

На правах рукописи



**Гилёв Денис Викторович**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ОКАЗАНИЕМ УСЛУГ  
МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
КОМИТЕТНОГО И ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ  
ЗАБОЛЕВАНИЙ**

Специальность 05.13.10 –  
«Управление в социальных и экономических системах»

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Челябинск - 2020

Работа выполнена на кафедре информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»

Научный руководитель: **Логиновский Олег Витальевич**  
доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»

Официальные оппоненты: **Столбов Валерий Юрьевич**  
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительной математики, механики и биомеханики ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»  
**Щепкин Александр Васильевич**  
доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУН Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

Защита состоится «08» февраля 2021 года в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.298.03 при ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. В.И. Ленина, 76, зал заседания ученого совета (ауд. 1007 главного корпуса).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)».

Сведения о защите, диссертация и автореферат диссертации размещены на официальном сайте ЮУрГУ <https://www.susu.ru/ru/dissertation/d-21229803/gilyov-denis-viktorovich>.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью, просим высылать по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И.Ленина, 76, ЮУрГУ, ученый совет, тел. (351) 267-91-23, факс (351) 265-62-05.

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор технических наук



А.В. Голлай

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В диссертационной работе изложены результаты исследований совершенствования методов управления оказанием услуг медицинских учреждений на основе использования комитетного и дискриминантного анализа для диагностики заболеваний. Исследованы теоретические аспекты метода комитетов, в частности, возможность сокращения комитета системы включений над плоскостью  $R^2$  и  $R^n$ . Применение указанного метода позволило повысить качество медицинской диагностики и улучшить эффективность управления процессом оказания медицинских услуг.

Диссертационная работа развивает идеи и разработки научной школы управления организационными и производственными структурами заслуженного деятеля науки РФ О.В. Логиновского. Работа базируется также на научных трудах заслуженного деятеля науки РФ Вл.Д. Мазурова и таких ученых, как М.Ю. Хачай, С.Н. Черников, К.С. Кобылкин и др.

**Актуальность темы.** В вопросах управления в социальных и экономических системах медицинская проблематика приобретает все большую значимость, а процессы диагностики заболеваний становятся наиважнейшей задачей самых различных учреждений здравоохранения. Неверная диагностика заболеваний приводит не только к тому, что лечение больного становится неэффективным, а иногда даже и вредоносным, но и ведет к значительному увеличению затрат, связанных с дорогостоящими процедурами проведения дальнейших анализов и лечения больного.

В подтверждении вышесказанного можно привести следующую статистику, а именно, уровень общей заболеваемости на 1000 жителей соответствующего возраста имеет тенденцию к росту на протяжении последних лет. Рост показателей заболеваемости наблюдается практически по всем классам болезней. В среднем по России первичная заболеваемость (по обращаемости за медицинской помощью) населения всеми болезнями в 2018-2019 гг. повысилась по сравнению с 2000 годом в 1,5 раза. По последним опубликованным Росстатом данным зарегистрировано более 240 миллионов случаев заболеваний. Это на 1,1% больше, чем в 2017 году, и на 4,8% больше, чем в 2010 году. По сравнению с 2000 годом (191,3 миллиона случаев) общее число зарегистрированных случаев заболеваний увеличилось на 24%, а по сравнению с 1990 годом (158,3) - на 50%.

При этом важно отметить, что диагностические ошибки составляют 34% от общего числа медицинских ошибок, которые наносят серьезный вред. 64% таких ошибок приводят к смерти или пожизненной нетрудоспособности пациентов. На их долю приходится 28% всех выплат по искам, связанным с врачебной халатностью. Выяснилось, что на «большую тройку» — сердечно-сосудистые заболевания, инфекции и рак — приходится 74,1% диагностических ошибок, которые приводят к необратимым серьезным нарушениям.

В связи с отсутствием детализации статистических данных в базах трудно оценить общие экономические потери от неправильной диагностики, но учитывая ее большой процент и высокую стоимость различных инструментальных и лабораторных методов (которые назначают по ошибке), лекарственных препаратов, можно в целом представить ситуацию и понять, что речь идет о миллионах долларов в год.

В связи с этим совершенствование методов управления оказанием медицинских услуг является остроактуальной задачей, от которой зависит эффективность деятельности отдельных медицинских учреждений и всей системы здравоохранения в целом.

Безусловно, в медицину вкладываются миллиарды средств, в том числе и в Российской Федерации. Существует ряд указов Президента, нацеленных на развитие

системы здравоохранения, в том числе на совершенствование системы оказания медицинских услуг и повышение продолжительности жизни россиян. В связи с этим разрабатываются не только новые лекарственные препараты, лабораторно-клинические аппараты, но и новые методы и механизмы улучшения качества оказания медицинских услуг. Также разрабатываются стратегии совершенствования управления медицинскими организациями, и исследуются методы повышения эффективности этого управления. При этом стоит отметить, что эффективность здесь оценивается в первую очередь, не столько с экономической точки зрения, а больше с позиции качества предоставленных услуг.

Для достижения целей по улучшению качества оказания медицинских услуг, а, следовательно, и для повышения эффективности управления медицинской организацией, необходимо использовать подход, учитывающий полный спектр имеющихся задач. Одной из важнейшей составляющей этого подхода является задача корректной всесторонней и своевременной диагностики.

Практическим применением теоретических разработок, связанных с методом комитетов, представленных в данной работе, является классификация головных болей напряжения и мигреней. Как известно, особую сложность представляют именно трудности различения видов головных болей. Согласно имеющимся научным исследованиям, в 80% случаев диагнозы по головным болям были поставлены неверно, так что задача их диагностики является актуальной и важной, ведь методы лечения такого рода заболеваний совершенно разные. Более того, сейчас по международным стандартам в медицине признаются только те исследования, которые имеют доказательность именно с точки зрения математики.

При классификации головных болей использовался метод комитетов для решения задачи дискриминантного анализа. Несмотря на имеющиеся наработки в данной теме, наличествуют еще некоторые теоретические аспекты метода комитетов, требующие проработки, например, вопрос о сократимости членов комитета, который и представлен в данной работе в качестве теоретической части. Также имеющиеся технологии диагностики не являются достаточными, поэтому научно-методическая и практическая часть диссертационной работы посвящена использованию метода комитетов для диагностики заболеваний, в нашем случае – первичных головных болей. В связи с этим предложенная тема исследования является важной и актуальной, решение которой требует разработки новых эффективных механизмов, решений, инструментов и технологий.

**Целью диссертационной работы** является разработка методов комитетного и дискриминантного анализа для их использования в диагностировании заболеваний, что в свою очередь позволяет усовершенствовать систему оказания медицинских услуг.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- произвести анализ существующих методов управления оказанием медицинских услуг в учреждениях здравоохранения;
- обосновать роль диагностики заболеваний как одного из важнейших элементов процесса оказания медицинских услуг, который главным образом влияет на их эффективность, а соответственно, и на эффективность деятельности медицинских учреждений в целом;
- проанализировать основные методы диагностики заболеваний, используемые на данный момент в медицинских учреждениях, выделить их достоинства и недостатки;
- рассмотреть основные математические методы диагностики заболеваний, оценить возможность применения комитетных и дискриминантных методов;

- в рамках использования комитетных методов предложить способ снижения размерности задачи, способствующий сокращению количества факторов, необходимых для диагностики заболеваний;

- разработать методические положения по использованию усовершенствованного в диссертационной работе метода комитетов и дискриминантного анализа для решения задачи диагностики первичных головных болей;

- сформулировать рекомендации об использовании предложенных в диссертационной работе методов комитетного и дискриминантного анализа для улучшения диагностики заболеваний и повышения эффективности оказания медицинских услуг в практике работы медицинских учреждений.

**Объектом исследования** является процесс управления оказанием медицинских услуг в учреждениях здравоохранения.

**Предметом исследования** выступают методы диагностики заболеваний, которые главным образом влияют на эффективность работы медицинских учреждений.

**Методы исследования** базируются на теории управления в социальных и экономических системах, дискриминантного анализа, решения систем линейных уравнений, в том числе несовместных, комитетных методов, методов математического программирования, а также теории искусственного интеллекта.

**Тематика работы.** Содержание диссертации соответствует следующим пунктам области исследования Паспорта специальности ВАК РФ 05.13.10 «Управление в социальных и экономических системах»:

п.1. Разработка теоретических основ и методов теории управления и принятия решений в социальных и экономических системах.

