

УДК 004:61

В.С. Симанков, д.т.н., заведующий кафедрой компьютерных
технологий и информационной безопасности
Кубанского государственного технологического университета,
А.А. Халафян, к.т.н., профессор кафедры прикладной математики
Кубанского государственного университета

**СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ МЕДИЦИНСКИХ
СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

2009

На основе системного подхода предлагается многоэтапный алгоритмический процесс создания медицинских систем поддержки принятия решений (СППР). Построена модель разработки медицинской СППР в виде IDEF0-диаграммы, структурная модель СППР применительно к идентификации степени тяжести состояния больных, модель процесса принятия медицинских решений в виде цикла, состоящего из последовательных, следующих друг за другом процедур. Предлагается интеграция статистических пакетов и баз данных для создания медицинских СППР. Описана разработанная СППР для идентификации тяжести состояния больных.

Проблемы информатизации в медицине

В настоящее время происходит стремительный рост количества информации практически во всех областях человеческой деятельности. Темпы роста цифровой информации значительно опережают темпы роста информации на бумажных носителях. Несмотря на кризис, поразивший экономику в конце 2008 года, темпы создания цифровой информации, и ее передачи через Интернет, телефонные сети и беспроводные линии связи выросли. Предположительно, в будущем цифровая вселенная будет удваиваться в размере каждые 18 месяцев, в 2012 г. будет создано в 5 раз больше цифровой информации, чем в 2008 г. [1].

Медицинская информация имеет свою специфику, и ее рост сопровождается определенными проблемами. Перечислим некоторые из них:

– существует и продолжает появляться большой объем научной информации на бумажных носителях в виде статей, монографий и сборников, и врачи не в состоянии справиться с этой лавиной информации. Ежегодно публикуется около 2 млн. статей в 40 тыс. биомедицинских журналах. Словарь международных клинических классификаций насчитывает около 30 000 основных терминов [2];

– для лечения больных используют значительное количество лекарственных препаратов, имеющих противопоказания, побочные действия, сложные взаимодействия с другими препаратами, определенные дозировки и схемы применения. В настоящее время в медицине известно более 10^5 лекарственных препаратов, свыше 10^5 симптомов, свыше 10^4 болезней. Помнить эту информацию не представляется возможным [3];

– в лечебно-профилактические учреждения (ЛПУ) внедряются современные компьютеризованные медицинские приборы и следящие системы, а также средства

передачи и хранения потоков информации, что приводит к необходимости обрабатывать и хранить большое количество цифровой информации;

- медицина перегружена необходимостью составления и дублирования различного рода бумажной документации;

- создаются и функционируют различные электронные ресурсы: специализированные сайты для врачей, электронные каталоги, журналы, также содержащие большие объемы информации.

Перечисленные выше положения обосновывают необходимость создания медицинских информационных систем (МИС), которые позволят решить или ослабить указанные проблемы.

По ряду причин МИС отличаются от экономических или технических информационных систем:

- человеческий организм является в высшей степени сложной функциональной системой и, несмотря на современный уровень развития медицинской науки, о работе и взаимосвязи систем человеческого организма, мы знаем все же мало;

- из-за недостатка информации, медицинские знания обладают весьма сложной структурой, что затрудняет их формализацию;

- не разработаны гибкие и легко используемые компьютерные методы машинного представления медицинских знаний, а также отсутствует формализация процедуры принятия решений;

- системы диагностического кодирования становятся в настоящее время более универсальными, но детальная номенклатура признаков и симптомов, форматы для регистрации данных, а также организация записей определяются индивидуально [4];

- отсутствует стандартизация в терминологии, формате, шкалах измерения медицинских данных;

Отдельно выделим особенности МИС, препятствующие их разработке и внедрению в здравоохранение:

- нет государственной программы информатизации ЛПУ, четкой политики в сфере информационно-коммуникационных технологий, а следовательно и отсутствует соответствующее финансирование. Например, в США затраты на создание и модернизацию медицинских информационных систем составляют в год около 8,5 млрд. дол. В тоже время, емкость отечественного рынка медицинских информационных систем составляет всего 20 млн. дол. США [4];

– слабая техническая и образовательная база ЛПУ. Невозможно применять современные информационные технологии там, где отсутствуют компьютеры или персонал не владеет необходимыми навыками их использования;

– нет методической литературы; не разработаны нормативы, стандарты по обработке и передаче медицинских данных, применению компьютерных систем в ЛПУ;

– недостаточная информированность врачей и руководителей медицинских учреждений о МИС и результатах их использования в медицине [5];

– медицинское сообщество в своем подавляющем большинстве ни профессионально, ни психологически не готово в полной мере к использованию МИС [6].

