

УДК 681.3

## СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ ТЕРАПЕВТА ПРИ ТИПОВЫХ СХЕМАХ ЛЕЧЕНИЯ\*

Б.Р. ШЕГАЛ<sup>1</sup>, М.С. ТУЙСК<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент. E-mail: sheg@ngs.ru

<sup>2</sup> 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, магистрант. E-mail: MishaT@ngs.ru

Статья посвящена методам принятия решений в типовых терапевтических ситуациях, требующих учета ограничений на применение стандартных лечебных процедур. Рассматривается деятельность врача стационара при известном диагнозе заболевания. Для структуризации и упорядочения представления врача о заболевании при выборе индивидуальной терапии диагноз описывается в виде графа типа «дерево», а процесс терапии – как сценарий, образованный множеством базовых терапевтических процедур. В обеих названных структурах знаний существуют как общие сведения, всегда справедливые для конкретного заболевания и методов его терапии, так и неопределенные информационные элементы, конкретизация которых зависит от ряда факторов. Такими факторами могут быть: сопутствующие заболевания пациента, совместимость имеющихся средств и методов терапии, переносимость пациентом этих методов. Отсюда, «дерево» заболевания можно описать как статический фрейм, или фрейм-ситуация, а терапевтический процесс – как ролевой фрейм-сценарий, или фрейм-действие. Незаполненные позиции (слоты) фрейма-действия являются базовыми терапевтическими процедурами, допускающими различные варианты своего выполнения. Допустимость того или иного заполнения зависит не только от слотов фрейма-ситуации, но и от значений окружающих слотов фрейма-действия. Определенные лекарства, физиопроцедуры, мануальные воздействия могут быть несовместимы как друг с другом, так и внутри класса терапевтических процедур. Более того, в зависимости от ситуации процедуры различны по своей эффективности. Возникает вопрос, в каком порядке осуществлять заполнение слотов терапевтического фрейма. Ведь, задавая значение слота, мы, в общем случае, ограничиваем возможности заполнения слотов, зависящих от него. Определив этот алгоритм заполнения, можно говорить и о порядке конкретизации фрейма-ситуации, так как именно детальный диагноз определяет допустимые варианты терапии во фрейме-действии. В статье предлагается модель выбора последовательности заполнения слотов общего терапевтического процесса. Для ее реализации необходимо создание системы баз данных, отражающих совместимость процедур, зависимость слотов, их сравнительную эффективность для анализируемой нозологической формы. Модель, основанная на теории бинарных отношений и графов, позволяет сократить количество конкретизаций слотов фрейма-действия при соблюдении приоритета лечебной эффективности процедур.

---

\* Статья получена 19 января 2015 г.

**Ключевые слова:** диагноз, терапевтическая процедура, фрейм-ситуация, фрейм-действие, ролевой фрейм, слот, бинарное отношение, уровни графа, вариант заполнения слота

DOI: 10.17212/2307-6879-2015-1-117-127

## ВЕДЕНИЕ

При работе врача стационара по лечебным стандартам определенной нозологической форме (заболеванию) соответствует заданный набор терапевтических процедур. В рамках терапевтического процесса неизменная часть этих базовых процедур применяется всегда, а другая часть может удаляться, добавляться, видоизменяться в зависимости от особенностей протекания заболевания, сопутствующих диагнозов, индивидуальных характеристик пациента.

С точки зрения теории ситуационного управления [1] класс возможных управляющих воздействий, а в данном случае класс допустимых терапевтических процессов для конкретного заболевания, определяется самим диагнозом. Каждая процедура рассматривается как действие, для которого способ его выполнения либо известен, либо нет. Неопределенность варианта реализации процедуры (например, процедура «курс антибиотиков», а варианты реализации – виды антибиотиков) снижается при уточнении информации о заболевании и пациенте, т. е. о классе ситуаций, описывающих болезнь. Для структуризации и упорядочения представления врача о заболевании при выборе индивидуальной терапии диагноз может быть описан в виде графа типа «дерево», а процесс терапии как сценарий, образованный множеством базовых терапевтических процедур. В обеих названных структурах знаний существуют как общие сведения, всегда справедливые для конкретного заболевания и методов его терапии, так и неопределенные информационные элементы.

Отсюда «дерево» заболевания можно описать как статический фрейм, или фрейм-ситуацию (где существуют незаполненные вершины-неопределенности), а терапевтический процесс – как ролевой фрейм-сценарий [2], или фрейм-действие [3]. Незаполненные позиции (слоты) фрейма-действия являются базовыми терапевтическими процедурами, допускающими различные варианты своего выполнения.