п.2. Разработка методов формализации и постановка задач управления в социальных и экономических системах.

п.4. Разработка методов и алгоритмов решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах.

п.5. Разработка специального математического и программного обеспечения систем управления и механизмов принятия решений в социальных и экономических системах

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в следующем:

1) выполнен анализ актуальных методов и механизмов управления оказанием медицинских услуг, используемых на практике в различных медицинских учреждениях;

2) обоснован взгляд на роль диагностики заболеваний как одного из важнейших компонентов процесса управления оказанием медицинских услуг;

3) разработан качественно новый метод на основе комитетного анализа, позволяющий уменьшить количество факторов, необходимых для диагностики заболеваний, и в этой связи способствующий совершенствованию методов управления оказанием медицинских услуг;

4) разработаны методические положения по развитию механизмов управления оказанием медицинских услуг за счет внедрения системы подготовки принятия решения, реализованного посредством методов комитетного и дискриминантного анализа в диагностику заболеваний;

5) показано использование усовершенствованного в диссертационной работе метода комитетов и дискриминантного анализа для решения задачи диагностики первичных головных болей.

**Практическая значимость диссертационного исследования** состоит в том, что автором предложены и реализованы на практике методы управления оказанием услуг медицинских учреждений за счет внедрения комитетного и дискриминантного анализа для диагностики заболеваний, предложена методика по совершенствованию методов диагностики заболеваний, и, как следствие, по развитию методов управления оказанием

медицинских услуг, а также представлены рекомендации по использованию усовершенствованных методов для классификации первичных головных болей.

Разработанные в диссертационной работе основные научные положения и рекомендации практического характера могут, по мнению автора диссертации, найти применение не только для диагностирования головных болей, но и других социально-значимых заболеваний; более того, использование указанных методов возможно не только в управлении оказанием медицинских услуг и в целом в здравоохранении, но и в управлении в иных социальных и экономических системах.

#### **Реализация и внедрение результатов работы**

Научные положения и разработки диссертационного исследования предложены для использования рядом медицинских учреждений Челябинской и Свердловской областей.

**Апробация работы.** Научные положения и разработки автора, а также основные результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на следующих научно-технических и практических конференциях и семинарах:

Семинар отдела математического программирования Института математики и механики им. Н. Н. Красовского УрО РАН (Екатеринбург, УрО РАН, 2018);

Третья ежегодная научная конференция консорциума журналов экономического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, МГУ, 2019);

I Всероссийская научно-практическая конференция "Перспективы развития экономики здоровья" (Уфа, БашГУ, 2019);

Семинар лаборатории международной и региональной экономики института управления и экономики УрФУ "Моделирование сбалансированного технологического и социально-экономического развития в России и мире" (Екатеринбург, УрФУ, 2020);

Семинары кафедры информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах Высшей школы электроники и компьютерных наук ЮУрГУ (Челябинск, 2018, 2019, 2020 гг.).

**Публикации.** По теме диссертационного исследования опубликовано 26 научных работ, в том числе 6 статей – в изданиях из Перечня ВАК, 14 статей – в изданиях, индексируемых в международных базах Scopus/Web of Science, 6 статей - в других научных изданиях и сборниках трудов.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав и заключения, содержащего основные выводы и результаты, а также списка литературы из 194 наименований; содержит 133 страниц основного текста, 10 рисунков, 3 таблицы.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Результаты анализа методов и механизмов управления оказанием медицинских услуг, используемых на практике в различных медицинских учреждениях.

2. Обоснование роли диагностики заболеваний как одного из важнейших компонентов процесса управления оказанием медицинских услуг.

3. Метод на основе комитетного анализа, способствующий сокращению количества факторов, необходимых для диагностики заболеваний, который способствует совершенствованию методов управления оказанием медицинских услуг.

4. Методические положения по развитию методов управления оказанием медицинских услуг за счет внедрения методов комитетного и дискриминантного анализа в диагностику заболеваний.

5. Результаты внедрения, разработанных в диссертации подходов и методов управления оказанием медицинских услуг на практической задаче диагностирования первичных головных болей.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** приводится обоснование актуальности темы исследования, цели и задачи работы, объект, предмет и методы исследования, научная новизна работы, практическая значимость результатов диссертации, а также представлены сведения об апробации работы и публикации основных научных положений и результатов в открытой печати.

**В главе 1** диссертационной работы выполнен анализ существующих методов управления оказанием медицинских услуг в учреждениях здравоохранения, обосновывается роль диагностики заболеваний как одного из важнейших элементов процесса оказания медицинских услуг.

Теория управления оказанием медицинских услуг основана на общих принципах управления, которые полезно рассмотреть с медицинской точки зрения. Некоторые из развитых современных подходов можно применить и в области здравоохранения, хотя и стоит отметить, что данная область является несколько специфичной, поскольку она связана напрямую с наивысшей степенью важности – человеческой жизнью. В то же время процессы оказания медицинских услуг реализуются в условиях экономических кризисов, недостаточного финансирования, ухудшения уровня жизни населения регионов Российской Федерации, что требует совершенствования существующих и разработки новых методов процессного управления оказанием медицинских услуг учреждениями отечественного здравоохранения, позволяющих осуществлять управление в условиях неопределенности и недостаточной обеспеченности ресурсами, а также эффективно решать задачи снижения рисков, в том числе связанных с негативным влиянием человеческого фактора.

Среди категорий процессов оказания медицинской помощи в учреждениях здравоохранения главным образом выделяют шесть основных.

В первую очередь, когда пациент обращается за медицинской помощью, происходит его клиническое обследование. Оно заключается в сборе анамнеза, который может проводиться посредством опроса больного, так и его общего осмотра (пальпация; перкуссия; аускультация), а также, если необходимо, в направлении на специальный осмотр узконаправленному специалисту.

Затем, вторым порядком, идет процесс диагностирования заболевания, исходя, в том числе, из данных опроса и осмотра, а также клинических, лабораторных, параклинических и иных обследований.

В качестве третьего процесса отдельно выделяют непосредственно постановку диагноза. Особо стоит отметить, что этот процесс отличается от второго тем, что диагностирование – это именно обследование, то есть, иными словами, получение данных при помощи каких-либо механизмов (анализ крови, ультразвуковое исследование, магнитно-резонансная томография и другие). А третий процесс характеризуется именно постановкой диагноза по совокупности данных (анатомических, этиологических, патогенетических, симптоматических и социальных факторов), собранных на первых двух этапах.

Четвертый процесс является факультативным и присутствует при обнаружении непонятной этиологии заболеваний либо в иных нестандартных ситуациях. Заключается он в проверке диагноза, в его уточнении посредством дополнительных обследований, в том числе дорогостоящих, высокотехнологичных.

Пятый процесс – это подбор лекарственных средств и дозировок в соответствии со стандартами лечения; а также назначение спектра лечебно-профилактических мероприятий, начиная от физиотерапии, заканчивая высокотехнологичными хирургическими операциями; и, в конечном счете, предписание рекомендаций.

Шестой процесс заключается в ведении фиксирующей документации – амбулаторной карты; листка временной нетрудоспособности; выписка рецептов.

Во всех шести описанных процессах особо важным является процесс постановки диагноза. Если он выполнен с ошибками, неточностями, в результате которых установлен неверный диагноз, то последующие процессы будут скорее всего не только неэффективными и бесполезными, но и вредоносными для пациентов и всей медицинской организации. Действительно, неверно поставленный диагноз, как правило, влечет за собой неадекватное лечение, назначение неверных лекарственных средств и лечебно-профилактических мероприятий, что может привести к значительному ухудшению состояния больного и даже к его смерти с одной стороны, а также к увеличению стоимости лечения и иных затрат, с другой.

Безусловно, нельзя оставлять без внимания и все остальные процессы, первые два важны и неразрывно связаны с корректной постановкой диагноза, но тем не менее, даже если они выполнены на высшем уровне, в большинстве случаев возможны ошибки в постановке диагноза. Это происходит по разным причинам, основными из которых можно выделить:

- плохой сбор анамнеза (хотя это относится к первому процессу), недостаточное осмысление его и использование в диагнозе (это уже непосредственно третий процесс);
- недостоверность объективного обследования больного (это касается второго процесса) и неправильная интерпретация его результатов (и вновь относится к третьему процессу);
- недостаточность лабораторного и инструментального исследования, неправильное использование результатов этого исследования (также превалирует в третьем процессе);
- недостаточность методов диагностирования в общем (также является недостатком третьего процесса);
- неполноценное обобщение данных обследования больного, а также неумелое их использование применительно к особенностям течения болезни;
- длительное бессимптомное течение болезни;
- тяжелое состояние больного, затрудняющее его обследование;
- редкость заболевания или атипичное его течение.

