

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

Развитие микроэлектроники, компьютерных и информационных технологий позволяют создавать мобильные мини поликлиники, позволяющие осуществлять комплексное диагностирование и лечение различных заболеваний, лечебно-диагностические комплексы (ЛДК). Рассматриваются основные системные требования и направления развития этих устройств.

© Е.А. Тимашов, 2004

УДК 681.3(031)

Е.А. ТИМАШОВ

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ КОМПЬЮТЕРНЫХ 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, с целью 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 [1]. 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.

Осуществляя процесс диагностики и лечения, ЛДК воздействует непосредственно на те или иные органы, как с целью получения информации, так и осуществляя процесс лечения. Интенсивность этих управляющих воздействий выбирают так, чтобы они осуществлялись наиболее целесообразным образом, определяемым врачом.

При разработке ЛДК важно правильно выделить объект исследования (управления) из множества функциональных структур человека. Например, система, ориентированная на заболевания каких-либо конкретных органов, т. е. проблемно ориентированная или система ориентированная на получение комплексных диагностических характеристик. Для этого учитывают назначение и роль различных отдельных источников информации и органов, на которые осуществляется воздействие, а также каналы, через которые оно осуществляется.

Создание и функционирование каждого ЛДК должно быть направлено на получение вполне определенных результатов. Поэтому после определения назначения ЛДК необходимо четко конкретизировать цели функционирования системы.

Степень достижения поставленных целей принято характеризовать с помощью критерия лечения (управления), т. е. показателя, достаточно полно характеризующего качество ведения лечебного процесса и принимающего некоторые значения, желательно численные а не описательные, в зависимости от вырабатываемых с помощью ЛДК лечебных (управляющих) воздействий. Критерий конкретизирует цель создания данного ЛДК.

Не меньшую роль, чем критерий, играют ограничения, которые должны соблюдаться при выборе воздействий. Ограничения бывают двух видов:

которые не могут быть нарушены даже при неправильном выборе воздействия;

которые могут быть нарушены, но нарушение приводит к значительному ущербу, не учитываемому критерием.

Как правило, общий критерий эффективности неприменим из-за сложности определения необходимых количественных зависимостей в конкретных условиях; в таких случаях формируют частные критерии оптимальности, учитывающие специфику пациента и методологии диагностики и лечения, дополненные условными ограничениями.

Чтобы добиться желаемого (в том числе оптимального) хода процесса, в системе необходимо выполнять множество различных, взаимосвязанных действий: собирать и анализировать информацию о состоянии, регистрировать значения переменных, принимать и реализовывать соответствующие решения по диагнозу заболеваний, стратегии и тактике лечения и т. п.

Именно такого типа «деятельность» ЛДК называется его функционированием, т. е. выполнением установленных функций.

Функция ЛДК – это совокупность действий системы, направленных на достижение частной цели управления [2]. При этом в качестве действий рассматриваются заранее предопределенные и описанные последовательности операций и процедур, выполняемые частями системы.

Функции ЛДК в целом как человеко-машинной системы следует отличать от функций, выполняемых комплексом технических средств системы (в том числе, средствами вычислительной техники). Неправильно рассматривать вместо функций всей системы (включая человека) 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 всего ЛДК. 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 персонала. ЛДК выполняет также и вспомогательные функции, к которым относится, например, контроль за исправностью функционирования самого комплекса, т. е. решение внутрисистемных задач и т. п.

Необходимо различать информационные и управляющие функции ЛДК.

Информационные – функции ЛДК, результат выполнения которых – представление врачу информации о ходе процесса диагностики и лечения.

Характерными примерами информационных функций ЛДК являются:

- контроль основных параметров пациента, характеризующих его состояние по методологии диагностики и лечения, т. е. проверка соответствия параметров допустимым;
- измерение или регистрация по вызову тех параметров, которые интересуют в ходе диагностики и лечения;
- информирование врача (по его запросу) об аналогичных ситуациях, имеющих в базе данных и знаний, накопленных за время работы данного комплекса, а также внесенных в соответствующие базы в процессе создания;
- фиксация времени отклонения некоторых параметров процесса за допустимые пределы;

- вычисление по запросу некоторых комплексных показателей, не поддающихся непосредственному измерению, которые интересуют врача;
- вычисление достигнутых показателей процесса лечения;
- периодическая регистрация измеряемых параметров и вычисляемых показателей;
- обнаружение и сигнализация наступления опасных ситуаций.

Выполняя эти основные информационные функции, ЛДК своевременно обеспечивает сведениями о состоянии и различных отклонениях.

Управляющие функции ЛДК включают в себя действия по выработке и реализации лечебных воздействий на пациента и иногда врача при определении его готовности к проведению процесса диагностики и лечения, а также выработке управляющих воздействий на агрегаты комплекса, переключающие его в тот или иной режим. 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 процесса воздействия на некоторых постоянных значениях, определяемых регламентом диагностики и лечения;
- программное изменение режима процесса по заранее заданным законам;
- формирование и реализация лечебных воздействий, обеспечивающих достижение или соблюдение режима, оптимального по некоторому критерию;
- управление пусками и остановами агрегатов и блоков, осуществляющих лечебные воздействия и блоков, изменения режимов в процессе диагностики др.

Перечень всех функций, выполняемых конкретным ЛДК (т. е. ее функциональный состав), характеризует внешние, потребительские возможности данной системы.

Ее внутреннее строение будем характеризовать структурами: функциональной, технической, организационной.

Каждая из этих структур представляет собой определенный аспект системы, в котором проявляется та или иная грань ее внутреннего строения, т. е. один из возможных способов представления системы как совокупности ее частей (элементов) и связей между ними [3].

