

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич
Должность: ректор
Дата подписания: 16.12.2021 21:01:01
Уникальный программный ключ:
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781913be750d12574d16f5c0ce356f0fcb

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра биомедицинской инженерии



ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕДИЦИНСКИХ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

Методические указания к выполнению практических занятий аспирантов
направления подготовки

12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы
и технологии (Приборы, системы и изделия медицинского назначения)

Курск 2018

УДК 615.478

Составитель: Корневский Н.А.

Рецензент

Доктор медицинских наук: Коцарь А.Г.

Проектирование медицинских приборов и систем: методические рекомендации к выполнению практических занятий / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Н.А. Корневский. - Курск, 2018. 83 с.

Содержат сведения по вопросам проектирования биотехнических систем медицинского назначения. Указывается порядок выполнения практических работ и структура отчета.

Предназначены для аспирантов направления подготовки 12.06.01 очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать _____. Формат 60x84 1/16

Усо.печ.л.4,82. Уч.-изд.л.4,37. Тираж _____ экз. Заказ: _____. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040. г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Содержание:

Практическое занятие №1	4
Проектная документация, ее анализ и составление медико-технических требований	4
Практическое занятие №2	14
Выбор средств обработки данных при проектировании биотехнических систем.	14
Практическое занятие №3	34
Выбор базовых вариантов и оценка технического уровня медицинских изделий.	34
Практическое занятие №4	58
Выбор математического аппарата, алгоритмического и программного обеспечения медицинских экспертных систем.	58

Практическое занятие №1

Проектная документация, ее анализ и составление медико-технических требований

1.1. Цель работы: приобретение и закрепление умений и навыков в составлении медико-технических требований на проектирование биотехнических систем медицинского назначения.

1.2. Информационный материал к занятию.

Специфика проектирования устройств обработки биомедицинской информации и технических средств воздействия на объект определяется, прежде всего, уникальными особенностями биообъекта и обязательными требованиями обеспечения его безопасности. В то же время при проектировании медицинской техники необходимо удовлетворять ряду других требований – реализуемым функциям, решаемым задачам, условиями функционирования и т.п., которые носят в основном неформальный характер. Причем для реализации одних и тех же функций могут быть выбраны различные способы получения информации, различные алгоритмы обработки и различные структуры соответствующих устройств и систем.

На начальных этапах проектирования, как и для других видов техники, вырабатываются требования, которые для биотехнических систем медицинского назначения принято называть медико-техническим.

Весь ход и организация работ по созданию новых изделий медицинской техники (МТ) жестко регламентирован ГОСТ Р 15.013-94 «Система разработки и постановки продукции на производство. Медицинские изделия» и на всех этапах постоянно контролируются комитетом по новой технике МЗ РФ. Игнорирование положений данного стандарта неизбежно приведет к тому, что разработанное изделие не получит разрешения на его серийное производство и не сможет использоваться в медицинских учреждениях РФ.

Основное содержание ГОСТ Р15.013 – 94 состоит из 7 основных пунктов: 1. Область применения; 2. Нормативные ссылки; 3. Общие положения; 4. Порядок разработки, согласования и утверждения медико-технических требований; 5. Порядок проведения приемлемых испытаний и приемки изделий; 6. Подготовка и освоение производства; 7. Снятие изделия с производства.

В десяти приложениях к ГОСТу (носят обязательный, рекомендательный, справочный или информационный характер) даны исчерпывающие сведения по системе документов, сопровождающих каждую новую разработку МТ.

В разделе 1 указывается, что ГОСТ Р 15.013-94 устанавливает порядок разработки, проведения испытаний, приемки образцов новых и модернизированных медицинских изделий, а также порядок выдачи разрешений для их серийного производства.

В разделе 2. Приводится перечень стандартов, на которые опирается ГОСТ 8.009 – 84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений, ГОСТ22261-82 средства измерений электрических и магнитных величин, ГОСТР50267.0-92. Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности; ГОСТ Р 50 444 – 92. Приборы, аппаратура и оборудование медицинское. Общие технические условия и т.д.

В разделе 3 определяются общие правила взаимодействия заказчиков и разработчиков медицинской техники. В частности определяется, что основным заказчиком изделий является Минздравмедпром России, который направляет организации разработчику заявку, форма которой приводится в приложении А к ГОСТ Р 15. 013-94.

При инициативной разработке предприятие-разработчик направляет в Минздравмедпром России предложение (приложение А) и заключение.

В заключении Минздравмедпрома России о целесообразности разработки изделия должна быть указана организация - медицинский соисполнитель и определяется необходимость разработки медико-технических требований. В этом разделе определяется и ряд других общих положений касающихся разработки МТ.

В разделе 4 указывается, кто и каком порядке разрабатывает, согласовывает и утверждает медико-технические требования (МТТ), которые являются аналогом технического задания на разработку различного вида изделий. В частности определяется, что МТТ разрабатываются организациями разработчиками совместно с медицинским соисполнителем на основе исходных требований приведенных в заявке или предложении с учетом достижений отечественной и зарубежной техники, передовых технологий производства, результатов выполненных научно-исследовательских работ (НИР). Формы стандартного титульного и последнего, листов МТТ приведены в приложении Б (обязательное). Содержание МТТ подробно раскрывается в приложении В (рекомендуемое) и состоит из следующих основных разделов:

1. Наименование и область применения изделия.
2. Основание для разработки.
3. Исполнители разработки (в т.ч. и медицинский соисполнитель).
4. Цель и назначение разработки.
5. Источники разработки.
6. Медицинские требования (8 позиций).
7. Технические требования (44 позиции).
8. Метрологическое обеспечение.
9. Экономические показатели.
10. Стадии и этапы разработки.
11. Порядок испытаний и приёмки.
12. Дополнительные требования.

13. Приложения (перечень).

В процессе проектирования медицинских изделий особую роль играют медицинские и технические требования (п.6 и п.7 МТТ).

В разделе медицинские требования рекомендуется указывать: требования к выполнению функциональных задач в лечебно-диагностическом процессе с оценкой медицинских последствий в случае функциональных нарушений в работе аппаратуры; физический, медико-биологическим и др. эффекты; количество каналов, рабочих мест, число пациентов, пропускная способность или производительность изделия; требования к средствам установки, контроля и регулирования режимов работы изделия; требования к способам и средствам отображения и регистрации медико-биологической информации; требования к порядку взаимодействия между медицинским и техническим персоналом, а так же с пациентом; требования об отсутствии отрицательных побочных эффектов; специальные медицинские требования вытекающие из принципов функционирования и обслуживания изделия.

При составлении раздела технические требования рекомендуется указывать следующие пункты: состав изделия (основные части изделия, запасные части и принадлежности, сопроводительная эксплуатационная документация); показатель назначения (технические параметры, метрологические характеристики средств измерения, характеристики энергопитания, время непрерывной работы, характеристики рабочего цикла, время подготовки к работе); условия эксплуатации (требования к устойчивости, относительно факторов внешней среды, механическим воздействиям, стерилизации, дезинфекции, транспортирования, требования к транспортным средствам, процессу загрузки, выгрузки, требования к медицинскому и техническому персоналу, требования к периодичности и видам контроля технического состояния, обслуживания); требования безопасности по стандартам на виды изделий (уровни шума, вибрации,

излучений; уровни вредных и опасных воздействий, возникающих в процессе работы изделия; безопасность при монтаже, использовании, техническом обслуживании, ремонте; электробезопасность; радиационная, пожаробезопасность и взрывобезопасность; токсикологические требования; требования к температуре наружных частей изделия); требования к надежности (класс изделия в зависимости от последствий отказов по ГОСТ Р 50444, показатели безопасности, долговечности, ремонтпригодности, методы и стадии контроля показателей надежности); требования к конструктивному устройству (габариты, занимаемая площадь, требования к материалам и комплектующим, требования к защитным покрытиям, требования к сопряжению с другими устройствами, требования к взаимозаменяемости, специфические требования); эргономические требования (соответствие антропометрическим и физиологическим возможностям человека); эстетические требования; требования патентной чистоты и патентной способности; требования к маркировке и упаковке; метрологическое обеспечение (требования к разработке и поставки специальных средств поверки, стендового оборудования, образцов и требования включения в состав изделия средств его калибровки, самоконтроля и технического диагностирования); экономические показатели (источник финансирования, ориентировочная стоимость и потребность); стадии и этапы разработки; порядок испытаний и приемки; дополнительные требования; приложения.

Раздел 5 ГОСТ Р 15.013-14 определяет порядок приемочных испытаний и приемки изделий. Для средств измерений медицинского назначения (СИМН), в том числе средств измерений встроенных в медицинский прибор проводятся специальные испытания в соответствии с документом ПР50.2.009 и медицинские испытания, а для остальных медицинских изделий проводят технические и медицинские испытания. При этом испытания типа СИМН проводят специализированные государственные центры перечень которых определен приложением Г с обязательным привлечением организации

разработчика и организации специализирующейся на проведении конкретных функциональных характеристик (список в приложении Г).

Технические испытания проводят уполномоченные и аккредитованные организации (список в приложении Д). Программу и методику испытаний составляют с учетом приложений Е и Ж организация разработчик и утверждает организация проводящих испытания.

Медицинские испытания назначаются после испытаний типа СИМН или технических испытаний и проводятся в учреждениях назначаемых Минздравмеднорм России. Программу и методику испытаний разрабатывает и утверждает организация-медицинский соисполнитель. После необходимых испытаний с возможными доработками изделий и документации Минздравмеднорм России выдает разрешение на производство (лицензию) и применение изделия в медицинской практике.

В разделе 6 описывается этап подготовки и освоения производства, и раздел 7 определяет порядок снятия изделия с производства.

Вторым важным документом использующийся при проектировании изделий медицинского назначения является ГОСТ Р 50444-92 «Приборы, аппараты и оборудование медицинские. Общие технические условия», который распространяется на изделия медицинской техники, предназначенные для применения в медицинской практике, а так же на составные части этих изделий, имеющие функциональное назначение и изготавливаемые отдельно (медицинские приборы, медицинские аппараты, медицинское оборудование, медицинские компоненты). Этот ГОСТ содержит следующие основные разделы:

Раздел 1. Классификация (в зависимости от: изложенных последствий отказов; требования к электробезопасности; воспринимаемых механических воздействий; устойчивости к климатическим воздействиям).

Раздел 2. Основные параметры (определяют требования к электропитанию по амплитуде, частоте, предельным отклонениям от номинальных значений).

Раздел 3 Технические требования ориентируют на то, что медицинские изделия должны соответствовать как ГОСТ 340444-92 так и другим стандартам и техническим условиям на изделия конкретных видов по рабочим чертежам утвержденным в установленном порядке. В этом разделе перечисляются общие требования к документации, массе изделий, металлическим частям изделия, режимам работы, времени установки рабочего режима, метрологическим параметрам, условиям помех, уровням механических воздействий и условиям восстановления после них, условием противостояния и восстановления после других видов воздействий (температура, влажность, дезинфекция и т.д.).

Раздел 4. Требования безопасности определяют, что изделия должны быть безопасны для пациента, медицинского и обслуживающего персонала. В разделе описываются общие требования к обеспечению безопасности (специальные указания в эксплуатационной документации, обозначения на корпусах, защита от электрических цепей, движущихся механизмов, шумов, вибрации и т.д.).

Раздел 5. Комплектность определяет общие требования к запасным частям и принадлежностям.

Раздел 6. Приемка определяет виды и порядок проведения испытаний медицинской техники (на устойчивости к различным типам внешних воздействий, на электробезопасность, на надежность)

Раздел 7 Методы испытаний посвящен достаточно подробному описанию процедур проведения различных типов испытаний изделий медицинского назначения.

В разделе 8 приводятся требования к маркировке, упаковке, транспортировке и хранению медицинских изделий.

В приложениях приводится полезная информация по расчету показателей надежности и их нормированию, по применению транспортной тары, по текущим изменениям в соответствующих ГОСТ с учетом работ международной электротехнической комиссии (МЭК).

Как отмечено в третьем разделе ГОСТ Р 50444-92, при проектировании конкретных медицинских изделий необходимо использовать соответствующие частные ГОСТ. Например, при проектировании электрокардиографов необходимо ознакомиться с ГОСТ Р МЭК 60601-2-51-2008. Изделия медицинские электрические. Часть 2-51. Частные требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик к регистрирующим и анализирующим одноканальным и многоканальным электрокардиографам. ГОСТ 19687-89. Приборы для измерения биоэлектрических потенциалов среда. Общие технические требования и методы испытаний, ГОСТ 25995-83. Электроды для съема биоэлектрических потенциалов. Общие технические требования и методы испытаний и т.д.

С учетом рекомендаций соответствующих ГОСТ при выборе варианта конкретного технического решения, после определения и уточнения перечня решаемых задач и функций, а также после предварительной оценки сложности реализуемых вычислительных и управляющих процедур рекомендуется провести анализ технической осуществимости проекта, который включает в себя описание требуемой технологии производства, исследование возможности применения готовых или легко модифицируемых узлов и блоков, анализ целесообразности использования изобретений и патентов, покупки лицензий. Здесь же может решаться вопрос о целесообразности использования аналоговых интерфейсов, специализированных и универсальных микропроцессоров, микроконтроллеров или более сложных вычислительных систем (от ПЭВМ

до вычислительных комплексов универсального или специального назначения). Эта предварительная задача опытными разработчиками может решаться мысленным моделированием (экспериментом) или прорисовкой вариантов структур технической реализации, с возможным макетированием, моделированием с помощью САПР и экспериментальной проверкой отдельных узлов и боков. Точных рекомендаций по выбору структур реализации биомедицинских систем медицинского назначения нет. Однако практика построения известных устройств позволяет сформулировать ряд практических рекомендаций по выбору элементной базы, структурных и функциональных схем, подбору экспертов для выбора вариантов технических решений, обеспечению безопасной и надежной работы электронной медицинской аппаратуры и т.д.

1.3. Подготовка к занятию.

Группа разбивается на три подгруппы, каждая из которых изучает структуру и функциональные возможности приборов ECG9020K, “Кардио-Тест 01” и EEG80. Все студенты знакомятся с ГОСТ Р50 444 – 92.

1.4. Рекомендуемый план проведения практического занятия.

Рекомендуемые технологии: репродуктивная в сочетании с интерактивной. Форма интерактива – диалог между студентами и педагогом по выбору номенклатуры медико-технических показателей. Во время занятия с помощью ресурсов Internet идет уточнение используемых показателей. Объем интерактива – 1 час.

Выбранные от подгрупп представители по очереди докладывают о выбранных ими медико-технических показателях. В режиме диалога с аудиторией и преподавателем производится уточнение МТТ по каждому из анализируемых типов приборов.

1.5. Задание на самостоятельную работу №1.

Студенты получают задание на изучение структуры, принципов действия и функциональных возможностей кардиомонитора “Кардио-Тест 01”, а также методов оценки качества продукции и рекомендации по выбору номенклатуры показателей качества проектируемых изделий.

1.6. Содержание отчета.

1.6.1. Медико-технические требования по всем проектируемым аналогам исследуемых приборов.

1.6.2. Структурные схемы приборов заменяющих выбранные аналоги и описание их работы.

1.7. Вопросы для собеседования.

1. Какой документ регламентирует структуру и порядок составления медико-технических требований?

2. Обоснуйте пункты медико-технических требований приборов проанализированных в работе.

3. Составьте медико-технические требования на прибор, предложенный преподавателем.

4. Что такое технические условия и каким документом они регламентируются?

5. Каким документом регламентируется порядок приемочных испытаний и приемки изделий?

6. Кто проводит технические испытания?

