

ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМАХ

И.Н. Долгополов

Международный центр информационных технологий и систем НАН и МОИ Украины
e-mail: dolgigo@ukr.net

Задачи принятия решений (ПР) являются одними из самых распространенных в клинической медицине (КМ). И, хотя реализуются они на протяжении всего диагностического процесса (ДП): от опроса больного и оценки диагностических данных, до лечения, большинство из них связаны с процессом лечения, в котором многократное их использование привело к шаблонному восприятию диагностических данных. Сформировалась, даже, парадигма «лечение согласно болезни», подкреплённая многочисленными рекомендациями и стандартами, при которой объектом ПР стал диагноз, а не человек. Это привело к тому, что лечение стало носить сугубо схемный характер. Особенно это заметно при возрастающей сложности клинических задач, например, в случае необходимости индивидуализации лечения, когда равенства между диагнозом и схемой лечения уже поставить невозможно. В этих случаях лечение проводится по аналогии, т.е. только на основании внешних знаков болезни, без исследования количества и сложности их внутренних связей и отношений. В условиях нарастающей информационной нагрузки, перед врачом, как лица принимающего решения (ЛПР), встал вопрос о необходимости формализации ПрЗ, использующихся в процессе ПР (ППР). Из существующих моделей: дескриптивная, нормативная, прескриптивная, наиболее распространённой в медицине, является нормативная. Эти методы объединяет значительная вычислительная сложность и необходимость использования математических и логических методов для формализации ПрЗ, что обуславливает их реализацию только с помощью ЭВМ. Совокупность информационных технологий (ИТ), базирующихся на основе формализованных ПрЗ о ППР в контуре больной - врач - ПЭВМ получила название автоматизированной технологии поддержки ППР. Она базируется на совокупности диалоговых процедур, врача, как ЛПР с системой поддержки ППР и представляет собой самостоятельное информационно - программное изделие в виде автоматизированных медицинских систем. Традиционно в медицине считается, что существо задачи ПР в клинической медицине в общем виде, состоит в выборе некоего подмножества X из множества Y альтернатив или их упорядочение [1]. Например, при опросе больного в зависимости от полученного ответа врач задает новый вопрос или при диагнозе D^1 выбирается схема лечения L^1 . Однако прежде чем будет сформирован ряд альтернатив подлежащих рассмотрению для ПР, ЛПР должно выполнить ряд действий, приводящих к конечному решению, называемым *процессом принятия решений*. Условно в КМ ППР можно представить в виде последовательно протекающих трёх этапов: **подготовки задачи; её решения; управление реализацией выработанного решения.**

Этап подготовки задачи.

Процедуры этого этапа являются слабоформализуемыми, и априорно зависят от наличия содержательной информации о предстоящей задаче у врача, стереотипа его мышления и всего того, что определяет его опыт в восприятии знаков внешнего мира и способности к оценке диагностической ситуации с выделением в ней диагностических проблем [2]. Процедуры этого этапа и соответствующие им операции приведены в таблице 1.

Процедуры сбора данных основаны на природе их источников и обусловлены использованием конкретных методов инструментально - технологического базиса КМ. Несмотря на их широкую номенклатуру, их можно свести к шести методам клинической диагностики (КД), в которых присутствуют методы сбора качественных и количественных данных.

венных диагностических данных (табл.1). **Анализ и измерение** предполагает видовое разнообразие выполнения таких операций как *шкалирование, группировка, выборка* и др., для обработки информационных массивов данных или обработки индивидуальной информации в технологиях постановки диагноза.

Таблица 1. Процедуры и операции первого этапа
ППР - *этапа подготовки задачи*

Этап подготовки задачи.	
Процедуры	Операции
Сбор данных	Опрос и осмотр больного
	Клинические исследования: инструментальные, биохимические, функциональные
	Анализ документов: выписки, эпикризы, справки, заключения и др.
	Компьютерное интервьюирование
	Консилиумы (диалог с консультантами)
	Специальные методы
Анализ и измерение данных	Шкалирование
	Группировка
	Выборка анализируемых данных
	Другие операции
Определение проблемной ситуации	Определение ситуации
	Постановка проблемы
	Синтез проблемной ситуации

