

пень подобия возбуждений, полученных при помощи расчетов на клеточном автомате и картах, построенных на основе интерполяции. Проверялось, насколько модель способна выявить наличие и отсутствие постэффектов, проявляемых на реальном объекте после возбуждения миокарда.

Решение представленной проблемы дает возможность:

- производить проверку результата оперативного вмешательства и оценивать его эффективность еще до операции;

- производить поиск новых, более эффективных схем катетерной абляции;
- обучать медицинский персонал в ходе операций.

Создан программный продукт, позволяющий моделировать динамику возбуждения сократительного миокарда. Планируется включение этого продукта в состав лечебно-диагностического комплекса «Элкарт II-Навигатор», разработанного медицинской промышленной компанией «Электропульс», г. Томск.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Holden A.V., Biktashev V.N. Computational Biology of Propagation in Excitable Media Models of Cardiac Tissue // *Chaos, Solitons & Fractals*. – 2000. – № 8. – P. 1643–1658.
2. Simelius K., Nenonen J., Horbček M., Modeling Cardiac Ventricular Activation // *International Journal of Bioelectromagnetism*. – 2001. – № 2. – P. 51–58.
3. Kaplan D.T., Smith J.M., Saxberg B.E.H., Cohen R.J. Nonlinear dynamics in cardiac conduction // *Math. Biosci.* – 1988. – № 90. – P. 19–48.
4. Geselowitz D.B., Miller W.T. A Bidomain Model for Anisotropic Cardiac Muscle // *Ann. Biomed Eng.* – 1983. – № 11. – P. 191–206.
5. Luo C.H., Rudy Y. A Model of the Ventricular Cardiac Action Potential: Depolarization, Repolarization, and Their Interaction // *Circ. Res.* – 1991. – № 6. – P. 1501–1526.
6. Luo C.H., Rudy Y. A Dynamic Model of the Cardiac Ventricular Action Potential. I. Simulations of Ionic Currents and Concentration Changes // *Circ. Res.* – 1994. – № 6. – P. 1071–1096.
7. Luo C.H., Rudy Y. A Dynamic Model of the Cardiac Ventricular Action Potential. II. Afterdepolarizations, Triggered Activity, and Potentiation // *Circ. Res.* – 1994. – № 6. – P. 1097–1113.
8. Иваницкий Г.Р. Биофизика на рубеже столетия: автоволны // *Биофизика*. – 1999. – Т. 44. – № 5. – С. 773–795.
9. Ванга В.К. Исследование пространственно-распределенных динамических систем методами вероятностного клеточного автомата // *Успехи физических наук*. – 1999. – Т. 169. – № 5. – С. 481–505.
10. Андреев С.Ю., Кочегуров В.А. Алгоритмы интраоперационного моделирования возбуждения предсердий // *Сибирский журнал индустриальной математики*. – 2005. – № 2. – С. 3–11.

Поступила 03.11.2010 г.

УДК 004.67;004.891.3

СОЗДАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

А.В. Старикова, О.Г. Берестнева, Г.Е. Шевелев, К.А. Шаропин, Л.И. Кабанова

Томский политехнический университет
E-mail: astarikova@yandex.ru

Рассматриваются вопросы, связанные с созданием медицинских информационных систем на примере системы для мониторинга и прогнозирования состояния беременных женщин. Подробно рассмотрены вопросы, связанные с разработкой подсистемы поддержки принятия решения, в частности технология построения решающих правил на основе продукционных моделей.

Ключевые слова:

Медицинские информационные системы, система поддержки принятия решений, продукционные модели.

Key words:

Medical information systems, decision support system, production models.

Здравоохранение является важнейшей общественной сферой, вызывающей повышенный интерес как отдельных граждан, так и различных частных и государственных организаций, которая оказывает влияние на жизнь каждого человека и имеет большое значение в национальном и в международном масштабе.

Основным побудительным мотивом работы по совершенствованию системы электронного

здравоохранения является высокая общественная значимость улучшения ситуации в этой сфере, включая повышение качества и скорости лечения, снижение затрат на предоставление услуг и приобретение эффективных средств обеспечения соответствия нормативным документам и прочим требованиям.