– существует проблема пригодности МИС, заключающаяся в парадоксе – чем выше функциональность МИС, тем менее они пригодны для эксплуатации в ЛПУ [7].

Несмотря на указанные сложности, информатизация общественной и производственной деятельности – объективный процесс, поэтому МИС благодаря деятельности компаний разработчиков и энтузиастов все же медленно, но эволюционируют.

Системный анализ в принятии медицинских решений

Очень часто при принятии медицинских решений по определению тактики и стратегии лечения больного характерны: недостаточность знаний, которыми обладает медицинский персонал; ограниченность временных ресурсов для объективной оценки состояния больного; отсутствие возможности привлечения компетентных экспертов; неполнота информации о состоянии больного. Указанные обстоятельства являются причинами врачебных ошибок, которые могут привести в лучшем случае к дальнейшей потере здоровья, а в худшем – к летальному исходу. Поэтому, наряду с созданием МИС, важной является задача разработки медицинских СППР для лечения заболеваний, течение которых удастся в некоторой степени формализовать.

Если создание и внедрение МИС предполагает использование современных информационных технологий и в большей степени – это технологическое ремесло, то построение СППР представляет собой наукоемкий процесс, требующий больших затрат временных, интеллектуальных и финансовых ресурсов, поскольку предполагают использование различных научных направлений и методов анализа данных.

Так как здравоохранение, медицина и объект их деятельности — человеческий организм сложные системы, необходим системный подход как к разработке МИС, так и к созданию медицинских СППР. Принципы системного подхода к построению СППР наиболее полно изложены в работах [8, 9]. Предложена общая функциональная схема СППР, отвечающая современным требованиям IT-технологий.

Естественно было бы ошибочным механически переносить принципы системного подхода к разработке технических СППР на создание медицинских СППР, большинство подсистем, которых являются биологическими объектами, принципиально отличающимися от технических систем по ряду признаков. Например, человеческий организм является динамической, саморегулирующейся функциональной системой, подверженной естественной изменчивости, воздействию большого количества мало изученных случайных факторов. По-видимому, будет разумным, если в медицинских системах принятия решений будут преобладать экспертные, вероятностно-статистические методы [10], различные эвристические процедуры, которые способны с высокой вероятностью находить правильное решение, не являющееся технически оптимальным. При этом решения, полученные СППР должны иметь совещательный голос, а окончательное решение принимает человек – лечащий врач или руководитель медицинского подразделения.

На примере системы для идентификации степени тяжести состояния больных, рассмотрим создание медицинских СППР в виде многошагового алгоритмического процесса, представленного на рис. 1 в виде IDEF0-диаграммы. На диаграмме отображены задачи, решаемые на каждом этапе и методы, которые могут быть использованы для решения этих задач.

Первый этап – *анализ проблемы* – включает осмысливание медицинской проблемы, связанной с некоторым заболеванием, ее структуризацию, изучение взаимосвязи с другими болезнями, оценку полноты и достоверности информации по данной проблеме, создание базы данных информационных ресурсов.

Второй этап – *формулирование целей и задач* – предполагает определение глобальной цели – излечение больного от конкретного заболевания или совокупности заболеваний, выработку целей и задач предполагаемых медицинских мероприятий для достижения глобальной цели. Например, определение принципиальной возможности полного или частичного излечения больного, концептуальную разработку способа лечения данного заболевания, оценку других вариантов лечения больного и т.д.