Также, несмотря на рассмотренные процессы, необходимо учитывать и иные медицинские ошибки. К таковым относятся:

- лечебно-технические (недостаточное для постановки правильного диагноза обследование пациента);
- диагностические (неправильный диагноз);
- организационные (плохо организованы рабочее место и процесс лечения);
- лечебно-тактические (неверный выбор средств и методов лечения заболевания);
- ошибки в поведении;
- неправильное ведение документации.

Таким образом, в процессе оказания медицинской помощи особое внимание необходимо уделять именно постановке диагноза, а для этого необходимо, чтобы все процессы управления оказанием медицинскими услугами были хорошо отлажены. В целом управление оказанием медицинской помощи является центральным ядром функционирования любой организации здравоохранения. Как объект управления, процесс оказания медицинской помощи является динамично развивающейся системой, все элементы которой взаимосвязаны и взаимозависимы. Они требуют четкого и целенаправленного взаимодействия администрации и персонала каждого отделения.

Для достижения эффективности управления оказанием медицинских услуг некоторые авторы предлагают использовать процессный подход.

Эффективное управление на любом уровне невозможно без тщательной проработки этой проблемы. Можно выделить следующие составные части совершенствования управления:

- формирование современной методологии управленческих процессов;
- рациональное построение информационного обеспечения управления;
- применение передовых технологий информатизации и математических методов.

Системный подход к управлению в современном здравоохранении предполагает сочетание и единство рыночных, административных, технологических методов, направленных на достижение цели здравоохранения: оказание доступной, квалифицированной и бесплатной медицинской помощи населению.

Еще один подход, применяемый для управления оказанием медицинской помощи – принцип декомпозиции. Сущность этого метода состоит в том, что каждый процесс может быть разбит на некоторое количество под-процессов, выполнение которых приводит к получению на выходе определенного продукта или услуги с заданными параметрами (свойствами), определяемыми соответствующими регламентами. Такой метод как раз можно применить к процессу постановки диагноза, что позволит конкретизировать и локализовать цели и задачи, определить владельцев процедур.

В результате всего сказанного выше необходимо резюмировать, что точный диагноз возможно поставить только при соблюдении ряда условий. В частности, к таким условиям относятся метод исследования и контроля непосредственно за самим процессом. Наиболее приемлемым нам представляется математический подход. Данный подход будет иметь одинаковую эффективность как при решении сложных вопросов при создании врачом соответствующего алгоритма по определению точного диагноза, так и при элементарных легких алгоритмах. Также необходимо отметить, что если количество вариантов постановки диагноза (симптомов) слишком велико, то врачам необходимо использовать компьютерные технологии, так как от этого напрямую зависит быстрота постановки диагноза и эффективность от раннего начала лечения.

При этом нельзя не отметить и успехи в применении математических методов для решения дифференциальной диагностики. К числу численных методов дифференциальной диагностики относится статистический дискриминантный анализ. Его суть – решение двух подзадач дискриминантного анализа, а именно: задача выбора информативных признаков и задача обучения дискриминантного анализа. Теория говорит о том, что указанные две задачи сводятся к системам линейных уравнений, однако не всегда имеющим решения. В этом случае используют понятие комитета, который позволяет провести классификацию с минимальными потерями. Понятие комитета было рассмотрено как для решения задач дискриминантного анализа с двумя непересекающимися классами, так и для задач с произвольным числом классов. Также было отмечено, что в задачах с большими размерностями (с большим количеством факторов) могут возникнуть некоторые проблемы, поэтому необходимо разработать аппарат, позволяющий сокращать количество членов комитета, что позволит классифицировать материал обучения с наименьшей ошибкой. В целом можно сделать вывод, что метод комитетов необходимо внедрять в научно-исследовательскую и лечебно-профилактическую деятельность с целью обеспечения более высокого качества диагностики заболеваний.

**Во второй главе** диссертационной работы в рамках использования комитетных методов сначала задача диагностики заболеваний представляется в виде задачи дискриминантного анализа, которая в свою очередь при необременительных условиях сводится к системе линейных неравенств. В этом случае указывается несовместность системы, но существует возможность определить некоторое её «обобщенное» решение в виде комитета.

В главе рассматриваются некоторые теоретические аспекты метода комитетов, имеющие применение в медицинской диагностике. Основной темой является возможность сокращения комитета.

Вначале приводятся несколько необходимых для дальнейшего сведений относительно понятия сократимости комитета.

Пусть во множестве  $X$  заданы подмножества  $D_1, D_2, \dots, D_m$ . Рассмотрим систему включений  $x \in D_j \quad (j \in N_m)$  (1). Здесь и далее через  $N_m$  обозначается множество  $\{1, 2, \dots, m\}$ . Систему  $x \in D_j \quad (j \in J)$  (2) для произвольного  $\emptyset \neq J \subseteq N_m$  назовем подсистемой с индексом  $J$  системы (1). Подсистема (2) называется несовместной, если  $\bigcap_{j \in J} D_j = \emptyset$ .

В соответствии с этим определением можно рассматривать *максимальные* (по включению) *совместные подсистемы* и *минимальные* (по включению) *несовместные подсистемы* системы (1).

**Определение 1.** *Комитетом системы (1) называется конечная последовательность (набор)  $Q = \{x^1, \dots, x^q\}$ ,  $x^i \in X$ , такая что  $|\{i : x^i \in D_j\}| > \frac{q}{2}$  для каждого  $j \in N_m$ .*

**Определение 2.** *Комитет  $Q = \{x^1, \dots, x^q\}$ ,  $x^i \in X$  системы (1) называется несократимым, если для любого  $Q' \subseteq Q$  такого, что  $Q' \neq Q$ ,  $Q'$  не является комитетом системы (1). В противном случае комитет  $Q$  называется сократимым.*

**Определение 3.** *Минимальным называется комитет с минимально возможным для данной системы числом членов.*

Далее, пусть задана система (1) и набор  $Q = \{x^1, \dots, x^q\}$ ,  $x^i \in X$ . Рассмотрим матрицу  $A = \{a_{ij}\}$  размера  $m \times q$ , элементы которой определим следующим образом:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } x^j \in D_i, \\ -1, & \text{если } x^j \notin D_i. \end{cases}$$

Матрицу  $A$  будем называть *характеристической матрицей* данного набора  $Q$ . Обозначим через  $b^1, \dots, b^q \in \mathbb{R}^m$  столбцы  $A$ .

Почти всюду в дальнейшем мы будем рассматривать частный случай системы (1) – систему (3) строгих линейных неравенств:  $(c_j, x) > 0 \quad (j \in N_m)$ , где  $x, c_j \in \mathbb{R}^n$ . В соответствии с определением 1, комитетом системы (3) называется такое конечное множество (набор)  $K \subset \mathbb{R}^n$ , что каждому ее неравенству удовлетворяет более половины элементов множества  $K$ .

Рассмотрим комитеты систем линейных неравенств над пространством  $\mathbb{R}^2$ . Пусть задана система  $(c_j, x) > 0 \quad (j \in N_m)$  (4), где  $x, c_j \in \mathbb{R}^2$  и среди векторов  $c_j$  нет нулевых и противоположно направленных, то есть система (4) комитетно разрешима. В диссертационной работе показано, что несократимый комитет, вообще говоря, не является минимальным, однако если рассматривать систему (2), то можно указать условия, когда несократимый комитет является минимальным. Эти условия сформулированы в следующей теореме.

**Теорема 1.** *Любой комитет системы (4) над  $\mathbb{R}^2$  либо содержит в качестве собственного подмножества некоторый комитет, представляющий собой минимальный, либо является таковым.*

Таким образом, над пространством  $R^2$  комитет является несократимым тогда и только тогда, когда он совпадает с некоторым минимальным комитетом. Отсюда, в частности, следует, что в несократимом комитете системы (4) присутствует не более  $t$  членов.