Врачи консультируют пациентов *on-line*, диагностическая аппаратура оснащена мощными про-

цессорами, конференции и консилиумы проводятся через Интернет. И сегодня медицинские информационные технологии приобретают все большую актуальность, а программное обеспечение для медицины становится все более востребованными. Внедрение медицинских информационных систем способно значительно усовершенствовать рабочие процессы на самых разных уровнях: начиная от создания автоматизированного рабочего места врача до комплексной автоматизации поликлиники или стационара. Медицинская информационная система это комплексная автоматизированная информационная система, в которой объединены электронные медицинские записи о пациентах, данные медицинских исследований в цифровой форме, данные мониторинга состояния пациента с медицинских приборов, средства общения между сотрудниками, финансовая и административная информация, напрямую связанная с медицинской деятельностью и пр. [1]. Одной из важных функциональных возможностей, которыми должна обладать такая система, является поддержка принятия решений.

Данная работа посвящена вопросам развития одной из медицинских информационных систем – информационной системы для женских консультаций [2, 3] и созданию для нее подсистемы поддержки принятия решений. Рассматриваемая информационная система предназначена для мониторинга психофизиологического состояния беременных женщин и прогнозирования исхода родов. Структура предлагаемой подсистемы поддержки принятия решений приведена на рисунке.

После создания конкретной подсистемы принятия решений в результате совместной работы *инженера базы знаний (БЗ)* и *эксперта* взаимодействие *врача-психотерапевта* с этой подсистемой производится через *интерфейс* на некотором языке, близком к естественному. В интерфейсной компоненте производится трансляция предложений этого языка во внутренний язык представления знаний системы. Описание запроса на этом языке поступает в *модуль логического вывода*, который на основе информации из БЗ генерирует рекомендации по мониторингу и прогнозированию состояния беременных женщин. Основу БЗ составляют набор логических правил в виде продукционных моделей. *Модуль приобретения знаний* обеспечивает поддержку обучения системы как в процессе создания ее БЗ, так и в процессе работы с ней. Основным его назначением является погружение знаний о предметной области в БЗ. Посредством *модуля объяснений* производится отображение промежуточных и окончательных выводов и объяснений производимых системой процедур.

Остановимся подробнее на создании ядра подсистемы принятия решений – БЗ. Как известно, существует три стратегии получения знаний: приобретение знаний, извлечение знаний и обнаружение знаний. Под приобретением (*acquisition*) знаний понимается способ автоматизированного наполнения базы знаний посредством диалога эксперта и специальной программы. Извлечением (*elicitation*) знаний называют процедуру взаимодействия инженера по знаниям с источником знаний (экспертом, источником знаний и др.). Термины

