

На правах рукописи



ДОАН ДЫК ХА

**АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ И ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В МЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ**

Специальность 05.11.17 – Приборы, системы и изделия медицинского назначения

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Рязань – 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет» на кафедре «Вычислительная и прикладная математика».

**Научный руководитель:**

**Крошкин Александр Викторович**,  
доктор технических наук, доцент, профессор  
кафедры «Вычислительная и прикладная  
математика» ФГБОУ ВО «Рязанский госу-  
дарственный радиотехнический университе-  
те», г. Рязань

**Официальные оппоненты:**

**Сушкова Людмила Тихонова**,  
доктор технических наук, профессор, заве-  
дующая кафедрой «Биомедицинские и элек-  
тронные средства и технологии» ФГБОУ ВО  
«Владимирский государственный универси-  
тет имени Александра Григорьевича и Ни-  
колая Григорьевича Столетовых», г. Влади-  
мир

**Ивахно Наталия Валериевна**,  
доктор технических наук, доцент, профессор  
кафедры «Приборы и биотехнические систе-  
мы», зам. директора Института высоко-  
точных систем им. В. П. Грязева ФГБОУ ВО  
«Тульский государственный университет»,  
г. Тула

**Ведущая организация:**

ФГБОУ ВО «Гамбовский государственный  
технический университет».

Защита состоится «15» марта 2019 г. в 12-00 часов на заседании диссер-  
тационного совета Д 212.211.04 в ФГБОУ ВО «Рязанский государственный  
радиотехнический университет» по адресу: 390005, г. Рязань, ул. Гагарина,  
59/1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Рязан-  
ский государственный радиотехнический университете» или на сайте  
<http://www.rsreu.ru>.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
доктор технических наук, доцент



Г. В. Овечкин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы** состоит в необходимости разработки интеллектуальных систем медицинского назначения на основе эффективных методов, алгоритмов и моделей поддержки принятия медицинских решений (ППМР) в условиях неполноты и неопределенности исходных данных медико-технологического процесса, позволяющих обеспечивать высокую адекватность и обоснованность принимаемых медицинских решений в условиях ограниченности различных ресурсов (временных и финансовых).

При разработке медицинских информационных систем (МИС) в условиях неопределенности исходных данных применение методов интеллектуального анализа данных на основе теории нечетких множеств дает возможность для эффективной обработки нечеткой медицинской информации, накопленной в них, на основе которой решаются определенные медицинские задачи: подготовка мотивационной базы для ППМР при выборе варианта течения заболевания (ВТЗ), оценка состояния здоровья пациента (СЗП) и так далее. Одним из важных среди указанных методов – метод нечеткой кластеризации.

**Степень разработанности темы диссертационного исследования.** Основы теории нечетких множеств основаны на трудах авторов: Л.А. Заде, А. Кофман, Н.Г. Малышев, Л.С. Берштейн, Р.Р. Ягер, А.Н. Аверкин, И.З. Батыршин, А.Ф. Блишун, А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П. Федоров, К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи, Т. Тэрано, Д.А. Поспелов и др. Другие подходы в развитии теории нечетких множеств освещены в работах авторов: Д. Дюбуа, А. Загорянская, В.Н. Козлов, К.Х. Нгуен и др. Реализация ряда алгоритмов нечеткого вывода освещена в трудах авторов: Е. Мамдани, М. Сугено, Х. Ларсена, Й. Цукамото.

Основные принципы современной теории кластеризации основаны на работах авторов: Л.А. Демидова, В.С. Заболотникова, О.Н. Ромашкова, Т.А. Левченко, Е.В. Тунгусова, С.Д. Штовба, Д.А. Девяткин, Р.Е. Суворов, Д.А. Вятчинин, А.А. Григорьев и др. Алгоритмы нечеткой кластеризации предложены в работах авторов: А.А. Барсегян, Дж.К. Бездек, Дж.К. Данн, Ф. Хёппнер, Р.Р. Ягер, А.Б. Гева, И.Д. Мандель и др.

В общей задаче ППМР важное место занимает проблема ППМР в условиях неопределенности. При этом для эффективного анализа медицинской информации, носящей нечеткий характер, необходимо применить методы интеллектуального анализа данных на основе теории нечетких множеств, особенные из которых являются методами нечеткой кластеризации. Однако традиционные методы нечеткой кластеризации не дают приемлемых решений на данных со сложной внутренней структурой. Это связано с рядом допущений, закладываемых в эти методы: существует центр кластера (центр кластера может отсутствовать); кластер имеет определенную форму (форма кластера может быть произвольной); разбиение определяется, исходя из

взаимосвязей между данными и центрами кластеров. Таким образом, актуальной задачей является разработка метода нечеткой кластеризации, свободного от указанных допущений и обеспечивающего разбиение только на базе нечетких отношений равнозначности, порождаемых исследуемыми данными.

Применение в современных медицинских учреждениях автоматизированных МИС, в том числе и систем поддержки принятия медицинских решений (СППМР), позволяет собирать и хранить большие объемы медицинской информации. Однако во многих случаях накопленная статистическая информация является практически бесполезной (поскольку либо не используется врачами при принятии медицинских решений (ПМР), либо её затруднено использовать). В связи с этим для эффективного использования в медицинской практике имеющейся статистической информации существует необходимость в создании интеллектуальных систем медицинского назначения, обеспечивающих оценку СЗП.

В связи с этим необходимо создание СППМР, в состав которых включают медицинские экспертные системы (МЭС), предназначенных для сбора и обработки накопленных данных в различных профилактических и лечебных процессах, начиная с самых первых в учетной программе (регистрация историй болезней) с целью определения, являются ли изменения медицинских показателей (МП) закономерными для конкретной схемы течения заболевания или имеют частный характер.

**Цели и задачи диссертационной работы.** Целью исследования является разработка алгоритмов анализа информации медико-технологического процесса и поддержки принятия решения в медицинских информационных системах в условиях неопределенности для повышения эффективности лечения заболевания человека.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать проблемы, возникающие в задачах поддержки принятия медицинских решений в условиях неопределенности;
2. Разработать модифицированный метод и алгоритм нечеткой кластеризации на базе нечеткого отношения равнозначности, не требующих дополнительной информации о кластерах и не привлекающих понятий центра и формы кластера для обработки данных медико-технологического процесса и осуществления выработки рекомендательных решений;
3. Сформировать модель состояния здоровья пациента на основе семантической сети в системах поддержки принятия медицинских решений, позволяющую осуществлять адекватную поддержку в принятии медицинского управленческого решения на основе данных медицинского контроля, статистических данных, истории болезни.
4. Разработать структуру систем поддержки принятия медицинских решений, в том числе и медицинских экспертных систем сопровождения меди-

ко-технологического процесса, и составить правила логического вывода для поддержки принятия медицинских решений; с помощью разработанной системы решить задачу выбора варианта течения заболевания, а также задачу оценки состояния здоровья пациента

**Научная новизна.** В диссертации содержится решение актуальной научной задачи в медицинской практике – разработка алгоритмов и моделей для анализа медико-технологической информации и поддержки принятия решения в медицинских информационных системах. Научная новизна сформулирована в следующих результатах:

1. Предложен модифицированный алгоритм нечеткой кластеризации на основе нечеткого отношения равнозначности, не требующий дополнительной информации о кластерах и не привлекающий понятия центра и формы кластера. Использование указанного алгоритма в составе систем поддержки принятия медицинских решений позволяет выполнять анализ объектов медицинской информации с учетом свойств кластерной типичности или кластерной относительности объектов данных моделируемой медицинской предметной области, а также дает возможность выявлять нетипичные объекты при снижении их влияния на результаты нечеткой кластеризации или локализации их в отдельный кластер.