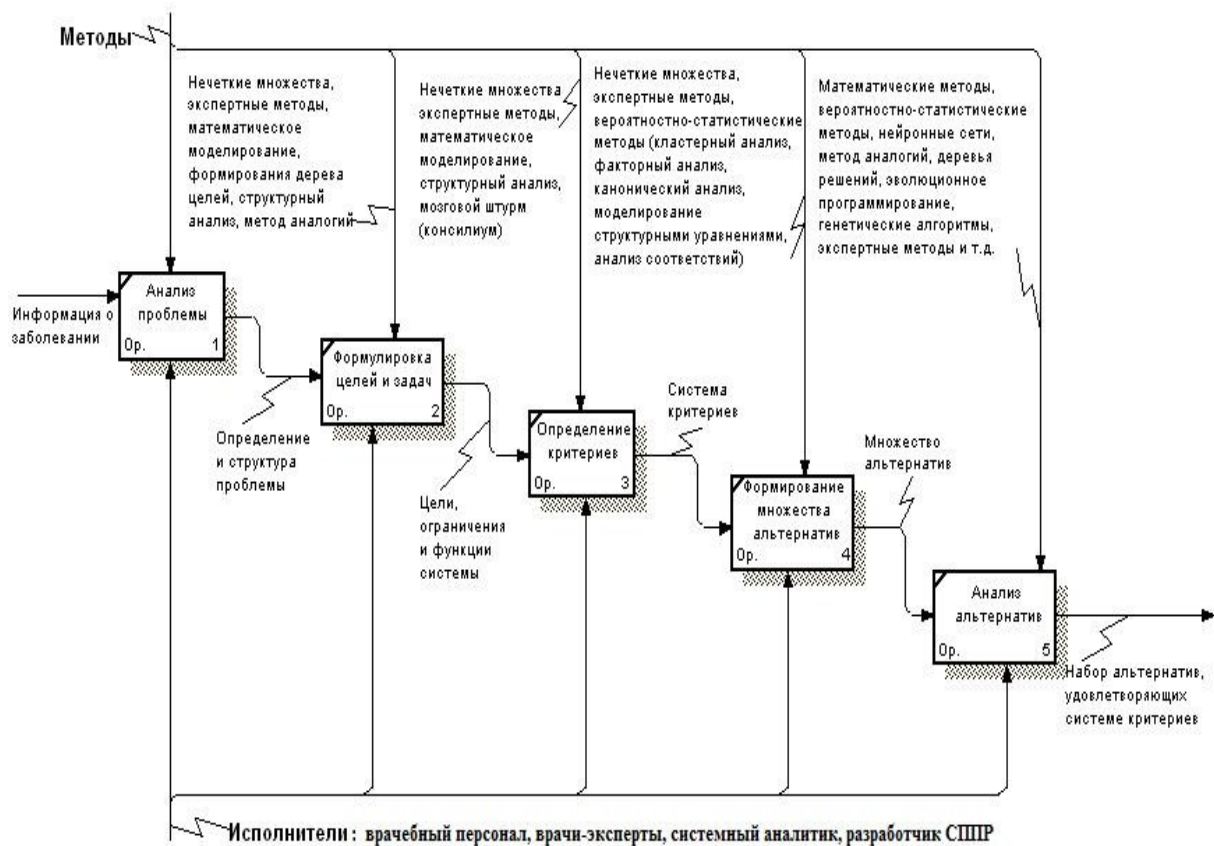


Рис. 1. Функциональная диаграмма создания СППР

Третий этап – *определение критериев*, – формирует условия, при которых можно утверждать о достижении цели, т.е. успешном излечении больного или улучшении состояния его здоровья. На этом этапе возможно применение таких методов как мозговой штурм, структурный анализ, математическое моделирование, экспертные методы, нечеткие множества.

Четвертый этап – *формирование множества альтернатив* – групп однородности больных по степени тяжести заболевания, диагнозу, видам заболевания и

т.д. Генерацию альтернатив можно проводить при помощи экспертных методов, нечетких множеств, вероятностно-статистических методов. Наиболее подходящим для этой цели вероятностно-статистическим методом может быть *кластерный анализ*. Также могут быть использованы *факторный анализ, канонический анализ, моделирование структурными уравнениями, анализ соответствий*.