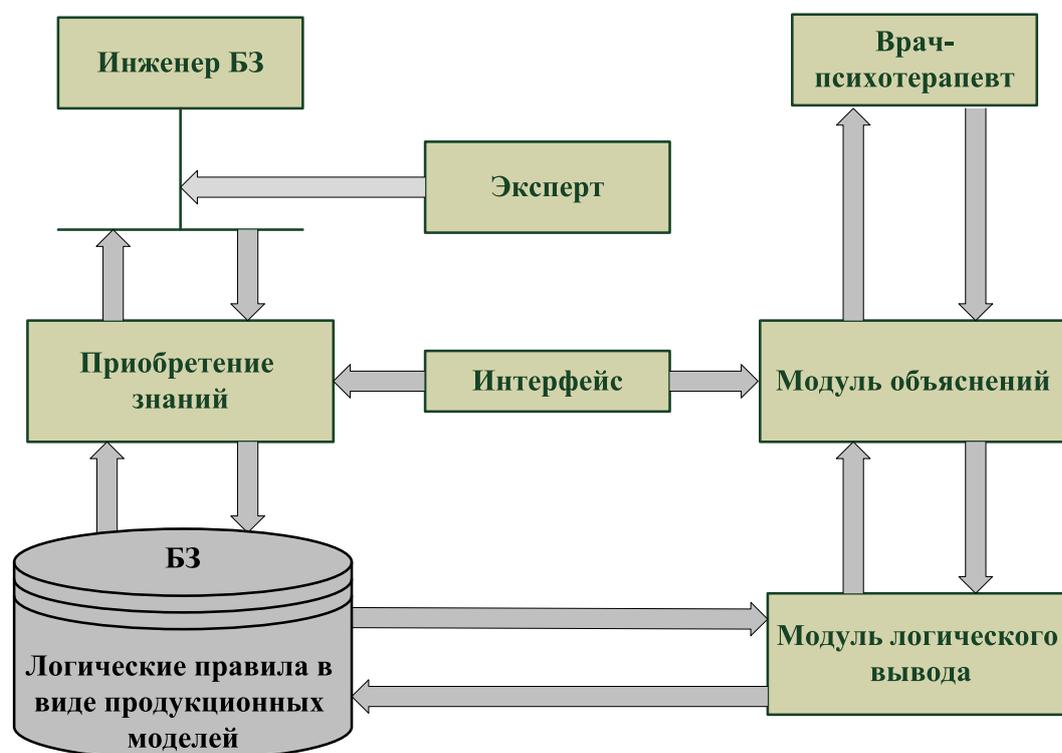


Рисунок. Структура подсистемы принятия решений медицинской информационной системы для женских консультаций

«обнаружение знаний» (*knowledge discovery*), а также *Data Mining* связывают с созданием компьютерных систем, реализующих методы автоматического обнаружения знаний [4]. В нашем случае использованы стратегии *elicitation* и *knowledge discovery*. Сформированная БЗ содержит логические правила в виде продукционных моделей. Продукции являются наиболее популярными средствами представления знаний. В них отсутствуют жесткие ограничения, характерные для логических исчислений, что позволяет изменять интерпретацию элементов продукции.

В общем виде под продукцией понимается выражение следующего вида:

$$(i); Q; P; A \Rightarrow B; N.$$

Здесь i – имя продукции, с помощью которого данная продукция выделяется из всего множества продукций. Элемент Q характеризует сферу применения продукции. Основным элементом продукции является ее ядро: $A \Rightarrow B$. Интерпретация ядра продукции может быть различной и зависит от того, что стоит слева и справа от знака секвенции \Rightarrow . Обычное прочтение ядра продукции выглядит так: ЕСЛИ A , ТО B . Более сложные конструкции ядра допускают в правой части альтернативный выбор, например, ЕСЛИ A , ТО B_1 , ИНАЧЕ B_2 . Возможны и другие интерпретации ядра продукции, например, A описывает некоторое условие, необходимое для того, чтобы можно было совершить действие B .

Элемент P есть условие применимости ядра продукции. Обычно P представляет собой логическое выражение (как правило, предикат). Когда P принимает значение «истина», ядро продукции активизируется. Если P ложно, то ядро продукции не может быть использовано.

Элемент N описывает постусловия продукции. Они актуализируются только в том случае, если ядро продукции реализовалось.

Если в памяти системы хранится некоторый набор продукций, то они образуют систему продукций. В системе продукций должны быть заданы специальные процедуры управления продукциями, с помощью которых происходит актуализация продукций и выбор для выполнения той или иной продукции из числа актуализированных.

Продукции по сравнению с другими формами представления знаний имеют следующие преимущества:

- модульность;
- единообразие структуры (основные компоненты продукционной модели могут применяться для построения интеллектуальных систем с различной проблемной ориентацией);
- естественность (вывод заключения в продукционной модели во многом аналогичен процессу рассуждений эксперта);
- гибкость родовидовой иерархии понятий, которая поддерживается только как связь между правилами (изменение правила ведет за собой изменение в иерархии).

Представление знаний с помощью продукций иногда называют «плоским», так как в продукционных моделях отсутствует средства для установления иерархии правил.

В качестве основного метода был использован метод ограниченного перебора М. Бонгарда, реализованный в системе *WizWhy* [1]. Поиск логических правил осуществляется в системе *WizWhy*, реализующей ограниченный перебор, исключающий из анализа логические события с низкой частотой. Процедура формирования исходного набора переменных и их описание представлены в [5]. В качестве целевой переменной выбран «исход родов» (*ishod*), т. е. полученные правила предназначены для прогнозирования исхода родов по набору психофизиологических параметров.

Рассмотрим поподробнее одно из полученных правил:

If height is 162,00... 168,00 (average = 164,56)

and krypni plod is 0,00

and e1 is 1,00... 3,00 (average = 2,85)

Then

ishod is not k

Rule's probability: 0,778

The rule exists in 21 records.

