

В заключение автор выражает глубокую благодарность академику АТН РФ профессору В.Б. Кудрявцеву за создание исключительно благоприятных условий для работы над системой решения задач и постоянную поддержку.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бенерджи Р. Теория решения задач. — М.: Мир, 1972.
2. Бухбергер Б., Калме Ж., Калтофен Э. и др. Компьютерная алгебра: символьные и алгебраические вычисления. — М.: Мир, 1986.
3. Васильев С.Н. К автоматизации вывода теорем с аналогами функций Ляпунова и морфизмов // Computers and Artificial Intelligence. — 1982. — V. 1, № 6. — P. 517-538.
4. Дэвенпорт Дж. и др. Компьютерная алгебра: системы и алгоритмы вычислений. — М.: Мир, 1991.
5. Ершов Ю.Л.  $\lambda$ -определимость в допустимых множествах // ДАН СССР. — 1985. — Т. 285, № 4. — С. 792-793.
6. Kowalski R.A. Logic for Problem Solving. — Elsevier-North. Holland, New York, 1979.
7. Лорьер Ж.-Л. Системы искусственного интеллекта. — М.: Мир, 1991.
8. Тейз А., Грибамон П., Луи Ж. и др. Логический подход к искусственному интеллекту: от классической логики к логическому программированию. — М.: Мир, 1990.
9. Тыугу Э.Х. Концептуальное программирование. — М.: Наука, 1984.
10. Чень Ч., Ли Р. Математическая логика и автоматическое доказательство теорем. — М.: Наука, 1983.
11. Автоматизированное проектирование систем управления. — М.: "Машиностроение", 1989.
12. Диалоговые системы схмотехнического проектирования. — М.: "Радио и связь", 1988.
13. Искусственный интеллект (справочник). — М.: "Радио и связь", 1990. — ТТ. 1-3.
14. Подколзин А.С. Об организации баз знаний, ориентированных на автоматическое решение задач // Дискретная математика. — 1991. — Т. 3, Вып. 3. — С. 13-30.
15. Подколзин А.С. Компьютерный решатель математических задач // ДАН РФ. — 1994. — Т. 335, № 4.

## Система МЕДИС — новая информационная технология в организации лечебного процесса

С.Р. Родин

В работе описывается медицинская интегрированная система МЕДИС, предназначенная для комплексной автоматизации отечественных больниц и госпиталей на основе локальных вычислительных сетей ПЭВМ с использованием новой информационной технологии. Система охватывает все службы медицинского учреждения, непосредственно связанные с организацией лечебно-восстановительного процесса. Система обеспечивает автоматизированное создание и ведение формализованной истории болезни пациента врачами лечебных и диагностических подразделений. В системе использован оригинальный подход к автоматизации проведения диагностических обследований на основе построения целого семейства специализированных сложноорганизованных адаптивных схем диалога, логика работы которых определяется специальными алгоритмами, управляемыми вводимыми данными. В перспективе система будет состоять из семейства совместимых подсистем, ориентированных на использование в лечебных учреждениях различного типа, что позволит использовать единую историю болезни пациента и на этой основе интегрировать лечебные учреждения различного типа в единую сеть.

### 1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

В последнее время как в нашей стране, так и за рубежом современная медицинская техника активно включается в лечебно-диагностический процесс. Появление и внедрение в практику лечения таких диагностических методов, как компьютерная томография, радиоизотопные методы лечения, глубокое исследование коронарных процессов и т.п., привело к тому, что рабочее место специалиста-диагноста оснащается мощным современным оборудованием, использование которого немислимо без компьютерной обработки. Однако, изучение зарубежного опыта в создании систем подобного класса показывает, что непосредственное использование их в условиях нашей страны практически невозможно, поскольку подход к организации лечебного процесса в нашей стране существенно отличается от зарубежного. У нас главный участник лечебного процесса — лечащий врач, остался, по существу, на том же уровне оснащенности, что и несколько десятилетий назад. В его арсенал входят знания, опыт, стетоскоп и ручка, которой, часто в ущерб качеству лечения, приходится заполнять огромное



количество различных бланков о ходе лечебного процесса и оформлять так называемую "статистическую отчетность".

