

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Н. В. Ле, В. А. Камаев

ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград

Рецензент д-р техн. наук, профессор С. А. Фоменков

Ключевые слова: база знаний; веб-ориентированные технологии; платформа .NET; предварительная диагностика; представление знаний; приобретение знаний; продукционные правила; управление выводом; фреймы; экспертная система.

Аннотация: Предложено применение дистанционной медицинской экспертной системы предварительной диагностики к решению практических задач. Показано повышение эффективности процедур предварительной медицинской диагностики за счет создания экспертной системы на основе интеграции различных моделей формирования и представления знаний с возможностью удаленного доступа.

Внедрение современных информационных технологий в разные сферы человеческой деятельности (технологической, биотехнической, медицинской, социальной и др.) приводит к появлению новых задач, решение которых связано с автоматизацией диагностических процедур для определения состояния сложных систем. Поддержка принятия решений в диагностических задачах становится необходимым этапом процесса управления в условиях роста объемов разнородной информации в современном обществе и усложнения объектов управления.

Для повышения эффективности диагностических процедур должны использоваться подходы, объединяющие достижения искусственного интеллекта, нечеткой математики, интеллектуального анализа данных и пр.

Одна из основных задач при создании диагностических экспертных систем заключается в формировании и структурировании системы знаний рассматриваемой предметной области. Для создания базы знаний необходима интеграция различных источников. Тенденции развития современ-

Ле Нгуен Виен – аспирант кафедры «Системы автоматизированного проектирования и поискового конструирования»; Камаев Валерий Анатольевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Системы автоматизированного проектирования и поискового конструирования», e-mail: kamaev@cad.vstu.ru, ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград.

ных экспертных систем связаны с внедрением технологий, позволяющих автоматизировать процесс пополнения и оптимизации баз знаний. Для этого требуется найти пути интеграции различных моделей формирования и представления знаний, разработать алгоритмы, обеспечивающие возможность эффективной настройки баз знаний.

Наиболее актуальными на сегодняшний день являются системы приобретения знаний, основанные на интеграции технологий, использующих знания экспертов и методы извлечения знаний из баз данных **KDD** (Knowledge Discovery in Databases).

При дистанционной диагностике часто встречается неопределенность информации. Выявленный комплекс признаков не всегда отвечает тому или иному состоянию объекта и может соответствовать разным диагностическим решениям, в том числе с близкими вероятностями для них. Информация, используемая для постановки диагноза и назначения исследования, в большинстве своем является нечеткой. Выявление состояния исследуемого объекта в реальном времени играет важную роль при создании дистанционной экспертной системы. Диагностические гипотезы должны быть получены за приемлемое время и использоваться для поддержки лиц, принимающих решения о дальнейшем исследовании.

Создание современных диагностических экспертных систем связано с рядом проблем: не учитывается высокий уровень неопределенности получаемой диагностической информации; отсутствуют эффективные методики интеграции знаний, полученных из разнотипных источников; существующие методы приобретения знаний, как правило, обладают низкой адаптивностью и не подразумевают использование механизмов обратной связи для установления новых зависимостей и корректировки правил в базе знаний (**БЗ**).

В связи с этим разработка дистанционной диагностической экспертной системы (**ДЦЭС**), базирующейся на знаниях, полученных от экспертов и с использованием технологий извлечения знаний из статистических данных, является актуальной.

Цель работы – повышение эффективности процедур дистанционной диагностики объекта за счет создания экспертной системы на основе интеграции различных моделей формирования и представления знаний.

