

УДК 681.5

А.И. ПОВОРОЗНЮК*Национальный технический университет "ХПИ", Украина***ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ**

В работе рассматривается применение экспертных оценок на всех этапах проектирования интеллектуальных компьютерных систем медицинской диагностики с целью многокритериальной оценки альтернатив каждого этапа проектирования. Для многокритериальной оценки альтернатив используется метод анализа иерархий (Т. Саати). Сформулированы наборы альтернатив (вариантов решений) и система критериев сравнения для каждого этапа проектирования. Результаты могут быть использованы при разработке интеллектуальных компьютерных систем медицинской диагностики или их подсистем.

медицинская диагностика, компьютерная система, этап проектирования, экспертная оценка, метод анализа иерархий, декомпозиция, парное сравнение, критерий сравнения

Актуальность и постановка задачи

Основной задачей интеллектуальных компьютерных систем медицинской диагностики (КСМД) является формирование расширенного компьютерного диагноза (или нескольких наиболее вероятных диагнозов с оценкой вероятности каждого), который обычно является подсказкой врачу для окончательного принятия решения о состоянии пациента. Процесс обработки информации в КСМД состоит из последовательности этапов (от формализации исходных данных до синтеза решающих правил), и задача проектирования КСМД разбивается на множество локальных подзадач. На каждом этапе проектирования КСМД применяются различные математические методы и модели и возникает проблема оптимального выбора и обоснования применяемых критериев, математических методов и моделей для конкретной реализации. В большинстве случаев такой выбор выполняется без должного обоснования, на интуитивном уровне, возможно, с учетом мнений врачей-специалистов. Задача выбора альтернатив при их многокритериальной оценке относится к классу плохо формализованных задач и для ее решения в различных сферах человеческой деятельности (технические, экономические, управленческие и др.), успешно применяются экспертные

оценки с применением математических методов взвешенной оценки мнений экспертов (методы поддержки принятия решений).

Поэтому актуальной является задача разработки системы экспертной оценки альтернатив и формирования критериев сравнения на различных этапах проектирования КСМД.

Анализ литературы

Автором в работах [1 – 7] разработана обобщенная формализованная процедура преобразования информации и проектирования КСМД, основанная на структурной идентификации биологических объектов (диагностируемых подсистем организма) и преобразования пространства признаков. При проектировании КСМД в конкретной предметной области на основании указанного подхода возникает необходимость выбора альтернатив на различных этапах проектирования. Среди многообразия методов поддержки принятия решений в последнее время интенсивно используется метод анализа иерархий (МАИ) [8], который основан на декомпозиции проблемы и иерархическом представлении её составных частей для дальнейшего анализа суждений эксперта, выдвигаемых по парным сравнениям элементов.

Цель работы

Целью работы является разработка схемы проектирования интеллектуальной КСМД на основе структурной идентификации биологических объектов с оценкой альтернатив каждого этапа проектирования методом анализа иерархии.

1. Применение МАИ при проектировании КСМД

В простейшем случае схема МАИ представляется трехуровневой иерархией, представленной на

рис. 1 (возможны более сложные иерархии). Вершиной иерархии является доминанта (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). На рис. 1 представлено m альтернатив, которые должны сравниваться по системе n локальных критериев (в общем виде критерии разнородные и противоречивые).