Средний и младший лечебный персонал находится в гораздо худших условиях. Ему ежедневно приходится разбираться в записях и назначениях, которые сделал лечащий врач, зачастую наспех и небрежно, и вести свою "вторую бухгалтерию" по выполнению необходимых лечебных назначений.

Взаимодействие между лечащим врачом и врачами-специалистами (диагностами и консультантами), также осуществляется на уровне посланий, по необходимости кратких и сжатых. В то время как врачи-диагносты, исследуя больного, определяют огромное количество физиологических параметров, которые позволяют современной диагностической аппаратуре, диагност, ввиду недостатка времени на заполнение истории болезни, ограничивается лишь краткими записями-заключениями.

Если добавить в этот список немаловажную проблему по эффективной загрузке дорогостоящего диагностического оборудования, которую в известной мере приходится решать диагносту, то становится очевидным, что существующая практика организации лечебного процесса на основе ведения бумажного документопотока становится главным тормозом в усовершенствовании лечебного процесса.

Единственный выход из создавшейся ситуации — внедрение в лечебно-диагностический процесс современных информационных технологий, включающих в себя ведение всего документопотока в электронной форме, организация глубокого взаимодействия лечебного процесса с диагностическими исследованиями, использование экспертных систем и баз знаний. Такие технологии подразумевают возможность интеграции новых методов и средств лечения, постоянное пополнение знаний о функционировании человеческого организма, о практике лечения различных заболеваний, о существующих и перспективных медикаментах и т.п. Использование таких подходов немисливо без применения вычислительных сетей, объединяющих рабочие места участников лечебного процесса в единую интегрированную систему.

Внедрение новых информационных технологий в отечественную практику лечения — процесс длительный. Он требует значительных начальных затрат не только на приобретение современной вычислительной техники, но и в значительной степени на адаптацию существующей практики лечения к новым организационным формам, на разработку формальных моделей представления и накопления знаний, используемых в ходе лечения. Создание подобных систем требует нескольких лет работы значительного коллектива специалистов различного профиля не только в области медицины и физиологии человека, но и в области представления и накопления знаний, теории формальных систем, теории логического вывода, экспертных систем и программирования.

Все эти проблемы могут быть успешно решены при использовании Медицинской Интегрированной Системы (МЕДИС), разработанной группой специалистов Вычислительного центра РАН.

## 2. НАЗНАЧЕНИЕ И ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ МЕДИС

Система МЕДИС предназначена для автоматизации сбора, хранения и обработки информации о лечебном процессе в медицинских учреждениях различного профиля — поликлиниках, больницах, санаториях и госпиталях, — с использованием локальных информационно-вычислительных сетей на базе персональных компьютеров типа IBM PC AT. Такая машиноориентированная технология является основой для включения в лечебный процесс новых современных подходов, связанных с использованием целого спектра экспертных систем, помогающих врачу проводить скрининговые обследования для раннего обнаружения заболеваний, объективно ставить диагноз с использованием всего арсенала имеющихся в распоряжении средств диагностики, формировать и оперативно корректировать ход лечебно-восстановительного процесса на основе современных методов лечения и комплексной диагностики, адаптировать систему к зарекомендовавшим себя методам и средствам лечения и к имеющемуся контингенту больных.

Система МЕДИС представляет собой сложный программно-технический комплекс, функционирующий в рамках существующих организационных структур управления лечебным процессом.