**Замечание 1.** В пространствах, большей размерности, чем  $R^2$ , теорема 1 может не выполняться. Для того, чтобы это показать, достаточно привести пример в пространстве  $R^3$ , или по-прежнему в  $R^2$ , но только если в качестве разделяющих брать не линейные, а аффинные функции. Приведем два примера на рис. 1.

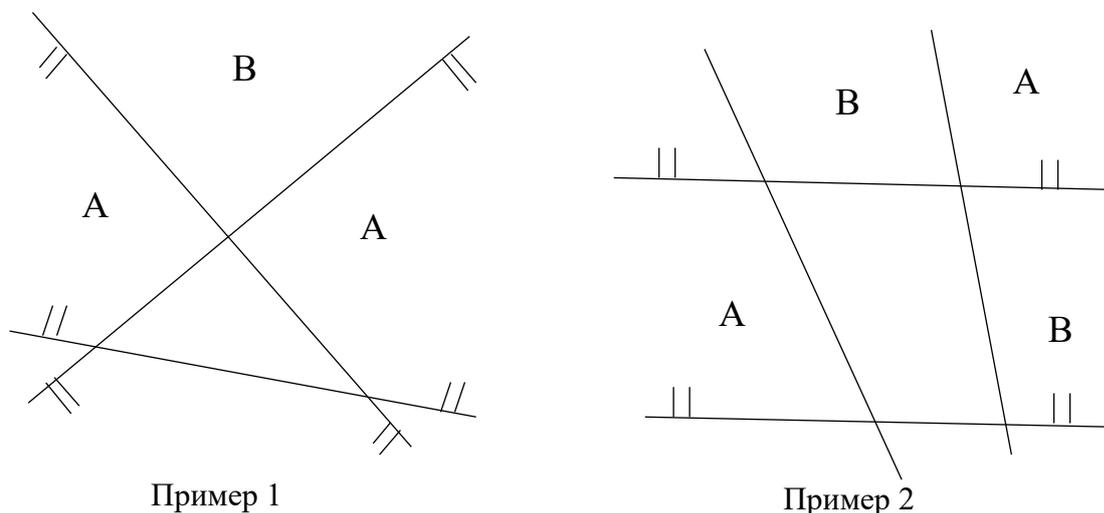


Рис. 1. Примеры

В обоих случаях комитеты несократимы, в то же время, в первом примере множество  $A$  и  $B$  аффинно-разделимы, а во втором существует минимальный комитет, состоящий из трех членов.

Далее приведем еще одно свойство сократимого комитета в  $R^2$ .

**Теорема 2.** Пусть  $Q = \{x^1, \dots, x^q\}$  – комитет системы (4),  $q$  – некоторое четное число. Тогда если  $Q$  сократим, то существуют такие номера  $s$  и  $r$ , что  $Q \setminus \{x^s, x^r\}$  – комитет системы (4).

**Замечание 2.** Из двух приведенных теорем вытекает возможный алгоритм построения минимального комитета в двумерном случае, состоящий из двух этапов. На первом этапе с помощью какого-нибудь известного простого алгоритма строим произвольный комитет системы. На втором этапе, последовательно сокращаем полученный комитет на 2 члена до тех пор, пока не получим несократимый комитет, который по теореме 2, будет являться минимальным комитетом системы (4).

Таким образом, в случае с комитетом линейной системы в  $R^2$  ситуация проста. Однако напрямую предложенный алгоритм поиска минимального комитета в  $R^n$  применить нельзя. Более того, приведем простой пример, когда метод исключения любого неизвестного приводит систему, имеющую комитет, к системе без комитета.

**Пример** в пространстве  $R^n$ :

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + \dots + x_{n-1} > 0, \\ -x_1 - x_2 - \dots - x_{n-1} + x_n > 0, \\ -x_n > 0. \end{cases}$$

Для наглядности, рассмотрим **пример** в пространстве  $R^3$ :

$$\begin{cases} x_1 + x_2 > 0 \\ -x_1 - x_2 + x_3 > 0 \\ -x_3 > 0 \end{cases}$$

$K = \left\{ \left(1; -\frac{1}{2}; 1\right)^T; (-1; -1; -1)^T; (2; 0; -1)^T \right\}$  - комитет системы.

Тем не менее, после проектирования на плоскость  $L: x_1 - x_2 - x_3 = 0$  векторы нормалей превращаются в  $\hat{a} = (1; 1; 0)$ ,  $\hat{b} = (-2/3; -4/3; 2/3)$ ,  $\hat{c} = (1/3; 1/3; -2/3)$ , а в базисе  $s_1 = (1; 1; 0)$ ,  $s_2 = (0; -1; 1)$  этой плоскости  $L$  система превращается в следующую:

$$\begin{cases} u_1 > 0 \\ -u_1 + u_2 > 0 \\ -u_1 - 2u_2 > 0 \end{cases},$$

которая комитет уже имеет.

Проекция на плоскость  $L$  задается соотношением

$$P_L(z) = (E - A^T(AA^T)^{-1}A) \cdot z, \text{ где } A = (1; -1; -1)$$

Таким образом, стоит вопрос, как в общем случае строить преобразование  $F$  из  $R^n$  в  $R^2$ . Рассмотрим вопрос о сократимости комитетов системы (3), получающихся в результате применения некоторых известных алгоритмов.

Рассмотрим алгоритм построения комитета, в котором применяется следующий метод проектирования на плоскость. Системе (3) ставится в соответствие система  $(c_j F, y) > 0$  ( $j \in N_m$ ), (5), где  $F$  – линейное отображение из  $R^n$  в  $R^2$ , такое, что система (5) не противоречива. Тогда, если  $K = \{y^1, \dots, y^q\}$  – комитет системы (5), то множество  $Q = \{y^1 F^T, \dots, y^q F^T\}$  является комитетом системы (3), так как  $(c_j F, y^i) = (c_j, y^i F^T)$ .

Из последнего равенства следует, что у комитетов  $R$  и  $Q$  одинаковые характеристические матрицы. Таким образом, комитет  $Q$  будет несократимым тогда и только тогда, когда  $K$  – минимальный комитет системы (5) согласно теореме 2.

Рассмотрим теперь алгоритм построения комитета системы (3), основанный на доказательстве теоремы существования. Он заключается в следующем. Для каждого вектора  $c_j$  ищется точка  $x^j$  такая, что  $(c_j, x^j) = 0$ , ( $i \neq j$ ). Тогда множество  $Q = \{x^1 + \varepsilon e_1, -x^1 + \varepsilon e_1, \dots, x^m + \varepsilon e_m, -x^m + \varepsilon e_m\}$  при достаточно малом  $\varepsilon$ , является комитетом системы (3). Справедливо следующее

**Утверждение.** Полученный комитет  $Q$  сократим не менее чем на  $m$  членов.

**Замечание 3.** Из доказанного утверждения вытекает простой алгоритм построения комитета системы (3) с числом членов, не превосходящим числа неравенств в системе. Это дает еще одно доказательство теоремы об оценке числа членов минимального комитета. Более того, эту оценку можно несколько уточнить, а именно, справедлива следующая теорема.

**Теорема 3.** (достаточное условие несократимости). Если система линейных неравенств  $A^T x > \Theta$  имеет решение  $x \in R^n$  такое, что  $x \geq \Theta$ , то  $A$  несократима.

Таким образом, во второй главе показано, что качество комитета улучшается при уменьшении числа его членов. Рассмотрен метод снижения размерности задачи, способствующий сокращению количества факторов, необходимых для диагностики заболеваний. Математически метод рассматривает сокращение числа членов комитета, а именно – первично обсуждается частный случай линейной системы неравенств, на основании которого строится теория сократимости комитета.

**В главе 3** приводятся методические положения и рекомендации по применению методов комитетного и дискриминантного анализа в диагностике заболеваний как одного из элементов методов управления оказанием медицинских услуг учреждениями здравоохранения. В главе рассматривается возможность использования циклической динамики противоречивой задачи выбора стратегии решения и диагностики, а также описывается реализация метода поиска скрытых причин наблюдений.

При диагностики заболеваний нередко встречаются ситуации, когда постановка диагноза затруднена за счёт слишком общей картины симптомов. Для устранения описанной проблемы предлагается новая процедура латентного анализа, зависящая от некоторого заранее выбранного класса функций  $F$  из  $\{R^m \Rightarrow R\}$ . Метод можно использовать в различных медицинских исследованиях факторов заболеваний, в том числе сосудистых и неврологических.

