

ОЦЕНКА АЛЬТЕРНАТИВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

к.т.н. А.И. Поворознюк
(представил д.т.н., проф. В.Д. Дмитриенко)

Рассматривается формализованная процедура проектирования компьютерных систем медицинской диагностики на основе структурной идентификации биосистем (объектов диагностики) и преобразования пространства признаков. Для оценки альтернатив на различных этапах проектирования предлагается применение методов поддержки принятия решения. Обосновано применение метода анализа иерархии (Т. Саати).

Постановка проблемы. В настоящее время в медицинскую диагностику широко внедряются компьютерные технологии. Это связано с значительными успехами в области разработки теории и практического внедрения широкого спектра компьютерных систем медицинской диагностики (КСМД). Различные классы КСМД предоставляют врачу различную информацию, на основании которой врач ставит диагноз (от справочной информации, результатов обследования и истории болезни в медицинских базах данных до расширенных компьютерных диагнозов в интеллектуальных КСМД). При этом, основной задачей создаваемых интеллектуальных КСМД является повышение достоверности компьютерного диагноза. Получаемый с помощью КСМД компьютерный диагноз (или несколько наиболее вероятных диагнозов с оценкой вероятности каждого) обычно является подсказкой врачу для окончательного принятия решения о состоянии пациента. Компьютерный диагноз, вместе с другой, предоставляемой врачу КСМД информацией, оказывают стимулирующие воздействия на мышление врача при постановке диагноза, а сама КСМД является системой поддержки принятия решения.

При проектировании КСМД применяются различные математические методы и модели, а сама задача проектирования разбивается на множество локальных задач (подзадач). На каждом этапе проектирования возникает проблема оптимального выбора и обоснования применяемых критериев, математических методов и моделей. Такой выбор выполняется проектировщиками КСМД на интуитивном уровне, возможно, с учетом мнений врачей-специалистов, зачастую без должного обоснования.

С другой стороны, для решения сложных задач в различных сферах человеческой деятельности (технические, экономические, управленческие и др.), наряду с формализованными методами многокритериального

анализа, успешно применяются экспертные оценки, математические методы оценки мнений экспертов и компьютерные системы поддержки принятия решений.

Поэтому актуальной является проблема разработки системы экспертной оценки альтернатив на различных этапах проектирования КСМД, а не только на конечном этапе постановки диагноза.

Анализ литературы. При проектировании КСМД применяются различные математические методы и подходы на основе дисперсионного, регрессионного, корреляционного анализа, метода главных компонент, проверки статистических гипотез, теоретико-информационный подход на основе оценки информативности диагностических признаков и синтеза решающих правил, основанный на вычислении условных вероятностей и количества информации, нейронные сети и др. [1 – 3]. Автором в работах [4 – 9] разработана формализованная процедура проектирования КСМД, основанная на структурной идентификации биологических объектов (диагностируемых подсистем организма) и преобразования пространства признаков. При реализации указанного подхода возникает необходимость выбора альтернатив на различных этапах проектирования. Задача выбора альтернатив при их многокритериальной оценке относится к классу плохо формализованных задач и для ее решения применяются экспертные оценки с применением математических методов взвешенной оценки мнений экспертов (методы поддержки принятия решений). Среди многообразия методов поддержки принятия решений в последнее время интенсивно используется метод анализа иерархий [10], который основан на декомпозиции проблемы и иерархическом представлении её составных частей для дальнейшего анализа суждений эксперта, выдвигаемых по парным сравнениям элементов.

Целью работы является разработка обобщенной формализованной схемы проектирования КСМД с оценкой альтернатив методами поддержки принятия решения на всех этапах проектирования.

Разработка схемы проектирования КСМД с оценкой альтернатив. В [5, 6] автором разработана схема преобразования информации в КСМД, которая в режиме обучения системы и настройки параметров при конкретной реализации включает следующие этапы:

- 1) формализация исходных диагностических признаков (первичные признаки);
- 2) структурная идентификация физиологических сигналов и изображений (поиск и выделение диагностических структурных элементов);
- 3) вычисление вторичных диагностических признаков (параметры структурных элементов);
- 4) кластеризация пространства признаков на основе автоинформативности и синтез иерархической структуры диагностических признаков;
- 5) оценка информативности пространства признаков на основе тео-

ретико-информативного подхода;

б) синтез иерархической структуры диагностических правил на основе вероятностного подхода;

7) синтез диагностических прогнозирующих моделей характерных показателей состояния отдельных подсистем организма с целью выявления патологий и пограничных состояний на ранних этапах их развития;

8) выработка рекомендаций по выбору оптимальной методики лечения.