В состав комплекса входит локальная вычислительная сеть и широкий набор функционально ориентированных прикладных программ, позволяющих создавать разнообразные локальные информационно-вычислительные сети, ориентированные на решение всего спектра задач организации и управления лечебным процессом в конкретном лечебном учреждении. Состав и конфигурация сети выбирается в зависимости от объема документопотока, от топологии размещения лечебных отделений и диагностических служб, от требуемой надежности системы и от многих других факторов.

Функционально программный комплекс состоит из ряда подсистем. В него входят такие подсистемы, как "Регистратура", "Приемное отделение", "Лечебное отделение", "Диагностическое отделение", "Врач-консультант", "Врач-физиотерапевт", "Лаборатория", "Зам. главного врача по медицинской работе", "Администратор системы", "Архив". Общее количество и состав подсистем зависит от номенклатуры врачей-специалистов лечебного учреждения и от количества рабочих мест.

## 3. ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ МЕДИС

Главным результатом внедрения системы МЕДИС является включение всех служб медицинского учреждения, непосредственно участвующих в лечебном процессе, в единый комплекс на основе современных информационных технологий. Это позволяет оптимизировать управление различными структурными подразделениями медицинского учреждения и тем самым повысить эффективность и качество лечебно-диагностической помощи. Использование системы помогает работе врачей и среднего медицинского персонала и, как следствие, увеличивает пропускную способность диагностических служб и лечебных отделений. Широкое использование форма-



лизованных электронных бланков, заполняемых в процессе обследований, а также оптимизация диагностического маршрута пациента позволяет сократить время проведения обследований. Применение системы дает возможность осуществлять точный учет объема и стоимости лечебно-диагностического обслуживания пациента и достоверно определять нагрузку на персонал, позволяет снизить лучевые нагрузки и минимизировать инвазивность обследований.

Внедрение системы МЕДИС обеспечивает автоматизированное создание и ведение формализованной истории болезни пациента врачами лечебных и диагностических подразделений. Система осуществляет автоматический сбор и обработку заявок из лечебных отделений на питание, на анализы, на консультации и диагностические обследования, обеспечивает автоматизированное формирование текущей контрольной, справочной, отчетной и статистической информации, ведет автоматический учет коечного фонда лечебных отделений, представляет сведения о больных по различным группам риска и многое другое.

При разработке системы самое серьезное внимание уделено структуризации и формализованному описанию центрального звена автоматизации — традиционной истории болезни, в которой органически сочетается формализация со свободным текстом. Структура истории болезни максимально полна и обеспечивает все потребности фиксации лечебного процесса, представляемые многопрофильными лечебными учреждениями, при сохранении традиционной организации этого процесса.

В системе реализован оригинальный подход к решению проблемы дублирования работы диагностических служб на основе централизованного управления формированием заявок на проведение обследований и консультаций. Эта задача решается специальной системой "Расписание", обеспечивающей согласованное составление заявок с учетом занятости больного, загрузки врачей, показаний и противопоказаний к проведению обследований.

Проблема автоматизации работы врачей лечебных отделений решается посредством реализации многопользовательской системы "Лечебное отделение" с единой базой данных и с применением специальных механизмов синхронизации доступа к этой базе. Система обеспечивает потребности всех участников лечебного процесса в лечебном отделении: лечащих врачей и заведующего отделением; врачей отделения, выступающих в качестве консультантов для других отделений: врачей, принимающих участие в обходах и консилиумах; внешних и приходящих врачей-консультантов; среднего и младшего обслуживающего персонала. Особое внимание уделено подготовке необходимых документов для нормальной и эффективной работы медсестер отделения.

