

КОМБИНИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

А.Н. Антамошин, А.А. Большаков

*ГОУ ВПО «Саратовский государственный технический
университет», г. Саратов*

Рецензент С.В. Фролов

Ключевые слова и фразы: дифференциальная диагностика; интеллектуальные модели и методы; медицинские экспертные системы; постреляционная база данных.

Аннотация: Предложена комбинированная модель дифференциально-диагностического процесса и результаты экспериментальной проверки ее адекватности. Описаны результаты итерационной процедуры математической модели заболеваний экстренной хирургии брюшной полости на множестве статистического, нейронного и комбинированного подходов, и показано преимущество последнего. Приведена структура построенной экспертной системы на платформе постреляционной СУБД «САСНЕ» компании InterSystems.

Введение

Одним из важнейших направлений медицины является диагностика, и, в частности, дифференциальная диагностика. Целью дифференциальной диагностики, как определил один из ее основоположников, Г. Эвербек, является нахождение кратчайшего пути от самого яркого симптома к диагнозу [5]. Под процессом дифференциальной диагностики будем понимать идентификацию состояния больного в смысле распознавания поразившей его болезни. Более формально – требуется определить болезнь (нозологическую форму), при которой устанавливаются непротиворечивые отношения между наблюдаемыми признаками и интегрирующим понятием диагноза. При этом указанные отношения могут быть неполными из-за отсутствия каких-либо признаков из соответствующих данному заболеванию [3].

Предметной областью данной работы является экстренная хирургия брюшной полости. В качестве исходных данных используется матрица

Антамошин А.Н. – аспирант кафедры «Системы искусственного интеллекта (СИН)» СГТУ; Большаков А.А. – доктор технических наук, профессор кафедры «Системы искусственного интеллекта (СИН)» СГТУ, г. Саратов.

симптомов, включающая 120 клинических случаев и 35 симптомов. Задачей работы является формирование прогноза положительного или летального исхода. Для решения этой задачи применен аппарат дифференциальной диагностики, который обычно используют медицинские работники на практике.

Дифференциально-диагностический процесс можно подразделить на три взаимосвязанных этапа [2]: постановка первичного диагноза (предварительная гипотеза), построение дифференциально-диагностического ряда (выдвижение дополнительных гипотез), окончательный диагноз (обоснование окончательной гипотезы).

На первом этапе, на основании входного симптомокомплекса происходит установление предварительного (первичного) диагноза, то есть построение исходной диагностической гипотезы на основе «неаргументированного» рассуждения, по принципу «поскольку имеются признаки..., то может быть диагноз...». При построении гипотезы учитывается также возможность фоновых заболеваний, симптомы которых могут «деформировать» картину основного заболевания [6].

На втором этапе осуществляется аргументация «за», обеспечивающая привлечение дополнительных диагностических гипотез. Формируется дифференциально-диагностический ряд, то есть круг заболеваний, при которых встречаются определяемые у больного признаки, и для которых могут быть характерны похожие начальные проявления. При этом осуществляется расширение потенциально диагностической последовательности для последующего принятия окончательного решения. Этот этап крайне важен, так как предохраняет от ошибочного решения в пользу первой диагностической гипотезы, из-за того, что определенные состояния могут имитировать далекие друг от друга заболевания. В медицине такие ситуации принято определять как проявление одного заболевания под «маской» другого [4].

На третьем этапе осуществляется процесс последовательного исключения нозологических форм, включенных ранее в дифференциальный ряд, на основе одного из трех принципов дифференцирования.

В результате формируется диагноз, который можно считать окончательным. Описанный выше процесс можно представить в виде схемы, изображенной на рис. 1.

Разработка модели дифференциально-диагностического процесса включает следующие этапы:

- 1) подготовка исходных данных, выделение наиболее значимых переменных;
- 2) выбор модели или метода постановки первичного диагноза и формирование дифференциально-диагностического ряда;
- 3) реализация выбранной модели.

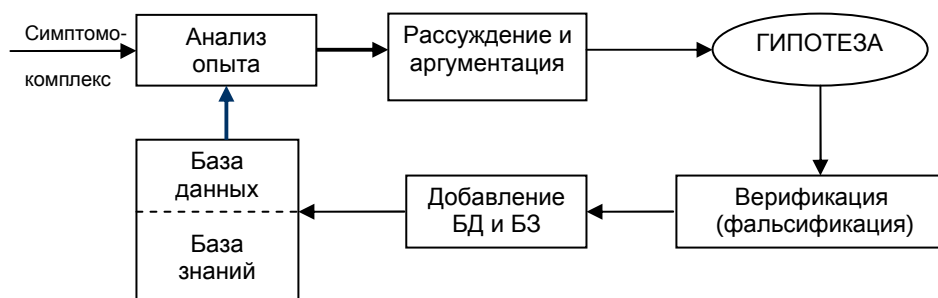


Рис. 1. Схема дифференциально-диагностического процесса

Подготовка исходных данных

Для определения значимых переменных был выбран наиболее простой способ, а именно была построена корреляционная матрица. Экспертный анализ данной матрицы позволил выделить значимые, на выживаемость пациентов, переменные:

