

пиализированной 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 проходят 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;

— реализация спроектированной экспертной системы на бортовых вычислениях и отработка ее на реальных бортовых информационных сигналах в реальном времени.

В работе рассматривается исследовательский прототип бортовой оперативно-советующей экспертной системы в варианте, когда его база знаний и база данных носят детерминированный характер.

1. ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БОРТОВЫХ ОПЕРАТИВНО-СОВЕТУЮЩИХ СИСТЕМ

При функционировании динамических антропоцентрических технических объектов в недружественных (особенно конфликтных) средах с быстроменяющимися (в масштабе времени оператора этого объекта) условиями эффективную помощь оператору оказывают бортовые оперативно-советующие экспертные системы.

Отличительными особенностями бортовых оперативно-советующих экспертных систем являются:

- главенствующая роль оператора, не сообщающего бортовой оперативно-советующей экспертной системе о мотивациях своих действий и о необходимости получить от нее в настоящий момент определенные рекомендации;

- наличие на борту объекта для экспертной системы и информационно-управляющего поля кабины оператора единого пространственно-временного каркаса [2], близкого к реальному;

- убедительные и конструктивные рекомендации оператору в любой практически значимой проблемной субситуации, которая может возникнуть при деятельности оператора в рамках активизированной им концептуальной модели поведения в выбранной им типовой ситуации;

- малое (в масштабе реальных изменений во внешней обстановке) для оператора время реакции и практически отсутствующий прямой режим общения оператора с бортовой оперативно-советующей экспертной системой;

- семантическое и информационное встраивание в реальное (проектируемое) информационно-управляющее поле кабины;

- совершенствование (модернизация) бортовой оперативно-советующей экспертной системы в процессе эксплуатации объекта.

При системном проектировании [1] бортового алгоритмического и информационного обеспечения функционирования таких объектов выделяются функционально замкнутые (с точки зрения оператора) типовые ситуации для каждой из которых конструктивно определяются:

- концептуальная модель поведения системы "оператор — бортовая аппаратура";

- множество участников типовой ситуации и их роли;

- пользовательски значимая конечная цель (задача типовой ситуации) и допустимое множество способов ее достижения;

- упорядоченное причинно-следственным отношением конечное множество проблемных субситуаций, через разрешение которых можно достичь

вечной цели типовой ситуации.

Практически полезная бортовая оперативно-советующая экспертная система должна иметь базу знаний, семантически эквивалентную в выбранной оператором типовой ситуации ее бортовому информационному обеспечению и активизированной у оператора концептуальной модели поведения.

2. ФОРМАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ЗНАНИЙ ДЛЯ БОРТОВОЙ ОПЕРАТИВНО-СОВЕТУЮЩЕЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ И ЕЕ СТРУКТУРА

Фиксируется типовая ситуация, для которой предназначена бортовая оперативно-советующая экспертная система. Эта типовая ситуация представляется сетью, в узлах которой находятся проблемные субситуации, а ее направленные дуги определяют причинно-следственные отношения, введенные на множестве этих проблемных субситуаций.

Вводится множество $\{D\}$ целенаправленно действующих в типовой ситуации объектов D , один из которых, D_0 , является носителем обсуждаемой бортовой оперативно-советующей экспертной системы. Каждая проблемная субситуация представляется своей математической моделью, которая описывает пространственное расположение элементов множества $\{D\}$, прогнозирует его изменение во времени и определяет моменты возможного наступления значимых (для выбранной типовой ситуации) событий. При наличии в $\{D\}$ целенаправленно противодействующих D_0 объектам осуществляется предварительное математическое исследование проблемной субситуации (см., например, работу [4], выполненную для определения структуры оптимального оборонительного маневра в дуэльной ситуации самолетов-истребителей). Полученное на базе математической теории оптимального управления, теории игр или подобранное при имитационном математическом моделировании "рациональное решение проблемной субситуации" закладывается в ее математическую модель, которая включает рациональное по критерию эффективности этой субситуации поведение D_0 и объекта-противника.

