛПУ; U_3 – организационные и структурные изменения; Z_4 – реализация программы государственных гарантий (плановые показатели); Y_4 – показатели, характеризующие объем и структуру оказанной МП на уровне отдельного врача; U_4 – изменение информационно-методического обеспечения работы отдельного врача; f_1 – возмущения внешних факторов (изменения заболеваемости населения под влиянием различных причин, изменения порядка финансирования ЛПУ и т. п.); f_2 – возмущения внешних и внутренних факторов (состояние внешней среды, факторы образа жизни и т. п.); МЗ – Министерство здравоохранения; МФ – Министерство финансов; ФОМС – Фонд обязательного медицинского страхования

2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ НА ОСНОВЕ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ

Результаты исследования процесса оказания медицинской помощи приводит к необходимости построения системы моделей процесса оказания медицинской помощи, которая позволяет выявить и объединить с методологически обоснованных позиций различные аспекты сущности этого процесса и включает четыре вида моделей: структурную, функциональную, информационную и математическую с последующим анализом каждой из них.

Система моделей может быть представлена в виде:

$$M_o = \{M_c, M_f, M_i, M_m\},$$

где M_o – обобщенная модель процесса оказания медицинской помощи; M_c – структурная модель; M_f – функциональная модель; M_i – информационная модель; M_m – математическая модель процесса принятия лечебно-диагностических решений.

Система моделей позволяет провести полный анализ процесса оказания медицинской помощи как сложной системы с выявлением основных элементов и связей между ними.

Разработаны функциональная и информационная модели процесса оказания медицинской помощи с использованием SADT-методологии [2]. В качестве структурной модели процесса оказания медицинской помощи предлагается системный граф, отражающий основные элементы этого процесса и их взаимодействие (рис. 2).

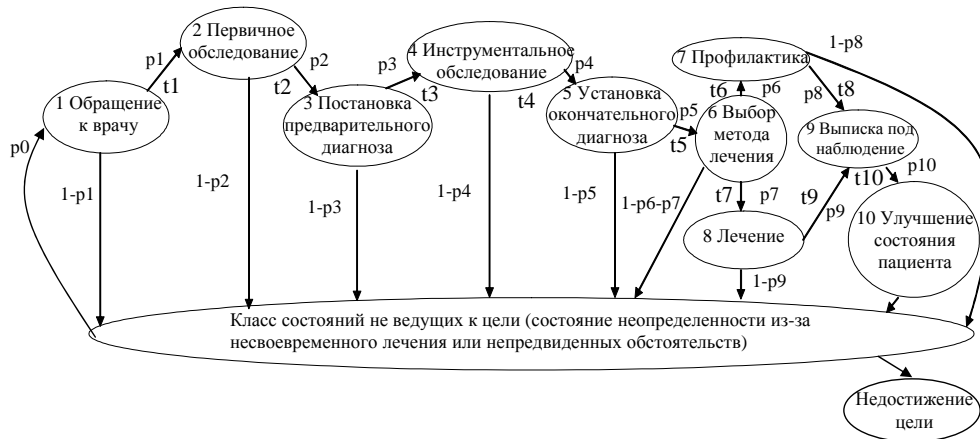


Рис. 2. Системный граф процесса оказания медицинской помощи

В основу построения математической модели предлагается положить концепцию формализации профессиональных знаний, основанную на едином представлении различных профессиональных методик диагностики и назначений совокупностью множеств характеристик процесса оказания медицинской помощи. Профессиональные знания представляются как наборы равнозначных объектов с определяемыми отношениями между ними, концепция предполагает независимость формы представления знаний от их содержания и основана на предлагаемых совокупных оценках значений параметров состояния пациентов.

Организм человека представляется как система, состояние которой описывается определенным набором значений параметров p_i . Определенные диапазоны значений каждого параметра d_{ij} имеют свои оценки o_{ij} . Сочетания параметров с определенными диапазонами значений имеют свои обобщенные оценки, являющиеся характеристиками состояний организма или его подсистем. Конкретные медицинские методики по-разному определяют диапазоны значений параметров, их оценки, сочетания параметров для характеристики подсистем организма и оценки этих сочетаний.

Ключевой момент в разработке концепции формализации — принцип единого представления всех медицинских методик совокупностью множеств:

$$X = \{\{P\}, \{D\}, \{O\}, \{\hat{p}\}, \{\hat{o}\}, \{S\}, \{R\}\},$$

где $\{P\}$ — множество параметров, полученных в результате обследования; $\{D\}$ — множество диапазонов этих параметров; $\{O\}$ — множество оценок диапазонов параметров; $\{\hat{p}\}$ — множество возможных сочетаний диапазонов; $\{\hat{o}\}$ — множество оценок этих сочетаний;

$\{S\}$ — диагнозы; $\{R\}$ — средства воздействия (назначения).