❖ **Шкалирование**, представляет операцию выбора шкалы измерения данных и осуществляется в зависимости от их характера. В связи с проектированием медицинских информационных систем, справедливо указать всю номенклатуру шкал, используемых для автоматизированных систем мониторинга и диагностики состояний: *шкала наименований*, используется для описания принадлежности объекта к классу (понятие масштаба и начала отсчёта отсутствует); *порядковая шкала*; *шкала интервалов*, *шкала отношений*, *шкала разностей* и *абсолютная шкала*, которая является частным случаем *шкалы интервалов* с нулевой точкой отсчёта и применяется для измерения количества

объектов и событий. Шкалы наименования и порядка являются *качественными шкалами*. В *шкале наименований* описываются различие и эквивалентность объектов, в *шкале порядка* - качественное отличие объектов. *Количественные шкалы* позволяют измерить на сколько (*шкалы интервалов и разностей*) и во сколько (*шкалы отношений и абсолютная*) раз объект отличается от другого по выбранному показателю. Традиционно в медицине используются шкалы трёх типов: номинальная, порядковая и количественная. Например, АД, попадающее в определённые диапазоны классификаций трактуется как повышенное, с указанием насколько повышено и в каких единицах измерено. Кроме того, в контексте использования IT- решений в задачах проектирования медицинских диагностических систем необходимо остановиться на логических аспектах шкалирования [3]. *Номинальная шкала* измерений исходит из аксиомы идентификации: 1) Либо А есть В, либо не есть В; 2) Если А есть В, то В есть А; 3) Если А есть В и В есть С, то С есть А. *Порядковая шкала*, помимо аксиом 1-3 предполагает ещё аксиомы упорядочения: 4) Если А предшествует (или равноценно) В, то В не предшествует А; либо А предшествует (или равноценно) В, либо В предшествует (или равноценно) А; 5) Если А предшествует (или равноценно) В и В предшествует (или равноценно) С, то А предшествует (или равноценно) С. Аксиома 5 называется аксиомой транзитивности. Исключение из аксиом 4 и 5 допущений о равноценности приводит к порядку строгого доминирования. Количественные шкалы позволяют установить количественные отношения между объектами. Помимо аксиом 1-5 предполагаются аксиомы аддитивности:

6. Если $\mu(A) = P$ и $\mu(B) = K$, то $\mu(A+B) = P + K$.

7. $\mu(A+B) = \mu(B+A)$.

8. $\mu[(A+B)+C] = \mu[A+(B+C)]$.

❖ **Операции группировки данных** основана на технологиях построения матричного образца диагностического образа с использованием методов и средств

распознавания образов, а также технологий нейронных сетей и др. Целью группировки является не только задачи таксономии, в виде выделения групп взаимосвязанных данных и их классификация, но и мерономии - выявления внутренней структуры полученных классов. Для автоматизированных систем инструментальной диагностики немаловажной, является задача определения валидности данных: поиск и замена пропущенных значений и артефактов.

Определение проблемной ситуации, по сути, является постановкой задачи ПР и состоит из трёх операций. *Определение ситуации* представляет собой описание контекстных факторов, с учётом которых осуществляется ППР. При выполнении этой операции в процессе постановки DS, данные анализируются в рамках системного анализа, с выделением системобразующего фактора и структуры функциональной системы компенсаторно-приспособительных реакций данного состояния. Формулировка ситуации в виде её системного описания предполагает неявное задание целей ППР и является исходной точкой в постановке задачи. Под *постановкой проблемы* понимается выделение из множества целей ППР, некой обобщённой или главной, по изменению исходного состояния (ситуации), например, купирование болевого синдрома при остром инфаркте миокарда (ОИМ) или уменьшения АД. *Синтез проблемной ситуации* ДП начинается с анализа предыдущего диагностического материала, с целью привлечения клинического опыта в поисках аналогичного прототипа. В процессе синтеза осуществляется *структуризация проблемной ситуации*: классифицируются важные для постановки DS обстоятельства ПР; факторы риска внешней (курение, гиподинамия, десинхроноз) и внутренней природы, например, избыточный вес, синдром метаболической недостаточности и др., которые привели к настоящему состоянию; выделяются исходные данные состояния и патофизиологические факторы, оказывающие на него приоритетное влияния, например, факторы, определяющие гемодинамический тип состояния больного с ОИМ или его реологический статус; устанавливается иерархия критериев достижения целей, определяются количественные критерии синтезируемой структуры. На этом этапе определяется номенклатура патофизиологических звеньев и порядок воздействия на них лекарственными препаратами, с определением их дозы.