2. Разработан алгоритм выбора варианта течения заболевания пациента, в основу которого положен модифицированный метод нечеткой кластеризации с использованием нечеткой медицинской информации в системах поддержки принятия медицинских решений, позволяющий повысить обоснованность выбора на 9,4-19,1%.

3. Обоснована методика формирования модели состояния здоровья пациента на основе семантической сети в системах поддержки принятия медицинских решений, которая позволяет осуществлять адекватную поддержку в принятии медицинских решений. Предложена структура данных медико-технологического процесса для создания медицинской базы знаний, разработаны этапы её формирования на базе нечеткой логики, данных статической и динамической информации.

4. Предложена новая технология реализации информационных систем медицинского назначения (включая медицинские экспертные системы сопровождения медико-технологического процесса) для оптимизации и обработки полученных медицинских данных, а также интеллектуализации поддержки принятия медицинских решений в условиях неопределенности.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Теоретическая значимость диссертационной работы состоит в развитии теории, моделей и алгоритмов анализа данных медико-технологических процессов для ППМР в информационных системах медицинского назначения в условиях неопределенности, а также теории построения СППМР.

Практическая значимость диссертационной работы определяется разработанными модифицированными методами, алгоритмами и моделями, примененными в программном комплексе поддержки принятия решений на основе нечеткой логики «Эксперт 4. Обработка статистических данных медико-технологических процессов методом нечеткой кластеризации», ver. 4.04. Разработанный программный комплекс осуществляет эффективный анализ статистической медицинской информации медико-технологического процесса, что позволяет решать задачи выбора ВТЗ и оценки СЗП с использованием метода нечеткой кластеризации.

**Методология и методы исследования.** Применительно к диссертационной работе методология связана с принципами системного подхода и интеллектуального анализа данных для решения поставленных задач.

Теоретические положения, выводы и экспериментальные результаты диссертационной работы получены с использованием следующих теорий: нечетких множеств, нечеткой логики, кластеризации данных, семантических сетей, принятия решений, построения информационных систем медицинского назначения.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Модифицированный алгоритм нечеткой кластеризации на базе нечеткого отношения равнозначности, не требующий дополнительной информации о кластерах и не привлекающий понятий центра и формы кластера.

2. Разработанный алгоритм выбора варианта течения заболевания с использованием медицинской информации в системах поддержки принятия медицинских решений, позволяющий повысить точность выбора на 9,4-19,1%.

3. Методика формирования модели состояния здоровья пациента на основе семантической сети в системах поддержки принятия медицинских решений и структура данных медико-технологического процесса для создания медицинских баз знаний на базе нечеткой логики, данных статической и динамической информации.

4. Новая технология реализации информационных систем медицинского назначения для оптимизации обработки информационных данных медико-технологических процессов и интеллектуализации принятия медицинских решений в условиях неопределенности на основе нечетких множеств и нечеткой логики.

**Достоверность.** Степень достоверности теоретических выводов и практических результатов диссертационной работы определяется:

1) корректностью использования полученных выводов и подходов теорий нечетких множеств и нечеткой логики, нечеткой кластеризации при многокритериальном анализе статистической медицинской информации в условиях неопределенности исходных данных;

- 2) использованием разработанных модифицированных методов, алгоритмов и моделей в СППМР для решения реальных прикладных задач;
- 3) использованием полученных результатов диссертационной работы в медицинской и учебной практике, подтвержденных актами внедрения.

**Апробация работы.** Результаты исследований докладывались и обсуждались на следующих международных и всероссийских научных конференциях: Международная заочная научно-практическая конференция «Наука и образование в жизни современного общества» (Тамбов, 2015); VI научно-практическая конференция «Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики» (Ульяновск, 2015); Международная конференция «Радиоэлектронные устройства и системы для инфокоммуникационных технологий – РЭУС-2015» (Москва, 2015); XVIII международная научно-техническая конференция «Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах телекоммуникаций» (Рязань, 2015); XX юбилейная Всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов «Новые информационные технологии в научных исследованиях» (Рязань, 2015); Всероссийская научно-техническая конференция «Интеллектуальные и информационные системы» (Тула, 2015); Proceedings of the VIII Intenational Academic Congress «Development of Countries in Asia, Africa and Europe: Past, Present and Future» (Seoul – Korea, 2015); The VI seminar on Industrial Control Systems: Analysis, Modeling and Computation: ITM Web of Conferences (Moscow, 2016); Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Современные технологии в науке и образовании» (СТНО-2016) (Рязань, 2016); Международная научно-техническая конференция «Информационные системы и технологии» (ИСТ-2016) (Н. Новгород, 2016); Международная научно-практическая конференция «Математика: фундаментальные и прикладные исследования и вопросы образования» (Рязань, 2016); IV международная научно-практическая конференция «Научно-технический прогресс: Актуальные и перспективные направления будущего» (Кемерово, 2016); XXIX всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов «Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы» (БИО-МЕДСИСТЕМЫ-2016) (Рязань, 2016); Международная научно-практическая конференция «Современный взгляд на будущее науки» (Казань, 2017); Международная научно-практическая конференция «Традиционная и инновационная наука: история, современное состояние, перспективы» (Екатеринбург, 2017); Международная научно-практическая конференция «Вопросы образования и науки» (Тамбов, 2017); Международная научно-практическая конференция «Научные механизмы решения проблем инновационного развития» (Уфа, 2017); Международная научно-практическая конференция «Новая наука: история становления, современное состояние, перспективы развития»

(Пермь, 2017); Международная научно-практическая конференция «Приоритетные направления развития образования и науки» (Чебоксары, 2017); Всероссийская конференция студентов и молодых ученых с международным участием «Естественнонаучные основы медико-биологических знаний» (Рязань, 2017); Международная научно-техническая конференция «Новые технологии в научных исследованиях, проектировании, управлении, производстве» (НТ-2017) (Воронеж, 2017); Международная научно-практическая конференция «Роль и место информационных технологий в современной науке» (Челябинск, 2018).

**Публикации.** По итогам исследований диссертационной работы опубликована 31 работа, в том числе: 4 статьи из перечня ВАК рецензируемых научных журналов; 4 статьи в других журналах; 22 тезиса докладов на международных и всероссийских конференциях; свидетельство о регистрации программ для ЭВМ и баз данных.