Для разработки системы предложены и разработаны следующие методы и алгоритмы:

- гибридная модель представления знаний, отличающаяся от известных аналогов комбинацией фреймовой и нечетко-продукционной БЗ, для снижения неопределенности при выявлении связей между признаками и диагностическим решением [1];

- алгоритм формирования БЗ, в котором наряду с экспертными используются знания, полученные из баз данных, что позволяет организовать процедуру обратной связи для установления новых зависимостей и корректировки правил в БЗ [2];

- механизм вывода диагностического решения, в котором используется комбинация обратного и прямого выводов, что позволяет уменьшить время получения диагностического решения за счет применения **RETE**-сети для нечеткого вывода [3];

– подход к организации архитектуры экспертной системы на основе комбинации трех архитектурных шаблонов (трехуровневая, объектно-ориентированная и компонентная архитектуры) с возможностью разграничения пользовательского приложения, серверов приложений и базы данных [4].

В качестве *инструментальных средств разработки ДДЭС* выбраны язык программирования С# и интегрированная среда разработки Microsoft Visual Studio. Использован сервер баз данных Microsoft SQL Server. Приложения реализованы с помощью технологий платформ .NET Framework и веб-сервера IIS. При создании NET WinForms-приложения реализуются и тестируются функциональности модулей в отдельных библиотеках динамической компоновки. Затем можно использовать их в виде COM-объектов как в ASP.NET MVC веб-приложении, так и других приложениях.

Для оценки работоспособности предложенных методов и алгоритмов разработана ДДЭС для решения задачи медицинской предварительной диагностики (МПД) в удаленном режиме. Предварительная диагностика представляется как первый этап диагностического процесса для сбора и структурирования данных и определения первичного характера болезней на основе полученной информации.

В ходе разработки ДДЭС МПД выявлены три группы пользователей:

– врачи-терапевты, анализирующие анкеты пациентов (личные данные, симптоматику и истории болезни), на основе которых осуществляется поддержка врачебных решений для дальнейшего обследования (то есть направления на различные анализы, а также на осмотр узкими специалистами);

– пациенты, не имеющие возможности по ряду причин часто добираться в медучреждение, но нуждаются в объективной оценке своей симптоматики, на основе которой осуществляется визит врача на дом или запись на прием к соответствующему врачу;

– студенты-медики, которые хотят повысить свою квалификацию и получить опыт постановки первичного диагноза.

Процедура ДДЭС МПД в *рабочем режиме* представлена следующим алгоритмом:

Шаг 1. Выполнить аутентификацию пациента (ввод имени и адреса электронной почты для обратной связи).

Шаг 2. Заполнить анкеты «личных данных» и «истории болезни» пациента (ввод возраста, пола, профессии, места работы и др.)

Шаг 3. Заполнить последовательно анкету «симптоматики», на основании которой поставить предварительный диагноз.

Шаг 4. Выбрать режим работы:

4.1. Поддержать врача-терапевта, принимающего решение для дальнейшего обследования.

4.2. Выбрать вариант пациента:

а) результат предварительного диагноза не принят. Отправить анкеты пациента врачу-специалисту для отсроченной консультации;

б) результат предварительного диагноза принят. Посоветовать пациенту запись на прием к врачу-специалисту.

4.3. Обучить студентов-медиков предварительной диагностике.

Процедура ДДЭС в режиме отсроченной медицинской диагностики представлена алгоритмом:

Шаг 1. Выполнить авторизацию врача-специалиста (ввод логина и пароля).

Шаг 2. Загрузить список отправленных анкет по соответствующей специальности.

Шаг 3. Для каждой отправленной анкеты проверить анкеты пациента:

а) если анкеты приняты, то сформировать и записать новое диагностическое заключение в базу данных, отправить письмо пациенту по указанной электронной почте;

б) если анкеты не приняты, то направить ее врачам по предлагаемой узкой специальности.

Дано описание разработанной системы, в состав которой входят семь подсистем:

1. Подсистема пополнения БЗ реализует функции:

– заполнения таблиц основных понятий области медицинской диагностики;

– задания функций принадлежности лингвистических термов (ЛТ) переменных.