Этап решения задачи. Содержание и количество процедур этого этапа ППР определяется спецификой рассматриваемой *проблемной ситуации*, выбранным методом ПР и способом его реализации. Минимальное их количество может быть не менее

Таблица 2. Процедуры и операции второго этапа решения задачи ППР

Этап решения задачи	
Процедуры	Операции
Постановка задачи	Формальная запись задачи
	Определение компонентов формальной записи задачи
Выбор модели на основе мат. методов	Например, метод попарного сравнения и др.
Процедуры реализации задачи	Ввод исходных данных
	Выбор
	Исследование решений
	Анализ полученных результатов

трёх: *постановка задачи, выбор метода и реализация* (см.табл. 2).

Постановка задачи

ПР КД в формальной записи представляет следующее:

$$\langle t, X, R, A, F, G \rangle,$$

где например, t - формулировка задачи (поставить достоверный DS); X - множество допустимых альтернатив (множество правдоподобных DS); R - множество критериев оценки достижения цели (v недостающей информации); A - множество шкал измерения критериев; F - отображение множества допустимых альтернатив во множество критериальных оценок; G - система предпочтений решающего элемента.

Множество X представляет собой совокупность решений, которые удовлетворяют ус-

ловиям и способам достижения целей по изменению исходного состояния больного. В качестве *критериев* R рассматриваются показатели в виде ограничивающих факторов, характеризующих альтернативы, как средство достижения поставленных целей. В зависимости от мощности множества R задачи ПР делятся на две группы: задачи ПР со скалярным критерием и векторным решением (многокритериальные). Показатели, как критерии, характеризующие альтернативы должны быть измерены в системе некоторых шкал, в результате чего для каждого критерия $R_j \in R$, может быть установлена своя шкала, представляющая собой множество оценок этого критерия A_j . Следующая операция постановки задачи - *определение пространства критериальных оценок альтернативных действий*, задаётся как декартово произведение множества оценок каждого критерия.

$$Y = A_1 \times A_2 \times \dots \times A_j \times \dots \times A_m$$

Далее строится отображение $F: X \rightarrow R \subseteq X$, где R - множество критериальных оценок последствий альтернатив. Так определяется множество возможных критериальных оценок. Вид отображения F может быть детерминированным; вероятностным или неопределённым, что позволяет выделить три типа задач ПР: в условиях полной определённости; в условиях риска; в условиях неопределённости. Неопределённость, как неотъемлемую часть ППР в КМ принято разделять на три класса: связанную с неполнотой наших знаний о конкретной болезни, по которой принимается решение; с невозможностью точного учета реакций состояния больного на фармакокоррекцию; отсутствием точной стратегии понимания своих целей врачом. Введенные понятия позволяют сформулировать задачу ПР, как выбор одной, наилучшей в некотором смысле альтернативы или упорядочение всего множества альтернатив, или выбор подмножества из их множества. Операции формирования системы предпочтения решающего элемента G сводится к выбору одного из методов ПР [4]. **Выбор метода принятия решений** может быть реализован только специалистом рассматриваемой ПрО КМ. Представление задачи ПР во всей полноте определяется возможностью достижения соответствия метода ПР объективным характеристикам поставленной задачи: условие выбора (определённость-риск-неопределённость); тип множества альтернатив (дискретное или непрерывное); количество критериев; тип постановки задачи и др.; личностные характеристики ЛПР психологического характера. Кроме этого, на выбор метода ПР оказывают влияние представлений ЛПР о последствиях ПР и возможности обоснования, *posteriori*, использования того или иного метода, степень доверия к методу ПР на основании предшествующего опыта. *Процедурами реализации метода ПР* в общем случае являются следующие действия: *ввод исходных данных; выбор метода; исследование полученного решения; анализ результатов*. Общая схема управления реализацией вырабатываемых решений, на примере интеллектуального аутоинтервьюирования АСКАРДО включает следующее: *структуризацию задачи ПР, параметризацию правил решений, нахождение и исследование решений* [5].