В системе реализован оригинальный подход к автоматизации проведения диагностических обследований на основе построения целого семейства специализированных сложноорганизованных адаптивных схем диалога, выполнение работы которых определяется специальными алгоритмами, управляющими

вводимыми данными. Такие схемы разработаны для функциональной диагностики, ультразвуковых исследований, рентгено-диагностики, рентгеновской компьютерной томографии, эндоскопии, радиоизотопных исследований. В основу указанных алгоритмов положены новейшие современные методологические и методические подходы к организации и ведению диагностического процесса, представленные оптимальным комплексом диагностической информации на основе количественных показателей и качественных критериев, имеющих высокую клиническую значимость. Подавляющее большинство алгоритмов обеспечивает проведение оценки анатомо-топографических и структурных особенностей различных органов и частей тела. Заложенные в подсистему "Диагностический кабинет" схемы диалога позволяют проводить уточняющую диагностику при разночтениях данных, полученных в рамках других клинико-инструментальных исследований, а также осуществлять первичное выявление патологических изменений как диффузного так и очагового характера. В процессе проведения обследования врач может обратиться к имеющимся в системе справочным и экспертным подсистемам. Результаты осмотра запоминаются в отдельной базе данных, содержимое которой автоматически переносится системой в журнал для дальнейшей обработки. Для каждого вида обследования в систему при настройке включаются специальные бланки-отчеты, которые позволяют по данным осмотра автоматически формировать привычный для лечащего врача текст с результатами обследования.

В состав системы МЕДИС входит специализированная подсистема "Врач-физиотерапевт", содержащая не имеющую аналогов справочную базу данных о популярных в настоящее время методиках и схемах физиотерапевтического лечения более чем трехсот различных заболеваний. В ней содержатся сведения о таких физиотерапевтических методах, как аэрозольная терапия, магнитотерапия, массаж, ультразвуковая терапия, световая и электролечение.

Важной частью системы является мощная универсальная подсистема "Лаборатория", предназначенная для использования в общеклинических, биохимических, серологических, бактериологических, гистологических, цитологических, морфологических, иммунологических и иммуноферментных лабораториях, и автоматизирующая полный цикл работы лаборатории: получение заявок на анализы из лечебных отделений, забор биоматериала, проведение анализа, проверка результатов, заполнение необходимых бланков, отсылка результатов в лечебное отделение, ведение журнала лаборатории. Системе известно более 200 типовых бланков, выбор которых осуществляется автоматически по виду анализа.

Подсистема для заместителя главного врача по медицинской работе дает возможность со своего рабочего места не только получать исчерпывающую информацию о работе всех служб, непосредственно участвующих в лечебном процессе (приемного отделения, кабинетов врачей-диагностов, врачей-консультантов, любого лечебного отделения, лабораторий), но и решать задачи управления лечебным процессом. Централизованная спра-



вочная служба позволяет каждому пользователю системы (в пределах его компетенции) получать необходимые справки о работе лечебного учреждения и, в частности, иметь доступ к любой истории болезни.

Для удобства пользования системой основная часть диалога ведется по единой дисциплине, в которой главным элементом является одно- или многостраничный электронный бланк с фиксированным назначением функциональных клавиш. В любой точке диалога в распоряжении пользователя имеется контекстно-чувствительная справочная система, позволяющая получить информацию как о своих возможных действиях, так и о возможностях системы.

#### 4. Электронная история болезни

Основной информационной компонентой системы является формализованная электронная история болезни. Она создается подсистемой "Регистратура" при поступлении пациента в лечебное учреждение и сопровождает пациента в течение всего процесса лечения. По окончании лечения, в диалоге с лечащим врачом, автоматически формируется выписной эпикриз и подготавливаются все документы, необходимые для дальнейшего восстановления здоровья пациента, а сама история болезни архивируется на магнитном носителе.

Формализованная история болезни представляет собой специализированную базу данных, содержащую сведения о пациенте и полный (юридический и лечебный) набор документов о ходе лечебного процесса. История болезни пациента, находящегося на излечении, циркулирует в сети по маршрутам, определяемым планом лечения, который назначается лечащим врачом. Результаты диагностических обследований, консультаций, анализов, физиотерапевтических процедур и других мероприятий, проводящихся в соответствии с планом лечения, фиксируются в истории болезни в виде электронных бланков. Каждый пользователь системы, включая администрацию лечебного учреждения, может в любой момент ознакомиться с ходом лечения и внести в историю болезни необходимые коррективы в пределах своей компетенции. История болезни является основным документом для среднего медицинского персонала лечебного отделения на проведение медикаментозного лечения и выполнения различных лечебных процедур.