Пятый этап – *анализ альтернатив* – определяет принадлежность больного к той или иной группе однородности. Данный этап является наиболее важным, так как он является завершающим в процедуре поддержки принятия врачебных решений и состоит в оптимизации вариантов решений (альтернатив) с выбором наилучшей из множества сгенерированных. Этап может быть реализован математическими методами (например, *многокритериальной оптимизацией*), вероятностно-статистическими методами (*дискриминантным анализом, деревьями классификации*), при помощи нейронных сетей, системой рассуждений на основе аналогичных случаев, посредством деревьев решений, средствами эволюционного программирования, генетическими алгоритмами, экспертными методами и т.д.

Перечисленные этапы процедуры поддержки принятия решений можно назвать интеллектуально-вычислительной частью СППР. Если к этой части добавить информационно-техническую часть, состоящую из подсистем *База данных, Интерфейс и Формирование медицинских мероприятий по лечению*, то получим структурную модель медицинской СППР применительно к определению группы принадлежности больного (например, по степени тяжести состояния или по виду заболевания, диагнозу) (рис. 2).



Рис. 2. Структурная модель СППР

Процесс принятия медицинских решений с точки зрения системного анализа можно представить в виде цикла, состоящего из последовательных, следующих друг за другом процедур, схематически изображенных в виде IDEF0-диаграммы (рис. 3). На диаграмме указаны исполнители каждой процедуры и применяемые методы.

Первые три процедуры реализуют сбор, обработку и анализ информации.

Четвертая процедура – это поддержка принятия решения, включающая концептуальное или математическое моделирование, выработку альтернатив и выбор тех, которые в наибольшей степени удовлетворяют поставленным целям, что применительно к медицине означает выбор в конечном итоге оптимального пути лечения больного.

Пятая и шестая процедуры включают выбор совокупности наиболее эффективных медицинских мероприятий и их реализацию. После чего цикл замыкается и начинается вновь сбор информации и т.д.