Этап управления реализацией выработанного решения

Это заключительный этап ИТ поддержки ПР КД. На данном этапе реализуются три процедуры: документирование ПР, как последовательность операций создания итогового документа в соответствии с стандартами видеоформ медицинского электронного документооборота; доведение до исполнителя осуществляться путём использования телекоммуникационных технологий МИС: врачу путём рассылки уведомлений на рабочий стол ПЭВМ, пациенту - в виде документа на бумажном носителе или SMS сообщения; контроль за исполнением осуществляют экспертные и врачебные комиссии.

В качестве технологической основы решения задач ПР в системах DSS предлагается использовать синтаксический подход, в котором идентификацию состояния объекта (пациента) можно представить следующим образом: известна грамматика W , известно описание объекта в терминах «фразы», например X . Такая постановка задачи по-

звolyет определить принадлежность X к $L(W)$ для объектов с жёстко заданными правилами функционирования. Каждой грамматике можно привести в соответствие некое распознающее устройство в виде автомата. Рассмотрим грамматику W , которой соответствует автомат с конечным множеством состояний. По определению, конечный автомат описывается с помощью пяти характеристик: $a_1 = \{Q, I, \delta, q_0, F\}$, где Q – конечное множество состояний; I – множество входных символов; δ – таблица переходов, содержащая QI возможных вариантов; q_0 – начальное состояние ($q_0 \in Q$), F – множество окончных (терминальных) состояний, являющееся подмножеством Q [6]. Так как в задачах АСКАРДО переход из одного состояния в другое не зависит от вероятности возможных состояний и для любого входного воздействия I и состояния Q , существует следующее состояние, можно говорить не о стохастическом, а детерминированном конечном автомате. Однако, учитывая актуальность этого вопроса для КД в целом, рассмотрим различие между автоматами. Конечный недетерминированный автомат описывается выражением $\delta(q_i, i_k) = \{q_3, q_5, \dots, q_1\}$, которое означает, что каждой паре величин (состояние q_i и входное воздействие i_k) соответствует одно из следующих состояний $q_3, q_5, \dots, q_1$. Если они связаны значением вероятности, то автомат превращается в стохастический. Для детерминированного конечного автомата каждый переход имеет следующий вид:

$$\begin{array}{ccccc}
 g(q_i, i_k) & = & \{q_1\} \\
 \uparrow & \uparrow & \uparrow & \text{— единственное} \\
 \text{состояние} & \text{—} & \text{входное воздействие} & \text{следующее} \\
 & & \text{в данный момент} & \text{состояние}
 \end{array}$$

Детерминированный конечный автомат представляет собой логически последовательную систему, с помощью которого описываются традиционные «последовательные системы». Для грамматики третьего типа по Хомскому $V_n = \{A, B, C, D\}$, $V_t = \{0, 1\}$, $P = \{A \rightarrow 0B, B \rightarrow 0, B \rightarrow 1C, C \rightarrow 1D, D \rightarrow 1B\}$, $S = A$. Правила подстановки здесь имеют вид $A \rightarrow \alpha B$ и $A \rightarrow \alpha$, откуда

$$\begin{aligned}
 A &\rightarrow 0B \rightarrow 00 \\
 &\quad \quad \quad \downarrow \rightarrow 01C \rightarrow 011D \rightarrow 0111B \rightarrow 01110 \\
 &\quad \quad \quad \downarrow \rightarrow 0111B \rightarrow 01111C \dots
 \end{aligned}$$

Этой грамматике можно привести в соответствие ориентированный граф [7].

Литература

1. Ластед Я. Введение в проблему принятия решений в медицине: Пер. с англ. 1971. 288 с.
2. Рекомендации Европейского общества кардиологов по диагностике и лечению: www.Therapia.com.ua
3. Рейльян Я.Р. Аналитическая основа принятия решений. - М.: Финансы и статистика, 1989, 204 с.
4. Борисов А.Н., Виллом Э.Р., Сукур Л.Я. Диалоговые системы принятия решений на базе ПЭВМ: Информационное и программное обеспечение. - Рига: Зинатие, 1986 г.
5. Гриценко В.И., Долгополов И.Н., Семчинский И.С. Интеллектуальный интерфейс автоматизированных систем клинической диагностики/ Препринт 92-23, Киев. 1995, 40с.
6. Долгополов И.Н. Интеллектуальная система управления процессами клинической диагностики/ Проблемы управления и информатики, №3, 2007 г.
7. Мелихов А.Н. Ориентированные графы и конечные автоматы. - М.: Наука, 1971.