Вся типовая ситуация, в которой функционирует проектируемая экспертная система, разбивается по условиям протекания и решаемым оператором задачам на несколько самостоятельных непересекающихся фрагментов или этапов, которые называются сценариями. Каждый из сценариев содержит различное множество проблемных субситуаций. Сценарии связаны такими причинно-следственными отношениями, которые позволяют при изменении внешней обстановки полностью описать выбранную типовую ситуацию с помощью перехода из одного сценария в другой. Математические модели, описывающие предметную область экспертной системы, группируются по сценариям.

Структурная схема бортовой оперативно-советующей экспертной системы показана на рис. 1. Экспертная система общается с внешним миром посредством двух блоков: "Внешний мир" и "Входная информация пользователя". Первый блок представляет собой файл, который передает информацию из штатной бортовой информационной среды объекта D_0 в базу дан-

ных экспертной системы и обратно. Этот файл содержит информацию, поступающую от бортовых датчиков, штатных бортовых алгоритмов, органов управления кабины, которая передается в базу данных экспертной системы. База данных, в свою очередь, передает в файл "Внешний мир" результаты работы экспертной системы: рекомендации оператору, подсказки на табло подсказок, параметры для регистрации в бортовую систему объективного контроля, объяснения оператору. Блок "Входная информация пользователя" служит для оперативной настройки экспертной системы в конкретных условиях работы и позволяет менять характеристики объектов из множества $\{D\}$.

Собственно бортовая оперативно-советующая экспертная система включает в себя три функциональных блока: базу данных с системой управления базой данных (БД и СУБД), базу математических моделей, оболочку экспертной системы.

БД и СУБД содержит множество файлов, которые можно объединить в четыре группы по их функциональному назначению:

1. файлы исходных данных,
2. файлы внутренних переменных,
3. файлы результатов работы экспертной системы,
4. файлы блоков экспертной системы.

В первой группе файлов собирается информация о каждом элементе множества объектов $\{D\}$, которая поступает из внешней среды. Ко второй группе относятся файлы, в которых хранится информация, сформированная в экспертной системе. К третьей группе относятся файлы, в которые поступают результаты работы экспертной системы для передачи их на индикаторы оператору и в систему объективного контроля. К четвертой группе относятся файлы, содержащие:

- а) набор правил выбора сценариев — блок активизации сценария,
- б) блок отбора данных для математических моделей текущего сценария,
- в) блок отбора данных для базы правил текущего сценария.

Разрабатываемые в настоящее время бортовые оперативно-советующие экспертные системы имеют базы знаний гибридного типа. В них знания представляются двумя различными способами: продукционным (блок "Оболочка экспертной системы") и через математические модели (блок "База математических моделей"). В блоке "База математических моделей" собраны математические модели сценариев. Блок "Оболочка экспертной системы" помимо инструментария обработки базы знаний содержит набор правил-продукций для формирования рекомендаций и подсказок оператору, объяснения к этим правилам. Правила сгруппированы по сценариям также, как и математические модели.

Конструирование правил-продукций происходит на базе логико-лингвистической модели типовой ситуации [3]. Не останавливаясь на семантике используемых ниже терминов, логико-лингвистическую модель представляем рис. 2, взятым из конкретной бортовой оперативно-советующей экспертной системы "Дуэль" [5].

