

Айисси Гиасинт Анисет

**КОМПЬЮТЕРНАЯ ДИАГНОСТИКА ХРОНИЧЕСКИХ ГАСТРИТОВ НА ОСНОВЕ
АЛГОРИТМОВ СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ**

Специальность: 05.11.17 – Приборы, системы и изделия
медицинского назначения

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2009

Работа выполнена в Тверском государственном техническом университете.

Научный руководитель –
кандидат технических наук, профессор Матвеев Юрий Николаевич.

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор Дмитриев Геннадий Андреевич;
доктор биологических наук, профессор Суворов Николай Борисович.

Ведущая организация – Федеральное государственное унитарное
предприятие «Научно-исследовательский
институт информационных технологий»
(ФГУП НИИ ИТ)

Защита диссертации состоится “ ____ ” _____ 2009 г. в ____ часов
на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций
Д 212.238.09 Санкт-Петербургского государственного электротехнического
университета “ЛЭТИ” имени В. И. Ульянова (Ленина) по адресу:
197376, Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан “ ____ ” _____ 2009 г.

Учёный секретарь совета
по защите докторских и
кандидатских диссертаций

К.Н. Болсунов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В современных социально-экономических условиях проблема заболеваемости желудка была и остается одной из ведущих в общей структуре заболеваемости желудочно-кишечного тракта. Данные мировой статистики свидетельствуют о широкой распространенности хронического гастрита и язвенной болезни среди взрослого населения всех стран. Согласно отчету Министерства здравоохранения и социального развития РФ в последние годы контингент больных с впервые выявленной язвенной болезнью возрос с 18 до 26%. Результаты диспансерного наблюдения за больными с соответствующей патологией показывают, что заболеваемость в среднем по стране составляет около 10‰, и не имеет тенденции к уменьшению. Летальность по причине язвенной болезни за последние годы увеличилась в 1,6 раза.

Сложность диагностирования заболеваний желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), особенно на ранних стадиях развития болезни, настоятельно требует разработки новых подходов в разрешении этой проблемы. Суть этих новых подходов заключается в разработке новых аппаратных диагностических средств, позволяющих получать более информативные данные, характеризующие стадии заболеваний, а так же алгоритмов и программных средств математической обработки этих данных с целью принятия оптимального решения в выработке достоверного диагноза заболевания.

Несмотря на большое количество работ по разработке новых интегрированных медицинских информационных систем, дальнейшее развитие и совершенствование методов диагностики различных заболеваний на разных стадиях их развития продолжает оставаться особенно актуальным и требует своего дальнейшего развития.

Целью данной работы является повышение эффективности автоматизированной диагностики применительно к заболеваниям ЖКТ на ранних стадиях их развития, путём разработки новых методов классификации, основанных на современных компьютерных технологиях обработки экспертной информации.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Анализ особенностей диагностики заболеваний желудочно-кишечного тракта (ЖКТ).
- Исследование возможностей применения методов кластерного анализа для решения задач классификации заболеваний ЖКТ.
- Разработка математической модели заболеваний ЖКТ и автоматизированных методов обработки их характеристик, позволяющих осуществлять распознавание различных заболеваний и стадий их развития.
- Разработка алгоритма классификации многомерных объектов на заданное число классов.

- Разработка программного обеспечения для автоматизированной диагностики заболеваний ЖКТ и оценка эффективности предложенных решений.

Предметом исследования является автоматизированная обработка экспертных оценок заболеваний ЖКТ на различных стадиях их развития.

Методы исследований. В основу исследований положены методы системного анализа, распознавания образов, математической статистики и теории вероятностей, теории принятия решений и кластерного анализа.

Научные положения, выносимые на защиту

1. Алгоритм построения начальных эталонов для каждого класса базируется на определении наиболее удалённых друг от друга признаков.

2. Итерационный алгоритм классификации объектов, оставшихся в исходном множестве после определения эталона, осуществляет коррекцию начального эталона по минимуму внутригрупповой суммы квадратов отклонений.

3. Разработанная математическая модель и алгоритм классификации многомерных объектов позволяют эффективно решать задачу диагностики хронических гастритов на ранних стадиях их развития.

Научная новизна.

1. Разработана новая методика построения формальной математической модели заболеваний ЖКТ на базе показателей гистологического состояния слизистой оболочки желудка, экспертных оценок, позволяющая осуществлять распознавание различных видов гастритов и стадий их развития.

2. Предложен новый подход к решению задачи определения границ кластера, путём определения наиболее удалённых друг от друга объектов.

3. Предложен новый подход двухэтапной классификации многомерных объектов, заключающийся в следующем: на первом этапе формируются начальные эталоны для каждого класса, с помощью определения наиболее удалённых друг от друга объектов, на втором этапе происходит классификация оставшихся элементов исходного множества по принципу “сравнение с эталоном”. При этом после отнесения объекта к какому-либо классу изменяется и эталон данного класса.

Практическая значимость заключается в том, что:

1. Разработанная методика построения формальной математической модели диагностики заболеваний ЖКТ позволила предложить алгоритмы классификации заболеваний ЖКТ на ранних стадиях.

2. Результаты работы могут быть использованы в медицинских клиниках и стационарах, а также преподавателями, аспирантами и студентами медицинских учебных заведений.

3. Результаты экспериментальных исследований, подтверждающие достоверность предложенных методики алгоритма.

Внедрение результатов

Разработанное в диссертационной работе инструментальное средство

используется в составе АРМ – ЖКТ на кафедре факультетской терапии Тверской государственной медицинской академии.

Апробация работы Научные и практические результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались в 2006-2008 годах на научно-техническом семинаре преподавателей и сотрудников Тверского Государственного Технического Университета (5 сообщений), на конференциях “Молодые ученые Верхневолжья”, на научно-технических конференциях “Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании”. Пенза, 2007, 2008 гг.