Практическое занятие №2

Выбор средств обработки данных при проектировании биотехнических систем.

2.1. Цель работы: приобретение и закрепление умений и навыков в выборе микропроцессорных средств для проектирования узлов и блоков биотехнических систем.

2.2. Теоретический материал к занятию

2.2.1. Микропроцессоры, микроконтроллеры, сигнальные процессоры

Успехи в области микроэлектроники, численных методов обработки данных, программировании и других смежных областях привели к перераспределению функций по обработке медико-биологической информации в сторону цифровых средств к которым относятся микропроцессоры (MCU), микроконтроллеры (MCU), сигнальные процессоры (DSP), персональные компьютеры (PC), вычислительные сети.

При некоторых общих свойствах разные типы вычислительных средств имеют и определенные особенности, которые должны учитываться при решении задач оптимизации проектирования соответствующих технических средств. С учетом этого определим характерные особенности названных типов цифровых устройств.

Микропроцессоры (Central Processor Unit – CPU) - центральное процессорное устройство (ЦПУ) – устройство, выполняющее алгоритмическую обработку информации и, как правило, управление другими узлами компьютера или иной электронной схемы. Технически микропроцессоры (МП) представляют собой цифровую интегральную схему выполняющую последовательность инструкций – программу. Например, такие микропроцессоры как Pentium компании Intel, обычно представляют

собой ЦПУ, выполненное на одном кристалле, которому требуются дополнительные микросхемы для выполнения всех вычислительных функций [50]. Система команд микропроцессора может быть как усложненной (типа CISC), так и редуцированной (типа RISC). В усложненную систему команд (архитектура CISC) входят команды для выполнения основных операций процессора, а также отдельные сильно специализированные команды (например, для вычисления полиномов высоких степеней). Но за выполнение сложных команд на процессоре, построенном по архитектуре CISC, приходится платить: многие команды реализованы в нем в микрокоде и требуют для своего выполнения нескольких машинных циклов и места на кристалле для хранения кода микропрограммы.

Напротив, в редуцированном наборе команд (RISC-архитектура) учитывается тот факт, что в большинстве программ основные команды, такие как ЗАГРУЗКА и СОХРАНЕНИЕ В ПАМЯТИ с простыми режимами адресации, используются гораздо чаще, чем сложные команды, и должны исполняться более эффективно. Эти простые команды реализованы в ЦПУ аппаратно для выполнения за один машинный цикл, благодаря чему уменьшаются затрачиваемое время работы и сложность ЦПУ.

Хотя RISC-архитектура имеет значительные преимущества при реализации вычислительных систем общего назначения, она недостаточно хорошо приспособлена к нуждам цифровой обработки сигналов. Например, большинство RISC-процессоров не поддерживает реализацию операции умножения за один машинный цикл, которая является очень распространенной и часто используемой операцией при цифровой обработке сигналов.

Микроконтроллеры (Micro Controller Unit – MCU) – предназначены для управления электронными устройствами. Типичный микроконтроллер (МК) сочетает на одном кристалле функции процессора и периферийных устройств, содержит ОЗУ и (или) ПЗУ.

Хотя микроконтроллеры при использовании в промышленных устройствах управления процессами могут выполнять такие функции, как умножение, сложение, деление, они лучше подходят для приложений, где возможности процессора по реализации ввода-вывода и управления важнее, чем скорость. Микроконтроллеры, например семейства 8051, обычно содержат ЦПУ, ПЗУ, ОЗУ, последовательный параллельный интерфейсы, счетчики и схемы прерываний. Микроконвертеры MicroConverter™ компании Analog Devices содержат не только ядро, построенное по архитектуре 8051, но также высококачественные ЦАП, АЦП и блок энергонезависимой памяти, реализованной по технологии FLASH [50].

Одним из серьезных отличий микропроцессоров от микроконтроллеров важных для разработчиков биотехнических систем является способ их взаимодействия с внешним окружением.

На рис. 2.1 приведены типовые шины (интерфейсы) используемые для взаимодействия с внешними устройствами типового микроконтроллера (рис. 2.1 а, б) и один из товаров современного микроконтроллера серии STM 32 (рис. 2.1, в).

В аналогичном варианте исполнения для обмена с внешними устройствами, включая внешнюю память микропроцессор используют три шины: шину адреса (ША), шину данных (ШД) и шину управления (ШУ).

По шине адреса передается двоичный код ячейки памяти данных или команд. Данные в двоичном коде передаются по шине данных. Способы обмена и управляющие команды передаются по выводам шины управления. Если инициатором обмена является внешнее устройство, то реализуется режимом прерывания (вывод IRQ). Если инициатором обмена является CPU, то он формирует сигналы IOR, IOW (обмен от CPU или к CAO). При скоростном обмене реализуется режим прямого доступа к памяти, о чем

сообщается наличием сигнала ПДП. Для синхронизации обмена используются сигналы данных и другие управляющие сигналы US.

При шинной организации обмена с внешним миром типовая схема подключения CPU к внешним устройствам имеет вид, приведенный на рис. 2.1 б.

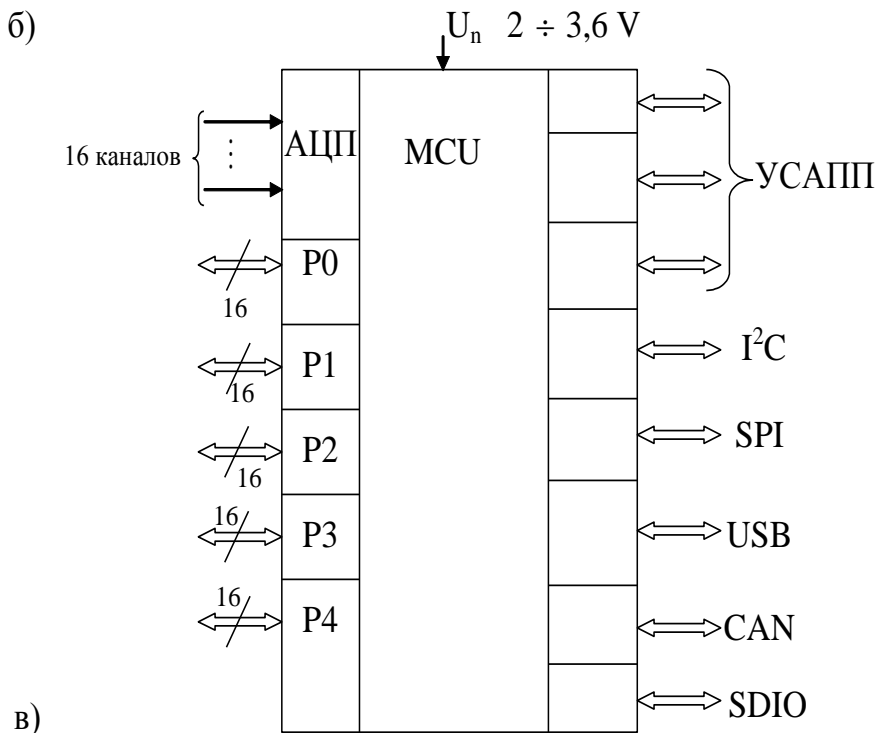
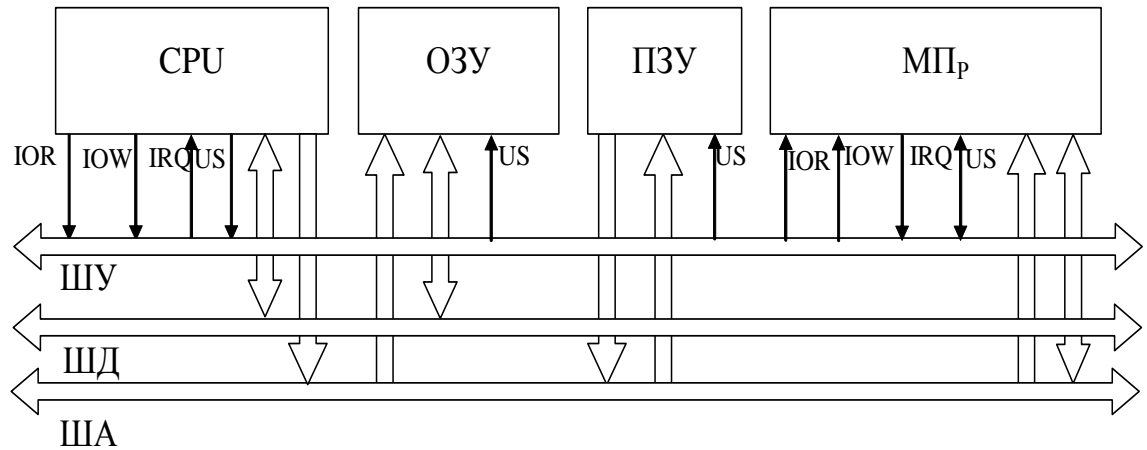
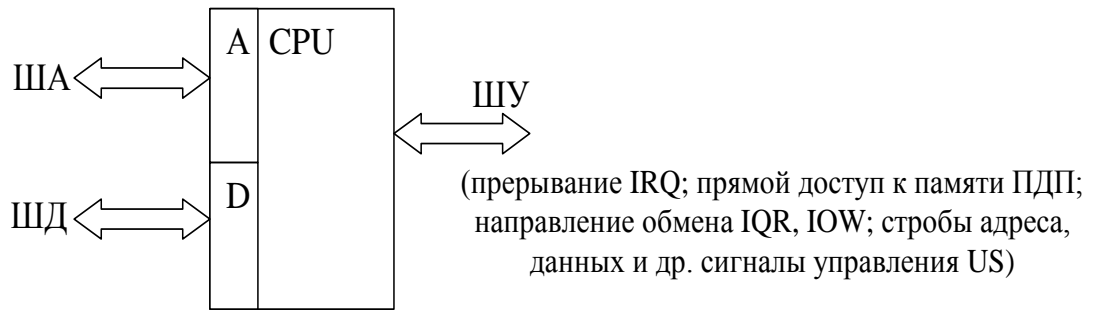


Рис. 2.1 – Типовые схемы обмена CPU и MCU с внешними устройствами: а) шины обмена с внешними устройствами CPU; б) типовая схема обмена CPU с внешними устройствами MCU типа STM 32

При таком подключении главным устройством (мастером) является CPU, в системе команд которого имеются команды, формирующие сигналы IOR и IOW. Используя эти команды, программист сообщает внешним устройствам (ОЗУ, ПЗУ, медицинский прибор МП_р и др.) в каком направлении CPU будет обмениваться данным (отдавать данные (IOR) или принимать данные (IOW)). Кому отдает или от кого принимает данные, CPU указывает на шине адреса. Синхронизация обмена осуществляется сигналами US, которые являются приоритетом CPU.

Внешние устройства ОЗУ, ПЗУ и МП_р «понимают», что «хочет» от них CPU, расшифровывая сигналы управления CPU, и организуя обмен данными по ШД.

Конструкция CPU предусматривает возможность обмена данными по инициативе внешних устройств, например МП_р. Для этого у CPU имеется вход прерывания IRQ. Если внешнее устройство подает сигнал на вход IRQ, то микропроцессор прекращает выполнение текущей программы, находит подпрограмму обслуживающую прерывание и выполняет действия предусмотренные этой подпрограммой. После её выполнения, заполнив необходимую информацию, CPU возвращается для выполнения прерванной программы.

Описанный механизм обмена с внешними устройствами является несколько упрощенным. Например в современных CPU реализуется достаточно сложный механизм прерывания позволяющий многим устройствам запрашивать прерывания, возможно в одно и то же время и с различными целями и на все из них CPU должен правильно реагировать без сбоев и потери информации.

Основной обмен информацией с внешними устройствами микроконтроллеры осуществляют через порты (P_i) и стандартные протоколы различных интерфейсов. Например, микроконтроллер типа STM32 (рис. 1.11

в) имеет пять независимых шестнадцатиразрядных портов P0,...,P4. В зависимости от инструкций реализуемых MCU порты могут использоваться для различных целей: для передачи адресов и данных в параллельном или последовательном кодах; для передачи векторов прерываний и других управляющих команд и т.д. Допустимые режимы работы портов описываются в технической документации на конкретные MCU.

Микроконтроллер STM32 имеет достаточно большое число стандартных интерфейсов: 3 последовательных интерфейса типа UCAПП (тот же протокол, что и RS232, только при напряжении 5 V (RS232 – 15 V)); двухпроводной протокол I2C (SCL – тактовая линия, SDA – линия данных); четырехпроводной последовательный интерфейс SPI (удобно использовать для работы с твердотельной ФЛЕШ-памятью, с микросхемами радиообмена типа Bluetooth, с другими MCU); последовательные быстродействующие интерфейсы работающие по протоколам USB и CAN (двухпроводные линии, работает либо USB, либо CAN, при реализации протокола USB 2.0 можно работать на восемь конечных точек); интерфейс работы с твердотельными носителями (картами) SDIO.

Для работы с аналоговыми сигналами в STM32 предусмотрено 16 аналоговых каналов коммутируемых на 12-ти разрядный высококачественный АЦП. Это позволяет подключать аналоговые датчики характеризующие состояние биообъектов и (или) окружающей среды непосредственно к входу микроконтроллера. При этом следует иметь ввиду, что поскольку STM32 специально не ориентирован на фильтрацию сигналов как сигнальные процессоры, возникает необходимость не только согласования выхода датчиков со входами АЦП микроконтроллера, но и возможно в предварительной аналоговой фильтрации.

Цифровые сигнальные процессоры (Digital Signal Processor – DSP) – специализированные процессы, предназначенные для цифровой обработки сигналов (обычно в реальном времени).

При этом наиболее важной математической операцией и ядром всех алгоритмов цифровой обработки сигналов является умножение с последующим суммированием. Быстрое выполнение операции умножения с последующим суммированием очень важно для реализации быстрого преобразования Фурье (БПФ), цифровых фильтров реального времени, умножения матриц, манипуляции с графическими изображениями и т.д. [50]. DSP-процессор оптимизирован для реализации таких инструкций со скоростью, достаточной для цифровой обработки сигналов в реальном масштабе времени, выполняя арифметические операции и накопление результата за один машинный цикл.

Особенности задач обработки сигналов позволили сформировать пять основных требований к DSP: быстрое выполнение арифметических операций, повышенная точность представления операторов, возможность одновременной выборки двух операндов, поддержка циклических буферов, организация циклов с автоматической проверкой цикла.

Для обмена информацией с внешними устройствами простые и дешевые PSP используют те же шины, что и микропроцессоры со специфическими сигналами шины управления. Современные DSP используют порты вывода, поддерживают стандартные интерфейсы, режимы прерывания и прямого доступа к памяти, могут иметь встроенные проблемно-ориентированные АЦП и т.д.

Программа работы цифровых средств (ЦС) как правило записывается во встроенных и (или) внешних постоянных запоминающих устройствах, и результаты расчетов – во встроенной и (или) внешней оперативной памяти.

В значительном числе биотехнических систем информация о состоянии биообъекта носит непрерывный характер. При этом съем, предварительное усиление и фильтрация данных, а так же подавление синфазных помех может производиться соответствующими аналоговыми элементами и узлами. Далее

осуществляется преобразование аналогового сигнала в цифровой код, в период или частоту импульсов и передача соответствующей информации в ЦС.

В настоящее время появились микросхемы, которые будучи, в основном, цифровыми содержат в своем составе высококачественные АЦП, которые могут непосредственно подключаться к медицинским и другим типам датчиков (пример – микросхема STM32).

При этом подавление синфазных помех, фильтрация и другие присущие аналоговым системам функции могут выполняться цифровым способом.

В таком варианте речь идет о разновидности структурно-функционального проектирования, где часть необходимых функций реализуется программным путем.