**Реализация и внедрение результатов работы.** Результаты исследований диссертационной работы внедрены в Государственном бюджетном учреждении Рязанской области «Областной клинический противотуберкулезный диспансер» (ГБУ РО ОКПТД), г. Рязань, а также использованы в учебном процессе РГРТУ на кафедре ВПМ.

Использование результатов диссертационной работы на практике подтверждено соответствующими актами о внедрении. Получено свидетельство о регистрации программ для ЭВМ и баз данных.

**Содержание диссертационной работы соответствует паспорту научной специальности:** 05.11.17 – Приборы, системы и изделия медицинского назначения, пункту 2.

**Структура работы.** Диссертация содержит 141 страницу основного текста и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы из 115 наименований и приложения. В диссертацию включено 18 таблиц и 21 рисунок.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обосновываются актуальность, степень разработанности темы диссертационного исследования; формулируются цели, задачи, методы исследования; приводятся основные положения, выносимые на защиту; описываются научная новизна и практическая ценность диссертационной работы.

**В первой главе** выполнен анализ особенностей разработки СППМР. В главе проведен анализ особенностей задачи ППМР в условиях неопределенности. Указаны основные факторы неопределенности и подходы к уменьшению их при обработке медико-технологических данных в задачах ППМР. Предложены схема объективного аналитического процесса для лиц, прини-



мающих медицинское решение (ЛПМР), а также поддержка ЛПМР в ПМР в условиях неопределенности. Приведены важные требования, предъявляемые к управленческим медицинским решениям (УМР), и особенности процесса принятия УМР в условиях неопределенности и риска, а также проблемы, с которыми сталкиваются в процессе принятия УМР. Разработана общая схема процесса принятия УМР. Приведен алгоритм принятия УМР. Освещены основные методы получения медицинской информации. Рассмотрены причины, которые вызывают нечеткость медицинских данных. Предложено применение теорий нечетких множеств и нечеткой логики для формализации нечетких данных. Обозначен подход к пониманию нечетких множеств, а также понятий «нечеткая переменная», «лингвистическая переменная» в медицинской предметной области. Приведены основные типы медицинских знаний, а также основные модели представления медицинских знаний и их классификация. Предложено применение нечеткой продукции (системы нечетких правил) для построения схемы нечеткого вывода. Рекомендовано использование медицинской базы знаний (МБЗ) в СППМР для представления медицинских знаний предметной области медицины. Проанализированы МИС в здравоохранении. Рассмотрены задачи и функциональные возможности МИС. Осуществлена классификация МИС по многоуровневой структуре здравоохранения и особенностям их функционирования. Приведена общая структурная схема МИС на основе проведенного анализа. Проанализированы особенности СППМР в медицине. Перечислены задачи и функции СППМР. Приведен обзор СППМР. Указаны недостатки существующих СППМР, которые необходимо учитывать при разработке СППМР. Приведена обобщенная структурная схема СППМР. Рассмотрена сущность СППМР. Предложена разработка в СППМР метода нечеткой кластеризации с использованием нечетких отношений данных при анализе статистической медицинской информации для решения задачи выбора ВТЗ.

**Во второй главе** представлена модификация алгоритма нечеткой кластеризации для исследования данных медико-технологического процесса. В результате автоматизации своей деятельности в медицинских учреждениях накапливаются огромные объемы данных, при исследовании которых имеется высокая вероятность пропустить невыявленную и потенциально полезную информацию. Эффективное использование накопленной медицинской информации позволяет проводить информационную поддержку в ПМР, а также в оценке потенциальных угроз в проблемных ситуациях для повышения качества принимаемых решений и снижения риска в медико-технологических процессах. В настоящее время для эффективного мониторинга медицинских данных применяются методы интеллектуального анализа данных, особое место среди которых занимают методы, основанные на кластерном анализе.

В разработанной СППМР на основе нечеткой кластеризации решена за-

дача выбора ВТЗ с использованием анализа статистической медицинской информации. Множество объектов данных для кластеризации  $Q = (q_1, q_2, \dots, q_k)$  – массив входных данных,  $i$ -й объект данных  $q_i$  из  $Q$  описывается вектором  $k$ -мерного пространства:  $q_i = (q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{ik})$ . Характеристика (атрибут)  $q_{ij}$ ,  $j = \overline{1, k}$  – числовая компонента вектора  $q_i$ . Размерность  $k$  – число атрибутов объекта  $q_i$ . Обычно  $Q$  представляется матрицей характеристик размерностью  $n \times k$ . Допустим, что  $CL = (cl_1, cl_2, \dots, cl_k)$  – множество полученных кластеров. При этом существует отображение  $Q \rightarrow CL$  так, что:  $cl_k = \{q_i, q_j : d(q_i, q_j) < \alpha\}$ ,  $cl_k \in CL$ ,  $q_i, q_j \in Q$ , где метрика  $d(q_i, q_j)$  – оценочная функция, значение которой – степень «схожести» объектов  $q_i$  и  $q_j$  в пространстве атрибутов;  $\alpha$  – значение ограничения, которое задано заранее. Полученный результат нечеткой кластеризации представляет собой кластеры, включающие в себя объекты данных предметной области в пространстве допустимых атрибутов, при этом значения оценочной функции ограничены некоторой заданной величиной.

Нечеткая кластеризация позволяет каждому атрибуту  $p_i$  из предметной области принадлежать каждому из  $k$  кластеров согласно значению функции принадлежности  $\mu_{ij}$ , которая показывает степень принадлежности  $p_i$  к кластеру  $cl_j$ . Приведём описание шагов схемы нечеткой кластеризации:

Шаг 1: Задать первоначальное нечеткое разбиение  $n$  объектов на  $k$  кластеров с указанием матрицы принадлежности  $U$  размерностью  $n \times k$ . Значение элементов  $U : \mu_{ij} \in [0, 1]$ .

Шаг 2: Вычислить центры кластеров по формуле:  $c_j = \sum_{i=1}^n \mu_{ij} p_i$ , где  $c_j$  – центральная часть кластера  $cl_j$ .

Шаг 3: Используя элементы принадлежности матрицы  $U$ , вычислить критерий нечеткой ошибки:  $E^2(P, U) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k \mu_{ij} \|p_i - c_j\|^2$ .

Шаг 4: Для уменьшения величины критерия нечеткой ошибки можно перегруппировывать объекты исходного множества, до тех пор, пока не будет получен результат, удовлетворяющий заданной погрешности.

Шаг 5: Выполнять действия с шага 2 до достижения незначительных (оп-

ределенная величина  $\alpha$ , задаваемая в настройках) изменений элементов матрицы  $U$ .

Для осуществления нечеткой кластеризации введено понятие «нормальной меры схожести». Для каждого атрибута  $p_i \in P$ , где  $P$  – множество атрибутов его нормальной меры схожести относительно любого атрибута  $p_j \in P$  по расстоянию, определяется следующим образом:

$$\mu_{p_i}(p_j) = 1 - d(p_i, p_j) / \max_{p_k \in P} d(p_i, p_k), \text{ где } d(p_i, p_j) \text{ – расстояние между } p_i$$

и  $p_j$ . Отметим, что  $\mu_{p_i}(p_j) \in [0, 1]$ . Если значение  $\mu_{p_i}(p_j) = 0$ , то  $p_i$  отличается от  $p_j$ , а если  $\mu_{p_i}(p_j) = 1$ , то  $p_i$  совсем схож  $p_j$ . При этом нормальная мера схожести атрибута  $p_i$  по расстоянию порождает нечеткие подмножества атрибутов, которые схожи ему.

