

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

E. Timashov

METHODS AND INFORMATION TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF MOBILE MEDICAL- DIAGNOSTIC COMPLEX

Analyzed the requirements for software and hardware of mobile medical devices and information technology of their creation is considered.

Key words: test system, mobile medical devices.

Проаналізовано вимоги до програмного і технічного забезпечення мобільних приладів медичного призначення та розглянута інформаційна технологія їх створення.
Ключові слова: системний аналіз, мобільні медичні прилади.

Проанализированы требования к программному и техническому обеспечению мобильных устройств медицинского назначения и рассмотрена информационная технология их создания.

Ключевые слова: системный анализ, мобильные медицинские приборы.

© Е.А. Тимашов, 2016

УДК 004.3

Е.А. ТИМАШОВ

МЕТОДЫ И ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНЫХ ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Лечебно-диагностические комплексы (ЛДК) – это автоматизированные системы для выработки путем автоматизированной диагностики и реализации лечебных воздействий на пациента, являющегося в данном случае объектом управления, на который направлены медикаментозные и процедурные воздействия в соответствии с критерием управления, выработанным врачом в процессе выявления заболевания или группы заболеваний, как с помощью ЛДК, так и с помощью амбулаторных и других методов. Исходя из этого отнесем ЛДК к одной из разновидностей автоматизированных систем управления (АСУ), которым свойственны следующие признаки, общие для всех АСУ. ЛДК – это человеко-машинная система, в которой врач играет важнейшую роль, принимая основное участие в выработке решений по диагностике и лечению. Существенное место в ЛДК занимают различные датчики (сенсоры), устройство связи с пациентом (УСП), средства вычислительной техники, выполняющие операции по сбору, обработке и переработке информации, для установления диагноза и выработке стратегии и тактики лечения; важную роль играют исполнительные устройства, т. е. устройства, осуществляющие лечебное воздействие на пациента, а также участвующие в управлении процессом получения диагностической информации. Цель функционирования ЛДК – полная или частичная ликвидация диагностированных заболеваний (оптимизация работы объекта) путем соответствующего выбора лечебных воздействий,

осуществляемых как средствами, заложенными в ЛДК, так и другими. Кроме того, следует иметь в виду, что ЛДК обеспечивает управление процессом лечения в целом, а его технические средства участвуют в выработке врачом решений по диагнозу и лечению. Этим ЛДК качественно отличается от традиционных приборных медицинских систем автоматизации и разнообразных локальных систем, которые по существу представляют собой технические средства для автоматизации действий врача или среднего медперсонала на том или ином участке процесса. В отличие от этого в ЛДК реализуется автоматизированный процесс принятия решений по диагнозу и лечению как единому целому.

Назначение любой автоматизированной системы управления, ее необходимые функциональные возможности, желаемые технические характеристики и другие особенности в решающей степени определяются тем объектом, для которого создается данная система. Для ЛДК управляемый объект – самый сложный объект – человек, имеющий одно или, как правило, несколько заболеваний [1–3]. Осуществляя процесс диагностики и лечения, ЛДК воздействует непосредственно на те или иные органы, как для получения информации, так и осуществляя процесс лечения. Интенсивность этих управляющих воздействий выбирают так, чтобы они осуществлялись наиболее целесообразным образом, определяемым врачом.

Основные задачи, которые должен решать ЛДК:

- одновременная диагностика основных органов и систем человека, выявляющая не только их общие функциональные нарушения, но и конкретно зону локализации без введения зондов, контрастных веществ, УЗИ, рентгена;
- максимальное повышение точности установления диагноза, а так же широкого спектра причин заболеваний без лабораторных исследований;
- выявление заболеваний до их клинического проявления;
- вскрытие механизмов этиопатогенеза заболеваний и подбор целенаправленного лечения;
- идентификация гистологических структур различных тканей, возбудителей заболеваний, их токсины, а так же комбинированные эпидемиологические ситуации;
- определение чувствительности выявленной негативной микрофлоры к медикаментам, определение совместимости исследуемого организма с различными медикаментозными средствами и физиотерапевтическими методами;
- оптимизация профилактики и лечения под контролем обратной связи;
- подбор медикаментов (гомеопатических, аллопатических, фитопрепаратов) с учетом индивидуальной переносимости и их дозировку;
- определение группы крови, резус фактора, содержание антигенов в крови;
- выявление в организме транквилизаторов, отравляющих веществ, допинг-контроль, а также введение в организм допинга необходимого состава и удаление выявленного методом информационно-волновой терапии (основное применение в Вооруженных Силах и спорте);
- подбор индивидуальной диеты;