Следует иметь в виду, что значительное число задач в биотехнических системах не имеет прямой аналогии функция \rightarrow элемент (узел) и (или) фрагмент программы реализующий искомую функцию.

Примерами таких биотехнических систем и (или) их составных частей служат программы реализующие искусственные нейронные сети, синтез изображений в томографических системах, метод группового учета аргументов и т.д.

Синтез систем такого типа изучается в специальных разделах математики, системного анализа, искусственного интеллекта и других научных дисциплинах.

Рассмотрим несколько примеров использования различных типов цифровых устройств для обработки медико-биологической информации. На рисунке 2.2 приведены информационно-измерительные системы счетчиков биоциклов и регистрации временных интервалов.

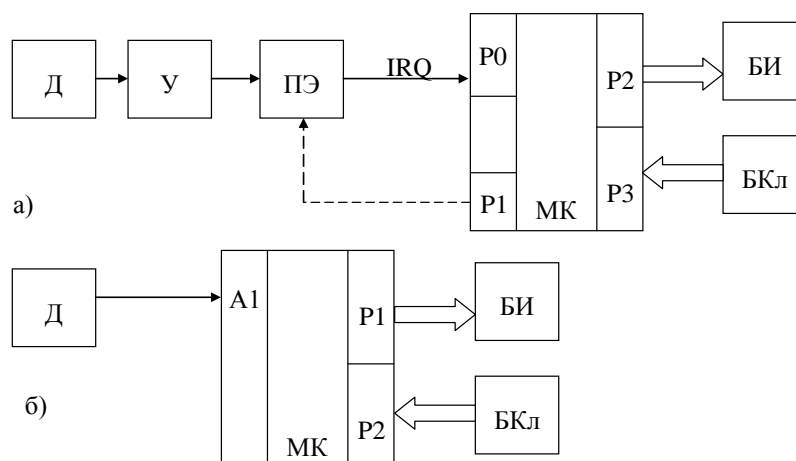


Рис. 2.2 – Структурные схемы счетчиков биоциклов и регистраторов временных интервалов а) при отсутствии в микроконтроллере АЦП; б) на микроконтроллере со встроенным АЦП.

В схеме счетчиков биоритмов сигнал с выхода порогового элемента подается на вход прерывания микроконтроллера МК. В ответ на этот сигнал микроконтроллер переходит к выполнению подпрограммы подсчета количества импульсов со стороны входа IRQ. Время измерения программируется через внутренний таймер МК. Задание режимов работы и времени счета осуществляется блоком клавиатуры БКл подключенным к порту P2. Результаты вычислений отображаются блоком индикатором БИ подключенным ко второму порту. С учетом возможного дрейфа изолинии исследуемого сигнала и изменения его амплитуды из-за подсыхания электродной пасты, нарушения контакта, изменения текущего состояния обследуемого и т.д. через порт P1 может быть реализована адаптивная подстройка порога срабатывания ПЭ (пунктирная линия на рис. 2.2 а).

В варианте 2.2 б. встроенный АЦП с помощью соответствующего программного обеспечения реализует функцию порогового элемента. Ряд микроконтроллеров имеет специальные интерфейсы типа LCD для прямого подключения к жидкокристаллическим индикатором (ЖКИ).

При использовании встроенного в МК аналогового коммутатора или многоканального АЦП схема интрагастрального рН-метра имеет вид, приведенный на рис. 2.3.

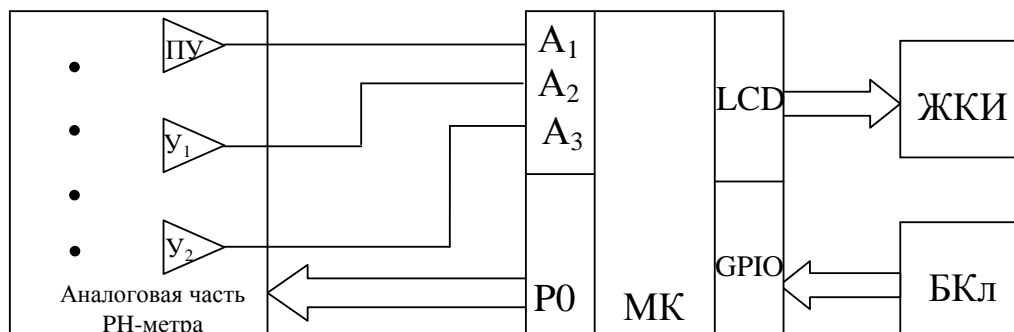


Рис. 2.3 – Структурная схема микроконтроллерного рН-метра

В схеме, приведенной на рисунке 2.3 разряды нулевого порта (P0) используются для управления аналоговой частью рН-метра (подключение калибраторов импеданса и напряжения, управление коммутатором и т.д.). Ряд разработчиков для подключения клавиатуры использует стандартный интерфейс типа GPIO, который характеризуется программным управлением каждого разряда интерфейса. Такое управление позволяет разработчику реализовать различные протоколы обмена, включая собственные идеи. Иногда для подключения клавиатуры используют интерфейсы типа SPI, но тогда блок клавиатуры сам должен поддерживать этот протокол обмена. В качестве аналоговой части этой схемы удобно использовать специализированную микросхему типа AFE LMP 91200 предназначенную для измерения рН и температуры на выходе LMP 91200 формируется аналоговый сигнал, амплитуда которого пропорциональна величине рН.

При наличии в микроконтроллере встроенных АЦП и ЦАП и прикладных программ, моделирующих работу синхронных детекторов, схема измерителя электрического сопротивления биоткани становится схемой микроконтроллерного измерителя приведенной на рис. 2.4

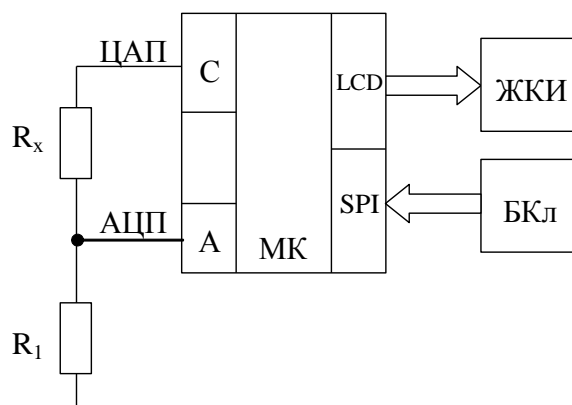


Рис. 2.4 – Схема микроконтроллерного измерителя сопротивления биоткани.

В схеме, приведенной на рисунке 2.4 стабилизация тока через сопротивление биообъекта реализуется программно с управлением встроенным ЦАП через выход С.

Различные варианты использования микропроцессоров, микроконтроллеров и сигнальных процессоров при реализации биотехнических систем будут последовательно рассматриваться в соответствующих разделах.

2.2.2. Прикладные процессоры

Успехи современной микроэлектроники привели к созданию семейства прикладных микропроцессоров типа OMAP.

Первоначально это семейство разрабатывалось фирмой Texas Instruments для мобильных и мультимедийных приложений, однако, их низкая потребляемая мощность, производительность, функциональные возможности, уровень интеграции и низкая стоимость позволили использовать их при проектировании изделий медицинского назначения, включая портативные медицинские приборы. Основной отличительной

особенностью прикладных процессоров, включая семейство OMAP35X и OMAP35L1X (фирма Texas Instruments).

Типовая структура прикладных микропроцессоров серии OMAP приведена на рис. 2.5.

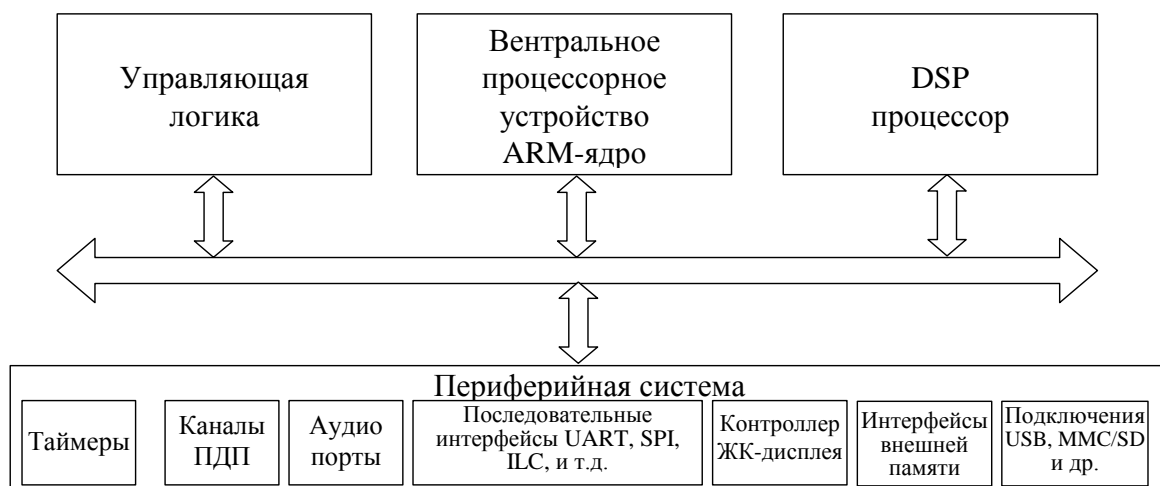


Рис. 2.5 – Обобщенная структура прикладных процессоров серии OMAP

Структура прикладного процессора приведенного на рис. 2.5, содержит два ядра: ARM-ядро и DSP-ядро. ARM-ядро, являющейся классическим высокопроизводительным микропроцессором (CPU), ориентированно на применение многозадачных приложениях, что требует реализации эффективного управления памятью, что требует реализации эффективного управления памятью и значительных вычислительных ресурсов при низком энергопотребления. DSP - процессор ориентирован в основном на аудио/видео ускорение (акселерацию). Однако он легко может быть запрограммирован на решение других задач цифровой обработки сигналов, например фильтрацию.

Для эффективной работы с мобильными и мультимедиа приложениями прикладные процессоры снабжаются мощной периферийной системой.

Причем эта система оказалась весьма полезной при проектировании мониторов контроля состояния организма человека и окружающей среды, систем обработки медицинских изображений и в других медицинских и экологических приложениях. Как правило, в состав периферийной системы входят различные типы таймеров, контроллеры прямого доступа к памяти (каналы ПДП), аудио порты ориентированные на работу с цифровыми аудио кодеками, последовательные порты стандартных интерфейсов типа UART, SPI, I²C и др., контроллер жидко-кристаллического дисплея (ЖК), интерфейсом быстрого доступа к значительным объемам внешней памяти, контроллеры подключения к различным вычислительным ресурсам, например к ПЭВМ (USB) и т.д.

Примеры приведенные на рис. 2.5 иллюстрируют варианты построения тонометров с использованием классического микроконтроллера серии STM 32 (без DSP - процессора) и прикладного контроллера серии OMAP.

Современные датчики давления позволяют одновременно регистрировать давление манжеты на исследуемые сосуды со стороны манжеты (метод Короткова) и фиксировать пульсации этих сосудов (тоны Короткова) (рис. 2.6 а). Причем тоны Короткова фиксируются как при нагнетании воздуха в манжету (восходящая ветвь графика выходного сигнала $U_{дд}(t)$ на выходе датчика давления), так и при стравливании воздуха (нисходящая ветвь).

При использовании классического микропроцессора без средств аппаратной поддержки алгоритмов цифровой обработки сигналов (рис. 2.6 б) сигнал с выхода датчика давления (P/U) поступает на входы активных фильтров. Фильтр низкой частоты (ФНЧ) сглаживает тоны Короткова, позволяя микроконтроллеру отслеживать величину давления на сосуд без учета его пульсаций. Полосовой фильтр (ПФ) настроенный на полосу 1,...,4 Гц выделяет тоны Короткова и «давит» все остальные составляющие, включая участки подъема и снижения давления

в манжете вызываемые работой компрессора. Микроконтроллер фиксирует участки начала и окончания появления тонов Короткова, определяя систолическое и диастолическое давление, и по тонам Короткова определяет частоту сердечных сокращений. К интерфейсам SPI подключаются жидкокристаллический индикатор (ЖКИ) имеющий аналогичный интерфейс и клавиатура управления. К выходу SDIO может быть подключен твердотельный носитель, например SD карта для запоминания результатов измерений, например с целью мониторинга. Для управления компрессором и стравливанием воздуха используются два усилителя У1 и У2, которые могут быть подключены к двум выходам параллельного порта (PO1 и PO2) микроконтроллера. Если амплитуды сигнала с выхода датчика P/U недостаточно для нормальной работы встроенных АЦП микроконтроллеры активные фильтры проектируются с коэффициентом усиления большим единицы.

При использовании OMAP процессора, например типа OMAP-L1X (рис. 2.6, в) для получения цифрового сигнала после датчика давления используется операционный усилитель (ОУ) и Σ - Δ АЦП с цифровым выходом в формате SPI. Все необходимые операции фильтрации реализуются DSP прикладного процессора. Для управления ЖКИ процессором и взаимодействия с клавиатурой удобно использовать интерфейс типа GPIO. Этот интерфейс характеризуется тем, что каждый из его разрядов управляется пользовательской программой. Для работы с Flash памятью может быть задействован вывод EMIFA.

С учетом того, что микросхемы серии OMAP содержат в своем составе аудио порты к ним легко подключить динамик сообщающий пациенту о результатах измерений с соответствующими комментариями типа «Ваше давление согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения находится в норме» (вывод PWM).

Развитие прикладных процессоров семейства OMAP способствовало появлению и развитию технологии DaVinci, которая оптимизирована для систем цифрового видео и объединяет четыре основных элемента: цифровой сигнальный процессор (DSP), мультимедиа кодеки; развитую систему интерфейсов и средства разработки. Представителем технологии DaVinci является микропроцессор TMS 320 DM644х, который рекомендован для использования в системах обработки медицинских изображений. Структурно микропроцессоры серии DaVinci отличаются от OMAP (рис. 2.5) добавлением мощного видеопроцессора.