Публикации. Основное содержание диссертационной работы изложено в 6 публикациях, в том числе и в изданиях, утвержденных ВАК РФ для публикации. Получено свидетельство о регистрации программного средства.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, одно приложение. Основная часть работы вложена на 159 страницах машинописного текста, содержит 30 рисунков и 4 таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, дается характеристика работы, приводится краткое содержание работы по главам.

В первой главе диссертации рассмотрены общие положения и особенности заболеваний желудочно-кишечного тракта конкретно гастритов. Кратко изложены основные различия гастритов и их проявления.

Рассматриваются методы диагностики гастритов. Приведены классификации гастритов. Особое внимание уделено методике разработанной кафедрой факультетской терапии Тверской Государственной Медицинской Академии (ТГМА), позволяющей классифицировать стадии развития заболеваний ЖКТ по результатам гистологического состояния слизистой оболочки желудка.

По этой методике, для классификации был выделен ряд качественных показателей (признаков) морфологического состояния слизистой оболочки желудка, значения которых выставлялись экспертами по четырехбальной шкале 0∨1∨2∨3. Методика классификации, предложенная кафедрой, заключается в вычислении индекса состояния слизистой оболочки желудка (ИССОЖ), который находится как сумма значений всех индексов:

$ИССОЖ = ИСПЭ + ИСЖЯ + ИАЖЖ + ИОВП + ИХВП + П-ИМ + С-ИМ + В-ИМ$

Данная методика позволила исследователям выделить три стадии развития гастритов:

- здоровое состояние (ИССОЖ=1.00±0.36 балла)
- период ремиссии (ИССОЖ=31.50±0.56 балла)
- период обострения (ИССОЖ=45.46±0.80 балла)

ИССОЖ – индекс состояния слизистой оболочки желудка;
 ИСПЭ – индекс состояния покровного эпителия;
 ИСЖЯ – индекс состояния желудочных ямок;
 ИАЖЖ – индекс атрофии желудочных желез;
 ИСЖЭ – индекс состояния железистого эпителия;
 ИОВП – индекс острого воспалительного процесса;
 ИХВП – индекс хронического воспалительного процесса;
 П-ИМ – периваскулярный индекс микроциркуляции;
 С-ИМ – сосудистый индекс микроциркуляции;
 В-ИМ – внутрисосудистый индекс микроциркуляции

Во второй главе диссертации проводится функционально-структурный анализ предметной области исследований. Объектом исследования в данной работе является классификация и распознавание образов.

Сегодня большие системы распознавания – это не просто автоматические устройства, предназначенные для распознавания образов. Система распознавания включает в себя:

- технические средства, предназначенные для выявления признаков объектов и измерения описывающих их параметров;
- совокупность алгоритмов распознавания, преобразующих входную информацию об объектах в определенные выводы;
- вычислительную технику, привлекаемую для реализации этих алгоритмов;
- коллективы специалистов, осуществляющие первичную формализацию исходной априорной информации, а также как полученных апостериорных данных, так и формальных решений задачи распознавания на всех уровнях системы.

Проектирование систем распознавания требует решения целого ряда задач, начиная от группировки объектов и заканчивая оценкой эффективности работы системы. Иными словами, это достаточно сложный итеративный процесс, реализация которого сопряжена с построением постепенно уточняющейся математической или физико-математической модели проектируемой системы.

В общем смысле, распознавание представляет собой задачу преобразования входной информации, в качестве которой уместно рассматривать некоторые параметры, признаки распознаваемых образов, в выходную, представляющую собой заключение о том, к какому классу относится распознаваемый образ (объект).

Исторически сложилось так, что теория распознавания образов развивалась по двум направлениям: детерминистскому и статистическому, хотя чаще всего строго различить их не удается.

Каждый из существующих методов классификации не является универсальным, то есть может быть применим только для решения

определенного класса задач. Кроме того, каждому методу присущи свои достоинства и недостатки. Стремление создать универсальный метод и преодолеть недостатки ранее разработанных – все это объясняет существование большого количества методов классификации.

Процесс классификации можно разделить на два этапа:

1. Этап разработки классификатора
2. Этап определения состояния объекта с помощью данного классификатора, т.е. этап функционирования

Этап разработки классификатора схематично представлен в виде двух блоков (рис.1).



Рисунок 1. Этап разработки классификатора

На вход блока обработки исходной информации поступает множество признаков объекта $\bar{P} = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$, $|\bar{P}| = m$, которыми могут быть, например показания датчиков, тренды, результаты анализов и т.д. На выходе имеем вектор-признак $\bar{X} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, $|\bar{X}| = n$, причем $\bar{X} \subseteq \bar{P}$, $n \leq m$.

Число признаков объекта может быть довольно велико, следовательно, их обработка будет требовать больших затрат машинного времени, что непременно скажется на эффективности классификатора. Поэтому программное средство, реализующее функции данного блока, должно также корректно понижать размерность пространства измерений от нескольких тысяч, до сотен или даже десятков признаков. Следовательно, на данный блок возлагаются функции, во-первых, определения информационной значимости признаков, во-вторых, выявления взаимозависимости признаков, и, в-третьих, отбрасывания незначимых признаков. Сделать это корректно не так просто в связи с тем, что все признаки взаимосвязаны и ценность одних может меняться весьма значительно при отбрасывании других, даже несущественных признаков.

Таким образом, основными задачами блока обработки исходной информации являются:

1. определение информационной значимости признаков;
2. выявление взаимозависимости признаков;
3. корректное понижение размерности признакового пространства.

На вход блока построения классификатора поступает так называемый вектор-признак объекта $\bar{X} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, $|\bar{X}| = n$, который содержит только те признаки, без которых организация процесса распознавания с требуемой точностью невозможна. На выходе данного блока должно быть решение об

отнесении распознаваемого объекта к определенному классу, или же, иными словами, класс распознаваемого объекта $K_j, j = \overline{1, l}$.

