

Т.Н. МУСТЕЦОВ,

Н.П. МУСТЕЦОВ, канд. техн. наук, проф., ХНУРЭ (г. Харьков)

КОМПЬЮТЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СИМПТОМОКОМПЛЕКСА ПРИ ПОСТАНОВКЕ ДИАГНОЗА

У статті проаналізовані особливості створення медичних діагностичних систем. Показано, що діагностика є синтезом продуктивного та творчого процесу. Проаналізовано комплекс проблем що виникають при проектуванні медичних інформаційних систем. Сформульовані основні вимоги до програмного забезпечення діагностичних систем.

In clause features of creation of medical diagnostic systems are analyzed. It is shown, that diagnostics is synthesis of productive and creative process. The complex of problems of medical information systems arising at designing is analyzed. The basic requirements to the software of diagnostic systems are formulated.

Постановка проблемы. Состояние, организма человека определяется некоторым «функциональным уровнем», который выражается совокупностью существенных переменных: медико-биологических показателей и физиологических процессов. Показатели и процессы проявляются через определенные физические процессы и переменные порождающих полей, на которые и реагируют измерительные преобразователи. Аппаратно зарегистрированные показатели составляют основу симптомокомплекса. Диагноз, как завершающий этап медицинского исследования, определяется на основе симптомокомплекса и дополнительных сведений о пациенте с учетом решаемой задачи.

На практике распознавание заболеваний происходит в виде двух видов процессов познания. Первый, наиболее простой, заключается в том, что в конкретном случае врач старается узнать, а также вспомнить то, что он когда-то видел. Таким образом, здесь совершается скорее процесс простого узнавания, чем познание в полном смысле слова. Второй вид процесса заключается в диагностике, когда врач стоит перед задачей познания нового, ему ещё не известного. Это происходит в том случае, когда врач переходит от абстрактного диагноза к конкретному определению всех особенностей больного с учетом окружающей среды. Новое при этом заключается во вскрытии новых связей, причинных отношений между симптомами и, наконец, в установлении в каждом случае совокупности всех особенностей реакции больного и условий (внутренних и среды) происхождения данного заболевания. Полученная новая информация – производная продуктивного мышления. Продуктивное мышление есть творчество. «У искусного врача диагностика носит характер сложного творческого поиска, ибо болезни у каждого человека протекают по-особому, специфически, и здесь необходимы

глубокие исследования. Диагноз – это не просто механический репродуктивный акт, а продуктивный процесс, включающий элементы творчества» [1].

Появление вычислительных средств не привело к значительному прогрессу в области медицинской диагностики. Это обусловлено двумя обстоятельствами, во-первых, медицина и биология не в состоянии описать все процессы, происходящие в живой материи. Во-вторых, невозможно запрограммировать в ЭВМ диагностическую оценку выражения лица, глаз больного, его походку, манеру вести себя и разговаривать, его скрытые переживания, смутно ощущаемые врачом. Перечисленные особенности медицинской диагностики привели к тому, что созданы сотни узкоспециализированных медицинских информационных систем, однако не существует единого подхода к их проектированию

Постановка задачи. Наличие в процессе формирования симптомокомплекса сложных вычислительных операций, формирование определенных выводов и соображений с использованием эвристических и в большинстве случаев приближенных методов требует формирования единых требований к медицинской диагностической информационной системе.

Системный анализ задачи. Средствами искусственного интеллекта обеспечиваются функции доступного формализации репродуктивного мышления, но не обеспечиваются функции продуктивного, творческого, которые не могут быть формализованы. Чем менее уместны алгоритмы (репродуктивное мышление), тем более уместно творчество (продуктивное мышление). Однако возможно создать средства, способствующие появлению, поддержанию и стимулированию продуктивного мышления оператора с учётом особенностей клинического мышления при использовании в медицине.

В частности, в отношении медицинской диагностики, важно отметить, что классификация болезней, описания симптомов, синдромов, нозологических единиц проведены человеком, следовательно, человеком постижимы и, следовательно, проблема диагностики есть проблема понимания между людьми, между авторами классификаций и врачами с их индивидуальным опытом. Здесь проявляется роль личности, индивидуальности в медицине – классификация может быть разработана самим практикующим врачом, в большей или меньшей мере расходящаяся с существующей, формируя основы новой клинической школы.