На каждом из отмеченных этапов возможно применение различных математических методов, моделей, критериев и т.д., эффективность которых зависит от конкретной реализации системы. В работе предлагается схема проектирования КСМД с оценкой альтернатив и выбором оптимального решения, которая представлена на рис. 1.

На этапе формализации диагностических признаков (первичных), кроме процедуры кодировки и формализации описания признаков, возникает необходимость в формировании диагностических интервалов для так называемых сложных признаков (числовых и порядковых) [5, 9]. Физиологически-допустимый диапазон изменения признака разбивается на диагностически-значимые интервалы. Методы определения границ интервалов и их количества являются альтернативами данного этапа.

На этапе структурной идентификации физиологических сигналов используется формализованная процедура описания прототипа системой опорных функций и преобразования пространства признаков на основе модификации преобразования Хока [7]. Альтернативами являются методы описания прототипа (выбор подмножества опорных функций) и алгоритмы преобразования пространства признаков.

При структурной идентификации двумерных физиологических изображений применяется модификация алгоритмов структурной идентификации физиологических сигналов [8]. Целью модификации является описание двумерного прототипа с помощью различных видов разверток. Альтернативами данного этапа, кроме отмеченных в предыдущем этапе, являются методы описания двумерных прототипов (развертки).

Этап вычисления вторичных диагностических признаков (амплитудно-временных характеристик полученных на предыдущих этапах структурных элементов сигналов или двумерных изображений) является довольно тривиальной задачей, однако, как и на этапе формализации первичных признаков, возникает необходимость в формировании диагностических интервалов. Альтернативы данного этапа совпадают с альтернативами первого этапа (методы определения границ интервалов и их количества).