Предположим, что получен материал наблюдений в виде таблицы объект\ признак:

$$A = [c_1 \dots c_m]^T = [a_1 \dots a_n].$$

Здесь  $T$  - знак транспонирования,  $c_j$  – вектор – строка – описание  $j$  – го объекта,  $a_i$  – вектор – столбец значений  $i$  – го признака на объектах.

Используем  $f \in F$ , где функция  $f$ , вначале неизвестная, определяет в результате анализа форму кластера. Записываем систему

$$f(a_i) > 0 \quad (i=1, \dots, n).$$

Если система совместна, то считаем, что имеется только одна латентная переменная – она является комбинацией совокупности всех признаков. Однако, как правило, эта система несовместна. В таком случае выбираем решения максимальных по включению совместных подсистем этой системы – от каждой подсистемы по одному решению.

Получаем набор  $f_1, \dots, f_q$ . Для  $f_k$  кластер переменных  $G_k = \{i: f_k(a_i) > 0\}$ . Тогда соответствующий латентный фактор – комбинация признаков, входящих в  $G_i$ .

Класс  $F$  выбирается в соответствии с содержательным смыслом кластеров. Как правило, в этом классе,  $f(x) = xQx^T + b$  – квадратичная функция.

Как было замечено ранее, задачи прогнозирования могут быть неформализованными. Эффективным методом учета неформализованных ограничений в задачах математического программирования и распознавания образов является математический аппарат дискриминантного анализа и таксономии; в частности, метод комитетов. Для несовместных систем ограничений метод комитетов предлагает использовать вместо понятия решения системы некоторое его обобщение – консилиум векторов, реализующий понятие «размытого» решения. Также здесь необходимо использовать метод дискриминантного анализа.

Имеется показатель  $y^i$  – степень головной боли. Для каждого  $i$ -ого пациента имеем вектор состояний  $x^i = (x^1, \dots, x^n)$  (где  $j=1, \dots, n$  – индикатор принадлежности к тому или иному состоянию).

Хотим построить разделяющую кривую, которая бы выделила две группы: пациентов со слабой головной болью и с сильной болью.

То есть имеем два множества:

$$\{[x^i, y^i] : i, y^i < f(x^i)\} \subset A,$$

$$\{[x^i, y^i] : i, y^i > f(x^i)\} \subset B.$$

Таким образом имеем задачу дискриминантного анализа:

$$\text{Arg ДА}(A, B, F) = f.$$

Процедура латентного анализа и иные описанные выше методы могут быть использованы для выявления факторов заболевания первичными головными болями, в том числе головными болями напряжения и мигренями (с аурой и без ауры), инсультами, транзиторно-ишемическими атаками.

Главным результатом, полученным в главе 3, является алгоритм управления диагностикой заболеваний, включающий в себя качественно новые блоки, предписывающие использование некоторого помощника врача – системы подготовки принятия решений, основанной на методах комитетного и дискриминантного анализа, усовершенствованных автором диссертации.

Непосредственно процесс управления диагностикой можно алгоритмизировать и описать схемой, представленной на рис 2. В данной схеме в двойных рамках указаны процессы, а в одинарных – результат процесса.

Обычно процесс диагностирования заболевания осуществляется следующим образом: врач собирает анамнез, проводит осмотр пациента, и на основе собранной информации ставит предварительный диагноз, либо делает вывод о невозможности постановки диагноза по имеющимся данным, либо рассматривает несколько диагнозов, которые могут соответствовать имеющимся характеристикам. Затем во всех трёх случаях (иногда, за исключением первого) назначаются клинические, инструментальные, функциональные исследования, которые на следующем этапе во втором и третьем случаях далеко не всегда, как это было проанализировано в главе 1 диссертационной работы, дают эффективные результаты, либо вовсе не являются необходимыми. В связи с этим необходимо внести корректировки в процесс диагностики. Для этой цели автором диссертации предлагается алгоритм управления процессом диагностики заболевания, который изображен на рис. 2. Представленный алгоритм состоит из нескольких этапов, два из которых добавлены автором диссертации. Опишем подробнее каждый этап по отдельности.

Первый этап диагностики заключается в определении жалоб, особенностей течения болезни, который является весомым, и требует проведения всестороннего опроса, при котором необходимо проявлять особую внимательность к деталям, грамотно оформлять полученную информацию.

На втором этапе необходимо провести тщательный анализ собранных сведений, сгруппировать характеристики в логическом порядке, описать полученную информацию в кратком виде. Установить временные характеристики каждого симптома для понимания истории заболевания, при этом обращая внимание не столько на хронологические перечисления посещений медицинских учреждений, сколько на факторы, которые позволят описать динамику развития болезни с момента возникновения ее первичных признаков до возникновения характерных клинических симптомов. При этом необходимо обязательно обратить внимание на условия труда и быта больного, качество его питания, состава вредных привычек, а также особенности течения заболевания. Затем необходимо осуществить конкретизацию всей совокупной информации с учетом имеющихся жалоб и особенностей течения болезни.

Результатами второго этапа может служить одна из трёх ситуаций.

1) Собранная информация позволяет однозначно поставить предварительный диагноз, но при этом могут потребоваться некоторые специфичные для данного диагноза дополнительные методы диагностирования с целью уточнения клинической картины, детализирования течения болезни и её отдельных проявлений, которые на следующем этапе могут подтвердить предварительный диагноз. Это позволит поставить развернутый окончательный клинический диагноз и уже назначить соответствующее лечение. В случае, если предварительный диагноз не подтверждается, то по сути мы оказываемся во второй или третьей ситуациях.

2) Отсутствие предварительного диагноза. Подобная ситуация типична для процесса диагностирования и возникает не реже, чем остальные. Происходит это, как правило, из-за противоречивости, размытости или недостаточности собранных сведений, которые не соответствуют ни одному конкретному заболеванию, описанному в международной

классификации болезней в силу слишком общих симптомов. В этом случае необходимо продолжить диагностирование с помощью клинических, лабораторных, параклинических методов, но особенность состоит в том, что врач находится по сути в условиях неопределенности. Безусловно, простейшие анализы провести необходимо, но они могут не прояснить ситуацию, и в таком случае, как правило, и проявляется недостаточность методов диагностики. Врач вынужден назначать дорогостоящие клинические и лабораторные методы, которые часто не оправдывают себя и не дают никаких результатов, а приводят лишь к ухудшению (или в лучшем случае не улучшению) состояния пациента, к увеличению стоимости затрат диагностирования, и удорожания лечения в целом. В конечном счете либо пациент долгое время остается без диагноза, что приводит к запущению болезни, а в дальнейшем и к трудностям ее лечения, либо к постановке неверного или несоответствующего международной классификации болезни диагноза ради заполнения отчётности. Подобное происходит и при постановке диагноза в случае головных болей. Здесь можно применить предложенный автором диссертации в пункте 2 главы 3 метод поиска скрытых причин наблюдений (латентный анализ), основанный на комитетном и дискриминантном анализе. После применения вышеуказанного метода будут выявлены новые характеристики болезни, при анализе которых можно будет поставить предварительный диагноз, и мы оказываемся в первой ситуации, либо несколько подходящих диагнозов, что соответствует третьей ситуации.

3) Наличие нескольких подходящих диагнозов. Такая ситуация возникает не так редко, как может показаться. Особенно это касается неврологических заболеваний, например, головных болей, которых существует порядка 200 видов и для указания верного в большинстве случаев не существует инструментальных, функциональных и клинических методов. Возникает это как правило из-за противоречивых, излишних сведений, которые соответствуют самым разным заболеваниям. Безусловно, данная ситуация для врача является лучшей, чем вторая, но именно на нее приходится наибольшая доля ошибок в диагностике. В этом случае используется метод дифференциальной диагностики, заключающийся в повторном опросе, осмотре пациента, изучении его истории болезни, назначению дополнительных клинических, функциональных и лабораторных анализов, которые в некоторых случаях являются избыточными и даже вредоносными для больного, а также увеличивают общую стоимость лечения болезни, и как правило, увеличивают издержки учреждения здравоохранения в целом. Более того, в результате после проведения дополнительных исследований, которые не дают ответа, врач вынужден либо вновь вернуться к исследованию всех факторов, либо, что чаще бывает, выбрать тот, который ему кажется наиболее подходящим или легко излечимым. Разрешить подобную ситуацию можно, используя методы дискриминантного анализа, которые позволят выяснить нужный диагноз с помощью отнесения факторов к тому или иному заболеванию. Однако часто здесь возникает ситуация, связанная с противоречивостью данных, которые не позволяют решить задачу дискриминантного анализа стандартными методами. В этом случае можно использовать актуальные математические методы, такие как деревья решений, метод опорных векторов, нейронные сети, но которые являются плохо интерпретируемыми и сложными в восприятии, поэтому в главе 2 предложен метод комитетов, который усовершенствован автором диссертации с целью снижения размерности задачи, способствующей сокращению количества факторов, необходимых для диагностики заболеваний. Указанный метод позволяет устранить противоречивость данных и однозначно поставить диагноз, некоторые особенности которого в последствии можно уже выявить путем иных стандартных клинических или инструментальных методов.