В функциональной структуре ЛДК элементами являются вышерассмотренные функции системы и их части (операции, процедуры), а связи между элементами отражают информационно-логическую последовательность и подчиненность их реализации. Значение такой структуры для эскизного описания и понимания строения ЛДК очень важно: она играет роль, аналогичную роли принципиальной схемы сложного устройства, с помощью которой раскрывается принцип его действия. Именно на соответствующей схеме функциональной структуры отрабатывается, какие именно совокупности действий, в какой последовательности выполняет данный ЛДК и что предпринимается для достижения принятых целей и критерия лечения (управления).

Состав и строение любого конкретного ЛДК выбираются так, чтобы система соответствовала общим техническим требованиям, установленным стандартами, и частным требованиям на ее создание.

ЛДК должен:

- управлять процессом в соответствии с принятым критерием функционирования;
- выполнять все возложенные на нее функции в соответствии с назначением и целью;
- обладать требуемыми показателями и характеристиками точности, надежности и быстродействия;
- отвечать эргономическим требованиям, предъявляемым к способам, форме представления информации, размещению технических средств и т. д.;
- быть приспособлен к взаимосвязанному функционированию с системами управления смежных уровней иерархии и другими ЛДК, т. е. обладать свойством технической и информационной совместимости;
- допускать возможность дальнейшей модернизации и развития.

В состав любого ЛДК должны входить следующие основные крупные компоненты (части системы): персонал, информационное, организационное, программное, техническое обеспечения.

Разработка программного обеспечения проводится на основе математического обеспечения, которое в состав ЛДК не входит.

Процесс функционирования ЛДК (как и любой другой системы управления) по существу – процесс целенаправленного преобразования входной информации в выходную. В ЛДК это преобразование выполняется совместно двумя компонентами: врачом и комплексом технических средств с информационным и программным обеспечением. Именно они собирают входную информацию от пациента и других внешних источников, обрабатывают и анализируют ее, а затем принимают решения по управлению лечением и реализуют их, формируя соответствующие воздействия на пациента и посылая другие сигналы, несущие выходную информацию как своеобразную продукцию системы. Чтобы и врач, и комплекс технических средств могли функционировать правильно, в соответствии с принятыми критериями, необходимо обеспечить их соответствующими правилами и инструкциями. Для оперативного персонала эту задачу выполняют документы организационного обеспечения ЛДК, а для Комплекса Технических Средств – программное обеспечение.

Между компонентами ЛДК в процессе функционирования существует интенсивное взаимодействие:

- организационное и программное обеспечения определяют поведение персонала и ЭВМ соответственно;
- врач активно взаимодействует с техническим обеспечением через посредство программного обеспечения.

Все эти взаимодействия внутри системы, а также ее взаимодействие с внешней средой носят в основном и прежде всего информационный характер, так как

сводятся к передаче и приему информации в виде различных сигналов, данных, сообщений, текстов рисунков, мультимедийной информации и т. д. [4]. Такой информационный обмен требует наличия определенных соглашений о принятых формах и возможных значениях (содержании, смысле) тех или иных информационных элементов. Совокупность этих соглашений, т. е. множество принятых форм массивов данных документов, перечней и шкал используемых сигналов, кодов и правил их расшифровки, образует еще один условно выделяемый основной компонент ЛДК, называемый ее информационным обеспечением. Важная роль этого компонента состоит в том, что именно через него, а точнее – с его помощью осуществляются все процессы обмена информацией как внутри ЛДК, так и с внешней средой.

Оперативный персонал ЛДК состоит из врача и среднего медицинского персонала, осуществляющих контроль и управление процессом диагностики и лечения, и эксплуатационного персонала, обеспечивающего правильность функционирования всех технических и программных средств системы (программисты, электронщики и пр.). При современной степени автоматизации численность медицинского персонала бывает небольшой (один-два человека). Однако при разработке и эксплуатации ЛДК следует иметь в виду, что в состав оперативного персонала, кроме медиков входит также эксплуатационный персонал, который призван своевременно выполнять все работы по обслуживанию и оперативному восстановлению данной системы (ремонтный персонал в состав оперативного включать не принято).

Состав оперативного персонала конкретного ЛДК и установленные взаимоотношения между его работниками определяют организационную структуру системы.

Организационное обеспечение ЛДК представляет собой совокупность документов, устанавливающих порядок и правила функционирования оперативного персонала данной системы. Сюда входят инструкции и регламенты, определяющие ведение процесса диагностики и лечения, инструкция по эксплуатации системы, описания ее функциональной, организационной и технологической структур, а при необходимости другие документы аналогичного содержания. Роль организационного обеспечения в современных ЛДК часто недооценивается, между тем она очень важна: по существу организационное обеспечение регламентирует всю деятельность человека в системе, от простейших операций по ее текущему обслуживанию до самых сложных и ответственных действий.

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, разно-

образных 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 взаимозависимости 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.

1. *Справочник по теории автоматического управления* / Под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука, 1997. – С. 659–667.
2. *Freedman, Evans L Designing systems with microcomputers*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, 1998. – P. 28–37.
3. *Богданов Н.К.* Тиражируемые программные комплексы для создания АСУТП // Промышленные АСУ и контроллеры. 2000, № 12. – С. 35–39.
4. *Stein D., Hanenberg S., Unland R.* Designing Aspect-Oriented Crosscutting in UML. In proc. of Workshop on Aspect-Oriented Modeling with UML at AOSD, 2002. – P. 63–71.

Получено 01.02.2004