Знание богатого фактического материала, случаев из практики других врачей способствуют диагностическому творчеству. Таким образом, первое условие создания системы диагностики является обеспечение информационно насыщенной среды, мобилизация информационных ресурсов. Насыщенная информационная среда способствует учету большего числа факторов при принятии решения. Насыщенная среда способствует активизации пассивного

запаса знаний. Соотношение между активным и пассивным, например, языковым знанием составляет 1:17 [2]. Предполагается сходное соотношение и для знаний профессиональных. Таким образом, активизация пассивного знания может внести существенный вклад в решение задачи медицинских диагностических и информационных систем. Чем меньше фрагментарность знаний, чем выше взаимосвязанность, тем выше шансы принять решение, учитывающее большее число условий. Медицинская система должна иметь базу обширных и взаимосвязанных знаний. Использование гипермедиа, визуализации информации – средства реализации насыщенности. Сведения в среде должны соответствовать текущей проблеме и возможным путям её решения и подталкивать, наводить на решение, быть упорядоченными в порядке значимости. Отсюда второе условие: существование градиента информационной среды, направленность. Гипертекст, матрица ассоциируемых терминов, индексирование с помощью ключевых слов – средства реализации направленности и взаимосвязанности информации.

Трудность принятия решения в медицине усложняется тем, что при формировании симптомокомплекса возможны не контролируемые изменения состояния объекта в процессе обследования. Эти изменения могут проявляться в изменении уровня функционирования. Кроме того, необходимо учитывать, что один и тот же функциональный уровень может обеспечиваться при различных значениях существенных переменных (ошибки в оценке функционального уровня). Существенные переменные проявляются в порождающих полях различной физической природы, степень выражения этих переменных в различных физических явлениях и процессах также различна. Поэтому возникает источник ошибок, отражающий взаимосвязи между физиологическими процессами и медико-биологическими показателями, с одной стороны, и физическими процессами и их характеристиками, с другой.

Проектирование системы. Медицинские системы составляют самостоятельный класс биотехнических систем. Биотехническая система диагностики наделена определенной структурой, под которой понимается множество элементов и связей между ними. Для выделения этих элементов, необходимо провести декомпозицию строения системы. Любая биотехническая система состоит из аппаратной части (комплекс устройств диагностики), программной части, объекта диагностики – живого организма и лица, принимающего решение. Для проектирования такой сложной структуры необходимо по возможности промоделировать систему и ее контуры, а затем формализовать полученную модель. Современные информационные системы обладают большими возможностями по моделированию систем различного класса и формальному их описанию.

Проектирование систем медицинской диагностики включает целый комплекс аналитических работ. Это связано с тем, что система медицинской диагностики – это сложная система, состоящая из целого ряда подсистем. При

проектировании такой системы необходимо учитывать как особенности объекта диагностики – живого организма, так и используемых при этом методик и способов получения информации. Большинство современных биотехнических систем включают в себя средства программной обработки данных. Любая система медицинской диагностики, вне зависимости от используемого алгоритма или метода обработки данных, содержит программную реализацию на ЭВМ. Следовательно, проектирование таких систем опирается на создании соответствующего программного обеспечения.

В наше время используется множество подходов создания программного обеспечения: от экстремального программирования, когда программное средство создается за несколько недель, до сложных проектов, которые выполняются в течении нескольких лет. При создании программных систем медицинской диагностики необходимо использовать компромиссный вариант, который позволит оказать поддержку всей сложной биотехнической системе, при этом не обременяя разработку сложными архитектурами.

Однако, независимо от подхода, принятого для разработки системы, необходимо точно определиться с целью проектирования, то есть четко определить ЧТО надо получить [2].

Основные проблемы, возникающие при решении задачи проектирования, связаны с заданием структуры проектируемого объекта (структурный синтез) и выбором параметров в рамках уже известной структуры (параметрический синтез). Предполагается, что проектируемый объект достаточно полно характеризуется некоторым вектором выходных параметров y , отражающих основные требования к создаваемому объекту. Задача проектирования объекта или системы в целом в ряде случаев может быть поставлена как задача решения системы неравенств – спецификаций вида:

$$y_i(x, \zeta) \leq t_i, \quad t_i \in R^1, \quad i \in [1 : m], \quad (1)$$

имеющих смысл условий работоспособности и составляющих основную часть технического задания. Здесь x означает неизвестный вектор параметров проектирования, подлежащих выбору. Вектор ζ характеризует наличие факторов неопределенности обстановки, например, влияние индивидуального разброса параметров при массовых обследованиях, а также влияние изменяющихся непредсказуемым образом условий функционирования медицинской системы. Задача оптимального проектирования, то есть задача построения вектора x может быть представлена в виде:

$$x \in \arg \min_x J(x),$$

где, например, функционал $J(x)$ характеризует качество решения системы неравенств (1). Возможны и другие оптимизационные постановки задачи оптимального проектирования.