Significance Level: Error probability < 0,001

Positive Examples (records' serial numbers):

15, 17, 22, 23, 27, 30, 34, 39, 40, 42

Negative Examples (records' serial numbers):

276, 280, 282, 285, 287, 288

Это правило представляет собой конъюнкцию трех элементарных высказываний. Первое – *height is 162,00... 168,00 (average=164,56)* – определяет диапазон значений роста. Второе – *krypni plod is 0,00* – говорит о том, что плод не крупный, и третье – *e1 is 1,00... 3,00* – описывает интервал значения эмоциональной составляющей преодоления стрессовой ситуации. Высказывание – *ishod is not k* – означает, что правило характерно для исходов родов типа не кесарево.

Запись *Rule's probability: 0,778* означает, что точность правила в данном случае равна 0,778. Следующая запись *The rule exists in 21 records* характеризует объем множества объектов, для которых справедливо рассматриваемое правило, а другая запись *Significance Level: Error probability < 0,001* касается статистической оценки уровня значимости полученного правила. Две последние записи означают положительные и отрицательные примеры соответственно.

В таблице приведены некоторые выявленные закономерности (сочетание факторов), которые характерны для неблагоприятного и благоприятного исхода родов. Первые закономерности можно отнести к психофизиологическим факторам риска.

Следует отметить, что многие закономерности, полученные нами на базе системы *WizWhy*, были выявлены ранее с использованием стратегии *elicitation* (эксперт – Р.Г. Добрянская [2, 3]).

В настоящее время система внедрена в опытную эксплуатацию в одной из женских консультаций г. Томска.

Таблица. Выявленные закономерности неблагоприятного и благоприятного исходов беременности и родов

Сочетание факторов, способствующих осложнению беременности и родов	Сочетание факторов, способствующих благоприятному течению беременности и исходу родов
Рост меньше 156 см; предпочтение механизма совладания «пессимизм» (неконструктивная копинг-стратегия); занятия в психологической группе подготовки к родам – нет	Предпочтение механизма совладания «оптимизм» (конструктивная копинг-стратегия); преобладание силы правой руки
Преобладание силы левой руки; предпочтение механизма совладания «эмоциональная разгрузка»	Рост больше 164 см; низкие значения показателей ригидности; предпочтение конструктивных копинг-стратегий
Сочетание конструктивной копинг-стратегии «протест» с неконструктивными стратегиями («подавление эмоций», «самообвинение» или «агрессия»)	Сочетание копинг-стратегии «оптимизм» со стратегией «подавление эмоций»; занятия в группе психологической подготовки к родам

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дюк В.А., Эмануэль В.Л., Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. – СПб.: Питер, 2003. – 528 с.
2. Берестнева О.Г., Добрянская Р.Г., Муратова Е.А., Шаропин К.А. Информатика и системы управления. – 2008. – № 2(16). – С. 22–23.
3. Берестнева О.Г., Шаропин К.А., Добрянская Р.Г., Муратова Е.А. Разработка прототипа интеллектуальной системы прогнозирования исхода беременности // Математические методы распознавания образов (ММРО-13): Труды Всеросс. научно-техн. конф. – М.: Физматлит, 2007. – С. 574–577.

Выводы

1. Разработана структура подсистемы принятия решений для медицинских информационных систем (на примере подсистемы принятия решений для специалистов женских консультаций).
2. Для формирования базы знаний в подсистеме принятия решений выбраны две стратегии – извлечения и обнаружения знаний. На основе анализа и обобщения результатов, полученных при реализации этих стратегий, выявлены не известные ранее факторы риска неблагоприятного исхода родов, которые были включены в базу знаний информационной системы.
3. Включение разработанной подсистемы принятия решений в состав информационной системы мониторинга позволяет участковым врачам получать дополнительную информацию о возможности осложнений беременности и родов, а психотерапевту – рекомендации по видам психотерапевтической помощи в зависимости от личностных и психофизиологических особенностей пациента.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 08-06-00313а.

4. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.
5. Берестнева О.Г., Добрянская Р.Г., Марухина О.В., Шаропин К.А., Муратова Е.А. Формирование базы знаний для экспертной системы прогнозирования исхода беременности // «Интеллектуальные системы» (AIS-07) и «Интеллектуальные САПР» (CAD-2007): Труды Междунар. научно-техн. конф. – М.: Физматлит, 2007. – С. 424–429.

Поступила 10.04.2010 г.