Допустимость той или иной реализации базовой процедуры зависит не только от слотов фрейма-ситуации, но и от значений окружающих слотов фрейма-действия. Определенные лекарства, физиопроцедуры, мануальные воздействия могут быть несовместимы как друг с другом, так и внутри класса терапевтических процедур. Более того, в зависимости от ситуации процедуры различны по своей эффективности. Возникает вопрос, в каком порядке осуществлять заполнение слотов терапевтического фрейма-сценария. Ведь, задавая значение слота, мы ограничиваем возможности заполнения слотов, зави-

сящих от него. В работе предлагается модель выбора очередности заполнения слотов фрейма терапевтического процесса, учитывающая их приоритет и совместимость значений.

**1. ФРЕЙМОВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДИАГНОЗА (СИТУАЦИИ) И ТЕРАПИИ (ДЕЙСТВИЯ)**

Фрейм-ситуация (Ф-С) отражает патогенез органов и систем. Он может быть представлен графически как дерево детализации оценки состояния пациента. Отношение между уровнями иерархии: «Обобщение–Детализация».

Верхний уровень 0	Диагноз
уровень 1	Системы организма
уровень 2	Подсистемы и органы
уровень 3	Характер патологии
	(слоты)

Слоты заполняются названиями диагноза (нозологической формы), заключениями диагностических тестов или симптомами. При заполнении всех слотов ситуация (диагноз) считается полностью конкретизированной. Структура Ф-С – типовая для нозологической формы. Ниже приведен пример.

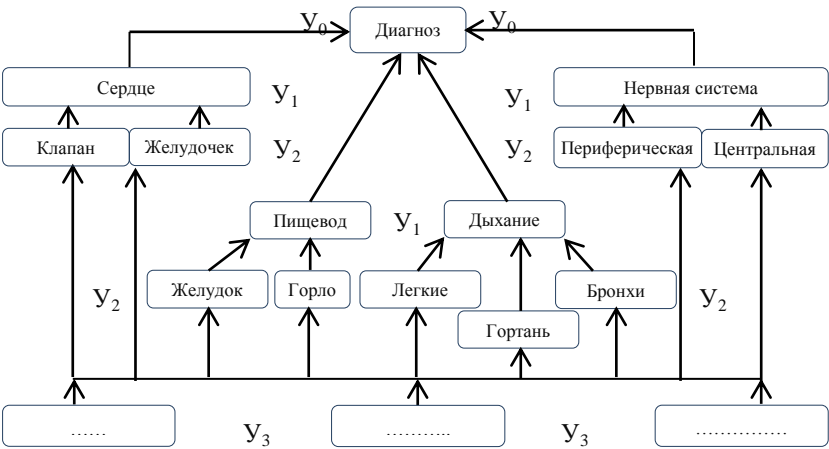


Рис. 1. Фрейм-ситуация

Ролевой фрейм-сценарий «ТЕРАПИЯ» также имеет несколько уровней или субфреймов. Нижний уровень состоит из множества базовых (неделимых) терапевтических процедур. Например, базовая терапевтическая процедура «Антибиотик» из приведенного ниже фрагмента фрейма для диагноза ПНЕВМОНИЯ. Это субфрейм и вместе с тем слот вышестоящего фрейма [4].

Фрейм-действие (ТЕРАПИЯ):

**Терапия** = [<Лекарства><sup>1</sup>, <Физиотерапия>, <Мануальная терапия>, <Рефлексотерапия>, ... <График применения>\*];

**Лекарства** = [ <Антибиотики >\*, <Иммуностимуляторы>\* , <Рассасывающие>\*, <Общеукрепляющие>\*, <Жаропонижающие>\*, <Кардиопротекторы >\*, ...];

**Антибиотики** = [<Наименование>, <Способ применения>, <Дозировка>, <Период применения>...].

Слот «Наименование», например, заполняется названием антибиотика из множества применяемых при данном диагнозе или набором названий. Способы применения: «орально», «инъекция», «капельница»...

Анализируем все допустимые значения некоторого слота нижнего уровня (таких как Антибиотик) и задаем соответствие «СОВМЕСТИМОСТЬ» со значениями других терминальных (нижних) слотов «ТЕРАПИИ». Так для всех пар слотов. Образуется множество парных соответствий, реализуемое программно в виде базы данных. Здесь фиксируется совместимость лекарств между собой, лекарств и физиопроцедур и других пар терапевтических воздействий. Для любой пары слотов обратное соответствие содержит те же пары значений, поскольку отношение совместимости является симметричным.