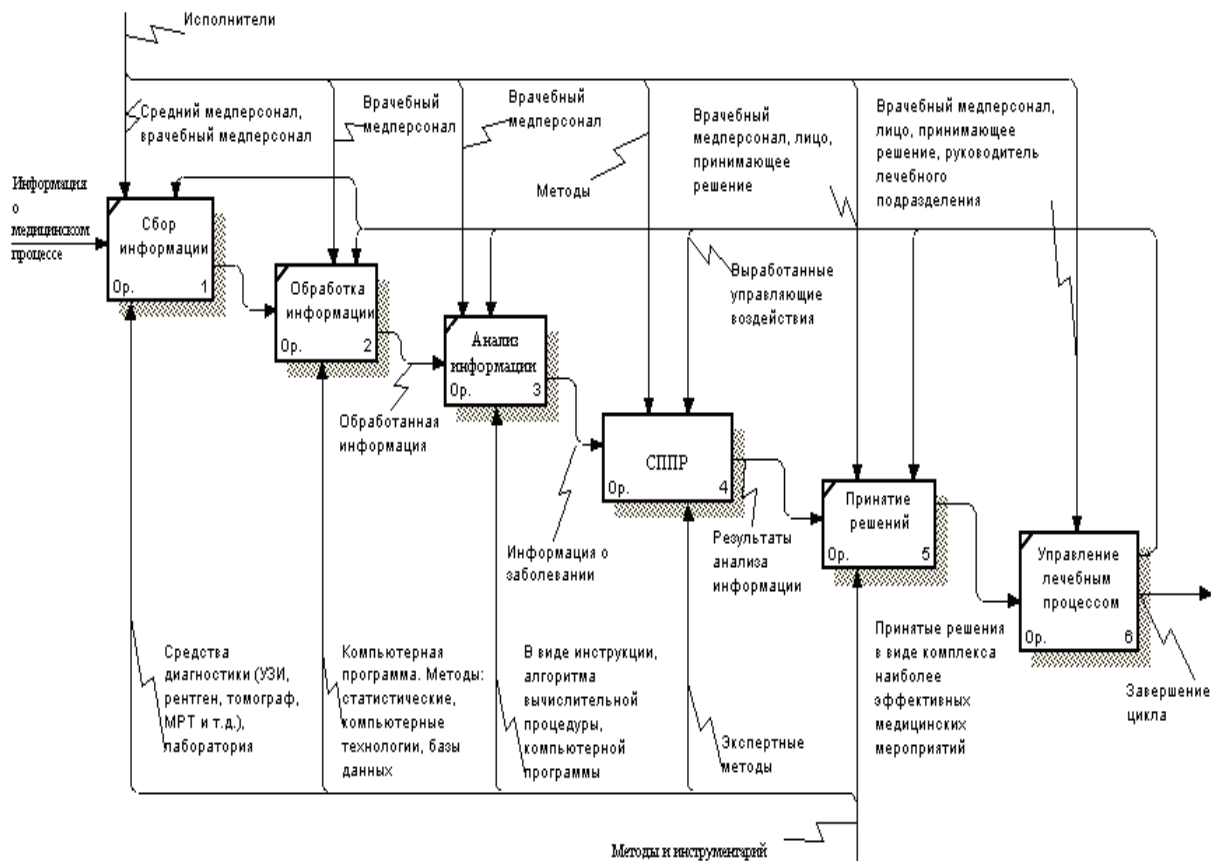


Рис. 3. Функциональная модель принятия медицинских решений

Очевидно, что алгоритмизация с последующей компьютеризацией первых трех процедур – сбора, обработки и анализа уже накопленной медицинской информации и лежит в основе разработки и создания медицинских СППР.

Использование программных комплексов при проектировании медицинских СППР

Как видно из диаграммы на рис. 1, среди методов, применяемых на определенных этапах разработки СППР, преобладают достаточно трудоемкие вероятностно-статистические или эвристические процедуры – нечеткие множества, нейронные сети, экспертные методы и т.д. Это вызвано тем, что медицинские проблемы, как правило, относятся к слабоструктурированным или неструктурированным задачам.

Перечислим положения, которые показывают целесообразность использования вероятностно-статистических методов в медицинских исследованиях:

– медицинские данные в большинстве случаев не являются точными, они являются приближенными величинами, поэтому мы вправе считать их случайными, подчиненным определенным законам распределения;

– на состояние больного воздействует большое количество факторов, имеющих случайный характер;

– прогноз состояния организма больного может быть только вероятностным.

До настоящего времени, существенным недостатком вероятностно-статистических методов была чрезвычайно высокая трудоемкость и громоздкость вычислений при их практической реализации. С появлением мощных статистических пакетов прикладных программ (ППП) [9], способных за доли секунды анализировать данные практически любой размерности и строить сложные вероятностно-статистические модели, значительно возросла их пригодность при решении прикладных задач, в том числе и в медицине. Так, например, при помощи макросов ППП *STATISTICA* [11] и языка программирования *STATISTICA VISUAL BASIC (SVB)* были разработаны программы с удобным интерфейсом для идентификации степени тяжести состояния больных, страдающих хронической сердечной недостаточностью, лептоспирозом, нефроптозом [12].

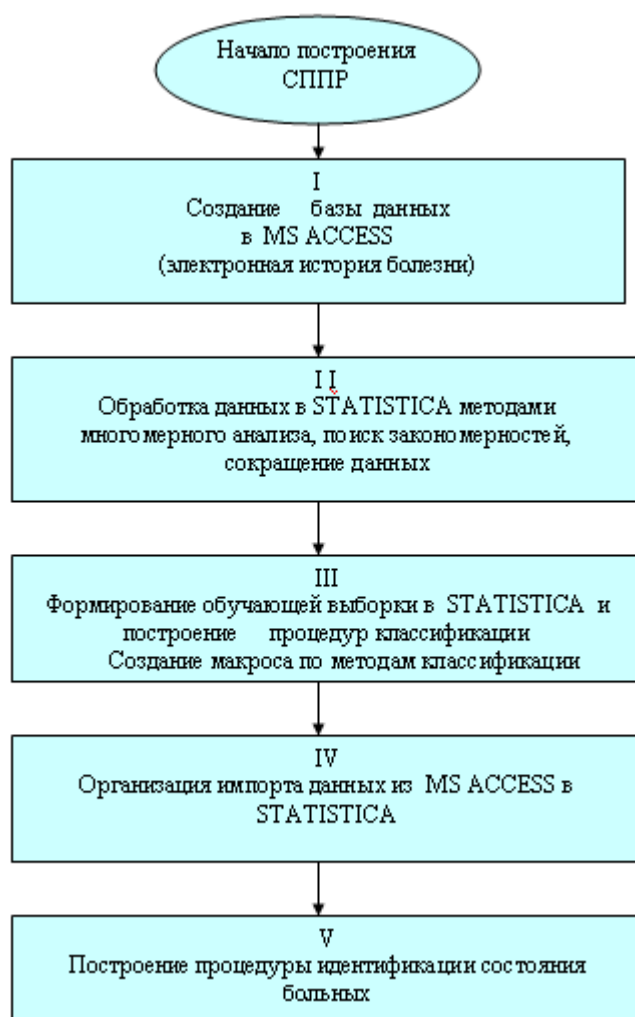
Если к возможностям статистических пакетов добавить практически неограниченные возможности систем управления базами данных (СУБД), позволяющих хранить, обрабатывать и предоставлять пользователю медицинскую информацию в удобном для него виде, то откроются перспективы к созданию современных СППР, в которых будут автоматизированы процедуры импорта и экспорта данных, реализации статистических модулей, интерпретации результатов. По-видимому, одним из наиболее эффективных способов построения СППР является интеграция статистических или математических ППП и СУБД. Интеграция двух достаточно сложных программных комплексов – ППП и СУБД на принципах системного анализа, реализованная посредством запросов, обеспечит автоматизацию передачи данных по команде пользователя из СУБД в ППП, решение задачи и экспорт данных обратно в СУБД после проведения необходимых расчетов.