«Относительная мера схожести»  $\xi_{p_i}(p_j, p_k)$  пары атрибутов  $p_j, p_k \in P$  относительно третьего атрибута  $p_i \in P$  определяется:  $\xi_{p_i}(p_j, p_k) = 1 - |\mu_{p_i}(p_j) - \mu_{p_i}(p_k)|$ , где  $\mu_{p_i}(p_j)$  и  $\mu_{p_i}(p_k)$  – нормальная мера схожести  $p_i$  относительно  $p_j$  и  $p_k$ .

На множестве  $P$  «мера схожести»  $\xi(p_j, p_k)$  пары атрибутов  $p_j, p_k \in P$  строится следующим образом:  $\xi(p_j, p_k) = T \left[ \xi_{p_i}^{|\rho|}(p_j, p_k) \right], i = \overline{1, |P|}$ , где  $\xi_{p_i}^{|\rho|}(p_j, p_k)$  – относительная мера схожести;  $T$  – операция  $t$ -норма.

Операция  $t$ -норма – треугольная норма, которой определяется отображение:  $T: [0, 1]^2 \rightarrow [0, 1]$  при удовлетворении свойств  $\forall x, y, z \in [0, 1]: T(x, 1) = x$  – граничное условие;  $T(x, y) = T(y, x)$  – симметричность (коммутативность);  $T(x, T(y, z)) = T(T(x, y), z)$  – ассоциативность;  $T(x, y) \leq T(x, z)$  при  $y \leq z$  – монотонность.

Применяется  $t$ -норма для минимизации  $\min$ -нормы по Заде:  $T(x, y) = \min(x, y)$ , получается мера схожести  $\xi(p_j, p_k)$  пары атрибутов  $p_j, p_k \in P$  на множестве  $P$ :  $\xi(p_j, p_k) = \min \left[ \xi_{p_i}^{|\rho|}(p_j, p_k) \right], i = \overline{1, |P|}$ .

Полученное выражение называется нечетким отношением. При вычислении транзитивного замыкания нечеткого отношения получается отношение

нечеткой равнозначности:  $R_\xi^t = R_\xi^{t-1} \circ R$ , где  $R_\xi = \xi(p_j, p_k)$ ,  $t = \overline{2, |P|}$ ,  $R_\xi^{|P|}$  – отношение нечеткой равнозначности.

Поэтапное выполнение нечеткой кластеризации позволяет в обрабатываемых данных медико-технологического процесса эффективно выявлять кластеры. Градация отношения нечеткой равнозначности  $G_\xi$  порождает множество отношений равнозначности, каждое из которых позволяет разбивать исходное семейство на классы равнозначности. Более детальное разбиение исходного множества  $P$  тем больше, чем больше уровень отношения. Для отношения более высокого уровня присуще более детальное разбиение множества  $P$ . Каждый уровень нечеткого отношения  $L_i$  порождает соответствующее разбиение на классы равнозначности. Градация отношения нечеткой равнозначности  $G_\xi$  может быть получена как множество различных элементов отношения  $R_\xi^{|P|}$ , упорядоченных по возрастанию. В зависимости от выбранного уровня нечеткого отношения  $L_i$  строится разбиение на кластеры, при этом меняются количество и состав кластеров. Разработан модифицированный алгоритм нечеткой кластеризации (рисунок 1).

Одной из проблем при применении алгоритмов кластеризации для решения практических задач является определение количества кластеров до начала анализа. Формализованного подхода в настоящее время для ее решения не существует. При отсутствии информации о количестве кластеров возникает проблема выбора наилучшего разбиения. Решить эту проблему возможно, добавив в алгоритм нечеткой кластеризации критерий оценки качества кластеризации, представленного оценочной функцией критерия качества. В главе были применены модифицированные критерии качества кластеризации:

1. Модифицированный коэффициент разбиения:

$$K_{мкр} = \sum_{i=1}^{|P|} \sum_{j=1}^{|CL|} r_{ij}^2 \left/ |P| - 1 / |CL| \right., K_{мкр} \in [0, (|CL| - 1) / |CL|].$$

2. Модифицированный энтропийный критерий:

$$K_{мэк} = \sum_{i=1}^{|P|} \sum_{j=1}^{|CL|} r_{ij} \ln(r_{ij}) \left/ |P| \ln(|CL|) \right., K_{мэк} \in [0, 1].$$

3. Коэффициент эффективности разбиения:

$$K_{кэ} = \sum_{i=1}^{|P|} \sum_{j=1}^{|CL|} r_{ij}^2 \left[ d^2(c_j, \bar{p}) - d^2(p_j, c_j) \right].$$

4. Критерий мощности кластеров. Для каждого уровня нечеткого отношения критерий качества для оценки разбиения по мощности кластеров

представлен в виде:  $K_{pi} = L_i \cdot |K_{МК}| \cdot K_{пк}$ , где  $L_i$  – уровень нечеткого отношения,  $|K_{МК}|$  – кардинальное число множества мощных кластеров  $K_{МК}$ ,  $K_{пк}$  – промежуточный коэффициент разбиения. Наилучшее разбиение получается в случае, когда значение  $K_{pi}$  достигает максимума:

$$K_p = \max_i K_{pi} = \max_i (L_i \cdot |K_{МК}| \cdot K_{пк}).$$

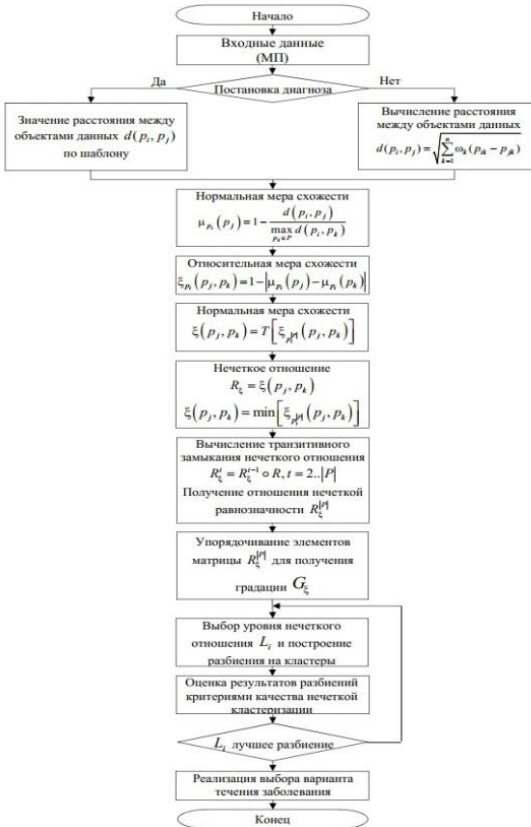


Рис. 1 – Алгоритм модификации метода нечеткой кластеризации

анализа медицинских статистических данных группой экспертов и инженером по знаниям. По каждому шаблону хранится набор МП с определенными значениями весовых коэффициентов  $\omega_{ij}$ . В случае если диагноз у пациента определен, то ВТЗ соответствует шаблону, хранимому в системе. В обратном

В разработанной СПИМР с помощью модифицированного алгоритма нечеткой кластеризации с использованием статистической медицинской информации возможно подготовить мотивационную базу для выбора ВТЗ.