- пол X_1 ;
- задержка газов X_2 ;
- частота дыхательных движений X_3 ;
- глюкоза, ацетон, пигменты в моче X_4 ;
- мочевины крови X_5 ;
- сахарный диабет X_6 ;
- эффективность предоперационной обработки X_7 ;
- объем оперативного вмешательства X_8 .

Выбор метода постановки первичного диагноза

Логистическая регрессия. Для постановки первичного диагноза вначале применен метод логистической регрессии, который позволил определить зависимость выделенных переменных на исход. В результате получено выражение, описывающее вероятность выживаемости пациентов (1),

$$y = \frac{e^p}{1 + e^p},$$

$$p = -13,9 + 1,9X_1 + 2,1X_2 + 3X_3 + 1,4X_4 + 1,3X_5 - 1,4X_6 - 0,9X_7 - 0,7X_8. \quad (1)$$

Далее проведена оценка качества модели на основе вычисления параметра «отношение несогласия». Ниже представлена таблица с указанием числа наблюдений, по которым строилась модель, а также оценкой точности классифицированных прогнозов в соответствии с полученной моделью (табл. 1).

Однако на тестовой выборке результаты оказались неудовлетворительными (табл. 2).

Таблица 1

Оценка качества модели логистической регрессии

Наблюдения	Предсказан положительный исход	Предсказан летальный исход	Процент корректности, %
Положительный исход	70	5	93
Летальный исход	6	18	75

Таблица 2

**Оценка качества модели логистической регрессии
на тестовой выборке**

Наблюдения	Предсказан положительный исход	Предсказан летальный исход	Процент корректности, %
Положительный исход	30	8	78
Летальный исход	5	6	54

Правдоподобность системы прогноза заметно снизилась, особенно процент вероятности правильного предсказания летального исхода. Это свидетельствует о том, что на новых входных данных метод характеризуется неустойчивым поведением, то есть модель, построенная на логистической регрессии, подвержена к излишней подгонке.

Нейронные сети

Далее для определения вероятности выживаемости пациентов принята попытка использования нейронных сетей. Основную сложность в этом случае представляет получение большой выборки для обучения и тестирования, а также эмпирический подбор параметров сети для достижения оптимального результата. В процессе исследований выбран многослойный персептрон с 3 слоями, 8 входами, 1 выходом. На тестовой выборке получены следующие результаты (табл. 3).

При сравнении с аналогичными результатами для логистической регрессии необходимо отметить значительное уменьшение ложных предсказаний летального исхода. Это объясняется тем, что нейросети нечувствительны к корреляции значений входных переменных, тогда как методы оценки параметров регрессионной модели в этом случае часто дают неточные значения. Кроме этого, нейронная сеть способна к обучению с учителем с новыми данными, что позволяет получить более гибкую модель. Однако модель, построенная на нейросети, также обладает недостатками, характерными для логистической регрессии. Кроме того, для корректного обучения нейросети необходима достаточно большая по объему выборка, которую в нашей предметной области предоставить практически невозможно.

Таблица 3

Оценка качества нейронной модели

Наблюдения	Предсказан положительный исход	Предсказан летальный исход	Процент корректности, %
Положительный исход	33	5	86
Летальный исход	3	8	72

Комбинированная модель

На заключительном этапе исследований синтезирована комбинированная модель, основанная на методе поиска «ближайшего соседа» и эвристик. Эта модель лишена недостатков, характерных для предыдущих методов, и обладает более высокой адекватностью. Идея метода заключается в том, что вначале с помощью метода ближайшего соседа в пространстве признаков подбиралась некая область с тремя-пятью «соседями».

После проверки оценки качества модели на тестовой выборке получен относительно неплохой результат (табл. 4). На обучающей выборке получаем 100 % результат, так как метод ближайшего соседа находит в этом случае исходный прецедент. Такой подход позволяет совместить первые два этапа дифференциально-диагностического процесса, на котором составлен ряд наиболее симптоматически похожих заболеваний.

Далее с помощью эвристических правил, а именно продукций, введенных экспертом, машина вывода выбирает наиболее близкий не по расстоянию в пространстве признаков, а по «смыслу» прецедент. Помимо этого данная методика позволяет учитывать «незначимые» параметры, которые отсеяли на этапе выделения значимых переменных, что позволяет повысить точность предсказания. Также такой подход позволяет эффективно учитывать такие особенности медицинской информации, как пропуски и «дикие» выбросы данных.