Переходим от соответствия между значениями к самому множеству слотов, с заданием на нем отношения

$R2 = \langle \text{ЗАВИСИМОСТЬ ЗАПОЛНЕНИЯ} \rangle$ .

Пара слотов (x, y) нижнего уровня фрейма «ТЕРАПИЯ» принадлежит  $R2$  только при условии «НЕСОВМЕСТИМОСТИ» хотя бы одной пары значений этих слотов.

$$\forall x \forall y \ x R2 y \Rightarrow y R2 x,$$

т. е. значение слота  $x$  зависит от значения слота  $y$  и наоборот. Отношение  $R2$  симметрично. Реализуется в базе данных.

---

<sup>1</sup> Слот является субфреймом.

## 2. ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА КОНКРЕТИЗАЦИИ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ФРЕЙМА

Врач действует на основе системы структурно-лингвистических трафаретов (СЛТ) [фрейм-ситуация] ---> [фрейм-действие], которые составляют суть ситуационного управления и предъявляются ЛПР в зависимости от диагноза. Врач экспертным путем определяет слоты Ф-С, требующие заполнения для конкретизации слота из Ф-Д, стоящего на очереди. Устранить неопределенность значения слота (вершины) – это значит исключить все недопустимые варианты заполнения. Недопустимые значения слотов в медицинском случае – это противопоказания определенной терапии! Дальше сам врач решает, какое именно значение слота принять. Мы не навязываем ему нормативную модель принятия решений.

Опираясь на бинарное отношение  $R_2$ , мы стремимся минимизировать количество операций по устранению неопределенности слотов. Однако, при определении порядка заполнения необходимо учесть один важный фактор. Слоты Ф-Д следует проранжировать в зависимости от терапевтической эффективности данной процедуры. Заполнение слотов должно проводиться в порядке невозрастания терапевтического эффекта, определяемого экспертным заключением терапевта в конкретном случае. При равенстве эффектов для пары слотов выбор слота произволен. В итоге получаем отношения порядка на множестве слотов Ф-Д. Для любой пары связанных вершин графа, интерпретирующего отношение  $R_2$  (ЗАВИСИМОСТЬ заполнения), удалим дугу, направленную от менее важного слота к более важному в соответствии с проведенным ранее ранжированием. Если слоты равноценны, удаляется любая дуга из двух. Тем самым приходим к асимметричному, рефлексивному (заполнение слота зависит от его значения) отношению  $R_3$ . Это отношение должно быть ацикличным, так как если вершина (процедура)  $x$  важнее по терапевтическому эффекту вершины  $y$ , а последняя – важнее вершины  $z$ , то  $x$  должна быть важнее  $z$ . Тогда в случае зависимости  $x$  и  $z$  образуется дуга из  $x$  в  $z$  ( $x$  главнее), а в случае независимости эта пара вершин не соединяется дугой. При линейности  $R_2$   $R_3$  будет транзитивным.

Приоритетная конкретизация более эффективной процедуры позволяет избежать потерь вариантов ее выполнения в случае, если бы первой конкретизировалась менее эффективная процедура.

Теперь, когда выделены пары зависимых слотов и определен порядок их заполнения внутри пар, разобьем граф отношения  $R_3$  на множества уровня [5, 6]. Нулевой уровень состоит из слотов (вершин графа), не имеющих входящих дуг; первый уровень – из слотов, в которые входят дуги нулевого уровня; второй – из слотов, в которые могут входить дуги нулевого и первого уровня

и т. д. Таким образом происходит переход от бинарного отношения парных сравнений к графу, упорядочивающему процедуру заполнения всего фрейма-действия.

Поясним выигрыш в количестве операций по снижению вариантов заполнения слота в связи с несовместимостью значений по сравнению с произвольным порядком обработки слотов, т. е. без графа уровней.

Рассмотрим транзитивный фрагмент графа отношения  $R3$  (рис. 2).