Алгоритм нечеткой кластеризации осуществляет разбиение множества МП по классификационным признакам на кластеры, которые представляют собой подмножества исходного множества  $P$ . На основании результатов нечеткой кластеризации (множество  $CL$  кластеров МП, матрица принадлежности  $r_{ij}$ ) возможно провести выбор ВТЗ определенным образом.

Для каждого диагноза в системе хранятся шаблоны ВТЗ. Эти шаблоны составлены по результатам

случае имеется возможность получить ВТЗ из общего списка без привязки к диагнозу. При этом список ВТЗ будет гораздо больше, а точность предлагаемого решения – ниже. В связи с этим необходимо сравнить значение весовых коэффициентов МП пациента  $r_{ij}$ , полученных нечеткой кластеризацией, с весовыми коэффициентами шаблонов  $\omega_{ij}$ . В итоге на основании этого сравнения построить ранжированный список возможных ВТЗ.

Ранжированный список возможных ВТЗ строится на основе оценки меры схожести МП пациента и МП шаблонов. Оценка  $\phi(S_k)$ , где  $S$  – множество шаблонов, устанавливает меру схожести ВТЗ сложившейся ситуации по СЗП:

$$\phi(S_k) = \sum_{j=1}^N r_j \sum_{i=1}^M \omega_i \mu(C_i, C_j),$$

где  $N$  – количество понятий, принадлежащих модели СЗП;  $M$  – количество понятий, принадлежащих шаблону  $S_k$ ;  $r_j$  – значимость понятия в ситуации пациента;  $\omega_i$  – значимость понятия в шаблоне;

$\mu(C_i, C_j)$  – схожесть  $i$ -го и  $j$ -го понятия. Чем больше значение  $\phi(S_k)$ , тем шаблон ближе к ситуации пациента, а также тем больше значимость набора действий для пациента. Число  $\phi(S_k)$ , приписанное шаблону  $S_k$ , называется критериальной оценкой, а сформированная шкала – критериальной. Таким образом, искомым шаблоном будет множество шаблонов, удовлетворяющих условию:  $\max_{S_k \in S} \phi(S_k)$ .

При сравнении с другими шаблонами модели медицинской предметной области (ММПО) шаблоны, имеющие максимальное значение критериальной оценки, включаются в список выбранных шаблонов в ранжированной последовательности от большего к меньшему значению. Врач из рекомендуемого списка выбирает наиболее подходящий вариант согласно ситуации пациента. Далее в соответствии с выбранным ВТЗ формируется схема лечения пациента. Разработанный алгоритм выбора ВТЗ пациента представлен на рисунке 2.

**В третьей главе** реализованы исследования построения МЭС сопровождения медико-технологического процесса с применением нечетко-множественного подхода. В разрабатываемой СППМР для оценки СЗП важными проблемами являются создание МБЗ, а также построение правил логического вывода в ней. Изложена структура данных медико-технологического процесса для создания МБЗ оценки СЗП (рисунок 3). Представлены этапы построения МБЗ на базе нечеткой логики: при непосредственном содействии врачей-экспертов используется автоматизированная опросная анкета, база данных статической и динамической информации (рисунок 4).

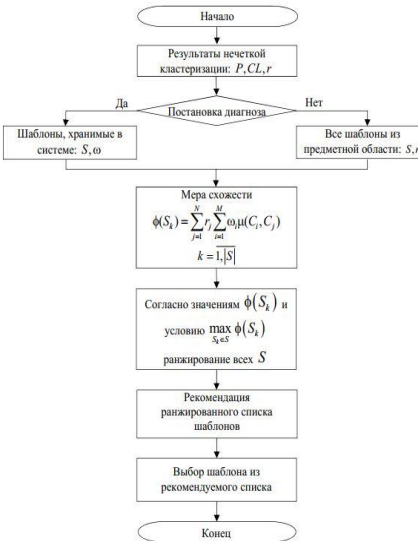


Рисунок 2 – Разработанный алгоритм выбора ВТЗ



Рисунок 3 – Структура данных для создания МБЗ оценки СЗП

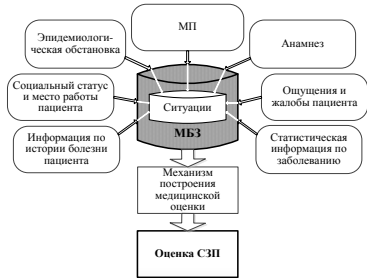


Рисунок 4 – Этапы построения МБЗ

В настоящее время для эффективного решения задач ППМР в условиях неопределенности применяются СППМР. Разработана структурная схема СППМР (рисунок 5).

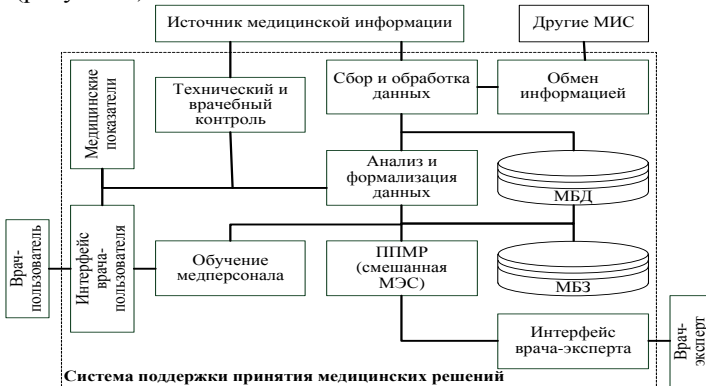


Рисунок 5 – Структурная схема СППМР

В разрабатываемой СППМР семантическая сеть, представляющая общую модель СЗП, описана следующим образом:  $M = \{C, R\}$ , где  $C$  – множество медицинских характеристик (множество значений МП);  $R$  – множество дуг, которые связывают медицинские характеристики в модели СЗП.

Множество медицинских характеристик  $C$  включает объекты  $O_j$  семантической сети, каждый из которых можно представить следующим образом:  $O_j = \{N, A, R_{O_j}\}$ , где  $N$  – название медицинских характеристик в модели СЗП;  $A$  – множество атрибутов, входящих в медицинскую характеристику;  $R_{O_j}$  – множество, которое содержит значения отношений между атрибутами  $A$  и характеристиками  $N$ .