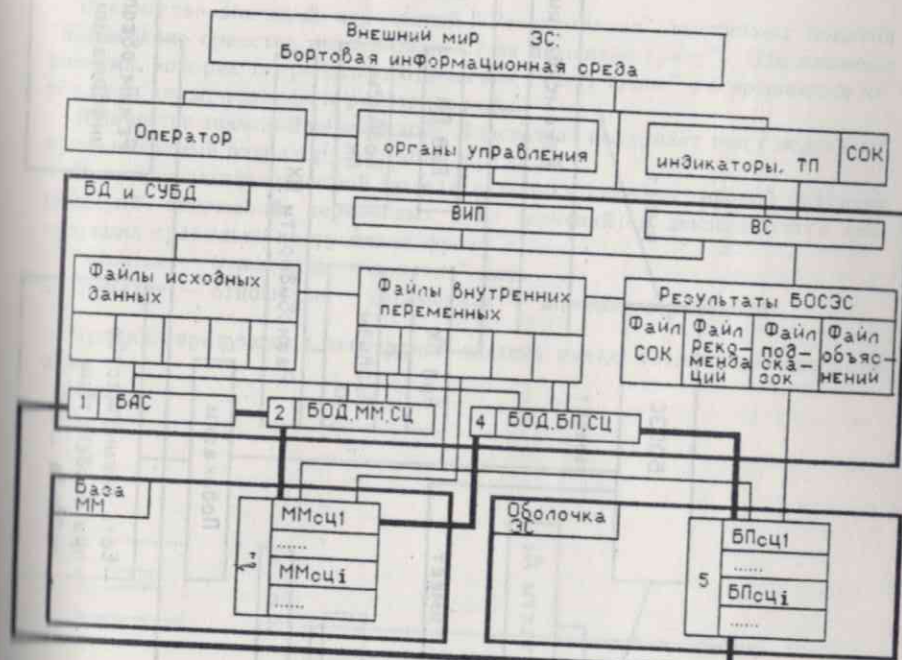


Рис. 1. Структура экспертной системы: ЭС — экспертная система; БД и СУБД — база данных и система управления базой данных; СОК — система объективного контроля; БАС — блок активизации сценария; БОД.ММ.СЦ — блок отбора данных для математических моделей текущего сценария; БОД.БП.СЦ — блок отбора данных для базы правил текущего сценария; База ММ — база математических моделей; ММсц i — база математических моделей i -го сценария; БПсц i — база правил i -го сценария.