- определение отягчающего действия медикаментов, трансплантатов, шовного материала, ортопедических металлоконструкций, средств, применяемых при наркозе, воздействий окружающих живых организмов, средств, применяемых в бытхимии, агрохимии, косметике, бижутерии, пищевых продуктов и добавок, красителей, строй материалов и др.;

- максимальное повышение точности установления диагноза, а так же широкого спектра причин заболеваний без лабораторных исследований;

- выявление заболеваний до их клинического проявления;

- вскрытие механизмов этиопатогенеза заболеваний и подбор целенаправленного лечения;

- идентифицирование гистологических структур различных тканей, возбудителей заболеваний, их токсины, а так же комбинированные эпидемиологические ситуации;

- определение чувствительности выявленной негативной микрофлоры к медикаментам, определение совместимости исследуемого организма с различными медикаментозными средствами и физиотерапевтическими методами.

Таким образом, учитывая всю сложность стоящих перед врачом задач при комплексной диагностике состояния пациента, выборе методов (алгоритмов) лечения и необходимости ведения процесса в некотором оптимальном режиме, при котором может быть получен надлежащий эффект лечения. К ЛДК необходимо подходить как к единому целому, а не как к набору различных независимых элементов. Важно отметить, что ЛДК, разрабатываемые в настоящее время принадлежат к так называемым сложным системам, т. е. характеризуются наличием значительного числа параллельно происходящих процессов, разнообразных по принципу действия устройств, наличием связанных между собой подсистем, обладающих своими частными целями и критериями и, наконец, наличием развитой иерархией уровней управления. Соответственно возрастает необходимая „мощность“ применяемых систем контроля и управления процессом диагностики и лечения. В результате этого растет степень взаимосвязанности отдельных подсистем и усложняются алгоритмы получения комплексной диагностической информации и процесса лечения в целом. Следовательно, при разработке и проектировании ЛДК возникает задача создания интегрированных систем управления с использованием достижений современных информационных технологий.

Чтобы добиться желаемого (в том числе оптимального) хода процесса лечения, необходимо в нужном темпе выполнять множество различных взаимосвязанных действий: собирать и анализировать информацию о состоянии процесса, регистрировать значения одних переменных и стабилизировать другие, принимать и реализовывать соответствующие решения по управлению и т. д. Именно эта «деятельность» ЛДК названа функционированием, т. е. выполнением установленных функций.

Функция ЛДК – это совокупность действий, направленных на достижение частной цели управления. При этом в качестве действий рассматриваются последовательности операций и процедур, выполняемые частями системы. В

большинстве случаев под термином «функция ЛДК» будем понимать такую законченную совокупность действий, которая проявляется вне ЛДК и поэтому имеет определенную диагностическую и лечебную ценность.

Функции ЛДК в целом как человеко-машинной системы следует отличать от функции, выполняемых комплексом технических средств. Неправильно рассматривать вместо функций всей системы (включая врача и пациента) только совокупность действий, осуществляемых автоматически ее техническими средствами. Хотя значение подобных действий, реализуемых без участия человека, очень велико, однако они не характеризуют полностью поведение и возможности ЛДК. Как правило, в системе за врачом сохраняется главная, определяющая роль в выполнении наиболее сложных и ответственных функциональных задач. Поэтому необходимо рассматривать весь комплекс функций ЛДК, включая те из них, которые осуществляются при участии врача и пациента.

Будем различать информационные и управляющие функции ЛДК.

К информационным относятся такие функции, результатом выполнения которых является представление врачу информации о ходе диагностического и лечебного процесса.

Характерными примерами информационных функций являются:

- контроль за основными параметрами, т. е. непрерывная проверка соответствия параметров процесса допустимым значениям и немедленное информирование при возникновении несоответствий;
- измерение или регистрация по вызову интересующих параметров диагностического и лечебного процесса;
- фиксация времени отклонения некоторых параметров процесса за допустимые пределы;
- выполнение также и вспомогательных функций, к которым относится, например, контроль за исправностью функционирования самого ЛДК, т. е. решение внутрисистемных задач и т. п.;
- периодическая регистрация измеряемых параметров и вычисляемых показателей;
- обнаружение и сигнализация наступления опасных ситуаций.