Этот подход реализует функции третьего этапа дифференциально-диагностического процесса, на котором осуществляется выбор из небольшого ряда заболеваний, наиболее достоверного.

Также следует отметить, что обучение такой модели разделяется на два этапа: предварительный и финишный. На этапе предварительного обучения происходит простое добавление в базу фактов конкретного клинического случая с исходом. Процесс финишного обучения самый слож-

Таблица 4

Оценка качества модели «ближайшего соседа»

Наблюдения	Предсказан положительный исход	Предсказан летальный исход	Процент корректности, %
Положительный исход	34	4	89
Летальный исход	3	8	72

Таблица 5

Оценка качества комбинированной модели

Наблюдения	Предсказан положительный исход	Предсказан летальный исход	Процент корректности, %
Положительный исход	36	2	94
Летальный исход	1	10	90

ный и требует непосредственной работы эксперта. На этом этапе эксперт, руководствуясь принципами дифференциальной диагностики, создает правила для разделения, похожих по симптомам, диагностических случаев.

В результате построения и обучения данной модели получены следующие результаты, которые можно признать удовлетворительными (табл. 5).

Основным преимуществом синтезированной модели является ее точность, которая достигнута использованием достоинств двух методов. Метод поиска «ближайшего соседа» из области распознавания образов позволяет быстро и эффективно построить дифференциально-диагностический ряд заболеваний, однако он часто дает неверный результат при наличии близких в пространстве признаков состояний. Этот недостаток устраняется применением классического метода представления знаний эксперта – продукций, с помощью которых из заранее заданного ряда заболеваний определялся наиболее подходящий диагноз.

Недостатком можно считать, что выходом последней модели является не вероятность выживаемости, как у двух предыдущих моделей, а логическое значение, которое, возможно, хуже воспринимается.

Метод извлечения экспертных знаний

Для извлечения знаний из эксперта применена такая технология инженерии знаний как индивидуальная диагностическая экспертная игра. Игрой называют вид человеческой деятельности, который отражает (воссоздает) другие ее виды. При этом для игры характерны одновременно условность и серьезность. Диагностическая игра – это игра, применяемая для диагностики методов принятия решения в медицине (диагностика методов диагностики). Эти игры возникли при исследовании способов передачи опыта от опытных врачей новичкам. В данной работе применена игра под условным названием «фокусировка на контексте». В ней эксперт играет роль экспертной системы, а инженер по знаниям – пользователя. Разыгрывалась ситуация итоговой консультации, когда необходимо дифференцировать заболевание от двух-трех симптоматически похожих. Перед игрой определены принципы, по которым происходила дифференциация заболеваний. Первый из них – так называемый принцип существенного различия. Формулировка этого принципа: наблюдаемый случай заболевания не принадлежит к виду, с которыми его сравниваем, так как в этом случае находим симптом, который в сравниваемом виде заболевания никогда не встречается. Второй принцип дифференциации – исключение че-

рез противоположность: наблюдаемый случай не является заболеванием, с которым его сравниваем, так как постоянно встречается симптом, прямо противоположный. Третий принцип – несовпадение признаков. Сравнивая качество, интенсивность и особенности наблюдающегося симптома с симптомами того же порядка, можно убедиться в их несовпадении, различном характере и разном происхождении, что заставляет сомневаться и исключить предполагаемое заболевание.

Реализация комбинированной модели

На базе разработанной комбинированной модели реализована экспертная система, структура которой представлена на рис. 2.

Ядром экспертной системы является постреляционная система управления базами данных CACHE. Такой выбор сделан, исходя из следующих преимуществ:

- объектная модель представления знаний в СУБД;
- применение специализированного, встроенного языка программирования M/MSM, который разрабатывался как язык для обработки медицинских данных;
- встроенная виртуальная машина, что позволяет добавлять продукции, выработанные экспертом и инженером по знанию, без модификации программного кода;
- встроенный Web-сервер.