Таким образом, основная задача блока построения классификатора состоит в разработке структуры, позволяющей определять состояние объекта по его признакам $\bar{X} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. Данная структура может представлять собой совокупность возможных состояний объекта в виде классов, разделяющих функций, критериев и т.д. в зависимости от наличия априорной информации, типов используемых признаков и методики разработки. Важно отметить, что все признаки, подаваемые на вход данного блока, должны быть формализованы.

Рассматриваются основные методы и критерии кластеризации, их достоинства и недостатки:

- Общая внутриклассовая дисперсия

$$D = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sigma_{ji}^2, \quad (1)$$

где σ_{ji}^2 – дисперсия j -ого признака в i -том классе,

n – число признаков;

m – число классов.

При этом дисперсия каждого признака может быть определена так:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{j=1}^k x_j^2}{k} - \frac{\left(\sum_{j=1}^k x_j \right)^2}{k^2}, \quad (2)$$

где x_j – признак объекта;

k – число объектов в классе.

- Внутригрупповая сумма квадратов отклонений (ВСКО)

$$W = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left[\sum_{i=1}^z x_{ji}^2 - \frac{1}{z} \left(\sum_{i=1}^z x_{ji} \right)^2 \right], \quad (3)$$

где x_{ji} – j -тый признак i -того объекта;

n – число признаков объекта;

z – количество объектов в классе.

- Квадраты внутриклассовых и межклассовых расстояний

$$F_{in} = \frac{\sum_{i,j \in K_l} d_{ij}}{\sum_{l=1}^k n_l^2}, \quad (4)$$

где F_{in} – среднее внутриклассовое расстояние;

n_l – число объектов l класса;

k – число классов;

d_{ij} – расстояние между объектами i и j класса S_l .

$$F_{out} = \frac{\sum_{i \in S_q, j \in K_l} d_{ij}}{\sum_{l < q} n_l n_q}, \quad (5)$$

где F_{out} – среднее межклассовое расстояние;

n_l, n_q – число объектов l и q классов соответственно;

d_{ij} – расстояние между объектами i и j классов S_l и S_q .

В третьей главе рассматривается вопрос о разработке модели алгоритма, идея которого, заключается в следующем: на первом этапе формируются начальные эталоны для каждого класса, с помощью определения наиболее удаленных друг от друга объектов.

На втором этапе происходит классификация оставшихся элементов исходного множества по принципу, известному как “сравнение с эталоном”. При этом после отнесения объекта к какому-либо классу изменяется и эталон данного класса. Результатом работы алгоритма является разбиение множества объектов на m классов с эталоном для каждого класса.

Под *эталон* следует понимать реальный или абстрактный объект, значения признаков которого однозначно идентифицируют принадлежность

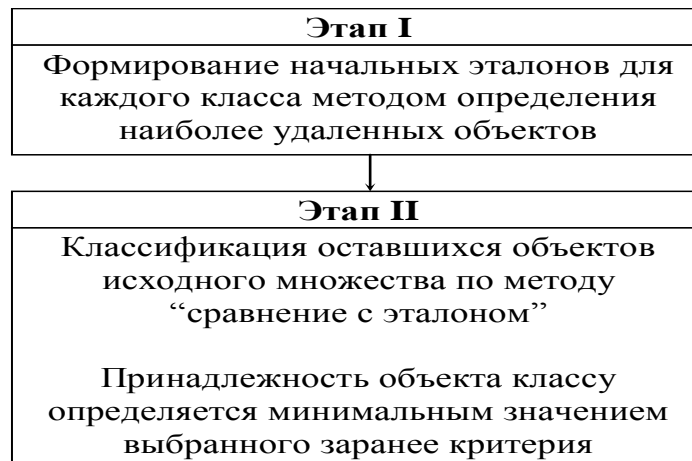
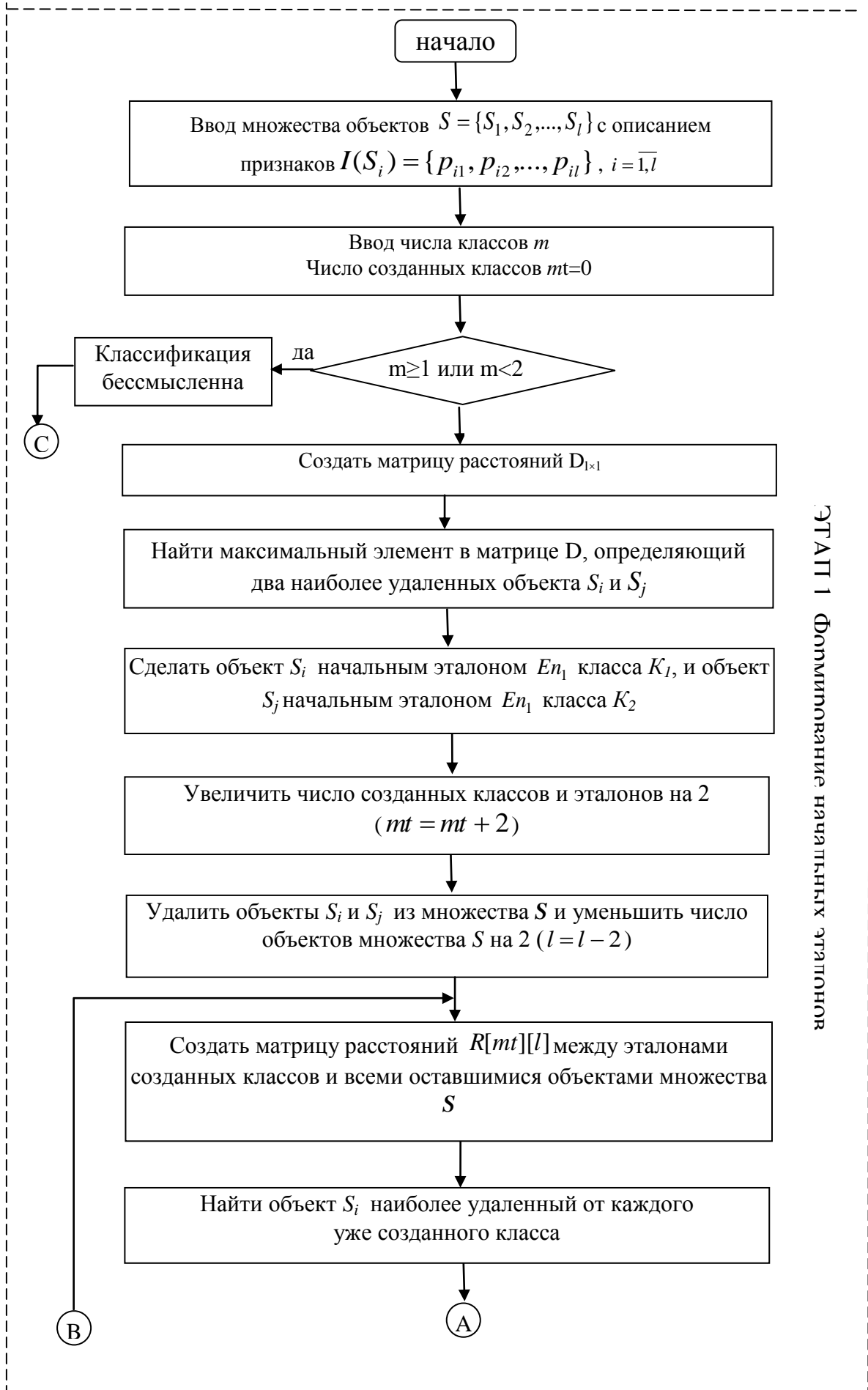