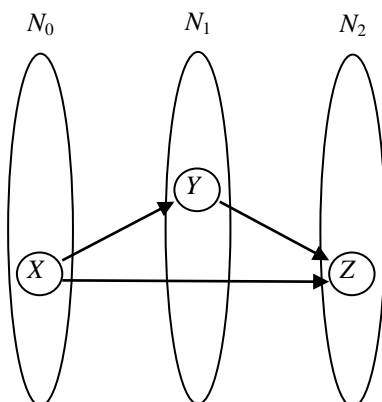


Рис. 2. Транзитивный фрагмент графа отношения  $R3$

При произвольном характере конкретизации слотов последовательность действий следующая: 1) выбор значения слота  $x$  (врач); 2) отсеечение ряда возможных значений слота  $y$  (обращение к базе СОВМЕСТИМОСТЬ); 3) отсеечение значений слота  $z$ ; 4) выбор значения  $y$  как более важного; 5) повторная корректировка  $z$  с учетом совместимости по  $y$ . При следовании приоритету заполнения слотов в соответствии с номером уровня: 1) выбор  $x$ ; 2) отсеечение внутри  $y$ ; 3) выбор  $y$ ; 4) снижение неопределенности  $z$ .

Даже на «трехслотовом» транзитивном фрагменте есть выигрыш в числе операций. При усложнении транзитивных связей выигрыш растет.

Итак, алгоритм снижения неопределенности значений слотов следующий.

- Первыми заполняются слоты нулевого уровня. Врач выбирает тип терапевтической процедуры (например, вид антибиотика для инъекций из слота «Антибиотик»).
- Далее отсекаются несовместимые значения слотов следующего по порядку уровня в соответствии с базой (совместимость). Оставшиеся значения

слотов уровня предъявляются врачу (лицу, принимающему решения) для выбора конкретного значения слота.

- Переходим к уровню  $k$ , повторяя предыдущий пункт вплоть до уровня  $n$ , максимального для данного графа.

Таким образом,

- определены взаимозависимые слоты Ф-Д,
- для них выбран приоритет заполнения,
- произведен переход от парных сравнений к графу, упорядочивающему процедуру заполнения всего фрейма-действия.

### 3. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МОДЕЛИ ТЕРАПИИ В БД

Увеличение объема и структурной сложности хранимых данных, расширение круга пользователей информационных систем выдвинуло требование создания удобных общесистемных средств интеграции хранимых данных и управления ими. Это привело к созданию множества СУБД (MS SQL, Oracle, MS Access, 1C) для выполнения задач, стоящих перед пользователями информационных систем.

Представители медицинского сообщества наравне с другими представителями разного вида сообществ также используют информационные системы для удобства процесса лечения пациента [7, 8].

В основе реляционной модели СУБД лежит математическое понятие теоретико-множественного отношения, которое представляет собой подмножество декартова произведения списка доменов (множество целых чисел). Декартовым произведением доменов  $D_1, \dots, D_k$  называется множество всех кортежей  $V_1 \dots V_k$  длины  $k$  таких, что  $V_i \in D_i, i = \overline{1, k}$ . Элементы отношения называются кортежами и имеют арность  $k$  (степень отношения), причем  $i$ -й компонент является  $V_i$ . Такого рода отношения удобнее всего представлять таблицей (группой кортежей), в которой каждая строка есть кортеж и каждый столбец соответствует одному компоненту. Кортежи обычно нумеруются, а их количество определяется размерностью таблицы. Столбцы называются атрибутами, и им часто присваиваются имена. Упорядоченный список имен атрибутов отношения называется схемой отношения, а их совокупность – реляционной схемой БД.

В случае фрейма ситуации ДИАГНОЗ существует три вида отношений, описанных уровнями фрейма с У1–У3 [9]. От количества и сложности атрибутов отношений напрямую зависит точность вычисляемого диагноза.

Для демонстрации проектирования отношений и атрибутов в них на примере фрейма ДИАГНОЗ промоделируем сценарий прихода пациента к врачу.

Допустим, пациент приходит к врачу на первичный осмотр с жалобой (на этом этапе моделируемого действия происходит выявление патологии заболевания путем установления критериев патологии – симптомы, история болезни, дополнительные жалобы и т. д.) – уровень 3. После того как врач проведет первичный осмотр на уровне подсистем и систем органов (уровень У2), для определения более точного диагноза после первичного обследования он отправляет пациента на прохождение какого либо рода обследования и/или сдачи анализов для выявления заболевания органа/части органа в организме (уровень 1). На этом этапе формируются критерии [10] заболевания органов (список органов, подсистема органа, заболевание, характер воздействия на другие органы, характер заболевания и т. д.), по которым формируется анализ болезни для организации последующего лечения. После установления точного диагноза врач выбирает способ лечения установленного диагноза, принимая во внимание критерии действий лекарственных средств, используя описанный выше алгоритм приоритета конкретизации терапевтических процедур (побочное действие, несовместимость препаратов, скорость выздоровления от принимаемых препаратов и т. д.). Таким образом, в проектируемой БД должны быть четыре отношения (патология, подсистемы органов, системы организма и терапия).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый в данной статье ситуационный подход к проблеме детализации и уточнения терапевтических процедур при известном диагнозе обеспечивает рациональное использование накопленной информации о совместимости терапевтических средств и методов. Представление указанных знаний в виде бинарных отношений и фреймов дает возможность синтеза формальных, человеко-машинных алгоритмов конкретизации терапии.