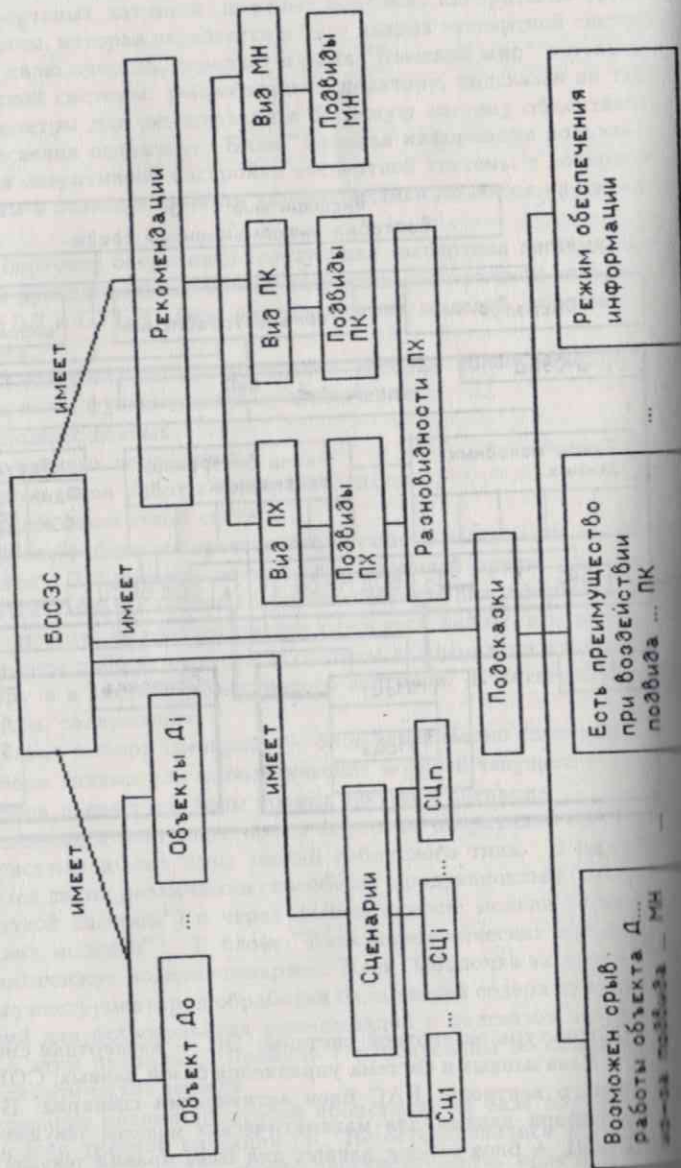


Рис. 2. Верхний уровень логико-лингвистической модели

На рис. 2 представлен верхний иерархический уровень модели. Центральное понятие "Система" (имеется в виду экспертная система) связано отношением "имеет" с понятиями "Объект D_0 ", "Объект D_i " из $\{D\}$ и с лингвистической переменной "Сценарий", принимающей значения сценария реализовавшейся проблемной субситуации. Кроме того, понятие "система" связано отношением "имеет" с лингвистическими переменными "Рекомендация" и "Подсказка", значениями которых являются результаты работы экспертной системы.

В качестве значений переменной "Рекомендация" выступают понятия "применение средства воздействия ... на внешнюю среду". Это сложные понятия, которые посредством отношения "часть-целое" раскрываются через свои виды, подвиды и разновидности.

В качестве значений переменной "Подсказка" выступает текст подсказки, предъявляемый оператору на табло подсказок.

В логико-лингвистической модели создается словарь типовой ситуации (понятий, отношений, переменных и их значений) и декларируется конструкция правильно построенных фраз:

"понятие — отношение — понятие" или

"понятие — отношение — переменная — значение переменной".

Правила-продукции в экспертной системе имеют следующую конструкцию:

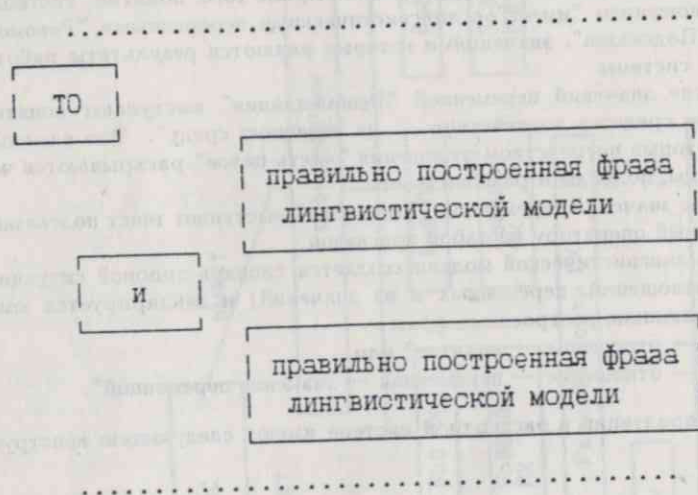
ЕСЛИ

правильно построенная фраза лингвистической модели

и/или

правильно построенная фраза лингвистической модели

.....



Количество "правильно построенных фраз лингвистической модели" в левой и правой частях правила-продукции может быть любым. При этом "фразы" в левой части правила могут соединяться союзами "и", "или", в правой части — только союзом "и".

3. Функционирование бортовой оперативно-советующей экспертной системы

При работе бортовой оперативно-советующей экспертной системы осуществляется циклическое (поочередное) подключение ее функциональных блоков. На рис. 1 этот процесс отображен двойными прерывистыми линиями (линии со стрелками); каждый блок помечен цифрой (от 1 до 5), показывающей порядковый номер этого блока в одном цикле работы экспертной системы. Предварительно, перед каждым циклом, в "БД и СУБД" происходит считывание информации из файлов "Внешний мир", "Входная информация пользователя" и распределение ее между всеми файлами исходных данных.

Собственно работа экспертной системы начинается с блока активизации сценария, в котором анализируется информация о сложившейся внешней обстановке и адекватно ее текущему состоянию выбирается (активизируется) один из реализованных в экспертной системе сценариев. Информация для проверки правил активизации сценария поступает в блок активизации сценария из файлов "БД и СУБД" I группы.

После того, как какой-либо из сценариев активизирован, начинает работать блок отбора данных для базы математических моделей этого СЦ. Этот блок отбирает ту информацию из файлов I группы "БД и СУБД", которая необходима для работы математических моделей активизированного сценария, и отправляет ее в один из файлов II группы "БД и СУБД" (файлы внутренних переменных).