Рисунок 2 Обобщенная схема алгоритма классификации объекта определенному классу.

Обобщенная схема алгоритма классификации представлена на рис.2.

Блок-схема алгоритма классификации объектов на заданное число классов представлена на рис.3.



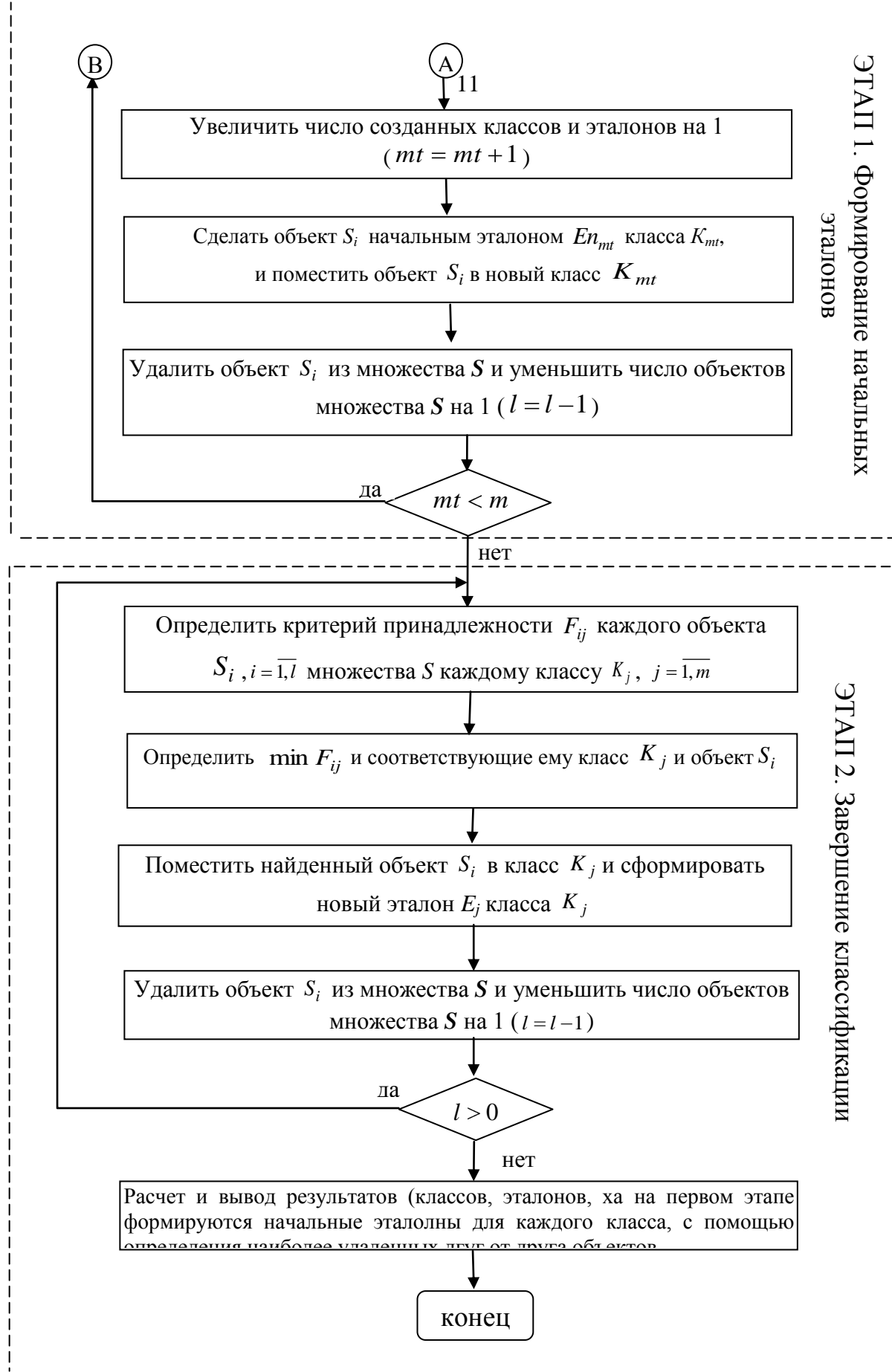


Рисунок 3. Алгоритм классификации объектов

Разработано программное средство реализующее алгоритм в виде программы языке C++ Builder 5.