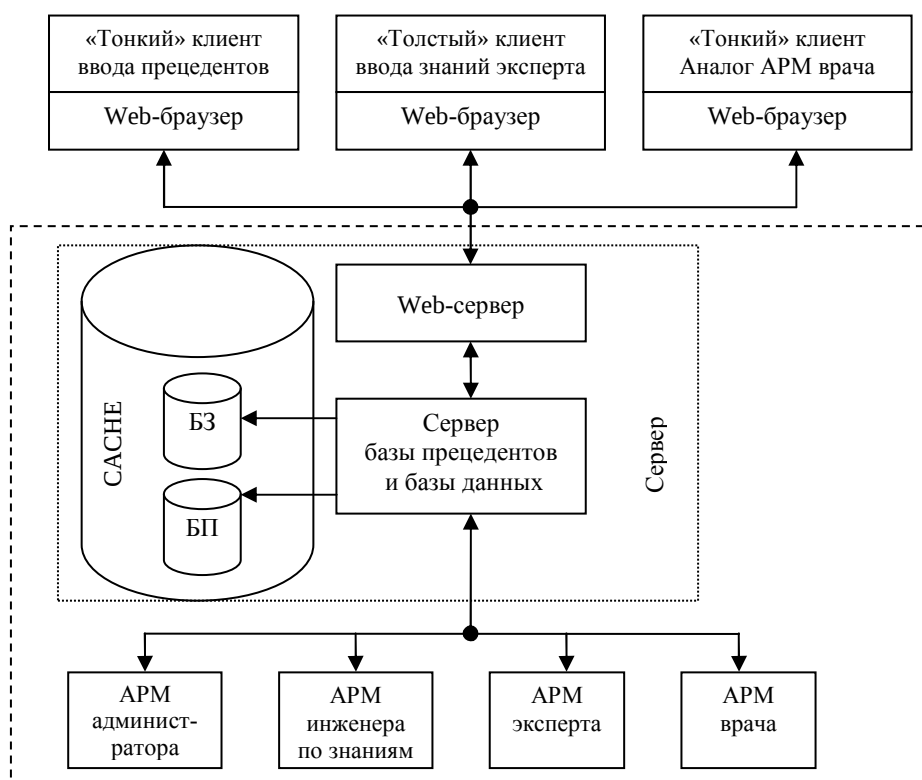


Рис. 2. Структура экспертной системы

Вышеперечисленные факторы позволили сформировать программный комплекс на единой платформе и снизить стоимость экспертной системы в целом.

Выводы

Построена комбинированная модель дифференциально-диагностического поиска заболевания в области экстренной хирургии брюшной полости. Эта модель совмещает два метода искусственного интеллекта: метод поиска «ближайшего соседа» из области распознавания образов и классический метод представления знаний эксперта – использование продукций.

Данная модель исследована в сравнении с классическим математическим методом – логистической регрессией и относительно новым и широко применяемым методом нейросетей. Комбинированный метод оказался более точным и устойчивым.

Кроме этого, использована постреляционная система управления базами данных САСНЕ, что позволило сформировать базу данных, базу знаний и машину вывода в единой программной среде.

Список литературы

1. Антамошин, А.Н. Построение медицинских экспертных систем на основе нечеткого моделирования знаний экспертов / А.Н. Антамошин, А.А. Большаков // Математические методы в технике и технологиях : сб. трудов 19 Международ. науч. конф. – Воронеж : Изд-во ВГТУ, 2006. – Т. 5. – С. 149–150.
2. Антамошин, А.Н. Методология создания медицинских экспертных систем в области хирургии / А.Н. Антамошин, А.А. Большаков, А.Л. Левчук, В.А. Сотникова // Математические методы в технике и технологиях : сб. трудов 18 Международ. науч. конф. – Казань : Изд-во КГТУ, 2005. – Т. 6. – С. 176–179.
3. Кобринский, Б.А. Системы искусственного интеллекта в медицине: состояние, проблемы и перспективы / Б.А. Кобринский // Новости искусственного интеллекта. – 1995. – № 2. – С. 45–46.
4. Кулинич, А.А. Модель поддержки формирования знаний в плохо определенных проблемных областях / А.А. Кулинич // Труды международного конгресса "Искусственный интеллект в 21 веке", ICAI2001. – г. Дивноморск, 3-8 сентября 2001. – С. 84–92.
5. Мухин, Н.А. Пропедевтика внутренних болезней : учебник / Н.А. Мухин, В.С. Моисеев. – 3-е изд., испр. – М. : ГЭОТАР Медицина, 2006. – 768 с.
6. Рахманова, З.Б. Медицинское знание: от прошлого к будущему, или экспертные системы в медицине / З.Б. Рахманова // Новости искусственного интеллекта. – 1995. – № 3. – С. 33–36.

Combined Model of Differential-Diagnostic Process

A.N. Antamoshin, A.A. Bolshakov

Saratov State Technical University, Saratov

Key words and phrases: intellectual models and methods; medical expert systems; differential diagnostics; a post-relational database.

Abstract: The combined model of differential-diagnostic process and the results of experimental testing of its adequacy are offered. The results of iterative procedure of mathematical model of diseases of abdominal cavity emergency surgery on a set of statistical, neural and combined approaches are described and the advantage of the last one is shown. The structure of the designed expert system on the platform of post-relational database InterSystems Caché is given.

A.N. Антамошин, А.А. Большаков, 2008