Введение приоритета для каждой пары зависимых слотов (терапевтических процедур) позволяет сначала выбрать наиболее предпочтительный вариант выполнения более важной процедуры, а в зависимость от выбора поставить менее важную процедуру.

Использование множеств уровня позволяет перенести приоритетный порядок снижения неопределенности и заполнения слотов на все множество вершин графа отношения R3.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Поспелов Д.А.* Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 288 с.



2. *Котик М.А., Емельянов А.М.* Ошибки управления. – Таллин: Валгус, 1985. – 391 с.
3. Фреймы-сценарии управленческой деятельности: методические разработки / составитель Б.Р. Шегал. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 34 с.
4. *Шегал Б.Р.* Компенсация риска оценки нечётких переменных во фреймах-сценариях управленческой деятельности и экспертных системах // Научный вестник НГТУ. – 2006. – № 3 (24) – С. 116–122.
5. *Гринберг А.С., Козак Д.А., Шегал Б.Р.* Экспертные системы со встроенной моделью компенсации риска // Управляющие системы и машины. – 1992. – № 3/4. – С. 116–120.
6. *Шегал Б.Р.* Процедура синтеза модели процесса устранения неопределённости // Управляющие системы и машины. – 1997. – № 1/3. – С. 82–86.
7. *Багненко С.Ф., Мирошникенко А.Г., Архипов В.В.* Современные принципы организации экстренной медицинской помощи в условиях крупного города // 3 Всероссийская конференция «Скорая медицинская помощь-2002» и Пленум Межведомственного научного совета по проблемам скорой медицинской помощи МЗ РФ и РАМН, Санкт-Петербург, 3–5 июня 2002 г.: тезисы докладов. – СПб., 2002.
8. *Шегал Б.Р.* Модель выбора информации в экстренной медицинской диагностике // Сборник научных трудов НГТУ. – 2013. – № 2 (72). – С. 68–77.
9. *Советов Б.Я., Цехановский В.В., Чертовской В.Д.* Базы данных: теория и практика: учебник для бакалавров. – 2-е изд. – М.: Юрайт, 2012. – 464 с.
10. *Кини Р.Л., Райфа Х.* Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения: пер. с англ. – М.: РиС, 1981. – 560 с.

**Шегал Борис Романович**, доцент кафедры автоматизированных систем управления Новосибирского государственного технического университета, кандидат технических наук. Научное направление – информационная поддержка принятия решений. Количество публикаций – 57, в том числе 3 учебных пособия. E-mail: sheg@ngs.ru.

**Туйск Михаил Сергеевич**, магистрант кафедры автоматизированных систем управления Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – информационная поддержка принятия решений. E-mail: MishaT@ngs.ru.

## The decision support system of the therapist in a typical treatment regimen<sup>\*</sup>

**B.R. Shegal<sup>1</sup>, M.S. Tuisk<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Novosibirsk state technical University, 20 prospect Karla Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia Federation, candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: sheg@ngs.ru

<sup>2</sup>Novosibirsk state technical University, 20 prospect Karla Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia Federation, master student, e-mail: MishaT@ngs.ru