В четвертой главе работы исследована работоспособность разработанного алгоритма для решения задачи классификации. Работоспособность разработанного алгоритма проверяется на примере классификации стадий развития заболеваний ЖКТ (гастриты).

Поскольку полная классификация гастритов достаточно сложна, то целесообразно остановиться, например, на классификации стадий развития гастритов по морфологическому признаку (рис. 4).

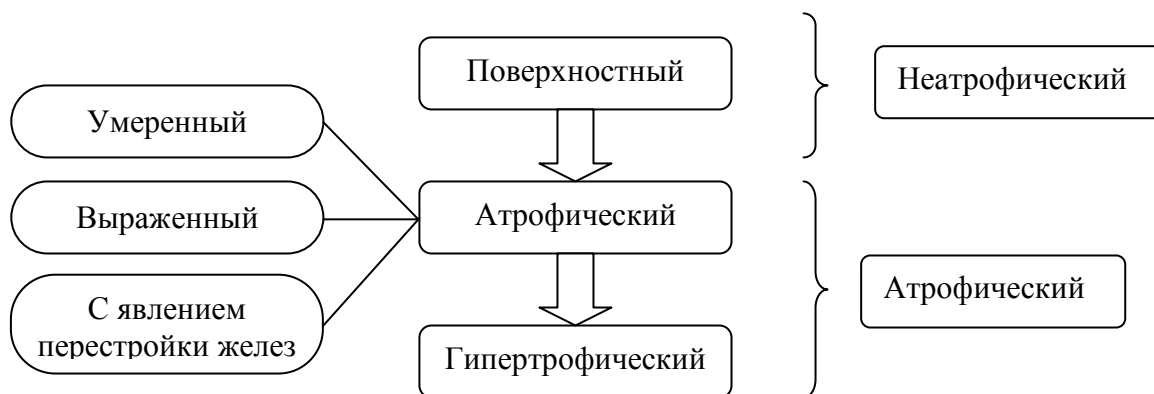


Рисунок 4. Классификация гастритов по морфологическому признаку.

Как уже было отмечено, классификация ТГМА обладает малой степенью детализации, поскольку не позволяет с высокой точностью говорить о качественном составе признаков, характерных для каждого класса. Поэтому созданное в результате работы над диссертацией программное средство было использовано для классификации заболеваний ЖКТ. Исходными данными для исследований служат:

- Описания объектов на языке признаков $I(S_i) = \{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{in}\}$
- Заданное количество классов (m)

Описания объектов на языке признаков приведены в таблице 1.

Объектом классификации в данном случае является желудочно-кишечный тракт человека, а признаками – данные обследования, выраженные числовыми значениями.

Для получения практических результатов была исследована выборка из 20 пациентов. Алгоритму необходимо было на основании данных обследования разбить исходную выборку на m классов таким образом, чтобы пациенты, оказавшиеся в одном классе имели одинаковую или схожую стадию заболевания.

Таблица 1. Исходные данные для классификации.

№ призн.	Индекс	Исходная выборка объектов																			
		S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19
P1	ИСПЭ	0	0	6	6	12	0	12	5	10	4	8	6	4	6	8	6	7	11	6	5
P2	ИСЖЯ	0	0	2	3	2	0	2	0	2	2	2	2	0	2	3	0	2	3	0	2
P3	ИАЖЖ	0	0	1	2	1	0	2	2	2	2	1	0	1	2	2	1	1	2	1	0
P4	ИСЖЭ	1	0	1	3	5	0	4	1	3	2	1	3	2	1	2	3	3	4	1	2
P5	ИХВП	0	0	1	0	2	0	2	2	3	0	3	0	1	0	2	0	1	2	1	0
P6	П-ИМ	0	0	2	4	3	1	7	3	6	3	4	5	3	2	4	2	4	7	2	2
P7	С-ИМ	0	0	1	7	11	0	11	7	9	2	4	6	4	2	9	4	8	12	4	3
P8	В-ИМ	0	0	2	6	7	0	8	4	7	1	7	6	3	3	7	4	7	7	4	3

В данной работе используется два критерия отнесения объекта к классу. Для того чтобы оценить, как влияет выбор критерия отнесения объекта к классу на результаты классификации, была произведена классификация на m классов ($m = \overline{2,10}$). Зависимость показателей качества классификации от выбора критерия отнесения объекта к классу показана на рисунке 5.