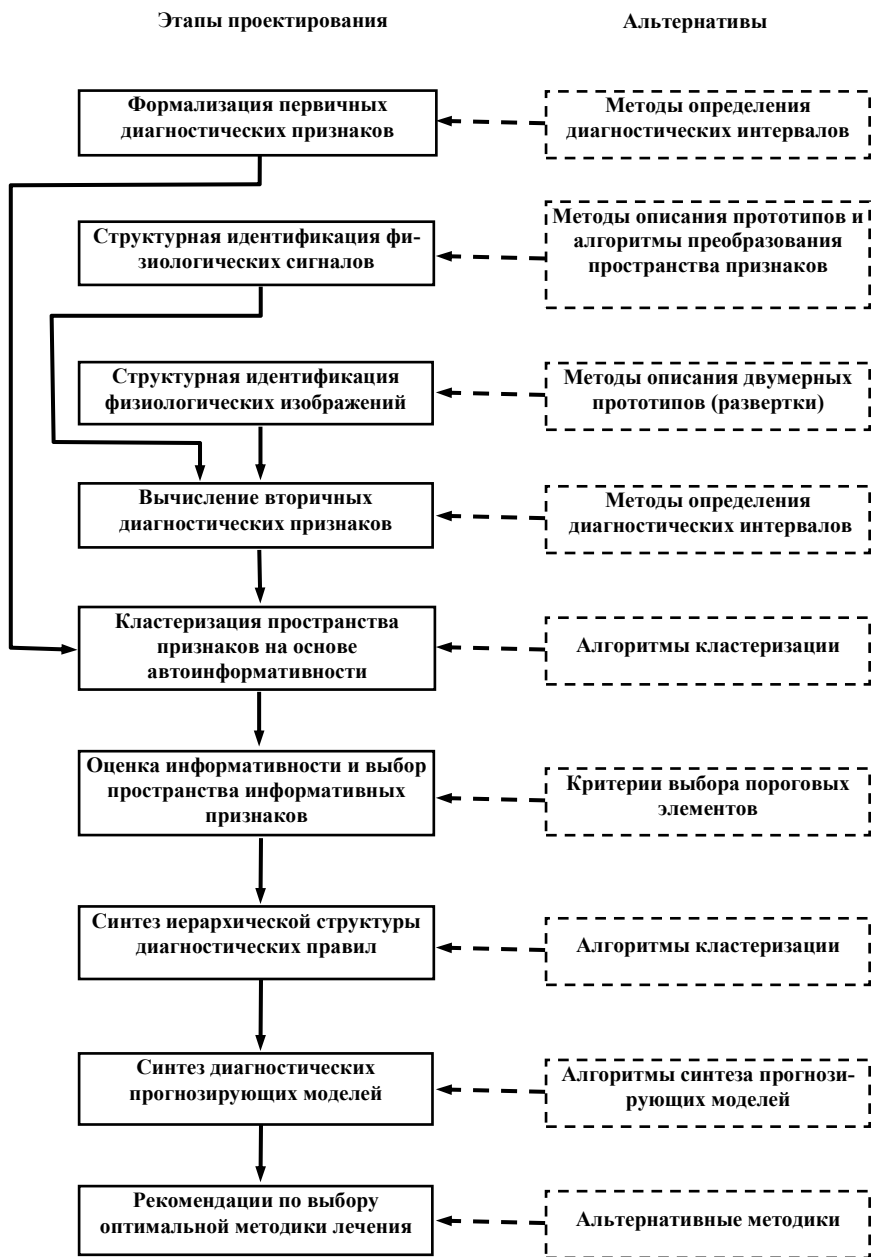


Рис. 1. Схема проектирования КСМД с оценкой альтернатив

На этапе кластеризации пространства диагностических признаков (пространство включает как первичные, так и вторичные признаки) возможно применение различных алгоритмов кластеризации, которые и являются альтернативами данного этапа. Среди разнообразия алгоритмов кластеризации, в качестве одной из альтернатив, целесообразно использовать разработанный автором алгоритм кластеризации [5], основанный на представлении задачи в виде потоковой модели и использования вычислительных процедур алгоритма "дефекта".

Результатом этапа кластеризации пространства диагностических признаков является многоуровневая иерархическая структура диагностических признаков, которая более адекватно отражает сложное взаимодействие подсистем организма.

Оценка информативности диагностических признаков (интервалов) [9] выполняется на каждом уровне иерархии. После чего признаки ранжируются по значению их информативности, и строится подпространство информативных признаков. Альтернативами данного этапа являются критерии выбора системы пороговых элементов.

На этапе синтеза иерархической структуры решающих правил выполняется иерархическая кластеризация диагнозов (диагностируемых состояний организма). При этом используются те же методы и алгоритмы кластеризации, что и при синтезе иерархической структуры диагностических признаков, и, соответственно, те же альтернативы.

При наличии этапа синтеза диагностических прогнозирующих моделей состояния подсистем организма, указанные регрессионные модели строятся с помощью алгоритмов самоорганизации. Разнообразие применяемых алгоритмов самоорганизации, критериев селекции, и т.д., являются альтернативами данного этапа.

При выборе оптимальной методики лечения выполняется многокритериальная оценка применяемых методик с учетом мнений консилиума врачей-специалистов. Альтернативами являются применяемые методики.

Рассмотренные выше альтернативы каждого этапа проектирования сравниваются по множеству критериев, которые в общем случае можно сформулировать как критерии достоверности, точности, вычислительной сложности, универсальности, наглядности и др. (конкретный набор критериев формулируется и уточняется в процессе проектирования для каждого этапа). Система критериев является разнородной (для некоторых критериев возможна численная оценка, для других – только экспертная оценка), зачастую противоречивая. Для формализации решения рассмотренной задачи многокритериальной оценки альтернатив эффективно используются методы поддержки принятия решений, в частности декомпозиционный метод анализа иерархий (МАИ), целью которого является декомпозиция проблемы и иерархическое представление её составляющих

частей для дальнейшего анализа по парным сравнениям элементов [10]. В качестве вершин служат доминанты (цель, которая преследуется при решении проблемы). Промежуточные уровни иерархии обычно представляют собой критерии, с помощью которых оцениваются более низкие уровни. Самый низкий уровень представляет из себя возможные варианты и решения рассматриваемой проблемы (альтернативы).

Для проведения субъективных парных сравнений используется шкала, элементы которой в численной форме (от 1 до 9) отображают степень превосходства элементов (от равной до очень сильной). Если возможна численная оценка сравниваемых элементов, то результаты численной оценки приводятся к указанной шкале.