Лечащий врач определяет план лечения пациента, включая в историю болезни заявки на выполнение лечебно-диагностических мероприятий, анализов и операций, заявки на питание и дополнительное питание пациента, также указывая назначения на прием медикаментов и выполнение лечебных процедур. В процессе формирования плана лечения врач может воспользоваться различными справочными и информационными системами. Состав этих подсистем может расширяться.

Заявки на выполнение лечебно-диагностических мероприятий формируются через специальную подсистему "Расписание", которая в диалоге с лечащим врачом и врачами-специалистами определяет взаимоприемлемый маршрут движения пациента по кабинетам. В ходе этого диалога уч-

вается расписание работы кабинета, показания и противопоказания к проведению лечебно-диагностических мероприятий, необходимость выполнения специальных процедур подготовки пациента и многое другое. В результате системой формируется оптимальное расписание загрузки пациента, в историю болезни включаются заявки на обследования, а также автоматически ведется список пациентов по кабинетам врачей-специалистов. Результаты обследований заносятся в формализованные бланки истории болезни автоматически.

В ходе формирования заявки на анализы лечащий врач указывает вид биоматериала и тип анализа, а также список параметров, подлежащих определению. Эти заявки пересылаются по сети в соответствующую лабораторию. Подсистема "Лаборатория" оперативно ведет список заявок на анализы, позволяет вносить в бланки полученные результаты и рассылает заполненные бланки в истории болезни.

История болезни является основой для автоматического составления ежедневных, еженедельных, ежемесячных и других отчетов, используемых администрацией для управления лечебным процессом. Эта же информация поступает в службу медицинской статистики, в справочную службу, в бухгалтерию, в пищеблок, а также в другие вспомогательные хозяйственные отделения лечебного учреждения.

В состав системы входит специальный модуль работы с формализованной электронной историей болезни, который вызывается из большинства подсистем. Он, в частности, содержит графический редактор для включения заявки на обследование в расписание работы кабинета. В состав модуля входит интерфейс со справочной базой данных по методикам проведения диагностических обследований, по показаниям и противопоказаниям к проведению обследований. Модуль обеспечивает сортировку результатов лабораторных анализов по видам биоматериалов; дает возможность автоматического формирования и последующей печати этапных, переводных, выписных и др. эпикризов; позволяет выполнять сортировку, просмотр и печать результатов анализов, консультаций, обследований, планов лечения, а также произвольных бланков истории болезни непосредственно из системы на широкий набор принтеров; обеспечивает возможность просмотра по дням пребывания в стационаре плана медикаментозного лечения пациента и составления плана такого лечения.

#### 5. РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ

Система реализована на базе оригинальной СУБД сетевых типов, построенной на предложениях КОДАСИЛ, что позволило обеспечить хорошее быстрое действие и экономное расходование дисковой памяти. Язык реализации Turbo PASCAL. Тип ПЭВМ — IBM PC AT совместимые персональные компьютеры. В целях упрощения переносимости системы при реализации, разработано выдержанное в принципе прозрачности по отношению к типу используемой локальной сети.

Реализации прикладной части системы предшествовала разработка сле-



циализированной интегрированной среды, позволяющей создавать целый спектр программно совместимых систем медицинской направленности. Собственно интегрированная среда состоит из двух частей: аппарата настройки и инструментария разработчика.