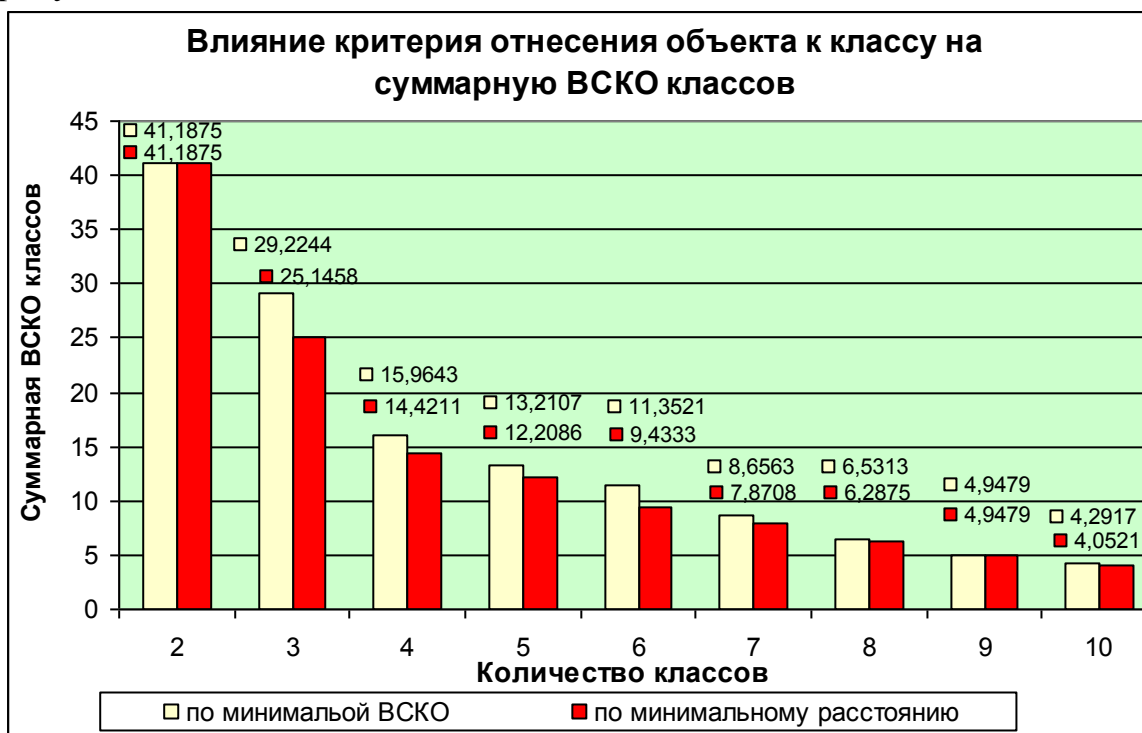


Рисунок 5. Влияние критерия отнесения объекта к классу на суммарную ВСКО классов.

Анализ зависимостей ВСКО классов показывает, что безошибочность СКО классов для каждого из критериев отнесения объекта к классу уменьшается с увеличением числа классов. Эта зависимость легко объясняется тем, что при увеличении количества классов их размеры становятся меньше, а схожесть объектов внутри класса больше.

В результате анализа графиков, можно сделать вывод, наилучшая безошибочность достигается после обучения по критерию суммарной ВСКО.

Следовательно, предложенный в данной работе алгоритм классификации объектов на заданное число классов более эффективен при использовании на втором этапе в качестве критерия отнесения объекта классу критерий суммарной ВСКО.

Эффективность разработанного алгоритма оценивается путем сравнения полученных результатов с результатами работы классического алгоритма Ворда, при одинаковых исходных данных.

Для оценки эффективности разработанного алгоритма была создана программная модель классического алгоритма классификации объектов на заданное число классов.

Эффективность разработанного алгоритма проверяется путем сравнения результатов классификации, полученных каждым алгоритмом. В качестве критерия отнесения объекта к классу для разработанного алгоритма выбран критерий суммарной ВСКО.

Процентное соотношение совпадений составов классов представлено на рис. 6.

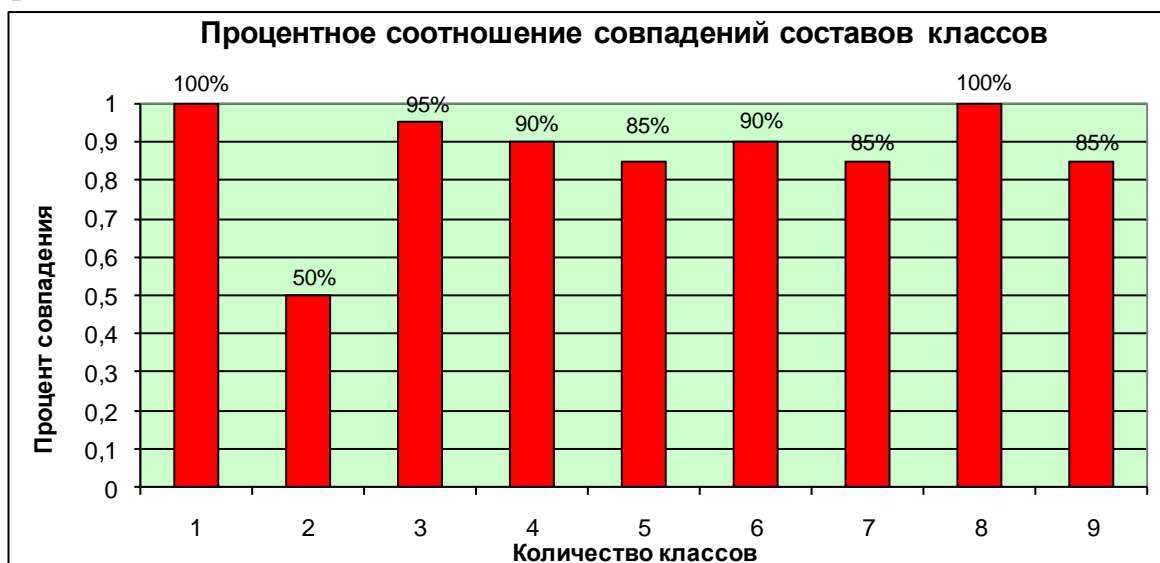


Рисунок 6. Процентное соотношение совпадений составов классов

Как видно из рисунка 6, результаты работы двух алгоритмов совпадают не менее, чем на 50% для любого количества классов.

Гистограммы и графики оценки эффективности разработанного алгоритма по суммарной ВСКО представлены на рис. 7.