Одна из основных концепций разработчиков технологии DaVinci основывалась на том, что для многих приложений, цифровое видео это только одна из многих компонент и поэтому инженеры проектировщики сложных систем, включающих видео системы не должны вникать в достаточно сложные проблемы кодирования и декодирования аудио и видеоизображений. Эта задача решается автоматически соответствующим аппаратно-программным обеспечением

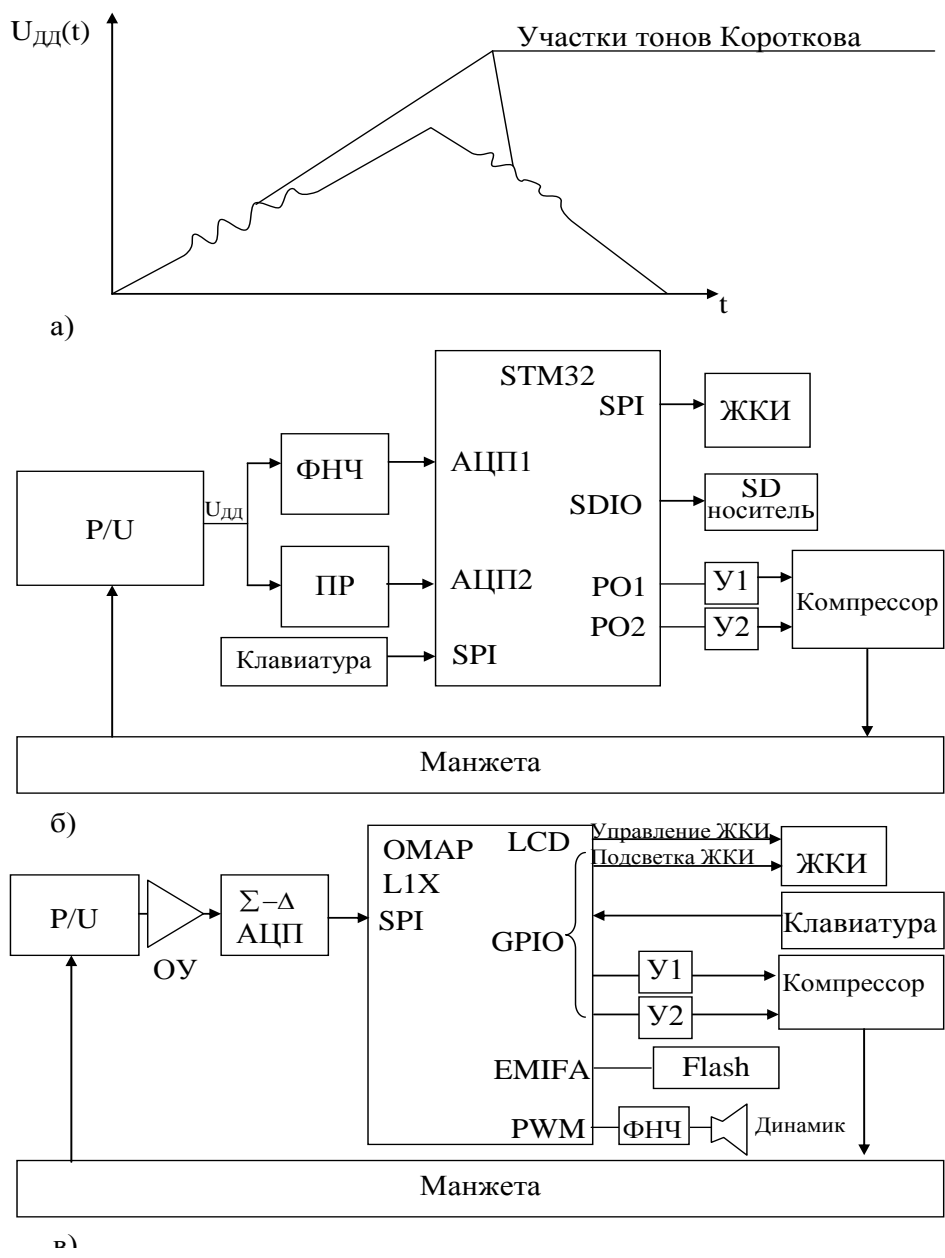


Рис. 2.6 – Варианты структур тонометров с использованием а) классического микроконтроллера и б), в) прикладных процессоров серии OMAP

2.3. Подготовка к занятию

Изучить особенности работы, интерфейсов и функциональных возможностей микропроцессоров фирмы Atmel и микроконтроллеров STM32F и OMAP. Повторить лекционный материал из курса

“Биотехнические системы медицинского назначения” по разделам автоматические тонометры, кардиографы, кардиомониторы, реографы, фотоплетизмографы [1].

2.4. Рекомендуемый план проведения практического занятия.

Рекомендуемые технологии: репродуктивная в сочетании с интерактивной. Форма интерактива - диалог между студентами и преподавателем, направленный на поиск предпочтительных технических предложений в объеме 1 час.

2.4.1. Преподаватель предлагает студентам разбиться на пять подгрупп и разделить между собой пять тем: автоматические тонометры; кардиомониторы; фотоплетизмографы; реографы; полиграфы.

2.4.2. Каждой из подгрупп преподаватель предлагает выбрать микропроцессор, микроконтроллер или прикладной процессор для решения соответствующих задач:

- нарисовать структурную схему автоматического тонометра с голосовым сообщением о результатах измерений;
- нарисовать структурную схему кардиомонитора на один канал для расчета и анализа variability сердечного ритма;
- нарисовать структурную схему фотоплетизмографа с определением сатурации крови
- нарисовать структурную схему одноканального тетраполярного реографа с возможностью расчета реографических индексов;
- нарисовать структурную схему полиграфа электрофизиологических сигналов с каналами ЭКГ, БКГ, РЭГ, ФПГ, ЭМГ.

2.4.3. В режиме диалога с преподавателем каждая подгруппа решает свою задачу.

2.4.4. Выбранный подгруппой студент представляет свое решение на обсуждение всей аудитории с защитой своего варианта решения.

2.4.5. В режиме диалога производится совершенствование выбранных схем.

2.5. Задание на самостоятельную работу для практического занятия №3.

Пользуясь информацией сети Internet изучить архитектуру и принципы программирования микроконтроллеров на платформе Arduino-Uno.

2.6. Содержание отчета.

Каждая из подгрупп приводит выбранные ими структурные схемы приборов с описанием работы и обоснованием выбранного решения и описание коллективно скорректированной схемы с соответствующей структурой.

2.7. Вопросы для собеседования.

1. Назовите отличительные черты микропроцессоров, микроконтроллеров, сигнальных процессоров и прикладных процессоров.

2. Какие операции отличные от микропроцессоров и микроконтроллеров аппаратно поддерживают сигнальные процессоры?

3. Как осуществляется обмен с “внешним аналоговым и цифровым миром” классическими микропроцессорами?

4. Как осуществляется обмен с “внешним миром” современными микроконтроллерами?

5. Нарисуйте схему измерителя импеданса биообъекта на основе микроконтроллера, объясните принципы стабилизации измерительного тока, используемые в Вашей схеме.

6. Приведите пример использования прикладного процессора в медицинском приборе, нарисуйте соответствующую структурную схему.

Практическое занятие №3

Выбор базовых вариантов и оценка технического уровня медицинских изделий.

3.1. Цель работы: приобретение и закрепление умений и навыков в оценке технического уровня проектирования биотехнических систем с ориентацией на создание конкурентно способной продукции медицинского и экологического назначений.

3.2. Информационный материал к занятию

3.2.1. Общие принципы управления качеством продукции.

Основные понятия и определения

Современный этап проектирования биотехнических систем различных типов и назначений, включая медицинские изделия, широко использует теоретическую и методологическую основу управления качеством продукции, анализа и оценки технического уровня объектов новой техники, конкурентоспособности продукции.

Важнейшим показателем деятельности любой отрасли является конкурентно-способность её продукции, которая связана с двумя важнейшими показателями

Под качеством продукции понимается совокупность свойств продукции обеспечивающих её пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с её назначением.

Показатели качества описывают либо совокупность свойств, либо степень удовлетворения потребностей в соответствии с назначением изделий, которые, в свою очередь, подразделяются на органолептические и функциональные свойства.

Органолептические свойства оцениваются с помощью органов чувств человека при использовании законов психофизики и психофизиологии, и соответствующих технических и методических средств.

Функциональные свойства чаще всего можно измерить средствами объективного контроля. Среди показателей, характеризующих качество продукции выделяют следующие их группы:

Показатели назначения характеризуют полезный эффект от использования продукции по назначению и обуславливают область её применения.

Показатели надежности характеризуются безотказностью, сохраняемостью, ремонтпригодностью и долговечностью изделия. Эти характеристики исследуются в рамках теории надежности.

Показатели технологичности характеризуют эффективность конструкторско-технологических решений для обеспечения высокой производительности труда при изготовлении и ремонте.

Показатели стандартизации и унификации определяются по насыщенности продукции стандартными, унифицированными и оригинальными составными частями.

Эргономические показатели характеризуют взаимодействие человека с биотехнической системой, а также комплекс гигиенических, антропометрических, физиологических и психологических свойств, проявляющихся при изготовлении продукции.

Экологические показатели определяются через уровень вредных воздействий на человека и окружающую среду, которые возникают при эксплуатации изделий.

Показатели безопасности характеризуют особенности изделия для безопасности обследуемых (например, пациентов) и обслуживающего

персонала. Эти показатели используют для обеспечения безопасности при монтаже, обслуживании, ремонте, хранении, транспортировании, потреблении, утилизации продукции.

Эстетические показатели определяют информационную выразительность, рациональность формы, целостность композиции, совершенство исполнения и стабильность товарного вида изделия.

Показатели транспортабельности характеризуют приспособленность изделия к транспортировке.

Патентно-правовые показатели характеризуют патентную чистоту изделий и являются существенным фактором конкурентно-способности.

В свою очередь показатели качества продукции могут характеризоваться единичными и комплексными показателями.

Единичный показатель характеризует одно из свойств продукции, например, наработка медицинского прибора на отказ, интенсивность отказов усилителя биопотенциалов, количество отведений биопотенциалов и т.д.

Комплексный показатель характеризует совместно несколько простых свойств или одно сложное свойство продукции, состоящее из нескольких простых свойств.

Примером комплексного показателя может служить средневзвешенное от единичных показателей вычисляемое по формуле:

$$K_0 = \sum_{i=1}^n \alpha_i x_i, \quad (3.1)$$

где x_i - показатель i -го свойства оцениваемой продукции; α_i - весовой коэффициент, характеризующий вклад каждой составляющей в общее качество изделия.

Удобно комплексный показатель нормировать к единой шкале измерений используя, например, формулу вида:

$$K_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i x_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}, \quad (3.2)$$

Следует отметить, что показатели типа (3.1) и (3.2) представляют собой условную величину, выражаемую в условных единицах, например, в баллах. Как правило, комплексные показатели такого типа не имеют реального физического содержания.

Другой тип комплексных показателей напротив имеет явно выраженный физический смысл. Примером такого типа показателей является коэффициент готовности K_G определяемый по формуле:

$$K_G = \frac{T}{T + T_B}, \quad (3.3)$$

где T – наработка изделия на отказ (показатель безотказности); T_B – среднее время восстановления (показатель ремонтпригодности).

Физический смысл K_G состоит в том, что он характеризует вероятность того, что оцениваемое изделие окажется работоспособным в любой произвольно выбранный момент времени в промежутках между периодами планового технического обслуживания.

Процесс повышения качества продукции обеспечивается улучшением части или всех показателей качества.

Повышение качества неразрывно связано с соответствующими затратами. Поэтому одним из показателей, характеризующих продукцию является соотношение качества и затрат или цена единицы качества.

К таким типам показателей качества относится интегральный показатель, определяемый выражением:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{Z_c + Z_э}, \quad (3.4)$$

где \mathcal{E} – суммарный эффект эксплуатации или потребления продукции (например, количество пролеченных пациентов аппаратом искусственного кровообращения до окончания его срока службы); Z_c – суммарные затраты на создание изделия (разработка, изготовление, монтаж и другие единовременные затраты); $Z_э$ – суммарные затраты на эксплуатацию (техническое обслуживание, ремонт, расходы материалы и другие текущие затраты).

ГОСТ 15.467 – 79 ограничивает применимость формулы (3.4) для изделий, срок службы которых не превышает одного года. Для изделий с большим сроком эксплуатации Z_c приводятся к последнему году службы с использованием коэффициента, учитывающего самокупаемость продукции.

Существуют различные методы определения качества продукции. ГОСТ15.467.79 предлагает следующий набор методов.

1. Измерительный метод определения показателей качества продукции, ориентированный на использование технических средств измерения (сила тока, сопротивление ткани, время готовности электродной системы, контрастность рентгеновского изображения и т.д.)

2. Регистрационный метод определения показателей качества осуществляется на основе наблюдения и подсчета числа определенных событий, предметов или затрат (число отказов изделия на испытаниях, подсчет числа дефективных изделий в партии и т.д.).

3. Расчетный метод определения показателей качества использует теоретические или эмпирические зависимости показателей качества изделия

от его параметров. Этот метод чаще всего применяют при отсутствии возможности проведения экспериментальных исследований, позволяющих измерить анализируемые показатели. Эти методы позволяют установить зависимости между отдельными показателями качества продукции. Примерами применения расчетных методов могут быть: расчеты показателей производительности изделия, его прочности, потребляемой мощности, долговечности, надежности и т.д.

4. Органолептический метод основан на анализе восприятия органов и чувств. Суждение о качестве анализируемой продукции выносится на основе опыта человека и поэтому не может быть абсолютно точным. Точность и достоинство этого метод определяется квалификацией, навыками работы и даже настроением лица, принимающего решение. При этом возможно применение различных вспомогательных средств (лупа, микроскоп, фанендоскоп и т.д.). Этот метод часто применяют, когда надо охарактеризовать эстетическое свойство изделия. Обычно результат оценки выражается в баллах.

5. Экспертные методы используют методы экспертного оценивания, например с помощью балльных оценок. В связи с распространённостью и важностью этого метода ему посвящено достаточно много публикаций.

6. Социологические методы основываются на сборе и анализе мнений фактических или возможных потребителей исследуемой продукции (опросы, анкетирование, конференции, выставки, дегустации и т.д.).

Получаемые различными методами показатели качества продукции позволяют решать задачу оценки качества анализируемых изделий в целом. ГОСТ 15.467.79 определяет оценку уровня качества продукции как совокупность операций, включающую выбор номенклатуры показателей качества, определение значений этих показателей и сопоставление их с базовыми значениями показателей качества, принимаемыми за основу при

сравнительной оценке с выбираемыми образцами (потенциально достижимые показатели, лучшие в стране, лучшие мировые и т.д.).

Наряду с понятием оценки уровня качества продукции употребляется понятие **оценки технического уровня** продукции, под которой понимается совокупность операций, включая выбор номенклатуры показателей, характеризующих **техническое совершенство** оцениваемых изделий, определение этих показателей и сопоставление их с базовыми показателями.

Оценка уровня качества продукции является основной для выработки необходимых управляющих решений в системе управления качеством продукции.

ГОСТ 15.467-79 определяет управление качеством продукции как действия, осуществляемые при создании и эксплуатации или употреблении продукции, в целях установления, обеспечения и поддержания необходимого уровня качества.

Для управления качеством создается соответствующая система, определяемая как совокупность управляющих органов и объектов управления, взаимодействующих с помощью материально-технических и информационных средств при управлении качеством продукции.

Система управления качеством продукции охватывает коллективы людей, технические устройства, материальные средства и массивы (потoki) информации.

Выработка управляющих решений (воздействий) производится на основании сопоставления информации о фактическом состоянии управляющего процесса с его характеристиками, заданными программой управления.

3.2.2. Технический уровень продукции и принципы его оценки

С понятием качества продукции тесно связано понятие её технического уровня.

В наиболее распространенном его определении под техническим уровнем (ТУ) понимают **относительную характеристику качества продукции**, основанную на сопоставлении показателей свойств, отражающих техническое совершенство оцениваемой продукции с соответствующими значениями лучших отечественных и (или) зарубежных (базовых) образцов техники.

При оценке ТУ устанавливается соответствие оцениваемого изделия мировому, региональному (например, Европейскому) национальному или отраслевому уровню качества продукции. Сопоставление по всему изделию осуществляется путем сопоставления соответствующих значений показателей технического совершенства.

Оценка ТУ (качества) изделий производства для решения следующих задач:

- обеспечения и управления качеством;
- аттестации продукции по категории качества;
- выбора наилучшего (оптимального) варианта продукции;
- планирования показателей качества создаваемой техники;
- контроля качества;
- анализа изменения уровня качества.

Часто, хотя и более узко, технический уровень определяется как относительная оценка проектируемой техники на допроизводственной стадии. При этом указывается, что уровень качества продукции складывается из технического уровня на стадии проектирования, уровня качества изготовления на стадии производства и уровня эксплуатационного качества на стадии потребления.

Технический уровень изделия не остается постоянным в течение жизненного цикла. На этапе создания техники возможны два случая незапланированного изменения технического уровня: незапланированное повышение и незапланированное снижение, которые могут произойти на различных стадиях разработки.

Повышение технического уровня возможно за счет появления в процессе НИР новых технических решений, а также достижения результатов, превышающих установленные в техническом задании.