Из группы матриц парных сравнений (МПС) каждого уровня иерархии формируется набор локальных приоритетов, по которым формируются глобальные приоритеты элементов.

По составленной иерархии решения задачи формируется матрица парных сравнений, элементами которой (a_{ij}) являются результаты сравнения элементов различных альтернатив.

По полученным МПС вычисляются локальные приоритеты (1):

$$W_i = \sqrt[N]{\prod_{j=1}^N a_{ij}} / \sum_{l=1}^N \sqrt[N]{\prod_{k=1}^N a_{lk}}, \quad (1)$$

где N – количество сравниваемых объектов; a_{ij}, a_{lk} – степень превосходства параметров; W_i – относительный вес i -го параметра.

Особенностью МАИ является вычисление индекса согласованности (ИС), который дает информацию о степени нарушения численной и транзитивной согласованности (степень достоверности суждения эксперта о сравниваемых параметрах):

$$ИС = \left(\sum_{i=1}^N W_i \cdot \left(\sum_{j=1}^N a_{ji} \right) - N \right) / (N-1). \quad (2)$$

Для вычисления ошибки согласованности (ОС) ИС делится на индекс согласованности матрицы парных сравнений такой же размерности, заполненной случайным образом (СС):

$$ОС = ИС/СС. \quad (3)$$

Индекс согласованности и индекс относительной согласованности по (2, 3) вычисляется для каждой матрицы. При ошибке согласованности более 10% эксперту рекомендуется пересмотреть свои суждения относительно сравниваемых объектов, т.к. величина относительных весов может не соответствовать действительной, что может привести к постро-

нию неадекватной модели. В этом случае эксперту необходимо пересмотреть матрицы парных сравнений.

Выводы и рекомендации. Изложенная методика проектирования на основе формализованного подхода с оценкой альтернатив каждого этапа проектирования может быть использована при проектировании интеллектуальных компьютерных систем медицинской диагностики различного назначения. При практической реализации для конкретного набора диагнозов и диагностических признаков необходима формулировка и уточнение альтернатив и критериев парных сравнений для каждого этапа проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постнова Т.Б. Информационно-диагностические системы в медицине. – М.: Наука, 1972. – 376 с.
2. Дюк В.А. Компьютерная психодиагностика. – С.-Пб.: Братство, 1994. – 364 с.
3. Ахутин В.М., Шаповалов В.В., Иоффе М.О. Оценка качества формализованных медицинских документов // Медицинская техника. – 2002. – Вып. 2. – С. 27–31.
4. Поворознюк А.И. Структурная декомпозиция биологических объектов на основании потоковых моделей // Вестник ХГПУ. – Вып. 99. – Х.: ХГПУ. – 2000. – С. 134–137.
5. Поворознюк А.И., Поворознюк Н.И. Формализация диагностических признаков в компьютерных системах медицинской диагностики // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ. – 2002. – Вып. 6 (22). – С. 13–17.
6. Поворознюк А.И., Синтез иерархической структуры диагностических признаков в компьютерных системах медицинской диагностики // Вестник НТУ "ХПИ". – Х.: НТУ "ХПИ". – 2003. – №7, Т. 2. – С. 39–44.
7. Поворознюк А.И. Применение преобразования Хока для структурной идентификации физиологических сигналов // Моделювання та інформаційні технології. Збірник наукових праць інституту проблем моделювання в енергетиці. – К.: ПІМЕ, 2003. – Вып. 22. – С. 143–149.
8. Поворознюк А. И., Филатова А. Е. Адаптация метода структурной идентификации для обработки двумерных изображений // Вісник НТУ "ХПИ". Тематичний випуск: Автоматика та приладобудування. – Х.: НТУ "ХПИ", 2002. – №18. – С. 97–100.
9. Поворознюк А. И., Гуторова Т.В. Оценка информативности диагностических показателей в компьютерных системах медицинской диагностики // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вып. 7 (35). – С. 162–168.
10. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. Пер. с англ. – М.: Радио и связь. – 1991. – 224 с.

Поступила 30.07.2004

ПОВОРОЗНЮК Анатолий Иванович, канд. техн. наук, доцент, проф. кафедры вычислительной техники и программирования НТУ "ХПИ". В 1977 году закончил Харьковский политехнический институт. Область научных интересов – разработка методов и алгоритмов построения компьютерных систем медицинской диагностики.