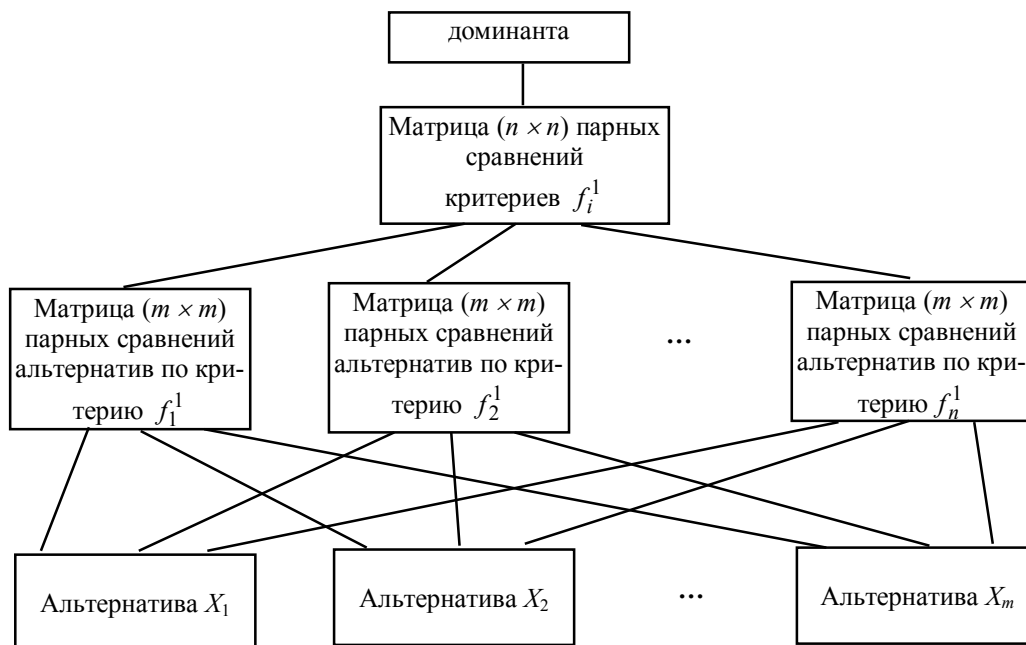


Рис. 1. Трехуровневая схема иерархии МАИ

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. Таким образом, экспертам предлагается заполнить n матриц парных сравнений (МПС) альтернатив размерностью $(m \times m)$ по каж-

дому из локальных критериев f_i^1 и одну МПС локальных критериев размерностью $(n \times n)$.

Элементами МПС рассмотренной иерархии (a_{ij}) являются результаты субъективных парных сравнения элементов более низкого уровня, в терминах рассмотренной выше 9-уровневой шкалы. Из группы матриц парных сравнений нижнего уровня иерархии формируется набор локальных приоритетов, по которым с учетом МПС следующего уровня

формируются глобальные приоритеты альтернатив. Решение принимается в пользу альтернативы, имеющей максимальный глобальный приоритет.

По полученным МПС каждого уровня иерархии вычисляются локальные приоритеты (1):

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

где N – количество сравниваемых объектов;

a_{ij}, a_{lk} – степень превосходства параметров.

Глобальные приоритеты альтернатив являются сверткой локальных приоритетов всех уровней иерархии, и для рассматриваемой трехуровневой системы определяются

$$W_i^{zn} = \sum_{j=1}^n W_j * W_i^j, \quad (2)$$

где W_j – локальные приоритеты верхнего уровня (приоритеты критериев f_j^1);

W_i^j – локальные приоритеты нижнего уровня (локальный приоритет i -й альтернативы по j -му критерию).

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

$$ИС = \frac{\sum_{i=1}^N W_i \cdot \left(\sum_{j=1}^N a_{ji} \right) - N}{N - 1}. \quad (3)$$

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

$$ОС = \frac{ИС}{СС}. \quad (4)$$

Вычисления показателей согласованности по (3, 4) выполняются для каждой матрицы. При ОС более (10 – 20)% эксперту рекомендуется пересмотреть свои суждения относительно сравниваемых объектов, так как величина относительных весов может не соответствовать действительной, что может привести к построению неадекватной модели.

Из вышесказанного следует, что для многокритериальной оценки альтернатив по МАИ, на каждом этапе проектирования необходимо задать альтернативы и локальные критерии сравнения, после чего построить иерархию (рис. 1), в которой с помощью экспертов заполнить МПС. Для построенной иерархии по (1) вычислить локальные приоритеты всех уровней, а по (2) глобальные приоритеты альтернатив.

2. Формирование альтернатив и критериев сравнения

При разработке КСМД, основанной на структурной идентификации биологических объектов и преобразовании пространства признаков в [1 – 7] выделены следующие этапы:

- 1) формализация первичных диагностических признаков [1];
- 2) структурная идентификация физиологических сигналов и изображений (поиск и выделение диагностических структурных элементов) [3, 4];
- 3) вычисление вторичных диагностических признаков (параметры структурных элементов) [1, 7];
- 4) кластеризация пространства признаков на основе автоинформативности и синтез иерархической структуры диагностических признаков [2];
- 5) оценка информативности пространства признаков на основе теоретико-информативного подхода [5];
- 6) синтез иерархической структуры диагностических правил на основе вероятностного подхода [6];
- 7) синтез диагностических прогнозирующих моделей характерных показателей состояния отдель-

ных подсистем организма с целью выявления патологий и пограничных состояний на ранних этапах их развития [7];

8) выработка рекомендаций по выбору опти-

мальной методики лечения [7].

В табл. 1 приведен примерный перечень альтернатив и критериев сравнения каждого из рассматриваемых этапов.