В качестве примера, иллюстрирующего состоятельность предложенного в работе подхода к проектированию СППР, была разработана медицинская СППР – программа СИТСБ [13] для идентификации степени тяжести состояния больных. При разработке СППР использовали один из наиболее известных в России статистических пакетов ППП *STATISTICA* и СУБД *MS Access*.

При проектировании СППР придерживались следующих положений:

- СУБД *MS Access* должна быть связана с ППП *STATISTICA* таким образом, чтобы импорт данных осуществлялся с наименьшими трудозатратами и в максимально короткий промежуток времени, т.е. должен быть автоматизирован процесс передачи данных из диагностического центра в БД, а из БД – в программу *STATISTICA*;
- СППР должна быть простой и иметь интуитивно понятный интерфейс для врача
- неискушенного пользователя ПК;
- СППР должна функционировать на базе недорогого доступного программного обеспечения.

Алгоритм построения СППР приведен на рис. 4.



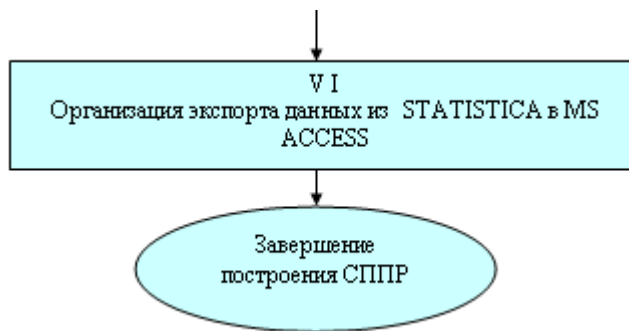


Рис. 4. Алгоритм построения СППР

На *шаге I* создается база данных в СУБД *MS Access*, в которой предполагается структуризация и хранение всех данных, имеющих отношение к истории болезни больного.

На *шаге II* осуществляется обработка и анализ данных в среде ППП *STATISTICA* при помощи различных методов статистического анализа (например, канонического, корреляционного, факторного, кластерного и т.д.). Выявляются определенные закономерности, исследуется характер взаимосвязи между клинико-лабораторными показателями. Сокращаются данные, больные делятся на группы однородности. Выявленные закономерности представляют скрытые медицинские знания, которые будут использованы на последующих шагах.

На *шаге III* посредством методов классификационного анализа – общие модели дискриминантного анализа, классического дискриминантного анализа, деревья классификации строятся процедуры для идентификации степени тяжести состояния больных. Для автоматизации определения степени тяжести состояния больных создаются макросы указанных методов.

На *шаге IV* строится процедура импорта данных больного из СУБД *MS Access* в ППП *STATISTICA* для идентификации степени тяжести его состояния.

На шаге *V* при помощи макроса методов классификационного анализа создается процедура идентификации тяжести состояния больных, посредством определения группы принадлежности больного.