Отобранная информация передается в блок "База математических моделей", и после завершения работы этого блока сформированная в нем информация возвращается в "БД и СУБД" и распределяется там между файлами II группы.

После этого в "БД и СУБД" подключается к работе блок отбора данных для базы правил текущего сценария. Этот блок отбирает информацию из файлов I и II групп, которая необходима для работы правил вывода рекомендаций и подсказок текущего сценария. Отобранная информация помещается в один из файлов II группы.

Отобранная информация передается в последний блок цикла "Оболочка экспертной системы", где начинает работать блок правил активизированного сценария, вырабатывающий рекомендации и подсказки.

После завершения его работы вся сформированная в нем информация поступает в III группу файлов "БД и СУБД" (файлы результатов работы экспертной системы): файл рекомендаций, файл подсказок, файл объяснений, файл параметров для системы объективного контроля. Одновременно с этим последний файл пополняется информацией из файлов II группы (результаты работы математических моделей), которая необходима для последующего (внеэксплуатационного) анализа процессов в бортовой экспертной системе. После этого информация из файлов III группы передается в блок "Внешний мир".

На этом цикл работы экспертной системы заканчивается и начинается следующий цикл (с блока активизации сценария) с обновленной информацией в файлах исходных данных.

4. КОНКРЕТНЫЕ РАЗРАБОТКИ

Конкретные разработки бортовых оперативно-советующих экспертных систем в виде бортовых прототипов и экспериментальных образцов, предназначенных для совершенствования базы знаний для конкретной предметной области, включая разработки структуры, механизмов вывода, анализа допустимого времени реакции бортовой оперативно-советующей экспертной системы, разрабатываются как в России, так и в других странах (см., например, [5]).

Предлагаемые способ представления знаний и структура бортовой оперативно-советующей экспертной системы реализованы в исследовательском прототипе бортовой оперативно-советующей экспертной системы "Дуэль" на ПЭВМ/286 в операционной системе MS DOS 3.3.

Бортовая оперативно-советующая экспертная система "Дуэль" предназначена для помощи летчику одноместного самолета в принятии им решений в одном из самых сложных режимов его работы.

Исследовательский прототип экспертной системы "Дуэль" вырабатывает около 30 рекомендаций на принятие решения и около 50 подсказок (кратких пояснений к текущей рекомендации). Описание предметной области содержит пять сценариев, около 500 правил (каждый из сценариев содержит от 20 до 200 правил), 15 математических моделей, 15 файлов данных, в которых хранится около 300 параметров. Словарь логико-лингвистической модели содержит около 150 понятий, около 30 лингвистических переменных и 5 отношений между ними.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемая структура бортовой оперативно-советующей экспертной системы дает возможность весьма конструктивно выявить и формализовать знания экспертов в тех предметных областях, для которых предназначены такие экспертные системы.

Конкретные разработки бортовых оперативно — советующих экспертных систем с представленной структурой подтверждают это положение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федун Б.Е., Кондрикова Т.А., Куликовская Е.С. Методика системного проектирования АИИО одноместного аппарата // АН СССР. Второе всесоюзное совещание "Комплексирование систем управления движением". — Тбилиси, 1988.
2. Кондрашина Е.В., Литвинцева Л.В., Поспелов Д.А. Представление знаний в пространстве и времени в системах искусственного интеллекта. — М.: Наука, 1989.
3. Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления. — М.: Наука, Энергоиздат, 1981.
4. Федун Б.Е. Максимально быстрое торможение объекта, осуществляющего управляемое движение под действием сил аэродинамического сопротивления и тяжести // (Журнал АН СССР) Прикладная математика и механика. — 1990. — Т. 54, № 5.
5. Федун Б.Е., Романова В.Д., Юевич Н.Д. Исследовательский прототип бортовой оперативно-советующей экспертной системы "Дуэль" // Тезисы докладов регионального научно-практического семинара "Экспертные и обучающие системы". — Ульяновск, 1992.

Часть 3. Математические модели.