Снижение технического уровня разрабатываемого изделия может произойти в случае создания в этот период более современных изделий, которые обладают по сравнению с создаваемой техникой лучшими технико-экономическими показателями. Другой причиной снижения технического уровня может быть невозможность выполнения технического задания в полном объеме, что выявляется на стадии технического предложения и приводит к пересмотру технического задания в сторону ухудшения технико-экономических показателей.

На этапах «производство» и «эксплуатация» возможно ступенчатое изменение технического уровня изделия, происходящее как в моменты появления новых, более современных изделий с большей степенью использования в них передовых научно-технических знаний (снижение ТУ), так и в момент, когда качество изделия может расти за счет отработанности технологических процессов и улучшения экономических показателей.

За рубежом понятие «технический уровень» подразумевает название «допроизводственное качество этапа разработки изделия». Другим эквивалентом термина «технический уровень» является понятие «планируемое качество». На сегодняшний день технический уровень определяется системой обеспечения качества DIN 1509000. В соответствии с

теорией управления качеством, изложенной в зарубежной литературе, выделяется три этапа в управлении качеством:

- планирование качества;
- управление качеством;
- улучшение качества.

Разработка концепции допроизводственного качества находит выражение в нормативных документах, разрабатываемых как в отдельных странах, так и в международных соглашениях. В разработке философии качества в настоящее время за рубежом большое распространение получили философия Деминга, Джуран, Кайсен, Кросби, Ишикава, Файгенбаума, теория Taguchi, ИСО 9000-94.

В качестве примеров рассмотрим два распространенных подхода к разработке философии и методологии качества.

Теория управления качеством Taguchi основана на том, что важнейшим измерителем качества производимой продукции являются общие потери, вызванные в обществе этой продукцией. Принято, что потери $l(\Delta)$ из-за изменений в производстве продукции, которые терпит потребитель, пропорциональны квадрату отклонения Δ характеристик от заданных номинальных величин τ . Непрерывное улучшение качества требует постоянного уменьшения отклонения характеристик изготавливаемой продукции от номинальных значений. Конечное качество и стоимость продукции определяется в большей степени этапами разработки продукции и подготовки производства.

Из множества параметров изделия выделяются те, которые определяют его с точки зрения удовлетворения запросов потребителя. Такие параметры называются определяющими. Для измерения качества изделия используются отклонения реальных параметров от номинальных значений: чем меньше отклонения, тем выше качество (рис. 3.1).

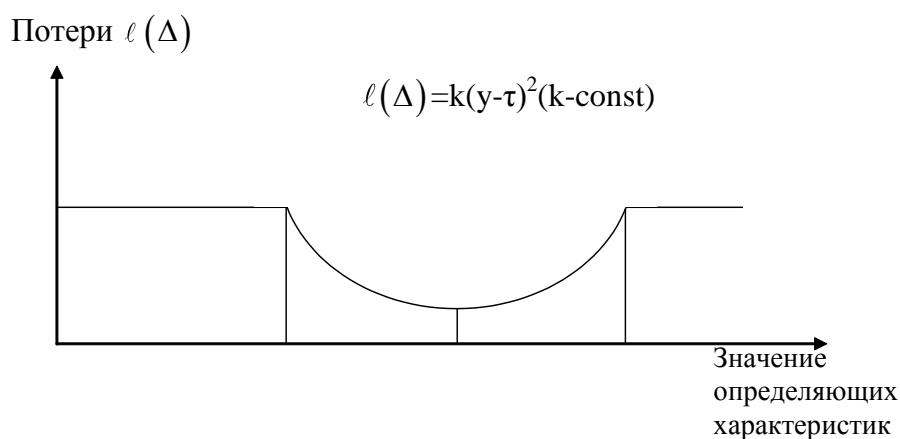


Рис. 3.1. Зависимость потерь от отклонения характеристик от номинальных значений

Установление номинальных значений определяющих параметров и их допустимых отклонений проводится с использованием статистического моделирования. При этом моделируются источники факторов, приводящих к отклонению определяющих показателей от номинальных значений. Задачей моделирования является определение ряда технических характеристик, при которых влияние отдельных факторов на определяющие параметры минимально.

Работы в области совершенствования качества продукции привели к созданию международного стандарта ISO 9000, разработанного международной организацией по стандартизации (ИСО) в 1987 году.

Этот стандарт устанавливает требования к системе качества, когда необходимо продемонстрировать способность компании - поставщика к проектированию и поставке соответствующей продукции. Установленные требования направлены, главным образом, на достижение удовлетворенности потребителя посредством предупреждения несоответствий продукции на всех стадиях от проектирования до обслуживания. Стандарт применяется,

когда необходимо спроектировать продукцию, и требования к ней установлены преимущественно в виде эксплуатационных потребительских качеств или их необходимо установить. Уверенность в соответствии продукции можно получить посредством адекватной демонстрации возможностей компании-поставщика в области проектирования, разработки, производства, монтажа и обслуживания.

Стандарт ИСО 9000 поддерживается системой руководящих документов, основным из которых является:

- ИСО 9000 «Общее руководство качеством и стандарты по обеспечению качества». Руководящие указания по выбору и применению;
- ИСО 9001 «Система качества. Модель для обеспечения качества при проектировании и (или) разработке, производстве монтаже и обслуживании»;
- ИСО 9002 «Система качества. Модель для обеспечения качества при производстве и монтаже»;
- ИСО 9003 «Система качества. Модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях»;
- ИСО 9004 «Общее руководство качеством и элементы системы качества. Руководящие указания».

При решении задач оценки технического уровня продукции следует руководствоваться методическими указаниями по оценке технического уровня и качества промышленной продукции (РД 50+49-79, М.-изд-во стандартов, 1979) и ГОСТ 22732-77. «Методы оценки уровня качества промышленной продукции. Основные положения».

В соответствии с методическими указаниями по оценке технического уровня и качества промышленной продукции выделяют пять уровней качества изделий (табл. 3.1).

В ряде работ можно найти другую градацию технического уровня;

продукция превосходит мировой уровень (П);

продукция соответствует мировому уровню (С);

продукция уступает мировому уровню (У).

Таблица 3.1 - Градация технической продукции по уровню качества

Градация качества продукции	Качественная характеристика продукции
П – превосходный (высший уровень качества)	Превосходит лучшие мировые достижения, соответствует требованиям мировых стандартов
С – средний уровень качества	Соответствует лучшим мировым достижениям и требованиям мировых стандартов.
У – удовлетворительный уровень качества	Удовлетворяет требованиям потребителей и имеет спрос, но уступает лучшим мировым достижениям; соответствует требованиям стандартов и технических условий: но морально устарела, подлежит модернизации.
Продукция низкого качества	Морально устарела, но еще пользуется спросом и поэтому не снята с производства; изготовлена без отступлений от требований стандартов и технических условий; подлежит снятию с производства.
Не качественная (бракуемая) продукция	Изготовленная с отступлением от требований стандартов и технических условий.

Оценка уровня качества продукции производится в несколько этапов.

На первом этапе устанавливается цель оценки уровня качества оцениваемой продукции с выбором и обоснованием метода, оценки технического уровня. Методической основой выбора метода оценки ТУ могут служить два документа:

- «Методические указания по оценке технического уровня и качества технической продукции» (РД 50-149-79, М. изд-во стандартов 1979 г.);
- ГОСТ 22732-77 «Методы оценки уровня качества промышленной продукции, общие положения».

На втором этапе решается задача выбора базового образца с учетом рекомендаций документов:

- «Методические указания установления базовых образцов для оценки технического уровня и качества промышленной продукции» (РД 50-451-84, М. изд-во стандартов 1984);
- «Общие методические рекомендации по оценке технического уровня промышленной продукции» (ГКНТ СССР от 24.10.89 № 665).

На третьем этапе осуществляется выбор (назначение) и обоснование номенклатуры, показателей качества оцениваемого и базового образцов, производится обоснование ее необходимости и достаточности. В качестве руководящего документа на этом этапе работы может быть выбран ГОСТ 22851-77 «Выбор номенклатуры показателей качества промышленной продукции. Общие положения».

На четвертом этапе выбираются методы и приемы определения значений показателей качества.

На пятом этапе определяются численные значения показателей качества, характеризующих оцениваемый и базовый образцы.

Этот этап считается наиболее трудоемким. Для его реализации используют измерения, испытания, расчеты, сбор информации и т.д.

На шестом этапе, в соответствии принятым методом оценки ТУ производятся расчеты показателей качества, и определяется уровень оцениваемого и базового образцов.

Результаты определения всех показателей качества и технических уровней продукции заносятся в карту уровня (ГОСТ 2.116-84 «Карта технического уровня и качества продукции») или в сопоставительную таблицу «Таблица качества».

Полученные карты или таблицы анализируются по специальным методикам, зависящим от типов анализируемых изделий, на основании чего делается заключение о качестве оцениваемой продукции.

3.2.3. Методы оценки технического уровня

В различных литературных источниках можно найти различные подходы к классификации методов оценки технического уровня промышленной продукции.

В одном из подходов методы оценки ТУ делаются на традиционные и нетрадиционные методы (рис. 3.2).

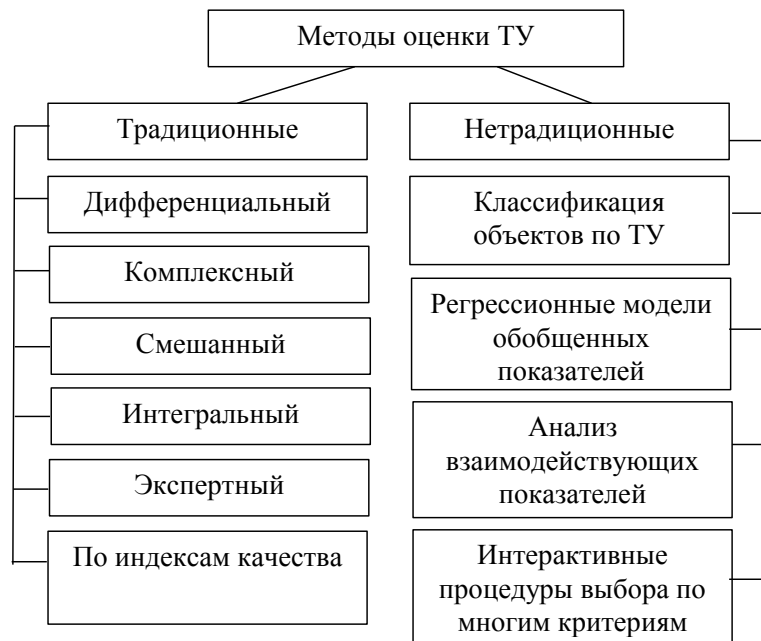


Рис. 3.2. Методы оценки технического уровня продукции

Дифференциальный, комплексный, интегральный и смешанный методы оценки качества продукции рекомендуется применять для оценки однородных изделий.

Под однородными понимают изделия одного вида, класса и назначения. Для оценки ТУ разнородных изделий применяют метод на основе индексации оценок качества. Последний иногда применяют и для оценки ТУ однородных изделий.

Оценку технического уровня изделия можно производить по единичным показателям сопоставляя их друг с другом, по одному её важнейшему показателю, определяемому как функциональная зависимость от единичных показателей продукции.

Важнейший показатель является единичным, но таким, что сразу определяет всю полезность изделия, например, качество бензина оценивают по его октановому числу, качество искусственного клапана сердца по

времени его работоспособности до износа и т.д. Уровень качества изделия по важнейшему показателю оценивания по формуле:

$$Y_k = \frac{x_{оц}}{x_{баз}}, \quad (3.5)$$

где Y_k - уровень определяющего показателя продукции, принимаемый за показатель качества изделия; $x_{оц}$ - значение оценочного (главного, определяющего) показателя единицы оцениваемой продукции; $x_{баз}$ - базовые значения того же главного (определяющего) показателя.

Следует отметить, что один, хотя и определяющий показатель, дает одностороннюю характеристику продукции. Например, искусственный сердечный клапан следует характеризовать не только долговечностью, но и биологической совместимостью, точностью, выполняемой им функции и т.д. Поэтому практически для любой продукции, особенно для сложной и многофункциональной, необходимо производить оценку по большинству или по всем его полезным свойствам.

При этом чаще всего, оцениваемая продукция представляется различными по сути, величинами, размерностями и характеристиками важности (весомости). Характеристики такого рода напрямую практически не сопоставимы. Для адекватной оценки качества по разнородной системе показателей последние приводят к единым шкалам измерений путем их нормализации (формализации).

Существуют различные способы нормализации. Естественным способом нормализации считается такая, которая приводит исследуемые показатели к единой безразмерной шкале с общим интервальным диапазоном от нуля до единицы. Такая нормализация обеспечивается формулой вида:

$$Y_i^j = \frac{x_i^j - x_{i_{\min}}^j}{x_{i_{\max}}^j - x_{i_{\min}}^j}, \quad (3.6)$$

где Y_i^j - приведенное (нормализованное) значение i -го полезного свойства j -го объекта; x_i^j - количественное значение i -го свойства j -го объекта; $x_{i_{\min}}^j$ и $x_{i_{\max}}^j$ - минимальное и максимальное значение i -го свойства j -го объекта из всего их множества.

Часто нормализацию осуществляют, используя отношения показателей i -ых свойств оцениваемого образца P_{ou_i} - к показателям тех же свойств базового образца $P_{баз_i}$:

$$Y_i = \frac{x_{ou_i}}{x_{баз_i}}, \quad (3.7)$$

$$Y_i = \frac{x_{баз_i}}{x_{ou_i}}, \quad (3.8)$$

где Y_i - относительный уровень i -го свойства по отношению к базовому образцу; $i=1, \dots, n$ - количество свойств учитываемых при оценке ТУ.

Формуле (3.7) предпочтение отдается, если увеличение x_i соответствует улучшению ТУ. В противном случае рекомендует использовать формулу (3.8).

Если выбранные свойства вносят различный вклад в оценку ТУ в целом в формулы (3.7) и (3.8) вводят соответствующие весовые коэффициенты:

$$Y_i = a_i \frac{x_{ou_i}}{x_{\bar{a}z_i}}; Y_i = b_i \frac{x_{\bar{a}z_i}}{x_{ou_i}}, \quad (3.9)$$

где a_i, b_i – весомости (значимости) i -го свойства в общей оценке ТУ.

Если числовые значения мало отличаются друг от друга в формуле (3.7) и (3.8) вводятся масштабирующие показатели степени k :

$$Y_i = \left(\frac{x_{ou_i}}{x_{\bar{a}z_i}} \right) \cdot x_{ou_i}^k; Y_i = \left(\frac{x_{\bar{a}z_i}}{x_{ou_i}} \right) \cdot x_{ou_i}^{-k}, \quad (3.10)$$

Оценка технического уровня изделий может осуществляться по обобщённым показателям Q , которые определяются функциональными зависимостями от единичных свойств x_i ($Q=f(x_i)$), тогда относительный уровень качества оценивается формулой

$$Y_k = \frac{Q_{ou}}{Q_{\bar{a}z}}, \quad (3.11)$$

Рассмотрим более подробно один из методов оценки технологического уровня – дифференциальный метод.

При дифференциальном методе оценки качества продукции отдельно сопоставляются свойства оцениваемого и базового изделия с использованием формул (3.5), (3.6), (3.7), (3.8) или (3.11).

При этом определяется, насколько качество оцениваемого изделия соответствует базовому образцу в целом, и какие показатели свойств оцениваемого изделия превосходят или уступают базовому образцу.

Этот метод позволяет оценивать, насколько отличаются друг от друга сопоставляемые свойства оцениваемого и базового изделий.