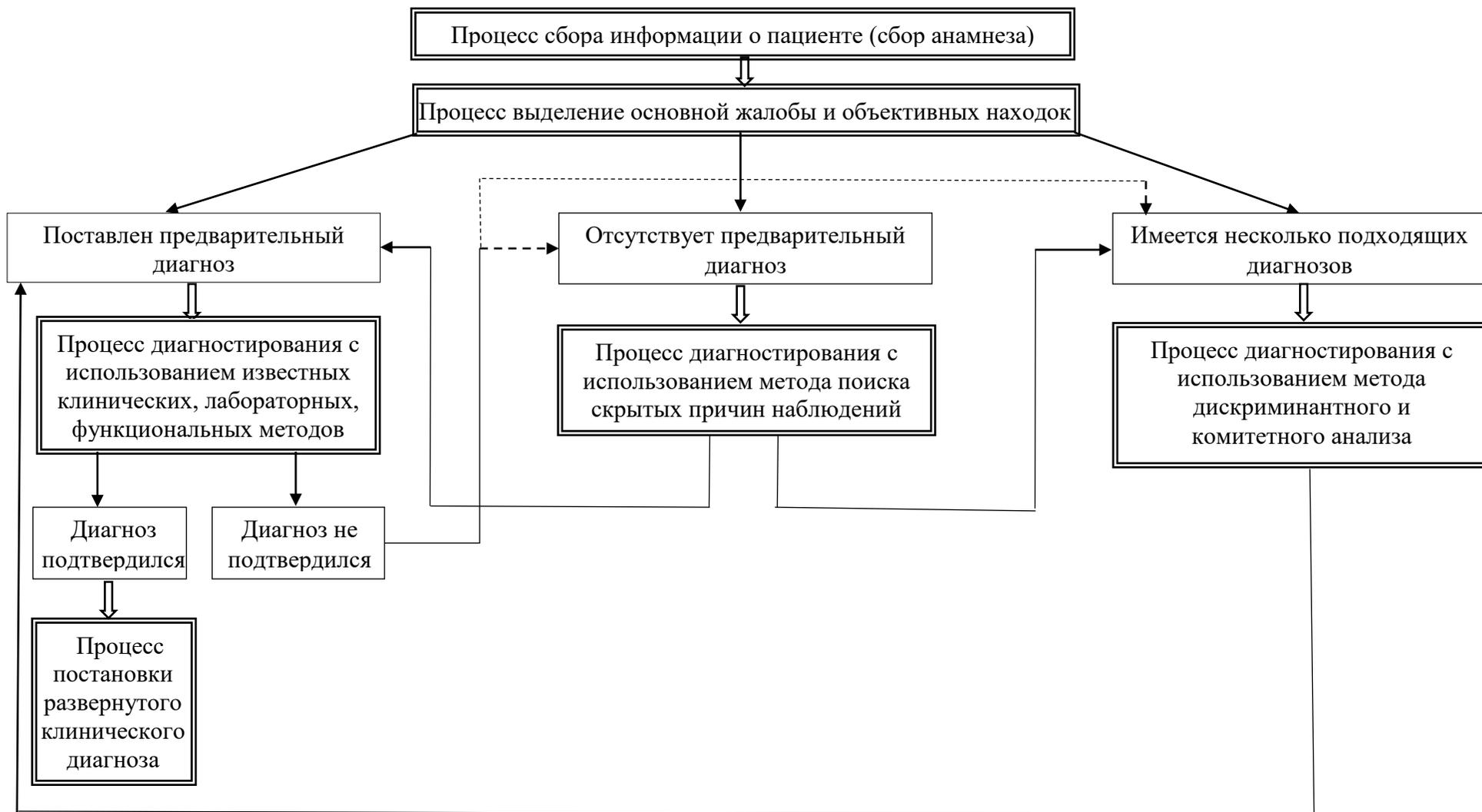


Рис 2. Алгоритм управления процессом диагностики заболевания

Таким образом, процесс диагностики нуждается в чётком рациональном управлении, в третий этап которого автор диссертации включает блок, связанный с методами комитетного и дискриминантного анализа. Использование указанных методов позволит быстрее поставить диагноз, назначить, если необходимо, верные дополнительные инструментальные методы (либо, наоборот, отказаться от таковых), прописать адекватное лечение.

В итоге включения нового блока в алгоритм управления процессом диагностики с использованием разработанных в диссертационной работе методов можно добиться следующих результатов:

1) улучшить качество оказания медицинской помощи за счёт своевременной постановки диагноза, назначением верного лечения и достижения относительно быстрого выздоровления пациента, тем самым добившись основной задачи учреждения здравоохранения – сохранения здоровья и человеческой жизни.

2) снизить стоимость болезни за счёт:

- сокращения затрат на диагностику, так как указанные методы позволяют не назначать ненужные дополнительные инструментальные и клинические исследования,

- уменьшения затрат на некорректно назначенные лекарственные средства в случае постановки неверного диагноза,

- уменьшения временных затрат врача на прием пациентов в силу быстрой постановки диагноза.

Указанный на рис 2. процесс управления можно применять в любом медицинском учреждении для диагностики заболеваний. Особое внимание стоит уделить таким заболеваниям, которые можно диагностировать только по описательным факторам (из анамнеза), а инструментальные и лабораторные исследования в таких случаях не могут показать точную картину. Частным случаем таких заболеваний являются первичные головные боли, именно на них проведена апробация разработанных в диссертации методов.

В связи с указанными предполагаемыми результатами внедрение использования методов дискриминантного и комитетного анализа в алгоритм управления оказанием медицинских услуг позволяет не только повысить качество медицинской помощи, но и увеличить эффективность управления учреждением здравоохранения в целом.

Также стоит отметить, что разработанный автором процесс управления диагностикой можно использовать не только в учреждениях здравоохранения, но и в других организациях, связанных прямо или косвенно с диагностированием, в том числе с техническим диагностированием. Процесс сбора информации в этом случае отличается от медицинской ситуации. Также имеются различия в инструментальных, функциональных методах. Но суть процесса такая же: включение нового блока, основанного на использовании комитетного и дискриминантного анализа, будет увеличивать эффективность управления предприятием за счёт повышения качества диагностики.

**В главе 4** описывается применение предложенных моделей и алгоритмов на конкретной медицинской задаче, связанной с классификацией первичных головных болей.

Процедура латентного анализа и иные описанные выше методы могут быть использованы для выявления факторов риска заболевания головными болями, в том числе головными болями напряжения и мигренями (с аурой и без ауры), инсультами. В настоящее время во всем мире проводится анализ распространенности первичных головных болей, факторов, ассоциированных с их развитием, а также анализ организации медицинской помощи и ведения больных с головными болями в рамках Всемирной кампании по борьбе с головными болями под эгидой Всемирной Организации

Здравоохранения. Головные боли откосятся к заболеваниям, существенно ухудшающим работоспособность и качество жизни людей. По данным Всемирной Организации Здравоохранения, во всем мире мигрень занимает девятнадцатое место (у женщин двенадцатое) среди лидирующих причин временной нетрудоспособности в связи с отсутствием на работе по причине сильных головных болей. Некачественное лечение головных болей связано, прежде всего, с неправильной диагностикой головных болей и с незнанием врачами Международных стандартов ведения больных с головными болями. Именно поэтому очень важно уметь правильно диагностировать характер головной боли и определить факторы ее развития. Необходимо совершенствование диагностики и лечения первичных головных болей и разработка новых клинических рекомендаций по ведению больных на основе международных стандартов.