Выполняя эти основные информационные функции, ЛДК своевременно обеспечивает врача сведениями о состоянии и любых отклонениях от нормального протекания процесса

Управляющие функции ЛДК включают в себя действия по выработке и реализации управляющих, в том числе лечебных воздействий на пациента. Здесь под выработкой понимается определение (на основании полученной информации) рациональных воздействий, а под реализацией – действия, обеспечивающие осуществление принятых после выработки решений.

К основным управляющим функциям относятся:

- стабилизация переменных на некоторых постоянных значениях, определяемых регламентом диагностического и лечебного процесса;
- программное изменение режима процесса по заранее определенным

законам;

- управление пусками и остановами блоков ЛДК и др.;
- формирование и реализация управляющих воздействий;
- защита оборудования от аварий.

Перечень всех функций, выполняемых конкретным ЛДК (т. е. его функциональный состав), характеризует внешние, потребительские возможности данного комплекса. Чтобы раскрыть его внутреннее строение, будем пользоваться понятиями функциональной, технической и организационной структур ЛДК.

Каждая из этих структур представляет собой определенный аспект ЛДК, в котором проявляется та или иная грань внутреннего строения, т. е. один из возможных способов представления системы как совокупности ее частей (элементов) и связей между ними.

В функциональной структуре ЛДК элементами являются рассмотренные функции системы и их части (операции, процедуры), а связи между элементами отражают информационно-логическую последовательность и подчиненность их реализации. Значение такой структуры для содержательного описания и понимания строения ЛДК очень важно: она играет роль, аналогичную роли принципиальной схемы сложного устройства, с помощью которой раскрывается принцип его действия. Обычно только на соответствующей схеме функциональной структуры удастся показать, какие именно совокупности действий, в какой последовательности выполняет данный ЛДК и что предпринимается для достижения диагностических и лечебных целей и следующих из них алгоритмов управления.

ЛДК, выполняющий информационные функции, содержит функциональные и аппаратные элементы, и реализующий функции диагностики, а также контроль работы и состояния оборудования. Комплекс получает всю необходимую информацию о состоянии пациента, в том числе о регулируемых и управляемых величинах. Характерной особенностью рассматриваемого вида ЛДК является то, что задачи анализа поступающей информации, принятие решений, а также осуществление управляющих воздействий возлагаются на врача.

Цель сбора данных может быть также изучение процесса при различных условиях. В результате накапливается информация, позволяющая построить и (или) уточнить алгоритм лечебного процесса, который нужно проводить. Ясно, что сбор данных не оказывает воздействия на лечебный процесс; однако даже после внедрения самых сложных методов лечения с использованием ЛДК сбор данных для анализа и уточнения алгоритма лечения оказывается полезным и почти всегда предусматривается как одна из определяющих задач.

ЛДК, выполняющий управляющие функции в режиме советчика. Кроме функций, выполняемых в предыдущем варианте ЛДК, на него возлагают задачи анализа поступающей информации и поиска решений с выдачей рекомендаций по управлению (советов) лечащему врачу. Окончательный выбор и осуществление управляющих лечебных воздействий по-прежнему остаются за

врачом. Такой ЛДК функционирует следующим образом. Через заданные промежутки времени (в зависимости от конкретных условий) полученные данные о состоянии пациента анализируются с помощью модели управляемого процесса. Путем вычислений по модели определяются воздействия, необходимые для приближения процесса к оптимуму; результаты представляются врачу, который управляет процессом, изменяя уставки регуляторов или выполняя другие действия в соответствии с вырабатываемыми рекомендациями. Регуляторы в такой системе являются средствами не только стабилизации, но и программного изменения параметров процесса лечения, а врач играет роль следящего и координирующего звена и вносит изменения по «советам» ЛДК, непрерывно помогающего врачу в его действиях по диагностике и лечению.