При дифференциальном способе оценки считается, что все оцениваемые свойства примерно равнозначны и их количество ограничено, что облегчает процесс оценки изделия в целом.

Дифференциальный метод оценки считается **квалифицированным**, позволяющим делать заключения типа «превосходит», «соответствует», «не соответствует» определенному, например, мировому уровню. Несмотря на свою ограниченность этот метод, может быть использован для решения конкретных задач управления качеством продукции. При этом может быть сделано два безусловных вывода:

- если все значения относительных показателей больше или равны единице, то уровень качества оцениваемой продукции превосходит или равен уровню базового образца;

- если все или большинство значений относительных показателей меньше единицы, то оцениваемый образец хуже базового.

В случае появления неопределенности в суждениях о качестве оцениваемой продукции (приблизительно равное число относительных показателей больше и меньше единицы) рекомендуется выделять группы основных и второстепенных показателей и оценку вести по основным показателям.

Более точную оценку можно получить, используя диаграмму сопоставления показателей качества (циклограмму).

Циклограмма строится в виде системы лучей исходящих из условно выбранного центра O . Каждый луч соответствует определенному свойству показателей x_i (рис. 3.3).

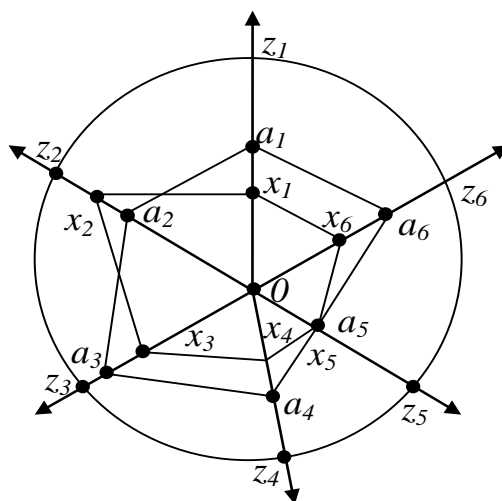


Рис. 3.3. Пример циклограммы на шесть свойств

На лучах циклограммы откладываются точки, соответствующие свойствами идеального наилучшего определяемого ГОСТ, базового и обязательно оцениваемого образцов.

На рис. 3.3 указаны точки для идеального образца z_i , для ближайшего аналога a_i и для оцениваемого x_i образцов.

Из циклограммы (паутины качества) видно, что площадь многоугольника, образованного точками a_i (аналога, базового образца) больше площади циклограммы оцениваемого образца даже несмотря на показатели x_2, x_5 , что говорит о превосходстве базового образца.

Количественно величину ТУ (уровень качества) образца можно посчитать как среднее арифметическое всех уровней учитываемых свойств:

$$Y_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i, \quad (3.12)$$

Если дифференциальный метод, в силу сложности и разнообразия оцениваемых показателей качества не обеспечивает надежной оценки ТУ

используют комплексный или смешанный методы оценки качества. С этими методами ознакомиться в специальной литературе по квалиметрии.

3.3. Подготовка к занятию

Изучение структуры, принципов действия и функциональных возможностей кардиомонитора “Теле-Кардио-01” и теоретических материалов по оценке качества продукции.

3.4. Рекомендуемый план проведения практического занятия

Рекомендуемая технология: репродуктивная в сочетании с интерактивной. Форма интерактива – диалог между студентами и педагогом по выбору номенклатуры показателей качества продукции (НПКП) и способу оценки качества проектируемых изделий. Диалог о ходе процедуры оценки качества с разбором совершаемых ошибок. Объем интерактива – 1 час.

3.4.1. В режиме диалога выбрать номенклатуру показателей качества продукции для кардиомониторов, реализующих функции подобные “Теле-Кардио-01”.

3.4.2. Разбить группу на четыре подгруппы и каждой из них предложить разработать структуру кардиомонитора, реализующего функции не хуже “Теле-Кардио-01”.

3.4.3. Используя дифференциальный метод оценки технического уровня каждая подгруппа строит соответствующую циклограмму.

3.4.4. Представитель каждой из подгрупп докладывает свои технические решения, и, в режиме диалога, дается оценка этих решений.

3.4.5. Из числа наиболее подготовленных студентов формируется экспертная группа для сравнительной оценки качества всех разработанных вариантов кардиомониторов.

3.4.6. В режиме диалога формируется опросник, позволяющий определить коэффициент конкордации отобранной экспертной группы.

3.4.7. Из числа студентов, не вошедших в экспертную группу, выбирается студент, организующий опрос экспертов и производящий расчет коэффициента конкордации W . При $W > 0.8$ экспертная группа утверждается. В противном случае, экспертная группа корректируется с повторением пунктов 3.4.5., 3.4.6. и 3.4.7.

3.4.8. Экспертная группа, используя метод парных сравнений рассчитывает элементы ряда предпочтений и докладывает результаты аудитории.

3.4.9. В режиме диалога обсуждаются полученные результаты, которые могут быть оспорены любым студентом с возможной корректировкой ряда предпочтений.

3.5. Задание на самостоятельную работу

Подготовиться к рубежному тесту и собеседованию по незащищенным практическим работам.

3.6. Содержание отчета.

3.6.1. Структурная схема и описание кардиомонитора “Теле-Кардио-01”.

3.6.2. Для каждой подгруппы структура и описание предлагаемого технического решения со списком выбранной НПКП.

3.6.3. Циклограмма на аналог и “свой” прибор

3.6.4. Таблица расчета коэффициента конкордации экспертной группы

3.6.5. Результаты обработки данных экспертизы методом парных сравнений

3.6.6. Оценка своего решения с учетом полученного ряда предпочтений.

3.7. Вопросы для собеседования

1. Какие цели преследует оценка технического уровня продукции?
2. Дайте определение качества продукции
3. Приведите классификацию показателей качества продукции
4. Что такое комплексный показатель качества продукции и как он рассчитывается?
5. Перечислите методы определения качества продукции и раскройте сущность этих методов.
6. Что такое технический уровень продукции и как он оценивается?
7. Дайте классификацию методов оценки технического уровня.
8. Расскажите о дифференциальном методе оценки качества продукции.
9. Расскажите об экспертных методах оценки качества продукции.
10. По каким критериям формируются экспертные группы?

Практическое занятие №4

Выбор математического аппарата, алгоритмического и программного обеспечения медицинских экспертных систем.

4.1. Цель работы: приобретение навыков в синтезе решающих правил для баз знаний медицинских систем поддержки принятия решений (экспертных систем).

4.2. Информационный материал к занятию.

4.2.1. Математические методы принятия решений в медико-биологических системах.

Задачи оценки состояния здоровья человека, включая прогнозирование, раннюю и дифференциальную диагностику и задачи выбора оптимальной схемы профилактики и лечения в подавляющем большинстве относятся к классу сложных плохоформализуемых задач. Сложность объектов исследования их динамичность и нестационарность в значительной степени затрудняют выбор адекватных, оптимальных математических методов и моделей и заставляют во множестве известных подходов искать наиболее подходящие в вопросах качества принимаемых решений о состоянии и управлении здоровьем человека.

В настоящее время в медицинской практике используется большой арсенал методов и моделей, ориентированных на решение различных типов задач.

Одной из сложных задач медицины и экологии является прогнозирование состояния здоровья при воздействии на организм человека внутренних и внешних факторов. Традиционно такой класс задач решается статистическими методами анализа и прогнозирования временных рядов с использованием специализированных пакетов прикладных программ (VAR, ARCH, STATISTICA, SAS, «Олимп», «Мезозавр» и др.).

В ходе анализа и прогнозирования временных рядов оцениваются изменения различного рода показателей во времени (временные ряды), изучается динамика развития процессов определяющих состояние здоровья человека.

Временные ряды могут содержать такие структурные образования как тренд, циклические и случайные компоненты, которые в общем процессе могут суммироваться (аддитивный процесс), перемножаться (мультипликативный процесс) и иметь смешанный характер, содержащий аддитивные и мультипликативные составляющие.

Для выявления этих составляющих могут использоваться различные математические приемы позволяющие достаточно точно подбирать аналитические модели для временных рядов с различной структурой данных. Одним из широко применяемых критериев «точности подбора» служит метод наименьших квадратов, при котором минимизируется сумма квадратов отклонений результатов вычислений по аналитической зависимости и экспериментальным данным временного ряда.

Наличие циклических процессов может быть определено с помощью Фурье преобразований.

Значительное число прогностических моделей основывается на версии о том, что основные тенденции предыстории будут определенное время сохраняться в будущем (свойство инерционности исследуемых систем).

В задачах медицинского прогнозирования встречаются ситуации, когда целесообразно (и даже необходимо) считать, что информация о последних периодах наблюдения гораздо важнее для прогнозирования, чем информация о более поздних периодах и (или) усредненные данные за период наблюдения. Различная ценность информации на различных периодах наблюдений учитывается с помощью адаптивных методов, которые

«приспосабливают» весовые коэффициенты моделей под различный прогностический уровень значимости различных временных периодов.

Обучаются адаптивные модели с использованием итерационных формул, корректируя свои параметры при поступлении новой информации с использованием алгоритмов минимизации ошибки прогнозирования.

Наиболее популярными методами решения задач диагностики, включая раннюю (донозологическую) и дифференциальную диагностику являются методы теории распознавания образов.

Принято считать, что процесс распознавания образов отождествляется с вопросом, к какому классу объектов (образов) может быть отнесен распознаваемый объект. При этом класс олицетворяет собой некоторую совокупность (подмножество) объектов, обладающих близкими свойствами. В медицинских приложениях в зависимости от решаемой задачи под классами принято понимать диагнозы, степень тяжести и стадии заболеваний, синдромы, симптомокомплексы и т.д.

В такой постановке задача прогнозирования может рассматриваться как классификационная задача в которой выясняется, перейдет ли обследуемый из одного класса состояний в другой через заданное время наблюдения, или как он будет переходить из одного класса состояний в другой за время наблюдений.

Исторически теоретической базой для построения алгоритмов распознавания, обеспечивающих определение класса, к которому может быть отнесен некоторый неизвестный объект, на основе некоторых наборов признаков, характеризующих этот объект, послужила теория статистических решений. В будущем этот математический аппарат, привлекаемый для решения задач распознавания, существенно расширился за счет использования методов алгебры логики, разделов прикладной математики, технологии мягких вычислений и др..

В настоящее время в различных сферах человеческой деятельности, в том числе и в медицине, используется более 250 методов распознавания и их количество неуклонно растет.

Существует несколько подходов к классификации методов распознавания образов.

Одни авторы различают параметрические, непараметрические и эвристические методы, другие – выделяют группы методов, исходя из исторически сложившихся направлений в области теории распознавания образов (ТРО). Например, в [46] используется следующая, классификация методов распознавания образов:

- методы основанные на принципе разделения;
- статистические методы;
- методы построенные на основе потенциальных функций;
- методы вычисления оценок (голосования);
- методы, основанные на исчислении высказываний, в частности на аппарате алгебры логики.

Подобная типология методов распознавания с той или иной степенью детализации встречается во многих работах по распознаванию.

Опыт пользования различными методами теории распознавания образов в медицине и других областях человеческой деятельности позволил сделать серьезный обобщающий вывод. Большинство из использующихся на практике методов «хорошо» работают, если структура классификационных данных удовлетворяет ограничениям присущим соответствующим математическим моделям, например, алгоритм «средней связи» дает лучшие результаты, чем «ближайшего соседа» при простой форме образов (шаровые или эллипсоидные группы объектов). Здесь под структурой данных (классов)

понимается геометрическая конфигурация точек-объектов в пространстве признаков.

Анализ задач медицинской диагностики показал, что многие из них имеют сложную геометрическую структуру. Это связано с тем, что человек и окружающая его среда представляют собой чрезвычайно сложный, динамический объект и, следовательно, их состояния могут быть описаны лишь большим набором взаимозависимых признаков, которые с трудом поддаются формализованному описанию.

К плохоформализуемым классам задач относятся и задачи решаемые в данном диссертационном исследовании. Это связано с тем, что и прогнозируемое обострение генитального герпеса и выделяемые классы состояний не имеют четких классификационных границ, а зона пересечения исследуемых классов имеет значительный гиперобъем при отсутствии четких указаний «учителя».

Как показали результаты многочисленных исследований в этих условиях наиболее целесообразно использовать диалоговые методы распознавания образов, последовательную секвенциальную процедуру А. Вальда, алгоритмы метода группового учета аргументов (МГУА), технологии мягких вычислений, включая теорию нечеткой логики принятия решений Л. Заде и теорию уверенности Е. Шортлифа.

Отличительной особенностью диалоговых систем распознавания (ДСР) является использование аппарата разведочного анализа для выбора наиболее адекватных решающих правил.

Понятие диалога в ДСР отличается от традиционного. Здесь режим диалога ориентирован прежде всего на поддержку пользователем принятия решений о структуре многомерных классов с подбором соответствующих методов и алгоритмов обработки данных, наиболее подходящих к искомой структуре данных (этап качественного решения задачи анализа данных). На

этапе количественного описания данных производится поиск параметров выбранных пользователем моделей и, методом проб и оценок, делается окончательный выбор конкретной (чаще всего одной) решающей модели.

Одной из самых сложных и плохоформализуемых задач является задача изучения структуры классов, которая решается путем отображения многомерных данных в одно-, двух-, или трехмерные пространства, в которых человек имеет возможность увидеть структурные особенности исследуемых классов, сделать определенные предположения, выдвинуть гипотезы, определить дальнейшую стратегию решения задачи распознавания и др. Естественно, при этом, что способы отображения должны мало исказить исходную структуру данных.

Одним из популярных методов отображения многомерных данных с изучением их структуры считается метод главных компонент (МГК) реализующий линейное отображение осуществляющее переход к новой системе координат y_1, \dots, y_p в исходном пространстве признаков x_1, \dots, x_p которая является системой ортонормированных линейных комбинаций:

$$\begin{cases} Y_j(X) = a_{1j}(x_1 - m_1) + \dots + a_{pj}(x_p - m_p); \\ \sum_{i=1}^p a_{ij}^2 = 1 (j = 1, \dots, p); \\ \sum_{i=1}^p a_{ij}a_{ik} = 0 (j, k = 1, \dots, p, j \neq k); \end{cases} \quad (4.1)$$

где m_i - математическое ожидание признака x_i

Линейные комбинации выбираются таким образом, что среди всех возможных линейных нормированных комбинаций исходных признаков первая главная компонента $Y_1(X)$ обладает наибольшей дисперсией. Геометрически это выглядит как ориентация новой координатной оси y_1

вдоль направления наибольшей вытянутости эллипсоида рассеивания объектов исследуемой выборки в пространстве признаков x_1, \dots, x_p . Вторая главная компонента имеет наибольшую дисперсию среди всех оставшихся линейных преобразований, некоррелированных с первой главной компонентой. Она интерпретируется как направление наибольшей вытянутости эллипсоида рассеивания, перпендикулярное первой главной компоненте. Следующие главные компоненты определяются по аналогичной схеме.

Одним из важных свойств главных компонент является то, что они обеспечивают наименьшее искажение структуры исходных точек (объектов) при их проецировании на первые главные компоненты. Этими свойствами определяется полезность МГК при изучении структуры многомерных данных. Практически ни одно современное исследование такой структуры не обходится без того, чтобы не рассмотреть проекции объектов в пространстве, натянутом на первую, первые две и, реже, первые три главные компоненты. Нередко прибегают к анализу проекций объектов в пространства, образованные комбинациями главных компонент более высокого порядка, например 3-й и 4-й ГК, 5-й и 6-й и т.п.