В приведенной постановке объект проектирования может трактоваться как статический объект управления с управляемыми параметрами x , а сама проблема оптимального проектирования – изучаться в контексте основных задач теории управления. При этом оператор объекта задается алгоритмом вычисления выходных параметров y по входным параметрам x . Реализация такого алгоритма будет решением задачи анализа объекта проектирования. Обычно в процессе проектирования решается множество задач анализа для различных пробных значений входных параметров.

Упрощенная схема процесса оптимального проектирования приведена на рис.

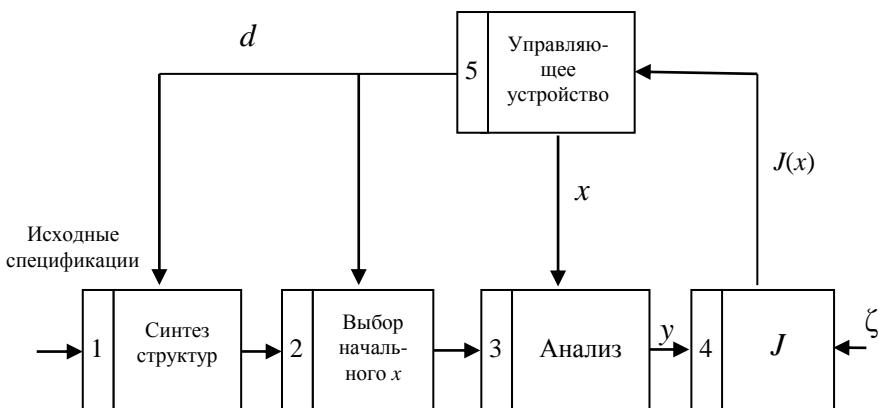


Рис.

В блоке 1 синтезируется структура проектируемой системы с точностью до вектора параметров проектирования x . Начальный вектор x выбирается в блоке 2 на основе имеющейся априорной информации. В блоке 3 реализуется процедура анализа, то есть вычисление y по заданному x . По вычисленному вектору y в критериальном блоке 4 формируется значение функционала $J(x)$, отражающего качество проекта, соответствующее текущему значению вектора x . В управляющем устройстве 5 реализован принятый алгоритм параметрической оптимизации. При этом предполагается, что влияние вектора ζ учтено в структуре функционала $J(x)$. Как правило, выход означает получение решения задачи с приемлемой точностью, но может также означать невозможность решения задачи в рамках существующей системы оптимизации.

Реальные процессы проектирования имеют сложную иерархическую структуру [5], состоящую из нескольких уровней проектирования. На самом высшем уровне формируется облик системы, то есть самые общие и основные требования-спецификации к проектируемой системе в целом. Далее, на

последующих уровнях происходит постепенная декомпозиция и детализация проекта. На каждом уровне реализуется набор схем и диаграмм. При этом спецификации более низкого уровня формируются на основе результатов проектирования, полученных на соответствующем более высоком уровне.

Проектирование новых систем в значительной степени основывается на концепции оптимальности, что определяет широкое применение методов и алгоритмов теории оптимизации.

При проектировании системы медицинской диагностики необходимо учитывать целую группу оценок, зачастую находящихся в противоречии друг с другом. Таким образом, в ходе проектирования мы решаем задачу многокритериальной параметрической оптимизации [3, 4] с ограничениями, которая формулируется следующим образом:

$$f_i(x) \rightarrow \min_x, x \in D, i \in [1:k];$$

$$D = \{x \in R^n \mid g_i(x) \leq 0, i \in [1:m]; g_i(x) = 0, i \in [m+1:s]; a_i \leq x_i \leq b_i, j \in [1:q]\},$$

где D – множество допустимых решений, задаваемых функциями g_i ; R^n – евклидово пространство. В пределах этого множества D выполняются прямые, функциональные и критериальные ограничения, представленные в виде общей системы неравенств и равенств.

Предполагается, что каждый из критериальных выходных параметров f_i необходимо минимизировать.

Для решения конкретных задач проектирования сложных систем необходим анализ их подсистем как объектов проектирования. В ходе анализа необходимо провести исследование особенностей эксплуатации системы [6], целью которого является:

- обеспечение высокой эффективности функционирования или применения системы по назначению в рамках установленных сроков;
- обеспечение большой длительности эксплуатации и готовности системы к применению;
- обеспечение высокой экономичности и безопасности эксплуатации.

