

ПРИМЕРЫ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ

Ф.Фернандес Нодарсе, В.Г.Иванов, Г.Балунова, С.Лима

Цель данной работы — создание прикладных программных систем (JINR-CAA, D/E APA и BRAIN) на основе средства для создания систем искусственного интеллекта NETSYS (версия 1.0)^{1/}, разработанного в ОИЯИ. JINR-CAA и D/E APA, ориентированные на пользователей ЭВМ ОИЯИ, были разработаны как примеры компьютерных помощников (Computer Aided Assistant), и BRAIN — как пример применения нейропути. Для их функционирования требуется микрокомпьютер, совместимый с IBM PC/XT/AT, с оперативной памятью (RAM) 640 кбайт и диском типа "Винчестер".

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Examples of Intelligent System Development

F.Fernandez Nodarse, V.G.Ivanov, G.Balunova, S.Lima

The goal of this study is to develop JINR-CAA, D/E APA and BRAIN applications using NETSYS (Version 1.0), an AI system building tool developed in JINR. JINR-CAA and D/E APA, oriented to JINR computers users, were developed as computer aided assistants; and BRAIN, as neuro-path application. The requirements of these applications are: personal computer, compatible with IBM PC/XT/AT 640 Kb RAM and hard disk.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

1. JINR-CAA — компьютерный помощник исследователя

Работу пользователей распределенных вычислительных комплексов можно существенно облегчить за счет использования компьютерного помощника (Computer Aided Assistant), которым является прикладное программное средство JINR-CAA, ориентированное на пользователей ЭВМ ОИЯИ. Оно предназначено для ознакомления с тематикой проводимых в Институте исследований,

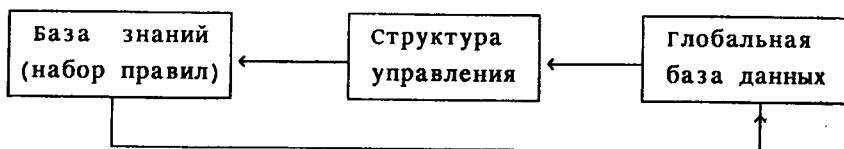


Рис.1. Принципиальная схема JNR-CAA.

его структурой, центральным вычислительным комплексом и библиотекой программ для научных исследований. По мере накопления опыта работы и сбора соответствующей информации возможности JNR-CAA будут расширяться. Основными элементами JNR-CAA являются глобальная база данных, база знаний, или набор правил, и структура управления, или интерпретатор правил (рис.1)^{/2/}.

Глобальная база данных (ГБД) является основной структурой данных, которая состоит из уровней, в каждом из которых может быть один или несколько ориентированных графов. Отношения между графами одного уровня или различных уровней задаются при формировании структуры. В нашем случае узлы являются базами данных или программами, а дуги — правилами, оперирующими с ГБД. Интерпретатор правил выбирает из базы знаний те правила, которые необходимо использовать при решении данной задачи, и завершает процесс при достижении цели. Таким образом, операция JNR-CAA — это процесс поиска требующейся информации в соответствующих структурах данных.

В соответствии с возможностями NETSYS в JNR-CAA каждый узел имеет основное описание, состоящее из кода, коэффициента, описания, а также, если необходимо, связанную базу данных, процедуру и дополнительное описание узлов уровня, структуру которого определяет разработчик. Все коэффициенты узлов и дуг могут быть использованы для управления поиском на графе.

В программном средстве JNR-CAA имеются четыре уровня: 1 — научно-исследовательские работы ОИЯИ; 2 — организационная структура ОИЯИ; 3 — вычислительный комплекс ОИЯИ; 4 — библиотека подпрограмм ОИЯИ для научных исследований.

На первом уровне каждая проблема имеет свой граф, где узел представляет проблему, тему или задачу. Узлы имеют дополнительное описание, в которое включены: подробное описание, финансирование, требуемое оборудование, ресурсы, число исполнителей и фамилия ответственного руководителя. Для каждого узла, который представляет тему, была также создана связанная база данных исполнителей темы.

Узлы графа второго уровня представляют дирекцию, управление, лаборатории, отделы и секторы. У каждого узла есть дополнительное описание, состоящее из подробного описания, числа участников, главных задач и объемов финансирования. Для узлов, представляющих отделы, была создана связанная база данных, каждая запись которой описывает технические характеристики используемого оборудования.

Граф третьего уровня (вычислительный комплекс ОИЯИ) состоит из узлов, которые представляют ЦВК, вычислительные средства управления, ВЦ лабораторий и отдельные компьютеры. У каждого узла есть дополнительное описание (подробное описание, главные задачи, число исполнителей и место нахождения). Для каждого узла третьего уровня была создана база данных, каждая запись которой описывает технические характеристики компьютеров, включая сети.