Таблица 1

Альтернативы и критерии сравнения этапов проектирования КСМД

№	Название этапа	Альтернативы	Критерии сравнения
1	Формализация первичных диагностических признаков	$X_1 - X_n$ – алгоритмы выделения диагностических интервалов	f_1 – информативность признака/интервала; f_2 – выч. сложность
2	Структурная идентификация физиологических сигналов и изображений	$X_1 - X_n$ – типы опорных функций (разделенные разности 1-го и 2-го порядка, аппроксимирующие полиномы). $X_1 - X_n$ – типы разверток изображений (прямоугольная, круговая, спиральная)	f_1 – вероятность правильного обнаружения; f_2 – ошибка 1-го рода; f_3 – ошибка 2-го рода; f_2 – выч. сложность
3	Вычисление параметров структурных элементов	$X_1 - X_n$ – алгоритмы выделения диагностических интервалов	f_1 – информативность признака/интервала; f_2 – выч. сложность
4	Кластеризация пространства признаков	$X_1 - X_n$ – алгоритмы кластеризации ("классические", алгоритм "дефекта")	$f_1 - f_m$ – критерии кластеризации; F_{m+1} – выч. сложность
5	Оценка информативности пространства признаков	$X_1 - X_n$ – критерии выбора множества информативных признаков	f_1 – информативность признака/интервала; f_2 – выч. сложность
6	Синтез иерархической структуры диагностических правил	$X_1 - X_n$ – алгоритмы кластеризации ("классические", алгоритм "дефекта")	f_1 – вероятность правильного диагноза; f_2 – ошибка 1-го рода; f_3 – ошибка 2-го рода; f_2 – выч. сложность
7	Синтез диагностических прогнозирующих моделей	$X_1 - X_n$ – алгоритмы самоорганизации, отличающиеся типом частных описаний, критериями селекции	$f_1 - f_m$ – статистические оценки прогнозирующих моделей; F_{m+1} – выч. сложность
8	Выработка рекомендаций по выбору оптимальной методики лечения	$X_1 - X_n$ – методики лечения	f_1 – эффективность лечения; f_2 – время; f_3 – стоимость

Приведенный в табл. 1 примерный перечень альтернатив и критериев парных сравнений детализи-

руется и уточняется при программной реализации этапов проектирования и с привлечением врачей –

специалистов конкретной предметной области. Заполнение МПС по составленной иерархии выполняется экспертами – разработчиками компьютерных систем.

Заклучение

Предложена формализованная методика проектирования КСМД на основе структурной идентификации и преобразования пространства признаков с оценкой альтернатив каждого этапа проектирования. Для многокритериальной оценки вариантов реализации (альтернатив) каждого этапа проектирования КСМД рекомендовано применение декомпозиционного метода анализа иерархий.

Предлагаемый подход может быть использован при проектировании интеллектуальных КСМД различного назначения. При практической реализации для конкретного набора диагнозов и диагностических признаков необходима детализация и уточнение перечня альтернатив и критериев парных сравнений с привлечением врачей-специалистов данной предметной области.

Литература

1. Поворознюк А.И., Поворознюк Н.И. Формализация диагностических признаков в компьютерных системах медицинской диагностики // Системы обработки інформації. – Х.: ХВУ. – 2002. – Вип. 6 (22). – С. 13 – 17.

2. Поворознюк А.И. Синтез иерархической структуры диагностических признаков в компьютерных системах медицинской диагностики // Вестник НТУ "ХПИ". – Х.: НТУ "ХПИ". – 2003. – Т. 2, № 7. – С. 39 – 44.

3. Поворознюк А.И. Применение преобразования Хока для структурной идентификации физиологических сигналов // Моделювання та інформаційні технології. – К.: НАНУ, ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова. – 2003. – Вип. 22. – С. 143 – 149.

4. 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.

5. Поворознюк А.И., Гудорова Т.В. Оценка информативности диагностических показателей в компьютерных системах медицинской диагностики // Системы обработки інформації. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 7 (35). – С. 162 – 168.

6. Поворознюк А.И. Синтез иерархической структуры решающих правил в компьютерных системах медицинской диагностики // Моделювання та інформаційні технології. – К.: НАНУ, ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова. – 2004. – Вип. 25. – С. 170 – 174.

7. Поворознюк А.И. Формальная модель преобразования информации в компьютерных системах медицинской диагностики // Моделювання та інформаційні технології. – К.: НАНУ, ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова. – 2004. – Вип. 26. – С. 155 – 160.

7. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.

Поступила в редакцию 16.11.2004

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Михайлов, Национальный технический университет "ХПИ", Харьков.