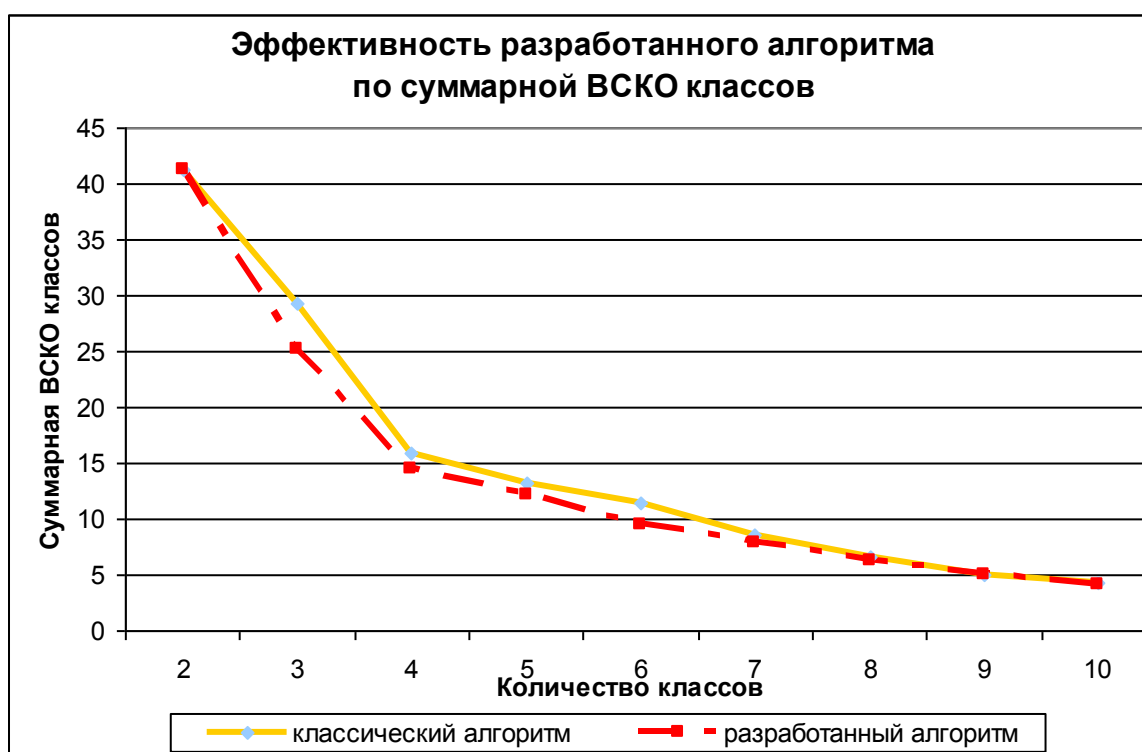
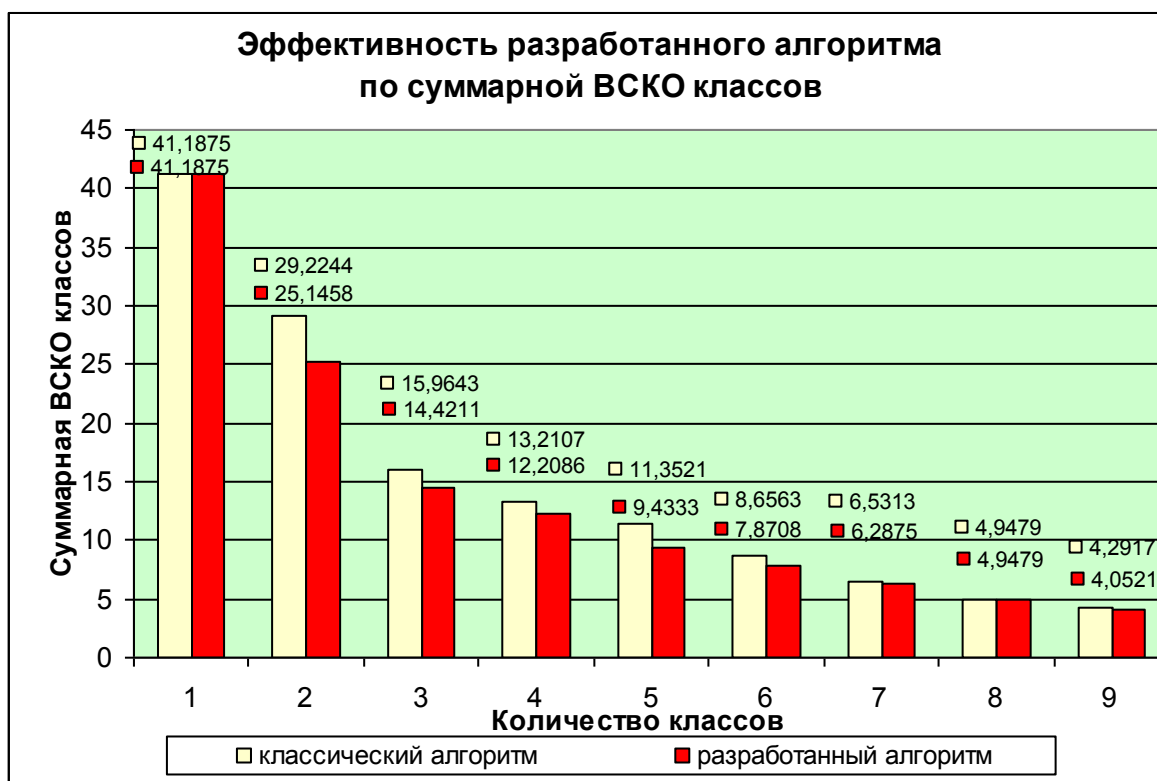


Рисунок 7. Безошибочность СКО классов

Анализ рисунка 7 показывает, что суммарная ВСКО классов для каждого алгоритма уменьшается с увеличением числа классов. Эта зависимость легко объясняется тем, что при увеличении количества классов их размеры становятся меньше, а сходство объектов внутри класса больше. При этом сходство объектов в классах, полученных с помощью разработанного алгоритма, в большинстве случаев выше, чем в классах, полученных классическим алгоритмом. Следовательно, разработанный

алгоритм по критерию суммарной ВСКО образованных классов эффективнее, чем классический алгоритм Ворда.

Практическая эффективность и пригодность разработанного алгоритма для классификации стадий развития заболеваний ЖКТ проверялась кафедрой Факультетской терапии ТГМА.

С целью оценки практической эффективности разработанного алгоритма, экспертами для каждого объекта $S_i, i = \overline{0, l}$ исходной выборки была заранее определена априорная принадлежность к одному из классов.

Результат разбиения исходного множества на три класса ($m=3$) представлен на рис. 8.