Аппарат настройки содержит набор языковых средств описания функционирования основных компонентов системы и позволяет разработчику в известных пределах адаптировать систему к нуждам конкретного лечебного учреждения. В его состав входят трансляторы описания электронных бланков, структуры истории болезни, алгоритмов работы подсистем проведения диагностических обследований, топологии размещения компонентов системы, схем генерации отчетов, различных служебных и справочных информационных систем и многое другое. Использование такого аппарата позволяет разработчику в относительно короткие сроки настроить систему на работу в составе конкретной информационно-вычислительной сети, видоизменив при необходимости содержимое отдельных электронных бланков, подстроив в определенных пределах структуру истории болезни, уточнив специфику работы проблемно-ориентированных компонентов системы и т.п.

Инструментарий разработчика является более универсальным средством и в программном отношении представляет собой функционально полный набор средств развития существующих и разработки новых компонентов системы в рамках единой технологии. В его состав входит многооконная подсистема организации диалога с использованием разнообразных меню, масок, списков, таблиц; специальный транслятор описания электронных бланков; оригинальная СУБД сетевого типа; эмулятор работы локальной сети; система генерации отчетов; текстовый редактор и т.д.

## 6. ПЕРСПЕКТИВЫ

В перспективе система МЕДИС будет состоять из семейства совместимых подсистем, ориентированных на использование в лечебных учреждениях различного типа: в больницах (стационарах), в поликлиниках, в санаториях, в узкопрофильных лечебных учреждениях. Это позволит использовать единую историю болезни пациента и на этой основе интегрировать лечебные учреждения различного типа в единую сеть.

В настоящее время в рамках проекта МЕДИС реализовано и используется на практике только одно направление — МЕДИС-БОЛЬНИЦА. Система МЕДИС-БОЛЬНИЦА предназначена для работы в различных стационарах. Как известно, функционирование таких лечебных учреждений определяется "технологией" стационарного лечения: поступление — первичный осмотр — диагностика — предварительный диагноз — лечение, диагностика, анализы, консультации, уточнение диагноза — выписка. Такая технология и определяет организацию и алгоритмы работы системы МЕДИС-БОЛЬНИЦА. Следующим этапом проекта является разработка систем МЕДИС-САНАТОРИЙ и МЕДИС-ПОЛИКЛИНИКА.

## Бортовые оперативно-советующие экспертные системы на борту антропоцентрических человеко-машинных объектов

Б.Е. Федун, В.Д. Романова, Н.Д. Юневич

Бортовые оперативно-советующие экспертные системы позволяют оператору информационно сложного антропоцентрического объекта получать в темпе реального времени рекомендации по разрешению возникающих перед ним проблемных ситуаций. Обсуждаются пользовательские требования к такой экспертной системе; приводится структура ее базы знаний: пространственно-временное представление "мира" через математические модели деятелей и значимых событий для каждой проблемной ситуации; иерархически упорядоченное множество правил со структурой "если ... то ...". Кратко представляются результаты конкретной разработки.

## ВВЕДЕНИЕ

Бортовые оперативно-советующие экспертные системы предназначены для представления бортовому оператору в темпе реального времени рекомендаций-советов для разрешения возникающих перед ним проблемных ситуаций. Как правило, такие системы должны работать в ситуациях, когда возможности общения оператора с экспертной системой крайне ограничены, а рекомендации оператору по разрешению возникшей проблемной ситуации должны быть конструктивными, своевременными и значимыми.

Процесс принятия оператором решений в таких условиях требует быстрого качественно-количественного анализа большого объема имеющейся на борту информации, часто неполной и/или нечеткой. Проведение бортовым оператором такого анализа на достаточно глубоком уровне самостоятельно, без аппаратной поддержки, весьма проблематично при дефиците времени и сверхэкстремальной психологической напряженности.

Создание бортовой оперативно-советующей экспертной системы проходит традиционные фазы:

- концептуализация предметной области и определение адекватной ей структуры экспертной системы;
- разработка на ПЭВМ исследовательского прототипа бортовой оперативно-советующей экспертной системы как инструмента для совершенствования (отладки) базы знаний и базы данных создаваемой экспертной системы и как тренажера для подготовки операторов;