Разновидностью методов линейного отображения данных является факторный анализ который в отличие от МГК основан не на дисперсионном критерии автоинформативности системы признаков, а ориентирован на объяснении имеющихся между признаками корреляций.

Нелинейные методы отображения данных в пространстве меньшей размерности, как правило, пренебрегают аналитическим выражением преобразования исходного пространства признаков в новые координаты оси, позволяющим интерпретировать новое координатное пространство. Все операции нелинейных отображений подчинены одной главной цели:

построить графическое изображение совокупности данных, дающее наиболее наглядное представление об особенностях их структуры.

Процедуры многомерного шкалирования отличаются от описанных выше методов линейного или нелинейного проецирования данных в пространство меньшей размерности в основном тем, что исходной информацией для них служит только матрица различий (близостей) между исследуемыми объектами и не требуют знаний значений признаков для этих объектов. Когда информация задана в виде матрицы попарных расстояний между объектами, используются методы так называемого метрического шкалирования. Если же элементы матрицы выражают порядковые отношения между объектами, то применяются методы неметрического шкалирования.

Среди диалоговых методов распознавания образов определенный интерес представляет собой диалоговый метод конструирования двумерных классификационных пространств в котором процедуры анализа структуры данных совмещены с обучением и классификацией в двумерном отображающем пространстве. Такой подход позволяет значительно упростить программно-техническое обеспечение ДСР.

Основная идея этого метода заключается в том, что обучение и классификация ведутся в двумерном отображающем пространстве Φ , куда многомерные объекты $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ отображаются с помощью пары отображающих функций

$$Y_1, Y_2; \Phi = Y_1 \times Y_2,$$

где $Y_1 = \varphi_1(A, X)$; $Y_2 = \varphi_2(B, X)$; $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$; $B = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ - вектора вещественных настраиваемых параметров.

Задача обучения состоит в нахождении таких значений параметров векторов A и B и видов функциональных зависимостей φ , при которых

непересекающиеся образы в многомерном пространстве N при отображении в Φ будут разделены или будут иметь минимальное (допустимое) наложение классов $S(X, \Omega, A, B)$, где $\Omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_L)$, L - число классов ω_ℓ , а S - площадь наложения классов в Φ .

Таким образом, в ходе обучения формируется множество границ исследуемых классов в отображающем пространстве φ :

$$G_\ell = F_\ell(C_\ell, Y_1, Y_2), \quad (4.2)$$

где C_ℓ - вектор параметров функциональной зависимости F_ℓ на двумерной плоскости.

С математической точки зрения задача обучения заключается в минимизации функционала качества вида:

$$R(A, B) = \int_{x, \Omega} S(X, A, B, \Omega) P(\Omega) P(X / \Omega) L(X, \Omega) dx d\Omega \quad (4.3)$$

где $P(\Omega)$ - априорная вероятность появления класса Ω , $P(X / \Omega)$ - условная вероятность появления X из Ω , $L(X, \Omega)$ - функция потерь от ошибочной классификации, например, из-за недостаточной квалификации "учителя".

Задача классификации заключается в определении местоположения отображения объектов $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ относительно границ различных классов, полученных в Φ .

Поскольку пользователя в предлагаемом методе в большей мере интересует зона наложения классов в отображающем пространстве, а не общая их структура, то количество информации для анализа значительно сокращается. Специалист, ведущий обучение, получает возможность сразу наблюдать решение поставленной задачи и при необходимости корректировать результат обучения с помощью простых правил.

В основу последовательной процедуры А. Вальда адаптированной А.А. Генкиным и Е.В. Гублером для решения задач медицинской диагностики положен расчет диагностического коэффициента по формуле

$$DK = \sum_{i=1}^n 10 \lg \frac{P(x_{ik} / \omega_{\ell})}{P(x_{ik} / \omega_r)}, \quad (4.4)$$

где ω_{ℓ} и ω_r - пара альтернативных диагностических классов (диагнозов); x_{ik} - значение k -ой градации информативного признака x_i , ($i=1, \dots, n$); n - размерность пространства признаков; $P(x_{ik} / \omega_{\ell})$ - частность появления k -ой градации i -го признака в классе ω_{ℓ} ; $P(x_{ik} / \omega_r)$ - в классе ω_r .

Решение о принадлежности к классам принимается путем сравнения DK с порогами P_{ℓ} и P_r определяемым по формулам:

$$P_{\ell} = 10 \lg \frac{1-\alpha}{\beta}; \quad P_r = 10 \lg \frac{\alpha}{1-\beta}, \quad (4.5)$$

где α - допустимая доля ошибок первого рода, когда гипотеза ω_{ℓ} принимается за гипотезу ω_r ; β - допустимая доля ошибок второго ряда, когда гипотеза ω_r принимается за гипотезу ω_{ℓ} .

Решение о принадлежности к классам ω_{ℓ} и ω_r принимается в соответствии с четким алгоритмом представленным таблицей 4.1.

Таблица 4.1. - Алгоритм принятия решений в соответствии с процедурой А. Вальда

Условие	Решение
$DK > P_\ell$	класс ω_ℓ
$DK < P_r$	класс ω_r
$P_r \leq DK \leq P_\ell$	Зона неопределенности

Преимуществами этой процедуры являются простота вычислений, отсутствие определенных требований к распределению величин и возможность постановки диагноза с заранее установленным уровнем надежности даже при отсутствии некоторой части измерений. Ограничения применения этого метода сводятся к требованию по объему обучающей выборки и ее репрезентативности, наличию зоны неопределенных решений, которая при значениях α и β приближающихся к единице (высокое значение качества классификации) может быть достаточно широкой и к независимости признаков участвующих в диагностике. Однако, даже при весьма выраженной зависимости признаков, число ошибок при последовательной диагностической процедуре оказывается, как правило, не выше расчетного.

Поскольку организм человека построен по самоорганизационному принципу, то представляется целесообразным осуществлять его математическое моделирование, основанное на аналогичных базисных принципах самоорганизации. Наиболее развитым в этом направлении является метод группового учета аргументов (МГУА), который базируется на следующей системе принципов: самоорганизации моделей, внешнего дополнения; геделевской теореме о внешних дополнениях; внешним критерием селекции моделей; гипотезе селекции; принципе сохранения свободы выбора; эвристике; одновременном моделировании на разных уровнях; общности языка математического описания объекта.

В общем виде с помощью алгоритмов МГУА осуществляется синтез моделей взаимосвязей переменных участвующих в процессе принятия решений в виде полиномов вида:

$$z_{i\ell} = A_{i\ell,0,\omega_\ell} + \sum_{i=1}^{nr} (A_{i\ell,i,\omega_\ell} \cdot \prod_{j=1, j \neq i\ell}^{mr} z_j^{p_{i\ell,i,j,\omega_\ell}}), \quad (4.6)$$

где $z_{i\ell}$ - переменная (из множеств X или Y); $A_{i\ell,0,\omega_\ell}$ - свободный член для модели отклика $z_{i\ell}$ в классе $\omega_\ell, (\ell=0,1)$ на множестве X или Y, $A_{i\ell,i,\omega_\ell}$ - весовой коэффициент слагаемого i для отклика функции $z_{i\ell}$ в классе $\omega_\ell, (\ell=0,1)$ на множестве X или Y, $p_{i\ell,i,j,\omega_\ell}$ - степень аргумента j в терме i для модели отклика функции отклика $z_{i\ell}$ в классе $\omega_\ell, (\ell=0,1)$ на множестве X или Y; nr – количество рядов селекции (термов полинома); mr – количество переменных z .

Принятие решений осуществляется путем сопоставления измеренных характеристик расчетными результатами по моделям (4.6).

Термин мягкие вычисления был введен Л.Заде в 1994 г. для обозначения совокупности неточных, приближенных методов решения задач, зачастую не имеющих решения за номинальное время.

Основу технологии мягких вычислений составляют такие методы как: нейронные сети; нечеткая логика, эволюционное моделирование; теория хаоса и ролевой интеллект. При практической реализации обычно эти методы используют совместно поскольку при решении они достаточно эффективно дополняют друг друга.

Опыт применения технологии мягких вычислений для решения задач прогнозирования и медицинской диагностики показал, что достаточно хороших результатов по качеству, времени и медико-техническим затратам

удается достичь при использовании модифицированной теории нечеткой логики принятия решений Л.Заде и теории уверенности Е.Шортлифа для решения классификационных задач.

Одним из фундаментальных положений теории Л.Заде является понятие нечеткого множества A , элементы которого представляются характеристическими функциями $\mu_A(X)$ на универсальном множестве X . При этом, если элемент полностью принадлежит множеству, то $\mu_A(X)=1$, не принадлежит множеству $\mu_A(X)=0$ или частично принадлежит множеству X , тогда $\mu_A(X)$ принимает числовые значения, лежащие в интервале от 0 до 1, то есть $\mu_A(X) \in [0,1]$.

Конкретное значение функций принадлежности называется степенью или коэффициентом принадлежности к множеству A .

Степень принадлежности к множеству A может быть задана аналитически в виде функциональных зависимостей или числовых значений на различных типах шкал, включая шкалу наименований.

Для работы с нечисловыми шкалами в теории нечетких множеств вводят понятие лингвистических переменных с приписыванием им числовых значений. В качестве примера построения функции принадлежности для лингвистической переменной рассмотрим переменную X , обозначающую понятие концентрации какого-либо вещества в биохимической пробе.

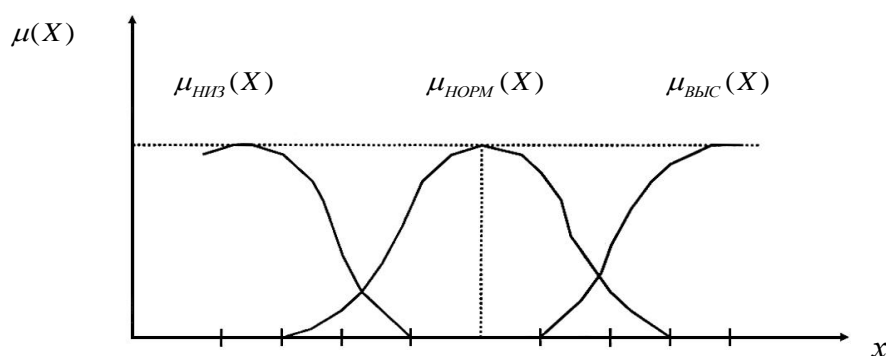


Рисунок 4.2 - Графики функций принадлежности по шкале концентрации к понятиям низкая, нормальная и высокая концентрация.

Для характеристики концентрации можно определить нечеткие множества типа низкая концентрация, нормальная концентрация, высокая концентрация, которые характеризуются функциями принадлежности $\mu_{низ}(X)$, $\mu_{норм}(X)$, $\mu_{выс}(X)$. На рис. 4.2 приведен пример графика функции принадлежности переменной X для трех введенных понятий концентрации.

С точки зрения содержательной интерпретации функции принадлежности в современной литературе единство мнений отсутствует. Есть, например, вероятностная ее интерпретация, основывающаяся на формальном определении функции принадлежности и операции дополнения: величина $\mu_A(X)$ есть условная вероятность наблюдения события A при наблюдении X . В работе показывается, что при таком определении надо говорить о субъективной вероятности. Некоторое отождествление μ_A с понятием вероятности позволяет в ряде медицинских приложений упростить работу экспертов по созданию базы знаний и интерпретации результатов.

Для получения графиков и соответствующих аналитических выражений функций принадлежности привлекаются эксперты той области знаний, для которой решается задача классификации.

Для нечетких множеств определены операции равенства, объединения, пересечения, дополнения, нечеткого включения, нечеткого бинарного отношения и др..

В классической теории нечетких множеств разработанной Л.Заде и его учениками эти операции определяются так, что в частном случае, когда множество является четким, они переходят в обычные операции теории множеств. Таким образом, операции над нечеткими множествами являются

обобщением операций над нечеткими множествами. Известны различные способы таких обобщений, поэтому операциям над обычными множествами соответствует несколько операций над нечеткими множествами.

С прикладной точки зрения операции над четкими множествами позволяют решать задачи синтеза сколь угодно сложных нечетких решающих правил для медицинских приложений путем агрегации более простых решающих правил, например по различным координатам признаков. Учитывая практическую важность нечетких операций, приведем их основной список:

- операция объединения

$$\mu_{A \cup B}(X) = \max\{\mu_A(X), \mu_B(X)\}, \quad (4.7)$$

- операция пересечения

$$\mu_{A \cap B}(X) = \min\{\mu_A(X), \mu_B(X)\}, \quad (4.8)$$

- алгебраические операции

$$\begin{aligned} \mu_{A \cup B}(X) &= \mu_A(X) + \mu_B(X) - \mu_A(X) \cdot \mu_B(X), \\ \mu_{A \cap B}(X) &= \mu_A(X) * \mu_B(X) \end{aligned} \quad (4.9)$$

- ограниченные операции

$$\begin{aligned} \mu_{A \cap B}(X) &= \min\{1, \mu_A(X) + \mu_B(X)\}, \\ \mu_{A \cup B}(X) &= \max\{0, \mu_A(X) + \mu_B(X) - 1\}, \end{aligned} \quad (4.10)$$

- операция дополнения

$$\mu_{\bar{A}}(X) = 1 - \mu_A(X) \quad (4.11)$$

Операцию дополнения при определенных условиях (требования по строго убывающей и непрерывной функции и т.д.) называют классическими операциями. Наряду с этим существует и ряд других типов отрицаний и дополнений:

- квадратичное отрицание

$$\bar{\mu}_A(X) = \sqrt{1 - \mu_A(X)};$$

- отрицание Сугеко

$$\bar{\mu}_A(X) = \frac{1 - \mu_A(X)}{1 + K\mu_A(X)}, \text{ где } -1 < k < \infty;$$

- дополнение порогового типа

$$\bar{\mu}_A(X) = \begin{cases} 1, & \text{если } \mu \leq \alpha \\ 0, & \text{если } \mu > \alpha \end{cases}$$

Выбор типов операций определяется особенностью решаемых задач и требует определенных навыков граничащих с «математическим искусством».

Как правило, классификационные задачи решаются в пространстве многих признаков $X = \{x_1, \dots, x_n\}$, тогда элементы нечеткого множества должны характеризоваться многомерной функцией принадлежности $\mu_A(X)$ построение которой, особенно на непрерывных шкалах, является сложной задачей, в которой экспертам каждому многомерному вектору, описывающему состояние объекта, надо поставить в соответствие число, характеризующее его принадлежность к тому или иному классу состояний. Затем, если эксперты берутся за такую сложную и не всегда однозначную задачу, на множество многомерных векторов надо «натянуть» некоторую нелинейную гиперповерхность. Задача существенно упрощается, если каждый признак рассматривается как базовая переменная некоторой функции принадлежности, которая является частью более сложного

«надежно работающего» нечеткого решающего правила. Тогда задача синтеза «общего» решающего правила разбивается на два этапа.

На первом этапе определяется список информативных признаков, трактуемых как базовые переменные функций принадлежности, и задаются их параметры. Этот тип функций принадлежности называют частными функциями принадлежности $\mu_A(x_1), \dots, \mu_A(x_n)$. На втором этапе частные функции принадлежности объединяются (агрегируются) в нечеткие решающие правила, обеспечивающие требуемое качество классификации.

Одним из наиболее распространенных типов агрегирующих правил принятых в нечеткой логике принятия решений является правило нечеткой импликации типа

$$\text{ЕСЛИ } x, \text{ ЭТО } A, \text{ ТО } y \text{ ЭТО } B \quad (4.12)$$

где A и B – лингвистические значения, идентифицированные нечетким способом через соответствующие функции принадлежности для переменных x и y .