Под техническим обеспечением ЛДК будем понимать комплекс технических средств (КТС), предназначенных для его функционирования. По своим возможностям КТС конкретного ЛДК должен быть достаточным для выполнения всех возложенных на него функций системы. В его состав входят средства получения, преобразования, передачи и отображения информации, управляющие, вычислительные и исполнительные, в том числе осуществляющие процесс диагностики и лечения, устройства. Таким образом, техническое обеспечение ЛДК включает в себя полный набор средств автоматизации и вычислительной техники, используемых в системе. В состав технического обеспечения должны также входить приборы и устройства, необходимые для наладки и проверки работоспособности комплекса технических средств, и запасные приборы. Технические характеристики используемых средств ЛДК должны допускать взаимозаменяемость одноименных технических средств, быть выбраны с учетом воздействий окружающей среды и обеспечивать безопасную эксплуатацию системы.

Совокупность всех технических средств ЛДК, указанных в виде конструктивно самостоятельных приборов, узлов, устройств, будем представлять в виде технической структуры ЛДК, которая отражает основные самостоятельные части комплекса технических средств, используемых в системе; связи между этими элементами символизируют реальные физические линии соединяющие отдельные средства автоматизации в совместно функционирующий комплекс.

Полная техническая структура ЛДК должна отражать все основные средства, необходимые для выполнения функций системы. Однако на практике основное внимание уделяется центральной части комплекса средств, охватывающей те информационные, вычислительные и управляющие устройства, с помощью которых производится централизованная переработка информации (включая управление) и ее представление пользователю-врачу. Эта часть характеризует техническую структуру информационно-вычислительной или информационно-управляющей подсистемы ЛДК.

Такие интегрированные системы характеризуются прежде всего расширением своих функциональных возможностей и усложнением применяемого ком-

плекса технических средств, что придает таким системам новые качества и прежде всего повышение общей эффективности процесса диагностики и лечения.

Будем различать следующие основные формы интеграции:

- функциональная, обеспечивающая единство целей, совокупность согласованных критериев управления и взаимодействие реализуемых ЛДК функций;
- программно-алгоритмическая, предусматривающая наличие взаимосвязанного комплекса моделей, алгоритмов, операционных систем и прикладных программ;
- информационная, обеспечивающая возможность создания банка данных, базирующегося на единой системе накопления и обновления информации;
- техническая, при которой реализуется применение современных вычислительных средств, устройств связи с объектом (УСО), средств отображения и пр.;
- организационная, обеспечиваемая рациональным сочетанием возможностей врача и техники в едином человеко-машинном комплексе.

Особенно важное значение интегрированные ЛДК должны иметь учитывая высокие скорости протекания взаимосвязанных процессов и необходимость координации их в реальном масштабе времени. Системы такого типа – это достаточно сложный объект управления с многочисленными внешними и внутренними связями и ограничениями.

Системе управления ЛДК присущи все основные признаки сложных систем: наличие цели управления и необходимость отыскания условий оптимальности ее действия, взаимодействие элементов с внешней средой, являющейся источником случайных возмущений, регулирование большого числа взаимосвязанных процессов с использованием принципа обратной связи, управление этими процессами с помощью развитой системы передачи, приема и последующей обработки информации, большой объем и разнотипность решаемых в системе задач. Одним из основных вопросов, возникающих при разработке ЛДК, является определение его общей структуры. Для оптимального выбора уровней иерархия и разбиения общей задачи управления по этим уровням необходимо располагать математической моделью создаваемого ЛДК. Поскольку такая модель как правило не разработана, приходится производить декомпозицию задач ЛДК по принципу наименьших взаимосвязей на ряд функциональных подсистем, образующих самостоятельные подсистемы. Исходя из этих специфических особенностей управления должны решаться две основные задачи: управление отдельными «технологическими» процессами и управление всем комплексом процессов диагностики и лечения.

Задачу, решаемую при создании ЛДК, можно кратко сформулировать следующим образом: на базе имеющихся технических средств автоматизации построить для данного процесса диагностики и лечения эффективную систему управления, отвечающую заданным целям, требованиям и рационально использующую возможности врача и техники. В принципе можно использовать два подхода к решению поставленной задачи: интуитивный и формализованный. Четкую грань между обоими подходами провести трудно, но в общих чертах можно отметить следующие отличительные особенности каждого из них.