2. Подсистема извлечения знаний из баз статистических данных предназначена для выявления взаимосвязей между лингвистическими переменными (ЛП) «симптомов и заболеваний» и их ЛТ, на основании которых сформированы нечетко-продукционные правила (НПП).

3. Подсистема обучения нечетко-продукционной базы знаний (НПБЗ) предназначена для генерирования и настройки параметров функций принадлежности и весов правил в НПБЗ.

4. Подсистема отсроченной консультации реализует функции:

– заполнения анкет пациента;

– обмена сообщениям между пациентом и врачом;

– внесения информации в базу статистических данных.

5. Подсистема онлайн-консультации реализует функции:

– генерации дополнительных вопросов по ведущим симптомам и запроса оценок силы проявления выявленных симптомов у пациента;

– вычисления интегральных оценок обнаружения наличия возможных заболеваний на основе информации о симптоматике;

– формирования предлагаемого диагностического заключения (анкеты пациента и результат предварительного диагноза).

6. Подсистема справочников представляет собой электронный медицинский справочник, к которому может оперативно обращаться врач при принятии решения о целесообразности обследования пациента у врача-специалиста или назначении анализов.

7. Подсистема администрирования предназначена для управления сведениями о врачах (Ф.И.О., контактные данные, медицинское учреждение, специальность врача, график его работы).

С помощью разработанной системы можно решать задачи: формирование БЗ в режиме приобретения знаний; постановка предварительного диагноза в режиме удаленной консультации.

В результате реализаций процедур приобретения знаний с помощью предложенных методов и алгоритмов сформулирован набор НПП, используемых при построении БЗ для диагностики рассматриваемых заболева-

ний. Эта БЗ положена в основу ДДЭС МПД, предназначенной для постановки предварительного диагноза – преимущественно в удаленной форме. Тестирование показало, что в 79 % случаев результаты диагностики, проведенной системой, совпадали с результатами предварительного диагноза, поставленного врачами.

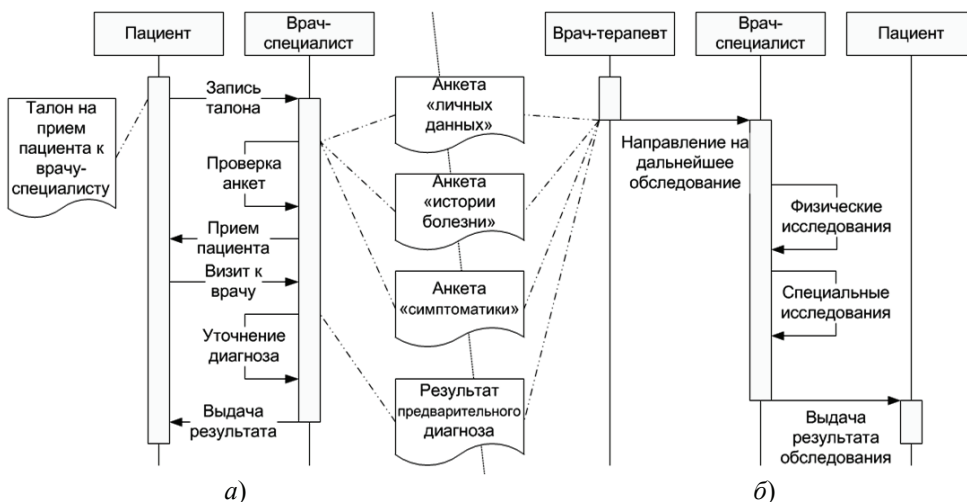
Использование ДДЭС МПД для обучения технологиям предварительной диагностики проверялось на основе группы, состоявшей из 10 студентов 6-го курса в медицинском университете г. Волгограда (специальность «Лечебное дело»). Преподаватель оценивал знания студентов на основе сравнения их ответов и результатов диагностики, выданных разработанной системой. Кроме того, после каждого ответа студентам предоставлялась информация, объясняющая вывод решения.