В ходе лечения пациента врач выполняет множество действий. Для каждого пациента формируется индивидуальная программа лечения, которая представляет собой определенную последовательность действий, направленных как на выздоровление пациента, так и на улучшение общих характеристик СЗП. Каждому действию врача соответствует одна или несколько моделей получения данных, которые могут носить регистрационный, расчетный или опросный характер. В процессе сопровождения пациента для получения значений характеристик, которые описывают текущее состояние как СЗП, так и среды, в которой пребывает пациент до и после диспансеризации, применяются различные источники и каналы информации. В основном их можно разделить на следующие формальные способы получения данных: расчет с применением математических моделей; данные медицинской статистики; получение результатов медицинских анализов; анамнеза пациента. Однако независимо от источника значений, важности и характера принадлежности элементы этих множеств можно представить как частный случай общей модели СЗП ( $M$ ). При этом для  $i$ -ого пациента:  $O_j^i = \{N^i, A^i, R_{O_j}^i\}$ , где  $O_j^i$  –  $j$ -я медицинская характеристика  $i$ -го пациента;  $N^i$  – название медицинской характеристики в модели состояния здоровья  $i$ -го пациента;  $A^i$  – множество атрибутов, входящих или связанных с медицинскими характеристиками;  $R_{O_j}^i$  – множество отношений между атрибутами  $A^i$  и характеристиками  $N^i$ .

В медицинской практике для каждого конкретного пациента (даже для достаточно опытного врача) бывает затруднительно определить степень значимости атрибутов для оцениваемой медицинской характеристики, поэтому в СППМР отношения между атрибутами характеристики строятся с помощью различных степеней зависимости. Типы градуируемых связей рассматриваются как нечеткие объектные связи.

Множество  $R_{O_j}^i$  определяется двойкой следующего вида:  $R_{O_j}^i = \{K, R_{NA}^O\}$ , где  $R_{NA}^O$  – нечеткое множество, которое показывает степень зависимости между медицинской характеристикой СЗП и степенью значимости медицин-



ских характеристик для оценки общего СЗП в конкретной ситуации (значимостью атрибутов);  $K = \{k_1, k_2\}$  – тип критерия оценки медицинской характеристики, который определяет два вида: критерий оценки ситуации –  $k_1$  и критерий оценки действий (рекомендации) –  $k_2$ . Нечеткое множество  $R_{NA}^O$  определяется следующим образом:  $R_{NA}^O = \left\{ \mu_{R_{NA}^O} (A_j^i, N^i) \mid A_j^i \in A, N^i \in O^i \right\}$ , где  $j = \overline{1, n_A}$ ;  $n_A$  – количество понятий в медицинской характеристике;  $A_j^i$  – атрибуты, принадлежащие медицинской характеристике. На основании вышеизложенного, медицинская характеристика  $O_j^i$  может быть поставлена в соответствие критерию  $\bar{O}_j^i$  с фиксированными и неопределенными атрибутами:  $\bar{O}_j^i = \left\{ N_j^i, \overline{A_1^i}, \overline{A_{n_A}^i}, \overline{k_{A_1^i}}, \overline{k_{A_{n_A}^i}}, \mu_{\bar{O}_j^i} (N_j^i, A_1^i), \mu_{\bar{O}_j^i} (N_j^i, A_{n_A}^i) \right\}$ , где  $N_j^i$  – информационная часть  $j$ -ой медицинской характеристики СЗП;  $A_j^i$  – множество понятий, принадлежащих  $j$ -ой медицинской характеристике  $i$ -го пациента;  $k_{A_j^i}$  – тип критерия оценки;  $\mu_{\bar{O}_j^i} (N_j^i, A_j^i)$  – отношение близости между понятием  $A_j^i$  и названием медицинской характеристики  $N_j^i$ . На основе связей между всеми понятиями критериев оценки будет строиться зависимость между узлами. Представим нечеткое отношение, описывающее близость понятий относительно друг друга, следующим образом:  $R_{A_k}^i = \mu_M (A_j^i, A_k^i)$ . Для  $i$ -го пациента на основе нечеткого отношения строится нечеткое множество  $R_A^i : R_A^i = \left\{ A_j^i, A_k^i, \mu_M (A_j^i, A_k^i) \mid A_j^i, A_k^i \in A; i, k = \overline{1, K} \right\}$ , здесь  $K$  – количество понятий медицинских характеристик в СППМР.

В ходе реализации СППМР был использован модифицированный метод нечеткой кластеризации по ВТЗ, который повышает точность выбора на 9,4-19,1%. Опытная эксплуатация разработанной системы, в состав которой входит модель СЗП, подтвердила достоверность полученных результатов, которая достигает высокого уровня рекомендаций по выбору методики лечения пациента.

**В четвертой главе** отражено применение разработанных в диссертационной работе алгоритмов и моделей в задачах ППМР в условиях неопределенности, сформулированных в первой главе, а также приведено краткое описание разработанной СППМР, её основные возможности и структурные схемы подсистем, которые содержатся в ней.

Разработан программный комплекс поддержки принятия решений на основе нечеткой логики «Эксперт 4. Обработка статистических данных медико-технологических процессов методом нечеткой кластеризации», ver. 4.04. Система разработана по модульному принципу, каждый из модулей является подсистемой, осуществляющей решение и отвечающей требованиям конкретной решаемой задачи: подсистема выбора ВТЗ, позволяющая эффективно определять ВТЗ с использованием анализа статистической медицинской информации методом нечеткой кластеризации на основе изложенной теории в главе 2, подсистема оценки СЗП, которая позволяет произвести оценку СЗП на основе построения МЭС сопровождения медико-технологического процесса, представленной в главе 3. Разработанные подсистемы успешно внедрены в составе основной системы в Государственном бюджетном учреждении Рязанской области «Областной клинический противотуберкулезный диспансер» (ГБУ РО ОКПТД), г. Рязань.

**В заключении** представлены основные научные результаты, полученные в рамках решения поставленных практических задач.

1. Проведен анализ особенностей задачи ППМР в условиях неопределенности. Указаны основные факторы неопределенности и подходы к уменьшению их при обработке медико-технологических данных в задачах ППМР. Выявлены недостатки и достоинства известных методов ППМР в условиях неопределенности при решении медицинских задач. В результате проведенного исследования был сделан вывод, что одной из трудностей при решении медицинских задач является неопределенность, обусловленная неполнотой, неточностью и/или нечеткостью медицинской исходной информации. Для эффективного анализа статистической медицинской информации, носящей нечеткий характер, накопленной в МИС, в том числе и СППМР, наиболее подходит методика интеллектуального анализа информации, которая основана на теории нечетких множеств. Одним из методов, наиболее подходящих к условиям решаемой задачи, является метод нечеткой кластеризации данных.

2. Детально проанализирован метод кластеризации данных. Изучены известные алгоритмы нечеткой кластеризации, которые основаны на классическом подходе, указаны их недостатки при анализе слабоструктурированной медицинской информации. Предложен новый подход к нечеткой кластеризации, который основан на построении нечетких отношений объектов данных и их свойств.