При первом подходе на основании априорных представлений процессе диагностики и лечения (не обязательно формализованных) и логических рассуждений предлагается некоторый комплекс алгоритмов управления и выбираются средства для его реализации. Эффективность принятых решений опирается на интуицию врача и разработчика и проверяется экспериментально.

При втором подходе первоначально делается попытка формализовать исходные представления об объекте и всей задаче управления. Далее либо математически, либо с помощью целого ряда дополнительных упрощающих предположений синтезируется (либо просто предлагается) алгоритм управления. Важной особенностью второго подхода является то обстоятельство, что эффективность принятых решений до экспериментальной проверки на объекте проверяют в лабораторных (стендовых) условиях, опираясь на имеющиеся формальные представления об объекте.

Уже из приведенной краткой характеристики обоих подходов можно заключить, что первый проще, а второй в большей степени позволяет использовать достижения теории управления и потому более надежен. Главное обстоятельство заключается в том, что по мере усложнения задач управления эффективность первого подхода существенно падает и доминирующее значение приобретает формализованный подход.

Для решения вышесформулированной задачи создания ЛДК, на базе формализованного подхода нужно выполнить по крайней мере следующие работы: провести исходную формализацию (постановку) задачи синтеза алгоритма управления, разработать соответствующие алгоритмы контроля и управления с их моделированием, подобрать рациональную структуру технических и программных средств, реализующих принятые алгоритмы; комплексировать эти средства и провести всестороннее опробование разработанного ЛДК.

Можно условно выделить четыре основных этапа, связанных с исходной формализацией задачи:

- содержательное описание ЛДК;
- формулирование цели управления;
- выделение автоматизируемого объекта;
- составление структурной схемы объекта управления;
- декомпозиция задачи управления;
- составление априорного математического описания объекта.

Разумеется, как и в любом творческом процессе, такая строгая регламентация порядка выполнения работ обычно недопустима. Часто по мере углубления знаний об объекте управления приходится возвращаться к предшествующим этапам исследования, исправлять принятые ранее решения, вновь повторять пройденные этапы и т. д.

Все, что не удалось учесть и предвидеть в процессе разработки, все неудачные решения и ошибки сказываются лишь при вводе в действие и дальнейшей эксплуатации системы. Поэтому при разработке ЛДК чрезвычайное значение приобретают первые этапы работ, на которых

принимаются принципиальные решения. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что эта работа составляет по времени и трудоемкости 40–60 % всей разработки. Любые попытки сократить тщательную и кропотливую проработку на ранних стадиях неизбежно приводят к многократным потерям труда и времени на последующих стадиях, растягиванию ввода ЛДК в эксплуатацию.

Эволюция ЛДК должна планироваться заранее, в процессе разработки, когда определяется очередность ввода в действие функций. Ввод системы в действие обычно осуществляется по очередям и заключается в постепенном добавлении новых функций в соответствии с намеченным планом. Это обстоятельство еще более усиливает значение первых этапов разработки, составления продуманного плана на длительный период, учета взаимозаменяемости отдельных частей системы, в том числе вводимых в эксплуатацию в разное время. При разработке и вводе в эксплуатацию первых очередей и функций надо весьма тщательно продумать сопряжение с ними последующих очередей.

В заключение, еще раз отметим, что в ЛДК врач имеет доминирующее значение, а оборудование вспомогательное. Отсюда следует необходимость уделять особое внимание процедурам, связанным с переработкой информации врачом. Необходимо не только спроектировать эти процедуры, но и продумать меры, чтобы они точно соблюдались, предусмотреть реакцию в случае их нарушения. Существенное внимание необходимо уделить также процессу подготовки врачей для работы по указанным процедурам: разработке рабочих инструкций, обучению, тренировке, выявлению и устранению ошибок и т. д.

1. Тимашов Е.А. Системный анализ компьютерных лечебно-диагностических комплексов. *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2004. № 3. С. 156–162.
2. Тимашов Е.А. Синтез структуры програмного забезпечення біоінформаційних систем діагностики та лікування. *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2005. № 4. С. 145–152.
3. Тимашов Е.А. Функциональные основы и алгоритмы работы распределенных биоинформационных систем диагностики и лечения. *Збірник наукових праць Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України «Нові комп'ютерні засоби, обчислювальні машини та мережі»*. 2001. Том 2. С. 119–126.

Получено 12.07.2016