Для построения решающего правила использовали выборку доноров крови, как считающихся относительно здоровыми (без хронических заболеваний). Выборка была упорядочена по алфавиту для того, чтобы имел место «случайный» порядок векторов. Использовалось 56 векторов с фактором «мигрень» и 147 – с «головная боль напряжения». Список анализируемых признаков приведен в таблице 1.

Первый признак – классообразующий, в процессе построения решающих правил не используется.

Затем были обработаны данные в пакете КВАЗАР, а также при использовании R-studio. При этом производилась нормировка значений признаков, оценка их информативности в результате которой было оставлено только восемь факторов, и задание размерности пространства, построение решающего правила одним из алгоритмов:

- рекуррентный алгоритм линейного разделения двух множеств. Суть его следующая: если дискриминантная функция "устроена" достаточно сложно, либо "признаки" выбраны неудачно, то упомянутые выше линейные неравенства могут оказаться неразрешимыми. Тогда коэффициенты линейной аппроксимации естественно определять с помощью метода наименьших квадратов.

- метод потенциальных функций – это метод обучения распознаванию образов, основанный на аппроксимации решающей функции с помощью разложения ее в ряд по известной системе функций. При реализации метода предполагается, что решающее правило может быть представлено в виде знака суммы функций, иными словами, задача обучения заключается в отыскании гиперплоскости в спрямляющем пространстве, разделяющей два множества, соответствующие разным классам.

- построение комитета старшинства; некоторые его модификации были изложены в главе 2;

- метод случайного леса – это множество решающих деревьев. В задаче регрессии их ответы усредняются, в задаче классификации принимается решение голосованием по большинству. Все деревья строятся независимо по некоторой схеме. Один из существенных минусов этого метода – его плохая интерпретируемость и низкая информативность, хотя при этом результаты данного метода могут быть вполне адекватными.

- метод опорных векторов, основная идея которого состоит в построении гиперплоскости, разделяющей объекты выборки оптимальным способом. Алгоритм работает в предположении, что чем больше расстояние (зазор) между разделяющей гиперплоскостью и объектами разделяемых классов, тем меньше будет средняя ошибка классификатора.

Таблица 1.

№	Признак
1	диагноз (1-мигрень, 2-головная боль напряжения)
2	односторонние
3	двусторонние
4	в лобной области
5	в височной
6	в теменной
7	в затылочной
8	в половине головы слева
9	в половине головы справа
10	давящие
11	в виде 'обруча'
12	колющие
13	монотонные
14	ноющие
15	тупые
16	распирающие
17	ломающие
18	пульсирующие
19	слабые
20	умеренные
21	сильные
22	разные
23	усиление при обычной физической нагрузке
24	продолжительность боли < ½ часа
25	продолжительность боли ½ - 4 часа
26	продолжительность боли 5 ч – 23 часа
27	продолжительность боли 1 - 3 дня
28	продолжительность боли 4 – 7 дней
29	продолжительность боли >7 дней
30	тошнота
31	рвота
32	фотофобия
33	фонофобия
34	головокружение

Для каждого метода была реализована перекрестная проверка. Для этого элементы двух классов делились на 7 групп, 6 из которых использовались в качестве обучающей выборки, а одна в качестве тестовой. Процедура повторялась 7 раз; в итоге каждая из 6 групп данных использовалась для тестирования. Основные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2.

п/п	Метод обучения	Число признаков	Средний процент распознавания на экзамене
1	Метод потенциальных функций	8	94,7
2	Метод комитетов старшинства	8	98,8
3	Рекуррентный алгоритм линейного разделения	8	94,6
4	Метод случайного леса	8	95,6
5	Метод опорных векторов	8	84,6
6	Метод случайного леса	32	93,3
7	Метод опорных векторов	32	75,3

Построенные решающие правила являются «компьютеро-ориентированными». Классификацию с их помощью можно проводить в пакете КВАЗАР или же на их основе написать специальную распознающую программу с необходимым интерфейсом для врачей.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Диссертационное исследование, связанное с совершенствованием методов управления оказанием услуг в учреждениях здравоохранения на основе комитетного и дискриминантного анализа, позволило решить важную научно-техническую задачу повышения эффективности деятельности медицинских учреждений за счет постановки более точных диагнозов пациентам, что уменьшает как временные затраты на лечение и пребывание больных в стационарах, так и экономические потери, образующиеся в случае ошибочной диагностики и др.

В диссертационной работе разработаны методы использования комитетного и дискриминантного анализа для диагностирования заболеваний в медицинских учреждениях на примере постановки диагнозов первичных головных болей самого различного происхождения, как наиболее трудно диагностируемых. Полученные в работе научные выводы и результаты позволяют не только повысить эффективность работы медицинских учреждений, но и обеспечить совершенствование методов управления оказанием услуг в учреждениях здравоохранения.

В диссертационной работе получены следующие основные выводы и результаты:

1. На основе проведенного анализа основных существующих методов управления оказанием медицинских услуг в учреждениях здравоохранения выявлены возникающие проблемы и ситуации, связанные с неверной диагностикой заболеваний. Показано, что значение диагностики заболеваний, как одного из важнейших элементов процесса оказания медицинских услуг населению, играет в сущности главенствующую роль в управлении деятельностью медицинских учреждений, кардинальным образом воздействуя на эффективность их работы в целом.

2. Исходя из анализа основных методов диагностики заболеваний, используемых на данный момент в медицинских учреждениях, выявлены их достоинства и недостатки.

Также показано, что математические методы диагностики имеют значительные преимущества и органично дополняют уже имеющиеся лабораторно-инструментальные медицинские методы.

3. В работе показано, что сложность задачи нахождения минимального подкомитета для комитетов систем линейных неравенств существенно зависит от размерности пространства. В двумерном случае вопрос о сократимости какого-либо комитета решается просто: всякий не минимальный комитет сократим. Тогда возникает возможность построения минимального комитета над  $R^2$  путем последовательного сокращения произвольного комитета, полученного каким-либо способом. Данный алгоритм можно использовать при нахождении комитета методом проектирования на плоскость. В  $n$ -мерном случае зачастую возможно ответить на вопрос о сократимости комитета исходя из того алгоритма, в результате работы которого данный комитет был получен. В случае произвольной системы включений, для нахождения минимального подкомитета возможно использовать алгоритм, основанный на методе фундаментального свертывания системы линейных неравенств.

4. В рамках использования комитетных методов разработан метод снижения размерности задачи, способствующий сокращению количества факторов, необходимых для диагностики заболеваний.

5. Рассмотрены успешные реализации применения дискриминантного анализа в классификации болезней, обоснована возможность применения комитетных методов в задачах диагностики и уточнены основные недостатки указанных методов. Показаны основные пути их устранения. Также рассмотрены предположения о высокой прогностической силе этих методов и пути увеличения результативности методологии диагностики заболеваний с помощью комитетных методов в сопоставлении с устоявшимися в медицине. Кроме того, утверждается что использование комитетного и дискриминантного методов в диагностике заболеваний не только выполняет вспомогательную функцию в установлении диагноза, но и должно стать обязательным атрибутом данного процесса.

6. Разработаны методические положения применения предложенного в работе метода диагностики для поиска латентных факторов риска заболеваний, что позволяет увеличивать долю вовремя диагностированных больных.

7. Создан алгоритм управления диагностикой заболеваний, включающий в себя качественно новые блоки, основанные на методах комитетного и дискриминантного анализа, усовершенствованных автором диссертации.

8. Осуществлена апробация усовершенствованных в диссертационной работе методов комитетного и дискриминантного анализа для решения задачи диагностики первичных головных болей. Произведен сравнительный анализ работы комитетных методов и методов машинного обучения.

Диссертационная работа является основой дальнейшего развития как теоретических исследований, так и практических применений усовершенствованных методов комитетного и дискриминантного анализа, а также приведенного алгоритма управления процессом диагностики заболеваний.

**Основные положения и результаты диссертационного исследования  
опубликованы в следующих печатных изданиях:**

*Статьи в журналах, рекомендованных ВАК:*

1. Логиновский О.В., Гилёв Д.В. Использование математических методов диагностики как фактор эффективного управления медицинской организацией / О.В. Логиновский О.В., Д.В. Гилёв // Вестник Южно-Уральского государственного

университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2020. – Т.20, № 4. – С. 95-103. – DOI: 10.14529/ctcr200410.

2. Логиновский О.В., **Гилёв Д.В.** Совершенствование алгоритма управления оказанием медицинской услуги на основе комитетных методов / О.В. Логиновский, Д.В. Гилёв // Прикладная математика и вопросы управления. – 2020. – №4. – С. 29-38.

