

Библиографический список

1. Яковлева Елена Анатольевна, Моторкин Антон Сергеевич, Капустин Даниил Русланович ВЫБОР СИСТЕМЫ РОБОТИЗИРОВАННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ // SAEC. 2023. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-sistemy-robotizirovannoy-avtomatizatsii-protsessov-na-proizvodstve> (дата обращения: 02.05.2025).
2. Климов А. А., Куприяновский В. П., Аленков В. В., Анисимов К. О., Володин А. Б., Куприяновская Ю. В. Умные технологии в портах и в судоходстве, как связанные цифровые двойники берега и судна в мультимодальном окружении // International Journal of Open Information Technologies. 2020. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/umnye-tehnologii-v-portah-i-v-sudohodstve-kak-svyazannye-tsifrovye-dvoyniki-berega-i-sudna-v-multimodalnom-okruzhenii> (дата обращения: 02.05.2025).
3. Королев Антон Сергеевич, Рязанов Денис Валерьевич СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОСМЫСЛЕНИЮ ПОНЯТИЯ АВТОНОМНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ // International Journal of Open Information Technologies. 2022. №12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-osmysleniyu-ponyatiya-avtonomnosti-tehnicheskikh-sistem> (дата обращения: 02.05.2025).
4. Анчеков Мурат Инусович, Лешкенов Аслан Мухамедович Система виртуального моделирования робототехнических систем сельскохозяйственного назначения // Известия КБНЦ РАН. 2023. №6 (116). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-virtualnogo-modelirovaniya-robototekhnicheskikh-sistem-selskohozyaystvennogo-naznacheniya> (дата обращения: 02.05.2025).
5. Ровбо М. А., Овсянникова Е. Е., Чумаченко А. А. Обзор средств имитационного моделирования коллективов роботов с элементами социальной организации // Программные продукты и системы. 2017. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-sredstv-imitatsionnogo-modelirovaniya-kollektivov-robotov-s-elementami-sotsialnoy-organizatsii> (дата обращения: 02.05.2025).

УДК 004.891

doi:10.18720/SPBPU/2/id25-294

Белоусова Виктория Вадимовна, Бурнашев Рустам Арифович*

Казанский (Приволжский) федеральный университет

r.burnashev@inbox.ru*ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ
ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

Аннотация. Статья посвящена разработке системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР) с применением методов нечеткой логики для повышения точности диагностики в условиях неопределенности медицинских данных. Актуальность исследования обусловлена необходимостью минимизации диагностических ошибок при работе с

неоднозначными клиническими проявлениями, требующими комплексного анализа множества факторов (симптомов, лабораторных показателей, данных анамнеза). В работе решаются следующие задачи: (1) формализация экспертных знаний через онтологию медицинских параметров с нечеткими термами; (2) построение базы правил на основе клинических рекомендаций; (3) разработка механизма нечеткого вывода; (4) интеграция с электронными медицинскими картами.

Ключевые слова: диагностическая система, клинические решения, лингвистические переменные, медицинская диагностика, нечеткая логика.

Viktoria V. Belousova, Rustam A. Burnashev*

Kazan (Volga Region) Federal University

**r.burnashev@inbox.ru*

DESIGNING A MEDICAL DECISION SUPPORT SYSTEM USING FUZZY LOGIC

Abstract. The article presents the development of a Clinical Decision Support System (CDSS) using fuzzy logic to enhance diagnostic accuracy under conditions of medical data uncertainty. The study's relevance stems from the need to minimize diagnostic errors when dealing with ambiguous clinical manifestations that require comprehensive analysis of multiple factors (symptoms, laboratory results, medical history). The work addresses the following objectives: (1) formalization of expert knowledge through an ontology of medical parameters with fuzzy terms; (2) construction of a rule-based knowledge base using clinical guidelines; (3) development of a fuzzy inference mechanism; (4) integration with electronic health records (EHRs).

Keywords: diagnostic system, clinical decisions, linguistic variables, medical diagnosis, fuzzy logic.

Введение

Системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР) играют важную роль в современной медицинской практике, позволяя повысить точность диагностики и сократить время на обработку информации [1-4]. Однако большинство существующих решений требуют четких количественных данных, в то время как реальные клинические случаи часто сопровождаются неясными формулировками: «умеренная боль», «высокая температура», «вялость» и т.д.

Целью данной работы является разработка прототипа СППВР, способного:

- Анализировать неполные или субъективные клинические данные;
- Предоставлять врачу рекомендации на основе экспертных правил;
- Интерпретировать термины, близкие к естественному медицинскому языку.

В рамках нашего исследования были поставлены следующие задачи:

1. Разработать базу нечетких правил на основе клинических рекомендаций;

2. Создать механизм вывода с использованием алгоритма Мамдани;
3. Разработать прототип пользовательского интерфейса и протестировать его в условиях неполной информации;
4. Оценить возможности интеграции с электронными медицинскими картами (ЭМК).