3. Разработан модифицированный алгоритм нечеткой кластеризации, основанный на отношении нечеткой равнозначности, вытекающего из свойств исследуемых данных медико-технологического процесса и без использования дополнительной информации о кластерах, не зависящих от формы кластеров и части центра кластера. Предложено использование разработанных критериев качества кластеризации для оценки качества разбиений исходного множе-

ства данных на кластеры, полученных в результате нечеткой кластеризации.

4. Обоснован алгоритм на основе нечеткой кластеризации в СППМР для определения ВТЗ с использованием медицинской статистической информации, являющейся МП. Использование этого алгоритма является особенно эффективным в тех случаях, когда во множестве объектов данных содержатся кластеры значительно разной плотности, существенно разного объема или кардинально разной мощности. Предложен модифицированный алгоритм нечеткой кластеризации, позволяющий выполнить анализ объектов статистической медицинской информации с учетом свойств кластерной типичности или кластерной относительности объектов моделируемой медицинской предметной области, и выявить нетипичные объекты путем снижения их влияния на результаты нечеткой кластеризации за счет группировки их в отдельный кластер. Повышение точности выбора ВТЗ при применении разработанного метода нечеткой кластеризации составляет 9,4-19,1%.

5. Разработана структурная схема СППМР в условиях неопределенности. Представлены принципы построения МЭС, в состав которых входит функционал ПМР на основе нечеткой логики с применением накопленной статистической информации и данных, полученных при обследовании и лечении пациентов. Изложена схема построения МЭС смешанного типа в учреждениях медицинского направления. Представлены этапы построения МБЗ для оценки СЗП. Предложена методика формирования модели СЗП на основе семантической сети и построена оверлейная модель СЗП. Опытная эксплуатация разработанной системы, в состав которой входит модель СЗП, подтвердила достоверность полученных результатов, которая достигает высокого уровня рекомендаций по выбору методики лечения пациента.

6. Разработан программный комплекс поддержки принятия решений на основе нечеткой логики «Эксперт 4. Обработка статистических данных медико-технологических процессов методом нечеткой кластеризации», ver. 4.04. Разработанная система позволяет эффективно определить ВТЗ с использованием анализа статистической медицинской информации на основе предлагаемого модифицированного метода нечеткой кластеризации, а также производить оценку СЗП на основе построенной МЭС (входящей в состав системы) сопровождения медико-технологического процесса. Разработанная система успешно внедрена в Государственном бюджетном учреждении Рязанской области «Областной клинический противотуберкулезный диспансер» (ГБУ РО ОКПТД), г. Рязань (акт внедрения от 26.12.2017).

На основании анализа результатов проведенных исследований можно сделать вывод о том, что в диссертационной работе содержится решение задачи разработки алгоритмов и модели анализа информации медико-технологического процесса и поддержки принятия решений в медицинских информационных системах в условиях неопределенности на основе исполь-

зовании теорий нечетких множеств и нечеткой логики.

**В приложении** приведены перечень существующих СППМР (в приложении 1), акт внедрения результатов диссертационной работы в учебном процессе ФГБОУ ВО «РГРТУ» (в приложении 2), акт внедрения результатов диссертационной работы в ГБУ РО ОКПТД (г. Рязань) (в приложении 3) и свидетельство о регистрации программ и баз данных (в приложении 4).

## **ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:**

1. Доан, Д.Х. Применение метода нечеткой кластеризации в системах поддержки принятия медицинских решений для решения задачи выбора варианта лечения заболевания / Д.Х. Доан, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина // Известия Юго-западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2018. Т8, № 1 (26). – С. 63-73.

2. Доан, Д.Х. Формирование наборов вариантов течения болезни методом нечеткой кластеризации в системах поддержки принятия медицинских решений / Д.Х. Доан, С.Ю. Жулева, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина, В.В. Тишкина // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2017. – № 7. – С. 60-65.

3. Доан, Д.Х. Построение медицинских экспертных систем сопровождения медико-технологического процесса / А.Н. Пылькин, А.В. Крошилин, С.В. Крошилин, Д.Х. Доан // Вестник РГРТУ. – 2017. – № 2 (Вып. 60). – С.123-130.

4. Доан, Д.Х. Обзор подходов к проблеме принятия решений в медицинских информационных системах в условиях неопределенности / Д.Х. Доан, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12. – Часть 1. – С. 26-30.

### **Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ:**

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016618420, Программный комплекс поддержки принятия решений на основе нечеткой логики «Эксперт 4. Обработка статистических данных медико-технологических процессов методом нечеткой кластеризации» ver. 4.04 / С.В. Крошилина, А.В. Крошилин, А.Н. Пылькин, Д.Х. Доан; Зарегистр. в реестре программ для ЭВМ 28.07.2016 г.

### **Публикации в других изданиях и материалы конференций:**

6. Доан, Д.Х. Анализ существующих систем поддержки принятия решений медицинского назначения / Д.Х. Доан, С.Ю. Жулева, С.В. Крошилина // Научные механизмы решения проблем инновационного развития: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. (1 апреля 2017 г., г. Уфа). В 4 ч. Ч.2/ – Уфа: АЭТЕРНА, 2017. – С. 17-19.

7. Доан, Д.Х. Задачи и основы построения систем поддержки принятия решений в медицине / Д.Х. Доан, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина // Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах телекоммуникаций: Мат-лы 18-й Междунар. науч.-техн. конф. – М.: Горячая-линия Телеком, 2015. – С. 291-293.

8. Доан, Д.Х. Использование нечеткой кластеризации в анализе статистической медицинской информации для формирования наборов вариантов течения болезни в системах поддержки принятия медицинских решений / Д.Х. Доан, С.В. Крошилина, С.Ю. Жулева // Новые технологии в научных исследованиях, проектировании, управлении, производстве: труды Междунар. науч.-техн. конф. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017, Т. 1. – С. 268-272.

9. Доан, Д.Х. Исследование статистических данных методом нечеткой кластеризации / Д.Х. Доан, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина // Фундаментальные и прикладные исследования и вопросы образования [Электронный ресурс]: мат-лы Междунар. науч.-прак. конф., 26-28 апреля 2016 года / под общ. ред. канд. физ.-мат. наук, доц. Е.Ю. Лискиной; РГУ имени С.А. Есенина. – Рязань, 2016. – С. 210-213.

10. Доан, Д.Х. Нечеткая кластеризация данных в поддержке принятия решений в условиях неопределенности / Д.Х. Доан, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2016 [текст]: сб. тр. междунар. науч.-техн. и науч.-метод. конф: в 4 т. Т.3. / под общ. ред. О.В. Миловзорова. – Рязань: РГРТУ, 2016. – С. 105-108.

11. Доан, Д.Х. Обзор алгоритмов нечеткой кластеризации данных / Д.Х. Доан, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина // Математическое и программное обеспечение вычислительных систем: Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. А.Н. Пылькина. – М.: Горячая линия-Телеком, 2016. – С. 182-184.

12. Доан, Д.Х. Обзор подходов к организации работы медицинских информационных систем / Д.Х. Доан, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина // Математическое и программное обеспечение вычислительных систем: Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. А.Н. Пылькина. – Рязань: РГРТУ, 2014. – С. 32-35.