На шаге *VI* для ввода данных по результатам идентификации – степени тяжести состояния больного в СУБД *MS Access*, программно реализуется экспорт данных из таблицы ППП *STATISTICA* в таблицу СУБД *MS Access*.

При программной реализации СППР использовали модель состава, состоящую из четырех частей:

- подсистемы данных, состоящей из таблиц исходных данных в ППП *STATISTICA* (обучающая выборка) с расширением *sta* и баз данных в СУБД *MS Access* с расширением *mdb*;

- подсистемы связи, включающей файлы запросов *STATISTICA QUERY* с расширением *sqy* и файл MS Excel;

- расширенной таблицы данных в *STATISTICA* за счет добавления данных нового больного;

- файла макроса с расширением *svb* для идентификации состояния тяжести нового больного. Схема алгоритма СППР – программы СИТСБ приведена на рис.5.

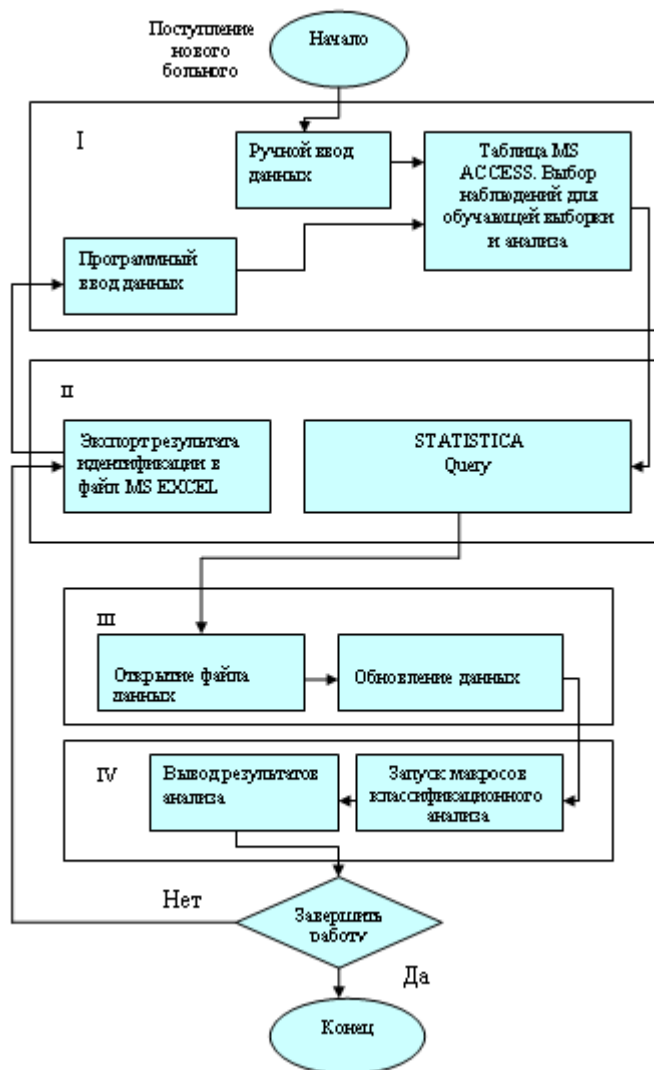


Рис. 5. Схема алгоритма СППР

Программа написана в среде *STATISTICA VISUAL BASIC*. Расширенная таблица данных появляется за счет пополнения по команде пользователя исходной таблицы ППП *STATISTICA* (обучающей выборки) данными нового больного.

СППР построена таким образом, что идентификация степени тяжести состояния больных может быть проведена для любого заболевания, если предварительно выполнена статистическая обработка данных, построена обучающая выборка, создан макрос методов классификации. В подсистеме баз данных должна быть создана

таблица данных пациентов с расширением *mdb* и связанные таблицы наблюдений по каждому заболеванию со связью по типу «один ко многим».