Аспект исследований, связанных с обоснованием решений на разных стадиях проектирования систем медицинской диагностики, может меняться с учетом решаемой задачи. Соответственно, меняется класс объекта системного исследования. Для характеристики особенностей взаимодействия данного класса систем с внешней средой необходимо учитывать:

- наличия взаимодействия с внешней средой – система является разомкнутой;
- число и функциональное назначение контуров взаимодействия с внешней средой (целевой контур, контур поддержания работоспособности, контур энергообеспечения, контур информационного окружения и т.д.);

– изученность (степень неопределенности) взаимодействий, большинство методик диагностики недостаточно детерминированы, поэтому необходимо указать точность или диапазон возможных значений.

Для характеристики особенностей внутреннего строения (структуры) систем используются следующие признаки:

– устойчивость структуры (системы с постоянной или переменной структурой);

– наличие и степень участия оператора в целевом или вспомогательном контурах (системы ручного управления, автоматизированные или автоматические);

– наличие в структуре системы лиц принятия решения в реальном времени.

Для учета специфики общесистемных интегральных свойств (поведения) систем необходимо учитывать:

– использование адаптации (системы с обучением, самообучением, гибкими стратегиями, наличием свободы выбора решений);

– возможность изменения уровня организации (системы с перенастраиваемой структурой, самоорганизующиеся, развивающиеся системы);

– способность к анализу обстановки (системы с распознаванием ситуации, с оценкой работоспособности и т.д.).

Формирование требований к системе. В ходе разработки программно-технической среды первым этапом является анализ системы, то есть определение множества свойств, необходимых для решения проблемы при достижении поставленной цели. Полученная совокупность свойств представляет собой требования к системе. Различают три группы свойств объектов исследования, каждую из которых используют в самостоятельном аспекте исследования:

– взаимодействие с внешней средой (входы, выходы);

– внутреннее строение (структура);

– общесистемные, интегральные свойства (поведение).

Требования же к программному обеспечению системы – это то, что данная программа делает для пользователей. Для этого наиболее приемлемым является представление системы как некоторого черного ящика. Согласно [7] для полного определения информационной системы необходимо описать следующие пять основных категорий элементов:

– вводы системы;

– выводы системы;

– функции системы (отображение вводов в выводы и их различные комбинации);

– атрибуты системы (типичные неповеденческие требования, такие как надежность, доступность, пропускная способность);

– атрибуты системной среды (например, способность системы функционировать в условиях определенных операционных ограничений и нагрузок, совместимость с операционной системой и т.д.).

Рассмотрим более детально свойства системы медицинской диагностики как объекта исследования. Начнем с анализа взаимодействия с внешней средой. Необходимо определить контуры обмена, то есть входы и выходы системы, которые послужат основой для вводов и выводов программной базы. Входом системы медицинской диагностики является набор информационных параметров и характеристик обследуемого объекта (характер и структура этих данных зависит от используемой методики диагностики и принятых методов расчета). Формирование входной информации является наиболее сложным этапом решения медицинских задач [8]. Этот этап, в свою очередь, состоит из нескольких задач: формализация медицинских знаний; шкалирование детерминированных величин и определение их информационной ценности; оптимизация количества существенных переменных. Выход – это эффект, получаемый от системы, который должен удовлетворять потребности в получении информации. Информационная медицинская система состоит из оболочки, которая позволяет врачу воспользоваться результатами работы системы. Наличие в системе эвристических подходов в процессе принятия решения требует использования экспертных интеллектуальных систем в ее основе. Большое значение в системе имеет гипермедиа, визуализация информации – средства реализации насыщенности.

Сведения в среде должны соответствовать текущей проблеме и возможным путям её решения и подталкивать, наводить на решение, быть упорядоченными в порядке значимости.

Выводы. При разработке системы медицинской диагностики за основу можно принять методологию автоматизации проектирования. Процесс проектирования состоит из последовательности отдельных этапов, на которых наращиваются возможности системы. Сформулированы основные требования к программной реализации медицинских информационных систем.

Список литературы: 1. Быховский М.Л., Вишневецкий А.А. Кибернетические системы в медицине. – М.: Наука, 1971. – 408 с. 2. Чернооруцкий И.Г. Методы оптимизации в теории управления. – СПб.: Питер, 2004. – 256 с. 3. Назаров А.В., Лоскутов А.И. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем. – СПб.: НИТ, 2003. – 384 с. 4. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. – СПб.: Бизнес-пресса, 2000. – 72 с. 5. Калянов Г.Н. CASE. Структурный системный анализ (автоматизация и применение). – М.: Лори, 1996. – 242 с. 6. Вендров А.М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 176 с. 7. Мацяшек Л. Анализ требований и проектирование систем, 2002. – 429 с. 8. Ахутин В.М. Биотехнические системы. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1981. – 220 с.

Поступила в редакцию 25.03.2005