3. Мазуров В. Д., **Гилёв Д.В.** Анализ и синтез нейронных сетей, систем с мажоритарными логиками и логиками старшинства / В.Д. Мазуров, Д.В. Гилёв // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2017. – Т. 17, № 1. – С. 119-125. – DOI: 10.14529/ctcr170113

4. **Гилёв Д. В.**, Мазуров В. Д. Объективные факторы и их смыслы / Д.В. Гилёв, В.Д. Мазуров // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2017. – Т. 17, № 4. – С. 13-19. – DOI: 10.14529/ctcr170402

5. Мазуров В. Д., **Гилёв Д.В.** О сократимости комитета системы линейных неравенств / В.Д. Мазуров, Д.В. Гилёв // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2016. – Т.16, № 3. – С. 5-14. – DOI: 10.14529/ctcr160301

6. Мазуров В. Д., **Гилёв, Д.В.** Смыслы несобственных задач классификации и оптимизации / В.Д. Мазуров, Д.В. Гилёв // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2016. – Т.16, № 4. – С. 13-18. – DOI: 10.14529/ctcr160402

*Статьи в журналах, индексируемых в базах «Web of Science» и «Scopus»:*

7. **Gilev D.V.**, Loginovskii O.V. Using Neural Network for Simulations to Improve the Quality of Disease Diagnosis: Technical Aspects / D.V. Gilev, O.V. Loginovskii // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. – 2020. – Vol. 9, I. 4. – 2020. – P. 6156-6159. (Q4)

8. **Gilev D.V.**, Loginovskii O.V. Diagnostics of diseases as a fundamental factor in improving the quality of services in the entrepreneurship activity of medical institutions / D.V. Gilev, O.V. Loginovskii // Academy of Entrepreneurship Journal. – 2020 – Vol. 26, Special I. 2. – P. 11-18. (Q3)

9. Mazurov V. D., **Gilev, D. V.** A method of reducing the number of members of the committee systems of linear inequalities / V.D. Mazurov, D.V. Gilev // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2017. – Vol. 27, I. 3. – P. 380-386. (Q3)

10. Lebedeva E. R., Kobzeva, N. R., **Gilev, D. V.**, Olesen, J., The quality of diagnosis and management of migraine and tension-type headache in three social groups in Russia / E.R. Lebedeva, N.R. Kobzeva, D.V. Gilev, J. Olesen // Cephalalgia. – 2017. – Vol. 37, I. 3. – P. 225-235 (Q1)

11. Lebedeva E. R., Kobzeva, N. R., **Gilev, D.**, Olesen, J. Prevalence of primary headache disorders diagnosed according to ICHD-3 beta in three different social groups / E.R. Lebedeva, N.R. Kobzeva, D.V. Gilev, J. Olesen // Cephalalgia. – 2016. Vol. 36, I.6. – P. 579-588 (Q1)

12. Lebedeva E.R., Ushenin A.V., Gurary N.M., **Gilev D.V.**, Olesen J. Sentinel headache as a warning symptom of ischemic stroke / E.R. Lebedeva, A.V. Ushenin, N.M. Gurary, D.V. Gilev, J. Olesen // Headache Pain. – 2020. –Vol. 21(1). – P. 70. – DOI: 10.1186/s10194-020-01140-3. (Q1)

13. Lebedeva E.R., Gurary N.M., **Gilev D.V.**, Olesen J. Prospective testing of ICHD-3 beta diagnostic criteria for migraine with aura and migraine with typical aura in patients with

transient ischemic attacks / E.R. Lebedeva, N.M. Gurary, D.V. Gilev, J. Olesen // Cephalalgia. – 2018. – Vol. 38(3). – P. 561-567. – DOI: 10.1177/0333102417702121. (Q1)

14. Lebedeva E.R., Gurary N.M., **Gilev D.V.**, Christensen A.F., Olesen J. Explicit diagnostic criteria for transient ischemic attacks to differentiate it from migraine with aura / E.R. Lebedeva, N.M. Gurary, D.V. Gilev, A.F. Christensen, J. Olesen // Cephalalgia. – 2018. – Vol. 38(8). – P.1463-1470. doi: 10.1177/0333102417736901. (Q1)

15. Lebedeva E.R., Kobzeva N.R., **Gilev D.V.**, Kislyak N.V., Olesen J. Psychosocial factors associated with migraine and tension-type headache in medical students / E.R. Lebedeva, N.R. Kobzeva, D.V. Gilev, N.V. Kislyak, J. Olesen // Cephalalgia. – 2017. – Vol. 37(13). – P.1264-1271. doi: 10.1177/0333102416678389. (Q1)

16. Lebedeva E.R., Kobzeva N.R., **Gilev D.V.**, Olesen J. Factors associated with primary headache according to diagnosis, sex, and social group / E.R. Lebedeva, N.R. Kobzeva, D.V. Gilev, J. Olesen // Headache. – 2016. – Vol. 56(2). – P. 341-356. DOI: 10.1111/head.12757.

17. Lebedeva E. R., Kobzeva N.R., **Gilev, D. V.**, Olesen, J. Quality of diagnosis and management of headache in the general population / E.R. Lebedeva, N.R. Kobzeva, D.V. Gilev, J. Olesen //Cephalalgia. – 2015. – Vol. 35. – P. 76. (Q1)

18. Lebedeva E. R., Ushenin, A. V., Gurary, N. M., **Gilev, D. V.**, Olesen, J., Sentinel headache as a predictor of ischemic stroke / E.R. Lebedeva, A.V. Ushenin, N.M. Gurary, D.V. Gilev, J. Olesen // European Journal of Neurology. – 2020 –Vol. 27. – P. 297. (Q1)

19. Lebedeva E. R., **Gilev, D. V.**, Olesen, J., Gurary, N. M., Christensen, A. F. Improving the differential diagnosis between migraine with aura and transient ischemic attacks / E.R. Lebedeva, D.V. Gilev, J. Olesen, N.M. Gurary, A.F. Christensen, // Journal of headache and pain. – 2017. – Vol. 18. S.1. – P. 138. (Q1)

20. Lebedeva E. R., Gurary, N. M., **Gilev, D.** & Olesen, J. Possible risk factors for migraine and tension type headache / E.R. Lebedeva, N.R. Kobzeva, D.V. Gilev, J. Olesen // European Journal of Neurology. – 2016. – Vol. 23. – P. 774. (Q1)

*Статьи в журналах и сборниках научных трудов:*

21. **Гилёв Д. В.** Комитетное решение и циклическая динамика противоречивой задачи выбора стратегии лечения / Д.В. Гилёв // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2019. – Т.9, № 9-1. – С. 356-361

22. **Гилёв Д.В.** Экономическое бремя несения неврологических заболеваний и совершенствование оказания медицинской помощи: Тез. Докл. I Всероссийской научно-практической конференции Региональные перспективы развития экономики здоровья. – Уфа, БашГУ, 2019. – С.180-183.

23. Чукаева В.А., **Гилёв Д.В.** Исследование влияния макро-экономических показателей на вероятность банкротства предприятий строительного сектора / В.А. Чукаева, Д.В. Гилёв // Общество и экономика. – 2018. – № 10. – С. 69–78.

24. Лебедева, Е. Р., Кобзева, Н. Р., **Гилёв, Д.В.**, Олесен, Е. Анализ качества диагностики и лечения первичной головной боли в разных социальных группах уральского региона / Е.Р. Лебедева, Н.Р. Кобзева, Д.В. Гилёв, Е. Олесен. // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. – 2015. – №7, 1. – С. 19– 26.

25. **Гилёв Д.В.** Распознавание образов как вспомогательный математический аппарат оценки финансового состояния предприятия / Д.В.Гилёв // Финансы и учет. – 2014. – № 3. – С. 9-12.

26. Мазуров В.Д., **Гилёв Д.В.** Управление качеством на основе распознавания / В.Д. Мазуров, Д.В. Гилёв // Инновации и инвестиции. – 2013. – № 8. – С. 134-136.

Подписано в печать 18.11.2020. Формат А5 (210\*148). Печать цифровая.  
Уч.-изд.л. 1. Тираж 100. Заказ 19/11/20.  
Отпечатано в типографии ООО «Первый Печатный».  
623701, Свердлов. обл., г. Берёзовский, ул. Ленина, 65, оф.4.