Схема использования ДДЭС МПД для записи на прием пациента к врачу-специалисту приведена на рисунке.

По сведениям практикующих врачей более 30 % пациентов попадают на прием не к тому специалисту. Многим назначают избыточные обследования, что приводит к лишним затратам времени и денежных средств. Предлагаемый подход позволяет снизить число процедур при предварительной диагностике и повысить обоснованность последующих назначений.

Схемы использования ДДЭС МПД для поддержки деятельности врача-терапевта, принимающего решение о дальнейшем обследовании, приведены на рисунке.

Тестирование ДДЭС МПД проводилось на основе сравнения диагноза, поставленного врачом-терапевтом без использования и с использованием разработанной системы. За счет того, что процесс предварительной диагностики автоматизирован, и имеет удобный пользовательский интерфейс, врач может оперативно запросить симптомы по предложению системы или осуществить самостоятельный поиск в базе. Время постановки



Схемы использования ДДЭС МПД:

- а – для записи пациента на прием к врачу-специалисту;
- б – для поддержки деятельности врача-терапевта, принимающего решение о дальнейшем обследовании пациента

предварительного диагноза сокращается в два раза, что позволяет сократить срок всего процесса обследования при обеспечении достоверности результата.

Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки России в рамках базовой части, проект 2586 задания № 2014/16.

Список литературы

1. Модель представления знаний при создании медицинской экспертной системы дифференциальной диагностики / Ле Нгуен Виен [и др.] // Изв. ВолгГТУ. – 2014. – Т. 20, № 6 (133). – С. 41 – 50.
2. Ле, Нгуен Виен. Приобретение медицинских знаний в дистанционной медицинской экспертной системе предварительной диагностики / Нгуен Виен Ле, Н. П. Садовникова // Прикасп. журн.: управление и высокие технологии. – 2014. – № 4. – С. 185 – 196.
3. Ле, Нгуен Виен. Механизм вывода диагностического решения в дистанционной медицинской экспертной системе предварительной диагностики [Электронный ресурс] / Нгуен Виен Ле // Кибернетика и программирование : электрон. журн. – 2015. – № 1. – С. 16 – 26. – Режим доступа : http://e-notabene.ru/kp/article_13722.html (дата обращения: 8.04.2015).
4. Архитектура медицинской экспертной системы дифференциальной диагностики / Ле Нгуен Виен [и др.] // Вестн. Самар. гос. техн. ун-та. Сер. Техн. науки. – 2014. – № 3(43). – С. 23 – 28.

References

1. Le Nguen Vien, Kamaev V.A., Panchenko D.P., Trushkina O.A. *Izvestija VolgGTU*, 2014, np. 6 (133), pp. 41-50.
2. Le Nguen Vien, Sadovnikova N. P. *Prikaspijskij zhurnal: upravlenie i vysokie tehnologii*, 2014, no. 4, pp. 185-196.
3. Le Nguen Vien. *Kibernetika i programirovanie*, 2015, no. 1, pp.16-26, doi: 10.7256/2306-4196.2015.1.13722, available at: http://e-notabene.ru/kp/article_13722.html (accessed 8 April 2015).
4. Le Nguen Vien, Kamaev V.A., Panchenko D.P., Trushkina O.A. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya "Tekhnicheskie nauki"*, 2014, no. 3(43), pp. 23-28.

The Use of Expert System for Preliminary Remote Diagnostics

N. V. Le, V. A. Kamaev

Volgograd State Technical University, Volgograd

Keywords: expert system; inference engine; knowledge acquisition; knowledge base; knowledge representation; .NET Framework; preliminary diagnosis; web-guided technologies.

Abstract: The authors propose to use a remote medical expert system of preliminary diagnostics to solve practical problems. It shows the efficiency of the pre-medical diagnostics by an expert system based on the integration of different models of formation and representation of knowledge and the possibility of remote access.

© Н. В. Ле, В. А. Камаев, 2015