На основе предложенной концепции строится математическая модель процесса принятия лечебно-диагностических решений, используемая в процессе проектирования информационной системы поддержки принятия лечебно-диагностических решений, которая может быть представлена следующей совокупностью множеств и операций между ними:

$$P = (p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_N), \text{ где } P \text{ — множество параметров, } p_i \text{ — параметр, } i = \overline{1, N};$$

$$D_1 = (d_{11}, d_{12}, \dots, d_{1n1});$$

$$D_2 = (d_{21}, d_{22}, \dots, d_{2n2});$$

...

$$D_i = (d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{ini});$$

...

$$D_N = (d_{N1}, d_{N2}, \dots, d_{NnN});$$

где D_i — множество диапазонов i -го параметра, d_{ij} — j -й диапазон i -го параметра, n_i — число диапазонов i -го параметра;

$D_1 \times D_2 \times \dots \times D_i \times \dots \times D_n$ — декартово произведение множеств диапазонов параметров;

$$O_1 = (o_{11}, o_{12}, \dots, o_{1n1});$$

$$O_2 = (o_{21}, o_{22}, \dots, o_{2n2});$$

...

$$O_i = (o_{i1}, o_{i2}, \dots, o_{ini});$$

...

$O_N = (o_{N1}, o_{N2}, \dots, o_{NnN});$ где O_i — множество оценок диапазонов i -го параметра, o_{ij} — оценка j -го диапазона i -го параметра;

$\overline{O_1} \times \overline{O_2} \times \dots \times \overline{O_i} \times \dots \times \overline{O_N}$ — декартово произведение множеств оценок диапазонов;

$f_1 : D_1 \leftrightarrow O_1$ — функции, устанавливающие взаимнооднозначное соответствие D_i и O_i , $i = \overline{1, N}$;

$$f_2 : D_2 \leftrightarrow O_2 ;$$

$$\begin{aligned}
& f_i : D_i \leftrightarrow O_i; \\
& f_N : D_N \leftrightarrow O_N; \\
& S = (s_1, \dots, s_m) \text{ — множество диагнозов } s_i, \\
& \text{где } i = \overline{1, m}; \\
& \hat{p} = (\hat{p}_1, \dots, \hat{p}_z) \\
& \hat{p}_2 = \{d_{1h}, d_{2v}, *, \dots, d_{ic}, d_{Nq}\} \\
& \hat{p}_1 = \{d_{1j}, d_{2k}, *, \dots, *, d_{Nl}\} \\
& \dots \\
& \hat{p}_1 = (d_{1j}, d_{2k}, *, \dots, *, d_{Nl}) \Rightarrow \\
& \left\{ \begin{array}{l} (d_{1j}, d_{2k}, d_{31}, \dots, d_{Nl}) \\ (d_{1j}, d_{2k}, d_{32}, \dots, d_{Nl}) \\ \dots \\ (d_{1j}, d_{2k}, d_{3n3}, \dots, d_{Nl}) \end{array} \right\} \\
& \hat{p}_z = \{d_{1g}, d_{2r}, d_{3w}, \dots, *\} \\
& \hat{o} = (\hat{o}_1, \dots, \hat{o}_z) \\
& \hat{o} = (\hat{o}_1, \dots, \hat{o}_z) \\
& \hat{o}_1 = \{o_{1j}, o_{2k}, *, \dots, *, o_{Nl}\} \\
& \hat{o}_2 = \{o_{1h}, o_{2v}, *, \dots, o_{ic}, o_{Nq}\} \\
& \hat{o}_z = \{o_{1g}, o_{2r}, o_{3w}, \dots, *\}; \dots \\
& \hat{o}_1 = \{o_{1j}, o_{2k}, *, \dots, *, o_{Nl}\} \Rightarrow \\
& \left\{ \begin{array}{l} \{o_{1j}, o_{2k}, o_{31}, \dots, o_{Nl}\} \\ \{o_{1j}, o_{2k}, o_{32}, \dots, o_{Nl}\} \\ \dots \\ \{o_{1j}, o_{2k}, o_{3n3}, \dots, o_{Nl}\} \end{array} \right\} \\
& F : \hat{o} \rightarrow S \text{ — функция перевода совокупных оценок в диагноз.}
\end{aligned}$$

3. РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

На основе системы предложенных моделей процесса оказания медицинской помощи построен алгоритм управления процессом оказания медицинской помощи, в частности, процессом постановки диагноза и определения назначения лечебно-профилактических мер на основании значений и совокупностей значений параметров, определяемых в ходе обследования пациента, а также информационная система поддержки принятия лечебно-диагностических решений. Структурная модель информационной системы приведена на рис. 3.

Если в ходе работы, клинических испытаний возникает необходимость в коррекции или дополнении данных и знаний методики, то это возможно сделать с помощью специального режима, обеспечивающего работу с базой знаний методик.

Принципиальная схема работы подсистемы назначений, а также последовательность наполнения базы данных методик инфор-

мационной системы содержанием, необходимым для работы системы приведена в [3].

Медицинскую эффективность разработанной системы определяют следующие аспекты:

- с использованием системы уменьшается количество ошибочных диагнозов и назначений, что обеспечивает увеличение средней продолжительности жизни пациентов;
- система позволяет намного быстрее поставить точный диагноз, уменьшая время нахождения больного в состоянии диагностической ситуации.