Для идентификации состояния больного, клиничко-лабораторные показатели, которого предварительно введены в базу данных, по команде пользователя данные импортируются в ППП *STATISTICA*. Далее при помощи макроса решается задача классификационного анализа методами, указанными пользователем. После завершения работы макроса результат классификации по желанию пользователя может быть сохранен в соответствующем файле *STATISTICA* и подготовлен для выгрузки в файл *MS Excel* для последующего экспорта в базу данных. Система экспортирует и сохранит результат идентификации степени тяжести состояния больного в соответствующей данному заболеванию таблице с расширением *mdb*.

Программа СИТСБ позволяет идентифицировать тяжесть состояния больных страдающих такими заболеваниями как хроническая сердечная недостаточность, нефроптоз, лептоспироз. Интерфейс программы прост и не требует особых усилий со стороны пользователя для приобретения навыков успешной работы.

Выводы

1. Информатизация человеческой деятельности носит объективный характер, поэтому создание медицинских информационных систем актуально и направлено на повышение эффективности работы здравоохранения на всех уровнях – от участкового врача до министерства здравоохранения.

2. Медицинские информационные системы должны включать системы поддержки принятия решений, основная задача которых помочь врачу принять верное решение по лечению больного. Создание таких систем уменьшит количество врачебных ошибок, значительно повысит эффективность лечебного процесса.

3. Здравоохранение, медицина и объект их деятельности — человеческий организм сложные системы, поэтому необходим системный подход, как к разработке медицинских информационных систем, так и к созданию систем поддержки принятия решений.

4. Учитывая вероятностный характер медицинских задач, перспективным и целесообразным является применение вероятностно-статистических методов при разработке систем поддержки принятия решений. Статистические пакеты прикладных программ существенно расширяют возможности практического использования данных методов.

5. Предлагается интеграция статистических пакетов и баз данных на основе принципов системного анализа для разработки медицинских систем поддержки принятия решений. Объединение статистических пакетов и баз данных в единую систему приведет к синергетическому эффекту – существенному возрастанию эффективности их совместной деятельности.

6. Построена эффективная система поддержки принятия медицинских решения для оказания помощи медперсоналу в идентификации степени тяжести состояния больных, страдающих такими заболеваниями как хроническая сердечная недостаточность, лептоспироз, нефроптоз.

ЛИТЕРАТУРА.

1. <http://newsdesk.pcmag.ru/node/16639>
2. *Гайдес М.А.* Общая теория систем (системы и системный анализ) // <http://MedLinks.ru> (Медицинская библиотека).
3. <http://neural.narod.ru/Arsen.htm>
4. Медицинские информационные системы. Экспертные системы и базы данных // http://www.rfbr.ru/old/pub/vestnik/V4_99/1_14.htm1.
5. <http://www.med-soft.net/index.php/>
6. *Эльянов М.М.* Компьютеризация медицины: движение вперед или бег на месте? // PC Week/RE №34 (592) 18 – 24 сентября 2007 // [http://www.PCWeek-RE.mht. М](http://www.PCWeek-RE.mht.М).
7. *Шульман Е. И.* Медицинские информационные системы: «аксиома юзабилити» // <http://www.pcweek.ru/themes/detail.php?ID=73462>
8. *Симанков В.С., Владимиров С.Н., Денисенко А.О., Черкасов А.Н.* Методологические аспекты построения систем поддержки принятия решений // Вестник ДГТУ. 2008. Т. 8. № 3 (38). С. 258–266.
9. *Симанков В.С.* Автоматизация системных исследований. Краснодар: КубГТУ, 2002.

10. *Халафян А.А.* Статистический анализ данных. Statistica 6.0: Учеб. пособие. 3-е изд., испр. и доп. М., 2007. 512 с.
11. *Халафян А.А.* Современные статистические методы медицинских исследований. М.: ЛКИ (URSS). 2008.
12. *Халафян А.А., Савенко Д.В. Елисеева Л.Н., Сафонова С.Г., Городин В.Н., Тонян А.Г.* Идентификации состояния больных в кардиологии, урологии и инфекционных заболеваниях (ComProg): Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №. 2007614315. ФИПС. Зарегистрировано 10.10.07.
13. *Халафян А.А., Симанков В.С., Савенко Д.В.* Система идентификации тяжести состояния больных (СИТСБ): Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №. 2009615237. ФИПС. Зарегистрировано 22.09.09.

Известия высших учебных заведений. Северокавказский регион. Технические науки. 2010.