Класс №1			Класс №2						Класс №3										
S1	S0	S5	S16	S14	S8	S4	S6	S17	S2	S12	S9	S13	S15	S18	S19	S3	S7	S11	S10
0	0	0	7	8	10	12	12	11	6	4	4	6	6	6	5	6	5	6	8
0	0	0	2	3	2	2	2	3	2	0	2	2	0	0	2	3	0	2	2
0	0	0	1	2	2	1	2	2	1	1	2	2	1	1	0	2	2	0	1
0	1	0	3	2	3	5	4	4	1	2	2	1	3	1	2	3	1	3	1
0	0	0	1	2	3	2	2	2	1	1	0	0	0	1	0	0	2	0	3
0	0	1	4	4	6	3	7	7	2	3	3	2	2	2	2	4	3	5	4
0	0	0	8	9	9	11	11	12	1	4	2	2	4	4	3	7	7	6	4
0	0	0	7	7	7	7	8	7	2	3	1	3	4	4	3	6	4	6	7
ИССОЖ=0.00 ИССОЖ=1.00 ИССОЖ=0.67			ИССОЖ=33.00 балла ИССОЖ=48.00 балла ИССОЖ=41.83 балла						ИССОЖ=16.00 балла ИССОЖ=30.00 балла ИССОЖ=21.27 балла										

■ Здоровое состояние
■ Поверхностный гастрит
■ Атрофический гастрит
■ Гипертрофический гастрит

Рисунок 8. Составы классов при $m=3$

При $m=3$ можно заметить, что полностью выделен класс здоровых пациентов (класс №1), в класс №2 попали больные с гипертрофическим и атрофическим гастритом, а в класс №3 – с атрофическим и поверхностным. Это позволяет сделать вывод, что атрофический гастрит у пациентов, попавших в класс №2, выражен ярче, чем у пациентов, попавших в класс №3. Выражаясь языком кластерного анализа, это значит, что области классов №2 и №3 частично перекрываются. Следовательно, необходимо ввести по крайней мере еще один класс, чтобы уменьшить эту область неопределенности, или увеличить количество объектов исходной выборки. Что касается ИССОЖ, то его значения близки тем, которые получены исследователями кафедры Факультетской терапии ТГМА (табл.2).

Таблица 2. Сравнение результатов по интегральному показателю

Методика ТГМА	Разработанный алгоритм
Здоровое состояние (ИССОЖ=1.00±0.36 балла)	Класс 1 (ИССОЖ=0,67 балла)
Период ремиссии (ИССОЖ=31.50±0.56 балла)	Класс 2 (ИССОЖ=21,27 балла)
Период обострения (ИССОЖ=45.46±0.80 балла)	Класс 3 (ИССОЖ=41,83 балла)

Произведен анализ предложенной методики классификации по признакам и методики кафедры Факультетской терапии ТГМА. Выявлено,

что методика классификации по признакам не противоречит методике ТГМА, и является более конкретизированной и точной.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ.

1. Обоснована актуальность решения задачи классификации заболеваний ЖКТ с использованием индексов состояния слизистой оболочки желудка. Проанализированы существующие алгоритмы решения задачи классификации многомерных объектов по их признакам.

2. Построена математическая модель заболевания ЖКТ послужившая основой для разработки классификатора многомерных объектов по признакам на заданное число классов.

3. В интегрированной среде разработки приложений Borland C++ Builder создано программное обеспечение, позволяющее осуществлять разбиение объектов на заданное число классов и реализующее двухэтапный алгоритм классификации.

4. Проведены исследования влияния критериев отнесения объекта к классу на результаты классификации, позволившие оценить эффективность разработанного алгоритма, путем сравнения полученных результатов с результатами работы классического алгоритма по нескольким критериям.

5. Проведена оценка практической значимости разработанного алгоритма для определения стадий развития заболеваний желудочно-кишечного тракта. Программное средство включено в систему поддержки принятия решений в АРМ – врача – клинициста по заболеваниям ЖКТ кафедры общefакультетской терапии Тверской Государственной Медицинской Академии и получило свидетельство № 2009611696 от федеральной службы Российской Федерации по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам о регистрации программы ЭВМ (автор Айисси Г.А).

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ РАБОТЫ

Журналы рекомендованные ВАК:

1. Айисси Г.А, Вероятностная модель медицинской диагностики [Текст] / Г.А. Айисси , Ю.Н. Матвеев// Международный журнал «Проблемы теории и практики управления». Международное научно-практическое приложение «Программные продукты и системы», № 2 (86), Тверь 2009, С.168-170.

2. Айисси Г.А. Классификация стадий развития заболевания желудочно-кишечного тракта // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009611696. –М.: Роспатент, 2009.

Публикации в других изданиях:

3. Айисси Г.А. Использование алгоритмов самоорганизации в задачах синтеза систем медицинского диагностирования.[Текст] / Г.А. Айисси, Р.Н. Филиппов. //Сборник статей международной научно-технической

конференции «Математические методы информационные технологии в экономике, социологии и образовании», Пенза 2008, С. 97-100.

4. Айисси Г.А. Способы аналитической обработки данных для поддержки и принятия решений.[Текст] /Г.А. Айисси // Сборник статей международной научно-технической конференции «Математические методы информационные технологии в экономике, социологии и образовании», Пенза 2006, С. 205-207.

5. Айисси Г.А. Применение нечеткой логики в медицине: определение болезни и состояния больного.[Текст]/ Г.А. Айисси // Сборник статей международной научно-технической конференции «Математические методы информационные технологии в экономике, социологии и образовании», Пенза 2007, С. 210-212.

6. Айисси Г.А. Математические методы и модели в маркетинге.[Текст]/ Г.А. Айисси // Сборник статей международной научно-технической конференции «Математические методы информационные технологии в экономике, социологии и образовании», Пенза 2006, С. 252-254.

7. Айисси Г.А. Математическое моделирование процессов, материалов и систем.[Текст]/ Г.А. Айисси // Сборник статей международной научно-технической конференции «Математические методы информационные технологии в экономике, социологии и образовании», Пенза 2008, С. 13-15.