Часть x ЭТО A называют условием (предпосылкой), а часть y ЭТО B – следствием (заключением). Сокращенно импликацию (4.12) иногда записывают в виде $A \rightarrow B$.

Нечеткое рассуждение – это процедура, которая позволяет определить заключение, вытекающее из множества правил «ЕСЛИ - ТО».

Для случая множества переменных (признаков классификаций) $x_i (i = 1, \dots, n)$ нечеткое рассуждение принимает вид

$$\text{ЕСЛИ } x, \text{ ЭТО } A_1, \text{ И } x_2 \text{ ЭТО } A_2 \text{ И...И } x_n \text{ ЭТО } A_n, \text{ ТО } y \text{ ЭТО } B \quad (4.13)$$

Переменные x_1, \dots, x_n образуют n -мерный вектор X , составляющий аргумент условия, в котором A_1, \dots, A_n и B обозначают величины функций принадлежности $\mu_{A1}(X_1) \dots \mu_{An}(X_n)$ и $\mu_B(Y)$. Множественное условие $\mu_A(X)$, где $X = x_1, \dots, x_n$ интерпретируется с помощью операций, допустимых над элементами нечетких множеств.

При синтезе нечетких правил логического вывода применяются интерпретации либо в форме логического, либо алгебраического произведения.

Интерпретация в форме логического произведения:

$$\mu_A(X) = \min_i \{ \mu_{Ai}(X_i) \} \quad (4.14)$$

Интерпретация в формате алгебраического произведения

$$\mu_A(X) = \prod_i \{ \mu_{Ai}(X_i) \} \quad (4.15)$$

Приписывание многомерному логическому условию единственного значения называется агрегированием предпосылки.

Каждой агрегированной предпосылке выражения (4.13) приписывается единственное значение функции принадлежностей $A_A \rightarrow B$ (x, y). Такое приписывание всей импликации $A_A \rightarrow B$ (x, y) называют процедурой агрегирования на уровне импликации.

Агрегирование на уровне импликации выполняют в форме логического сложения, логического и алгебраического произведения.

Импликация в форме логического сложения:

$$\mu_{A \rightarrow B} = \max \{ \mu_A(X), \mu_B(Y) \}, \quad (4.16)$$

Импликация в форме логического произведения:

$$\mu_{A \rightarrow B} = \min\{\mu_A(X), \mu_B(Y)\}, \quad (4.17)$$

Импликация в форме алгебраического произведения:

$$\mu_{A \rightarrow B} = \mu_A(X) \cdot \mu_B(Y). \quad (4.18)$$

Система выражений (17.12) лежит в основе алгоритмов нечеткого управления Мамдани-Заде, Такаги-Сугено, Канага (TSK) и др.. В медицинских приложениях такая логика может быть использована для выбора рациональных схем профилактики и лечения

Другой подход к синтезу нечетких решающих правил развивается в работах Шортлифа и Буханана в котором для решения задач медицинской диагностики предлагается использовать правила нечеткого вывода с определением меры доверия к принимаемым решениям в соответствии с формулами:

$$КУ(\omega_k / X) = МД(\omega_k / X) - МНД(\omega_k / X); \quad (4.19)$$

$$МД(\omega_k / X, x) = МД(\omega_k / X) + МД(\omega_k / x)[1 - МД(\omega_k / X)]; \quad (4.20)$$

$$МНД(\omega_k / X, x) = МНД(\omega_k / X) + МНД(\omega_k / x)[1 - МНД(\omega_k / X)], \quad (4.21)$$

где $КУ(\omega_k / X)$ - коэффициент уверенности, определяющий меру доверия к принимаемым решениям по классу ω_k ; $МД(\omega_k / X)$ - уверенность в диагностической гипотезе ω_k с учетом наличия свидетельств (признаков) X ; $МД(\omega_k / x)$ - мера доверия к ω_k с учетом вновь поступившего признака x ; $МНД(\omega_k / X)$ - соответствующая мера недоверия к ω_k ; x - текущий признак, поступающий на обработку, причем запятая между X и x обозначает, что x поступает для анализа после поступления и анализа признаков X .

Обобщая приведенный обзор математических методов используемых для решения задач прогнозирования и медицинской диагностики можно

сделать вывод о том, что современная математическая теория дает в руки разработчиков мощный и разнообразный аппарат позволяющий решать задачи практически любой сложности при грамотном и адекватном его использовании

4.2.2. Системы поддержки принятия решений в медико-биологических исследованиях.

Развитие современных информационных технологий и их широкое внедрение в медицинскую практику позволило совершить качественный скачек в организации медицинского обслуживания населения. Применительно к медицинским задачам в работе врача по обработке информации выделяют 5 основных этапов:

1. Сбор информации
2. Обработка информации
3. Оценка и распознавание (диагностика) состояний организма
4. Предсказание возможного риска при применении различных методов лечения и выбор оптимального лечения или профилактических мероприятий.
5. Управление: проведение лечения и профилактических мероприятий, оценка результатов и корректировка воздействий.

Процесс обработки медицинской информации требует проведения быстрого и совершенного анализа разнородной медицинской информации, решения сложных прогностических, диагностических, профилактических и лечебных задач. Для этого создаются медицинские информационные системы, которые представляют собой комплекс алгоритмов и программ, подготавливающих и обеспечивающих процесс принятия решения в медицине. Целью создания таких систем является облегчение и упорядочение работы с потоками информации для осуществления управления процессами ведения пациентов на различных этапах медицинского сопровождения.

К основным направлениям развития компьютерных приложений в медицине можно отнести создание развитых баз данных, построение интеллектуальных информационных систем диагностики и прогнозирования, внедрение систем административного управления (систем информатизации федерального, территориального и госпитального уровней). Современное программное обеспечение представлено визуальными объектно-ориентированными средствами программирования, компьютерными базами данных, электронными таблицами, графическими системами и т.д. Таким образом, весь процесс информатизации в медицине направлен на создание единого информационного пространства, позволяющего врачам общаться друг с другом, обращаться к архивам и библиотекам медицинских знаний, а также взаимодействовать с функционирующей аппаратурой, непосредственно с рабочего места в реальном времени.

Особое место занимают задачи управления состоянием организма, к которым относится принятие решений в клинике при лечении больных, управление состоянием организма в биотехнических системах, задачи автоматизированной диагностики и выбора тактики лечения на основе автоматизированных диагностических и лечебных комплексов.

Автоматизация принятия клинических решений открывает новые возможности в медицине для повышения точности диагностики за счет систематичности и полноты используемых данных из разных источников; для повышения надежности клинических решений на основе моделирования физиологических процессов и разработки алгоритмического обеспечения, ориентированного на медицинскую предметную область.

Одним из мощных средств ориентированных на оказание медицинских услуг конкретным врачом конкретному пациенту являются экспертные системы (ЭС) решающие задачи поддержки принятия решений специалистами медиками, включая дерматовенерологов. В ряде работ

экспертные системы называют интеллектуальными системами поддержки принятия решений (ИСППР).

Первые медицинские ЭС MYCIN и DENDRAL появились в середине 70-х годов в рамках исследовательских программ по искусственному интеллекту. Медицинская система MYCIN успешно вписалась в клиническую практику, помогая в выборе лекарств больным с бактеремией, менингитом, циститом.

Предметом теории экспертных систем служат методы и приемы конструирования систем, компетентных в некоторой узкоспециализированной области.

Эта компетентность состоит из знания конкретной области, понимания задач из этой области и из умения решать такие задачи. Знания, относящиеся к любой специальности, обычно существуют в двух видах: общедоступные и индивидуальные. Общедоступные знания – это факты, определения и теории, которые обычно изложены в учебниках и справочниках по данной области. Но, как правило, компетентность означает нечто большее, чем владение такими общедоступными сведениями. Специалисты в большинстве случаев обладают еще и индивидуальными знаниями, которые отсутствуют в опубликованной литературе. Эти личные знания в значительной степени состоят из эмпирических правил – эвристик, которые позволяют экспертам при необходимости выдвигать разумные предположения, находить перспективные подходы к задачам и эффективно работать при зашумленных или неполных данных. Центральной задачей при построении экспертных систем является выявление и воспроизведение таких знаний.

В общем случае структура ЭС может быть представлена так как это показано на рисунке 4.3.

В архитектуре экспертной системы можно выделить три основных компонента: база знаний, машина вывода и интерфейс пользователя.

База знаний содержит факты, правила и эвристики, представляющие экспертные знания о предметной области.

Машина вывода содержит стратегии и управляющие структуры, используемые для применения знаний, содержащихся в базе знаний для решения поставленной проблемы.

Пользовательский интерфейс управляет взаимодействием с пользователем. Сюда входят и управление экраном, и организация диалога, и объяснительные способности системы.

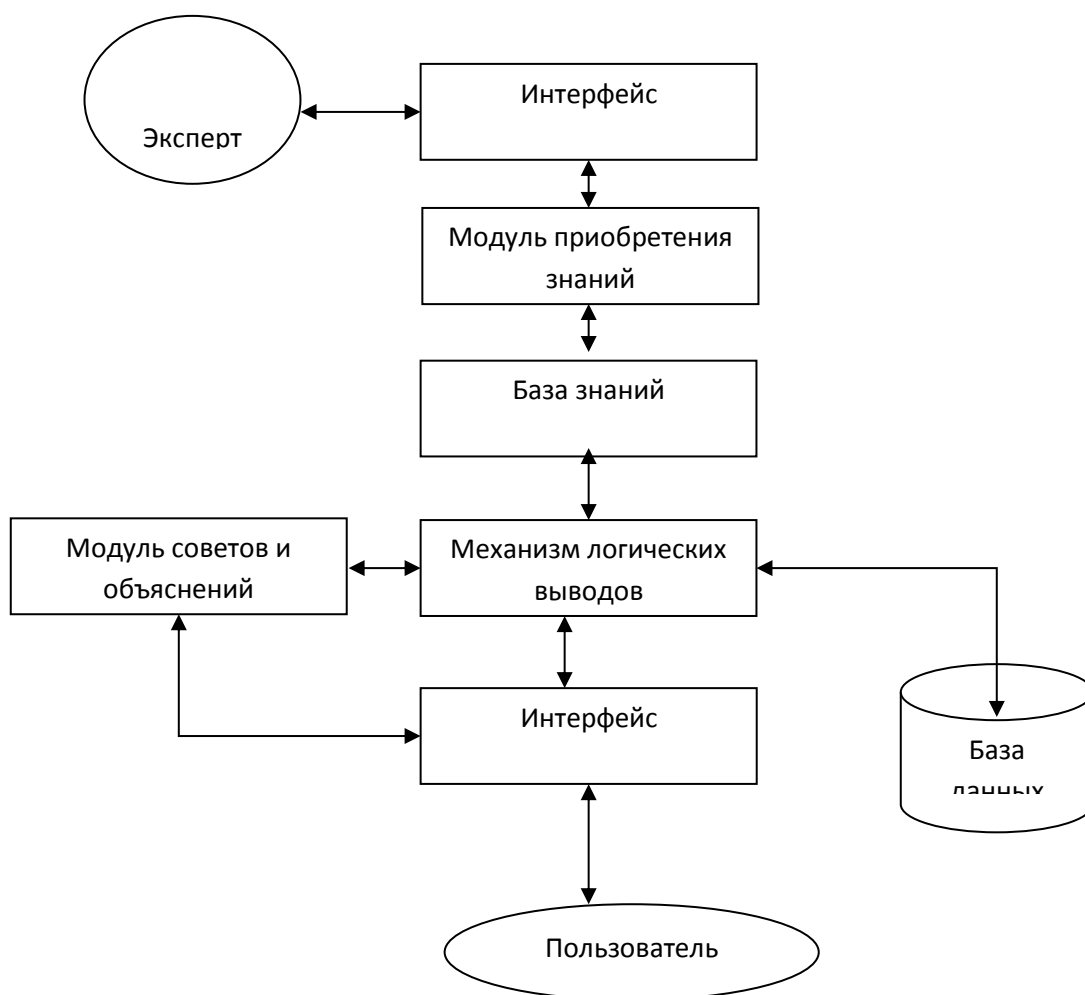


Рисунок 4.3 – Структура экспертной системы

Экспертные системы (ЭС) позволяют проводить автоматизацию управления сложными системами на основе синтеза неформализуемых правил и математических методов. Главная идея управления при помощи ЭС – представление множества заболеваний в виде совокупности классификационных признаков (знаний о заболевании) и сопоставление этим классификационным признакам множества управляющих воздействий. Текущая ситуация в процессе обследования – это совокупность всех знаний о его структурных элементах и их взаимодействие в текущий момент времени.

Описание структуры объекта управления и знаний об управлении в различных ситуациях производится на основе различных способов представления знаний:

1. Представление знаний правилами логического вывода
2. Представление знаний фреймами
3. Представление знаний семантическими сетями
4. Представление знаний и получение выводов с помощью логики предикатов.
5. Предоставление и использование нечетких знаний

От того, какой способ представления знаний был выбран, зависит и разработка составляющих функциональных блоков и алгоритмы работы со знаниями.

4.3. Подготовка к занятию

Изучить информационные материалы к занятию и повторить способы организации баз знаний экспертных систем. По каждой из выделенных подгрупп у преподавателя получить файлы диссертаций по медицинским системам поддержки принятия решений (СППР). По текстам диссертаций ознакомьтесь с типами решающих правил, способами их организации в базе

знаний, методами обучения и способами проверки качества работы предлагаемых правил принятия решений

4.4 Рекомендуемый план проведения практического занятия

Рекомендуемые технологии: репродуктивная в сочетании с интерактивной. Форма интерактива – диалог преподавателя со студентами по результатам анализа структуры данных на основе проводимого разведочного анализа, о выборе адекватных типов решающих правил и о результатах проверки показателей качества принимаемых решений для различных типов решающих правил. Объем интерактива – 1,5 часа.

4.4.1. Получите таблицы экспериментальных данных контрольных выборок.

4.4.2. Используя специальный пакет прикладных правил проведите разведочный анализ данных контрольной выборки.

4.4.3. Сделайте вывод об адекватности математического аппарата используются в диссертационной работе с учетом ограниченного объема контрольной выборки полученной Вами для анализа.

4.4.4. Используя заданный метод получения решающих правил (альтернативный, применяемому в анализируемой диссертации, линейный дискриминантный анализ, метод группового учета аргументов, теорию измерения латентных переменных и др.) произведите синтез новых решающих правил.

4.4.5. Произведите оценку качества полученных Вами правил. Сравните с результатами полученными в диссертации. Сделайте вывод о целесообразности совместного использования Ваших правил с правилами приведенными в диссертации.

4.5. Задание на самостоятельную работу для практического занятия №4.

Подготовка отчета по работе №4 и к собеседованию.

4.6. Содержание отчета.

4.6.1. Описание решающих правил по заданной диссертационной работе.

4.6.2. Результаты разведочного анализа по контрольной выборке.

4.6.3. Выводы об адекватности математического аппарата выбранного в диссертации.

4.6.4. Результаты обучения по заданному преподавателем типу решающих правил.

4.6.5. Сопоставительный анализ результатов диссертации и заданных типов решающих правил.

4.7 Вопросы для собеседования.

1. Перечислите наиболее распространенные типы баз знаний используемых в медицинских СППР.

2. Дайте анализ используемых в выданной вам диссертации типов решающих правил и базы знаний.

3. Дайте анализ результатов проведенного вами разведочного анализа.

4. Дайте характеристику и определите классификационные возможности заданного вам метода принятия решений.

5. Сделайте сопоставительный анализ результатов работы Ваших решающих правил и используемых в диссертации.

6. Сделайте вывод о целесообразности сочетанного использования Ваших правил принятия решений и правил полученных в диссертации.