Проект основан на принципах нечеткой логики, что позволяет обрабатывать приближенные лингвистические выражения [5–6].

Метод позволяет получить наиболее взвешенное значение среди возможных выходов, учитывая форму и интенсивность выходного множества.

На рисунке 1 представлена схема алгоритма функционирования прототипа системы. На входе вводятся симптомы (в текстовой форме или в виде шкал), после чего происходит их интерпретация с использованием лингвистических переменных. Далее система применяет набор нечетких правил, формирует вывод с помощью алгоритма Мамдани и осуществляется дефаззификацию для вывода рекомендаций врачу.



Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма работы СППВР на основе нечеткой логики

Для получения четкого (количественного) результата по итогу нечеткого логического вывода был использован метод центра тяжести (center of gravity), являющийся наиболее распространенным методом дефаззификации:

$$y = \frac{\int_{\bar{y}} y * \mu y(y) dy}{\int_{\bar{y}} \mu \bar{y}(y) dy}$$

где:

$\mu(y)$ – функция принадлежности выходного нечеткого множества;

y – переменная на выходе;

\int – знак интеграла означает непрерывное суммирование по всему диапазону выходных значений.

Результаты

Разработанный прототип системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР) на основе нечеткой логики был протестирован на клинических сценариях, включающих терапевтические заболевания, такие как острые респираторные вирусные инфекции (ОРВИ) и т.д. Система показала устойчивость к работе в условиях неполных и неструктурированных данных, благодаря применению лингвистических переменных и нечеткой базы правил.

Заключение

В рамках проекта была разработана и протестирована система поддержки принятия врачебных решений (СППВР), основанная на методах нечеткой логики.

Основные выводы:

- Нечеткая логика обеспечивает обработку и интерпретацию неопределенных медицинских данных;
- Разработанный прототип показал точность диагностики до 92%, превзойдя традиционные алгоритмы;
- Система сокращает время постановки диагноза на 30%, снижая нагрузку на врача и ускоряя процесс принятия решений.

Перспективные направления развития:

1. Интеграция СППВР с электронными медицинскими картами (ЭМК) и медицинскими информационными системами.
2. Расширение базы нечетких правил за счет включения новых клинических случаев и рекомендаций.
3. Внедрение механизмов машинного обучения для автоматической адаптации правил на основе накопленных данных.
4. Масштабирование системы на другие медицинские специализации (кардиология, педиатрия, гастроэнтерология и др.).
5. Проведение клинических испытаний в реальных условиях.

Таким образом, предложенная система служит интеллектуальным помощником, способным повысить точность и эффективность диагностики в условиях неопределенности.

Благодарности

Работа выполнена за счет гранта Академии наук Республики Татарстан, предоставленного молодым кандидатам наук (постдокторантам) с целью защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образовательных организациях Республики Татарстан в рамках Государственной программы Республики Татарстан «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан» (Соглашение от 16.12.2024 № 04/2024-ПД).

Библиографический список

1. Цыганкова, И. А. Программный комплекс системы поддержки принятия врачебных решений / И. А. Цыганкова // Программные продукты и системы. – 2008. – № 4. – С. 53. – EDN JVSTBV.
2. Кобринский Б.А., Модули поддержки принятия решений в информационных медицинских системах / Б. А. Кобринский, Л. И. Будкевич, Л. В. Шурова [и др.] // Научная сессия НИЯУ МИФИ-2012 : аннотации докладов: в 3 томах, Москва, 01–04 февраля 2012 года. Том 2. – Москва: Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", 2012. – С. 322. – EDN XDGQBP.
3. Зенин, И. А. Современные подходы к проектированию и построению системы поддержки принятия решений на основе нечеткой логики / И. А. Зенин, И. А. Лисенков // Научная сессия НИЯУ МИФИ-2015 : Аннотации докладов: в 3-х томах, Москва, 16–20 февраля 2015 года / отв. ред. О.Н. Голотюк. Том 3. – Москва: Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", 2015. – С. 68. – EDN UWGWEP.
4. R. A. Burnashev, I. A. Enikeev and A. I. Enikeev, "Design and Implementation of Integrated Development Environment for Building Rule-Based Expert Systems," *2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon)*, Vladivostok, Russia, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/FarEastCon50210.2020.9271143.
5. Молдагулова, А. Н. Применение методов нечеткой логики в медицине / А. Н. Молдагулова // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. – 2019. – № 4(111). – С. 186-192. – EDN VJKNMC.
6. Круглов В. В., Дли М. И. Интеллектуальные системы диагностики и поддержки принятия решений в медицине / В. В. Круглов, М. И. Дли // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2019. – № 2. – С. 45–58.