13. Доан, Д.Х. Обзор подходов к организации работы систем поддержки принятия медицинских решений / Д.Х. Доан, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина // Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего: сб. мат-лов IV Междунар. науч.-прак. конф. (30 ноября 2016 года), Том II. – Кемерово: ЗапСибНЦ, 2016. – С. 77-78.

14. Доан, Д.Х. Обзор существующих систем поддержки принятия медицинских решений / Д.Х. Доан, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина // Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы – БИОМЕДСИСТЕМЫ-2016: Сб. мат-лов XXIX Всерос. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Рязань: РГРТУ, 2016. – С. 97-100.

15. Доан, Д.Х. Описание мониторинга статистических данных в медицинских информационных системах / Д.Х. Доан, А.В. Крошилин, С.В. Крошила // Новые информационные технологии в научных исследованиях: мат-лы XX Юбилейной. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Рязань: РГРТУ, 2015. – С. 32-34.

16. Доан, Д.Х. Особенности медицинских информационных систем / Д.Х. Доан, А.В. Крошилин, С.В. Крошила // Информационные технологии: Межвуз. сб. науч. тр. – Рязань: РГРТУ, 2015. – С. 43-48.

17. Доан, Д.Х. Особенности организации работы автоматизированных медицинских информационных систем / Д.Х. Доан, А.В. Крошилин, С.В. Крошила // Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики: Мат-лы 6-й науч.-прак. internet-конф. 14-15 мая 2015 г. / отв. ред. Ю.С. Нагорнов. – Ульяновск: SIMJET, 2015. – С. 49-52.

18. Доан, Д.Х. Особенности работы медицинских информационных систем / Д.Х. Доан, К.М. Ву // Наука и образование в жизни современного общества: сб. науч. труд. по мат-лам междунар. заоч. науч.-прак. конф. 30 апреля 2015г.Том10.–Тамбов:ООО«Консалтинговая компания Юком»,2015.–С.52-54.

19. Доан, Д.Х. Особенности работы медицинских экспертных систем / Д.Х. Доан, А.В. Крошилин, С.В. Крошила // Роль и место информационных технологий в современной науке: сбор. стат. междунар. науч.-прак. конф. (10 апреля 2018 г., г. Челябинск). В 2 ч. Ч. 2 / - Уфа: АЭТЕРНА, 2018. – С. 32-35.

20. Доан, Д.Х. Особенности работы систем поддержки принятия решений в медицине / Д.Х. Доан, А.В. Крошилин, С.В. Крошила // Интеллектуальные и информационные системы (ИНТЕЛЛЕКТ-2015): Мат-лы Всерос. науч.-техн. конф. – Тула: ТулГУ, 2015. – С. 31-32.

21. Доан, Д.Х. Подходы к проблеме поддержки принятия решений в медицине / Д.Х. Доан, С.Ю. Жулева, С.В. Крошила // Информационные системы и технологии – ИСТ-2016: Мат-лы XXII Междунар. науч.-техн. конф. 22 апреля 2016 г. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2016. –С. 234-235.

22. Доан, Д.Х. Предназначение медицинских информационных систем / Д.Х. Доан // Радиоэлектронные устройства и системы для инфокоммуникационных технологий – РЭУС-2015: Доклады междунар. конф. REDS-2015. – М.: РНТОРЭС имени А.С. Попова, 2015. – С. 272-275.

23. Доан, Д.Х. Применение нечеткой кластеризации в системах поддержки принятия медицинских решений для формирования наборов вариантов течения болезни / Д.Х. Доан, А.В. Крошилин, С.В. Крошила // Мат-лы все-росс. конф. студентов и молодых ученых с междунар. участием "Естественнонаучные основы медико-биологических знаний" / ред. кол.: Т.Г. Авачева, В.М. Пашенко, А.А. Кривушин; ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России. Рязань, 2017. – С. 18-21.

24. Доан, Д.Х. Применение теории нечетких множеств и нечеткой логики для представления медицинских знаний в системах поддержки принятия решений медицинского назначения / Д.Х. Доан, С.Ю. Жулева, С.В. Крошилина // Современный взгляд на будущее науки: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. (20 марта 2017 г., г. Казань). В 3 ч. Ч.2/–Уфа: АЭТЕРНА, 2017.–С. 22-25.

25. Доан, Д.Х. Схема построения медицинских экспертных систем / Д.Х. Доан, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина // Математическое и программное обеспечение вычислительных систем: Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. А.Н. Пылькина. – Рязань: РГРТУ, 2018.

26. Доан, Д.Х. Функциональная классификация медицинских информационных систем в здравоохранении / Д.Х. Доан, С.Ю. Жулева, С.В. Крошилина // Новая наука: история становления, современное состояние, перспективы развития: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. (8 апреля 2017 г., г. Пермь). В 3 ч. Ч.2/ – Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2017. – С. 45-47.

27. Доан, Д.Х. Когнитивная модель управления медицинским персоналом / С.Ю. Жулева, Д.Х. Доан, С.В. Крошилина // Традиционная и инновационная наука: история, современное состояние, перспективы: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. (28 марта 2017 г., г. Екатеринбург). В 2 ч. Ч.1 / – Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2017. – С. 23-26.

28. Доан, Д.Х. Модель управления медицинским материальным потоком, базирующаяся на когнитивной карте / С.Ю. Жулева, Д.Х. Доан, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина // Вопросы образования и науки: сб. науч. тр. по материалам междунар. науч.-практ. конф. 31 марта 2017 г. Часть 3. – Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2017. – С. 44-46.

29. Доан, Д.Х. Распределение нагрузки медицинского персонала на основе теории нечетких множеств / С.Ю. Жулева, Д.Х. Доан, А.В. Крошилин // Приоритетные направления развития образования и науки: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 9 апр. 2017 г.). В 2 т. Т. 2 / редкол.: О.Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017. – С. 57-59.

30. Doan, D.H. Fuzzy clustering for effective research of the accumulated statistical data / D.H. Doan, A.V. Kroshilin, S.V. Kroshilina // Development of Countries in Asia, Africa and Europe: Past, Present and Future: Proceedings of the VIII International Academic Congress, 3-5 November 2015. – Seoul, Republic of Korea: Seoul National University Press, 2016. – Volume II. – P. 256-260.

31. Doan, D.H. Support of decision-making in the conditions of uncertainty of different types / D.H. Doan, A.N. Pylkin, A.V. Kroshilin, S.V. Kroshilina and V.V. Tishkina // 6th Seminar on Industrial Control Systems: Analysis, Modeling and Computation: ITM Web of Conferences. Vol. 6 (2016). Moscow, Russia, February 25-26, 2016. E.V. Nikulchev and E.I. Veremey (Eds.). Published online: 25 March 2016. – DOI: <https://doi.org/10.1051/itmconf/20160602006>.

**Доан Дык Ха**

**АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ И ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В МЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ**

**Автореферат**

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Подписано в печать \_\_\_\_\_. Формат бумаги 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,25.

Тираж 120 экз. Заказ.

Рязанский государственный радиотехнический университет.

390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1.

Редакционно-издательский центр РГРТУ.