The article is devoted to decision making in standard therapeutic situation, requiring the consideration of restrictions on the use of typical treatment procedures. The activity of hospital doctor at a known diagnosis of disease is considered. For the doctor image about disease at a choice of individual therapy to be structured and orderly, the diagnosis is described as a graph of type "tree", and the therapeutic process as the scenario created by means of the set of basic therapeutic procedures. The both of mentioned structures are supposed to include general information, always true for specific diseases and methods of treatment, and uncertain information positions, the content of which depends on a number of factors. Such factors can be: accompanying pathology of the patient, the compatibility of the available means and methods of therapy, the patient tolerability of these methods. Hence, tree diseases can be described as a static frame, or frame – situation, and the therapeutic process, as role scenario frame or frame – action. Unfilled positions (slots) frame-action are the basic therapeutic procedures that allow different ways of its implementation. The validity fill the slot depends not only on the slots of the frame – situation, but also on the values of surrounding slots of frame- action. Certain medications, physiotherapy, manual actions may be incompatible with each other, and within a class of therapeutic procedures. Moreover, depending on the situation, treatments vary in their effectiveness. The question arises, in what order to carry out the filling of the slots therapeutic frame? In fact, setting the value of a slot, we, in General, limited the possibilities of filling the slots are dependent on it. Defining this algorithm, you can talk about the order of frame – situation filling, because it is a detailed diagnosis defines a valid therapy options in the frame action. The article proposes a model of the choice of the sequence of filling slots overall therapeutic process. Its implementation requires the creation of database systems, reflecting the compatibility of procedures, the dependence of the slots, their comparative effectiveness for the analyzed nosological forms. A model based on the theory of binary relations and graphs, allows to reduce the number of implementations of the slots in the frame action, while respecting the priority of the therapeutic effectiveness of the procedures.

**Keywords:** Diagnosis, therapeutic procedure, frame- situation, frame- action, role frame, slot, binary relation, the levels of the graph, the option of filling slots

DOI: 10.17212/2307-6879-2015-1-117-127

## REFERENCES

1. Pospelov D.A. *Situatsionnoe upravlenie: teoriya i praktika* [Situational management: theory and practice]. Moscow, Nauka Publ., 1986. 288 p.

---

<sup>\*</sup> Received 10 January 2015.

2. Kotik M.A., Emel'yanov A.M. *Oshibki upravleniya* [Management errors]. Tallin, Valgus Publ., 1985. 391 p.
3. Shegal B.R., compiler *Freimy-stsenarii upravlencheskoi deyatel'nosti* [Frames-scenario management activities]. Novosibirsk, NSTU Publ., 2002. 34 p.
4. Shegal B.R. Kompensatsiya riska otsenki nechetkikh peremennykh vo freimakh-stsenariyakh upravlencheskoi deyatel'nosti i ekspertnykh sistemakh [The risk compensation of fuzzy variables estimating in scenario frames of control activity and in expert systems]. *Nauchnyi vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Science bulletin of the Novosibirsk state technical university*, 2006, no. 3 (24), pp. 116–122.
5. Grinberg A.S., Kozak D.A., Shegal B.R. Ekspertnye sistemy so vstroennoi model'yu kompensatsii riska [Expert systems with built-in risk compensation model]. *Upravlyayushchie sistemy i mashiny – Control systems and computers*, 1992, no. 3/4, pp. 116–120.
6. Shegal B.R. Protsedura sinteza modeli protsessa ustraneniya neopredelennosti [A synthesis procedure for a model of uncertainty elimination process]. *Upravlyayushchie sistemy i mashiny – Control systems and computers*, 1997, no. 1/3, pp. 82–86.
7. Bagnenko S.F., Miroshnichenko A.G., Arkhipov V.V. [Modern principles of organization of emergency medical care]. *Tezisy dokladov 3 Vserossiiskoi konferentsii «Skoraya meditsinskaya pomoshch'-2002» i Plenuma Mezhvedomstvennogo nauchnogo soveta po problemam skoroi meditsinskoi pomoshchi MZ RF i RAMN*, Sankt-Peterburg, 3–5 iyunya 2002 [Proceedings of the 3rd All-Russian Conference "Emergency Medical Care-2002" and Ministry of Health and Russian Academy of Sciences Interdisciplinary Scientific Convention Dedicated to the Problems of Emergency Medical Care], St. Petersburg, June 3–5, 2002. (In Russian)
8. Shegal B.R. Model' vybora informatsii v ekstremnoi meditsinskoi diagnostike [The information choice model in emergency medical diagnostics]. *Sbornik nauchnykh trudov Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Transaction of scientific papers of the Novosibirsk state technical university*, 2013, no. 2 (72), pp. 68–77.
9. Sovetov B.Ya., Tsekanovskii V.V., Chertovskoi V.D. *Bazy dannykh: teoriya i praktika* [Database: theory and practice]. Moscow, Yurait Publ., 2012. 464 p.
10. Keeney Ralph L., Raiffa H. *Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs*. New York, John Wiley & Sons, 1976 (Russ. ed.: Kini R.L., Raifa Kh. *Prinyatie reshenii pri mnogikh kriteriyakh: predpochteniya i zameshcheniya*. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1981. 560 p.).