Приведенный на рис. 2 системный граф является по сути оценочной моделью для расчета медицинской эффективности предлагаемой системы. Распределение финальных вероятностей поглощающих состояний определяет вероятность достижения цели, то есть общую эффективность системы. Используя оценки вероятностей переходов системного графа для реализации системы в лечебно-оздоровительном процессе и определяя по формуле Мезона финальную вероятность поглощающего состояния, получаем, что внедрение информационной системы позволит увеличить вероятность конечной цели функционирования — улучшения состояния пациента на 10%, то есть повысить медицинскую эффективность процесса оказания медицинской помощи в 1,15 раза. Используя ресурсные оценки времени для каждого из переходов системного графа, получим, что время достижения конечной цели функционирования в результате использования системы уменьшается в 1,7 раза.

Проведен анализ эффективности системы по экономической составляющей и доказано, что внедрение информационной системы поддержки принятия лечебно-диагностических решений позволяет повысить экономическую эффективность процесса функционирования медицинского учреждения за счет повышения качества и увеличения скорости принятия решений специалистом. Результаты расчета динамических показателей эффективности представлены в табл. 1. Исходя из табл. 1 срок окупаемости капитальных вложений в информационную систему около полугода, что подтверждается расчетами, проводимыми по соответствующим методикам.

Проведена практическая реализация разработанной информационной системы поддержки принятия лечебно-диагностических решений с целью проверки работоспособности системы и практического подтверждения ее эффективности.



Рис. 3. Структурная модель информационной системы поддержки принятия лечебно-диагностических решений

Таблица 1

Расчет динамических показателей эффективности

		Горизонт расчета			
		1 полугодие	2 полугодие	3 полугодие	4 полугодие
Коэффициент дисконтирования		1	0,96	0,92	0,88
Результаты, достигаемые на T-м шаге, Rt		-	151880,8	151880,8	151880,88
Затраты, осуществляемые на T-м шаге, Zt, в т.ч.:					
Капитальные затраты	Затраты на разработку	64508,8			
	Затраты на внедрение	17347,4			
	Итого	81847,2			
Текущие затраты			62670	62670	62670
Расчет показателей эффективности	Результаты минус затраты (Rt-Zt) на T-м шаге	-81847,2	89210,8	89210,8	89210,8
	Результаты минус затраты с учетом коэффициента дисконтирования на T-м шаге	-81847,2	85642,4	82073,9	78505,5
	Дисконтированный доход	-81847,2	3795,2	85869,1	171738,2

Организовано наблюдение за группой лиц, обследуемых с помощью системы, проведены исследования влияния рекомендаций, полученных с помощью системы, на показатели здоровья обследуемых. Выявлено, что динамика отслеживаемых показателей положительная, курс тренирующей терапии, назначенный системой, эффективен.

Основные результаты диссертационной работы внедрены во врачебно-физкультурном диспансере Республики Башкортостан, Медицинском информационно-аналитическом центре Министерства здравоохранения Республики Башкортостан, на кафедре физического воспитания и спорта Уфимского государственного авиационного технического университета в виде программного обеспечения, позволяющего осуществлять информационную поддержку процесса оказания медицинской помощи, в том числе процесса диагностики физического состояния человека.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено исследование системы здравоохранения с позиций управления процессом оказания медицинской помощи, в ходе которого разработана схема управления процессом оказания медицинской помощи, позволяющая построить систему моделей процесса оказания медицинской помощи.

Разработана концепция формализации профессиональных знаний, состоящая в едином представлении различных профессиональных методик диагностики и назначений совокупностью множеств характеристик процесса оказания медицинской помощи. Разработана математическая модель процесса принятия лечебно-диагностических решений. На основании построенной системы моделей и концепции формализации профессиональных знаний разработана информационная система поддержки принятия лечебно-диагностических решений, которая представляет собой программную реализацию предложенно-

го алгоритма процесса оказания медицинской помощи. Произведена оценка эффективности разработанной информационной системы с позиций медицинской, экономической и социальной эффективности и доказано, что применение данной информационной системы позволяет существенно повысить эффективность управления процессом оказания медицинской помощи.

В качестве одного из направлений проводимых прикладных исследований возможностей информационной системы предложено использование оздоровительных методик, основанных на комплексах физических упражнений и рекомендациях по ведению здорового образа жизни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Стародубов, В. И.** Информационные системы и технологии в здравоохранении : науч. тр. всерос. науч.-практ. конф. / под ред. В. И. Стародубова. М., 2003. 239 с.
2. **Buharbaeva, L. I.** Information system for decision making support in healthcare system / L. I. Buharbaeva, U. V. Egorova, M. V. Tanyukovich // Proc. of the Workshop on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2006). Karlsruhe, Germany, 2006. V. 2. P. 54–56.
3. **Бухарбаева, Л. Я.** Автоматизация управления физической нагрузкой в профилактике здоровья / Л. Я. Бухарбаева, Ю. В. Егорова // Медицинская техника. 2004. № 6. С. 31–35.

ОБ АВТОРЕ



Егорова Юлия Вадимовна, Дипл. инж.-экон. по инф. системам в экон. (УГАТУ, 2003). Готовит дис. в обл. инфм. поддержки принятия решений в здравоохранении.