Графы четвертого уровня состоят из узлов, представляющих библиотеку или подбиблиотеки программ и их отношения. Для каждой подбиблиотеки была создана база данных с описанием ее программ. Для некоторых подбиблиотек была также создана экспертная система, которая помогает найти наиболее подходящую программу для решения задачи. В зависимости от опции операции, используемой пользователем, JINR-CAA может автоматически выполнять связанную процедуру. Например, обращение к экспертной системе /3/.

```

-----
                                NETSYS
                                AI SYSTEM BUILDING TOOL
                                MAIN MENU
-----
CODE          DESCRIPTION
-----
D             CREATE/UPDATE THE MULTILEVEL STRUCTURE
I             INSERT/UPDATE DATA IN THE MULTILEVEL STRUCTURE
R             OPERATE THE USER APPLICATION
C             RESTORE THE USER APPLICATION
S             SAVE THE USER APPLICATION
E             ERASE THE USER APPLICATION
H             HELP AND GENERAL DESCRIPTION

Q             QUIT TO DOS
-----
-----> TYPE ONE OPTION : _____
          TYPE THE APPLICATION NAME : _____
          TYPE YOUR PASSWORD : _____

```

Рис.2. Основное "меню" системы NETSYS.

Разработчиком были установлены отношения между узлами всех уровней. Разные отношения дали возможность устанавливать прямые связи во время операции, например между научной задачей, отделом (который ее решает), используемыми ЭВМ и программами, требующимися для ее решения. Элементы этого отношения являются узлами графа на отдельных уровнях применения. Это дает возможность установить прямые отношения между узлами различных уровней и графами.

Пользователь при помощи интерактивного "меню" выбирает нужное действие. Все операции проводятся на многоуровневой структуре, определенной разработчиком. Каждый пользователь имеет свои атрибуты доступа и пароль.

Пользователь начинает работу в основном "меню" (рис.2) и может работать в одном из трех основных режимов доступа: 1 — создание/обновление структуры ("D"), 2 — вставка/обновление данных ("I"), 3 — работа в системе NETSYS, без возможности менять структуру или данные ("O"). Были определены три группы пользователей: разработчик (с атрибутом "D"), редактор данных (с атрибутом "I") и конечный пользователь (с атрибутом "O").

Пользователь с атрибутом доступа "D" может использовать все возможности основного "меню". Пользователь с атрибутом доступа "I" может переписывать JINR-CAA на гибкий диск, вставлять или обновлять данные в определенной структуре на твердом диске, то есть узел, отношения между узлами и графами, входные/выходные файлы узла, связанную базу данных и HELP, и работать с помощью JINR-CAA. Конечный пользователь с атрибутом доступа "O" может оперировать только на основе меню, показанного на рис.3.

```

-----
                        NETSYS
                AI SYSTEM BUILDING TOOL
                OPERATION MENU
                LEVEL : _____
                APPLICATION : _____
-----
CODE           DESCRIPTION
-----
F             OPERATION FUNCTIONS MENU
O             OPERATION OPTIONS MENU
U             UTILITIES MENU
C             CHANGE ACTUAL LEVEL
H             HELP

Q             RETURN PREVIOUS MENU
-----
----> TYPE ONE OPTION : _____

```

Рис.3. Режим доступа "O".

AUXILIARY DESCRIPTION OF NODE

NODE CODE : 6-221-0834-86/90
 DESCRIPTION : Develop automatic system for mathematical
 process of experimental results
 SCIENTIFIC TASK : Develop automatic system for mathematical
 process of experimental results using problem
 oriented database and interactive methods
 FINANCE (T) : 2.0
 EQUIPMENT :
 REQUIRED EQUIPMENT TIME : 0.0
 REQUIRED COMPUTER : CDC-6500 (60), EC 1061 (85)
 REQUIRED COMPUTER TIME : 145.0
 REQUIRED PRODUCTION :
 PRODUCTION TIME : 0.0
 TASK PERSONAL (QUANTITY) : 14
 TASK CHIEF : IVANOV V.G.

PRESS 'R' TO RETURN OR ANY OTHER KEY TO CONTINUE ? : _____

Рис.4. Дополнительное описание узла № 6-221-0834-86/90 на первом уровне (научно-исследовательские работы).

Конечный пользователь может найти всю информацию об узлах выбора адекватной опции операции, показывающей основное или дополнительное описание узла или базы данных, которая связана с узлом. Пользователь может определять условия, на основе которых будут показаны только соответствующие записи базы данных, связанной с узлом. Пример дополнительного описания из JINR-CAA приведен на рис.4.

Изображение с экрана (рис.5) можно получить, используя меню связанных баз данных, которое включает следующие возможности: показ описания, поиск, создание, обновление, стирание, восстановление, сохранение связанных баз данных и изменение настоящего уровня и HELP.

PROGRAM CODE : W601
 PROGRAM NAME : MLR
 SHORT DESCRIPTION : Monte Carlo generation of multiple
 Scattering
 DESCRIPTION : MLR is based on the Scott-Snyder-Moliers
 theory. Energy losses of the scattered
 particle are not taken into account and for a
 thickness less than about 0,001 r.l. of the
 scattering material; the scattering angle is
 set to zero.

LIBRARY : GENLIB

PRESS 'R' TO RETURN OR ANY OTHER KEY TO CONTINUE ? _____

Рис.5. Пример записи базы данных, которая связана с узлом W000 графа CPL, представляющим подбиблиотеку.

NETSYS
OPERATION OPTIONS MENU
LEVEL : _____
APPLICATION : _____

	CODE	OPTION DESCRIPTION
* OPTIONS REGIMEN	S	- STEP BY STEP (PATH)
	E	- FINAL or GOAL NODE
* NODE DESCRIPTION	B	- BASIC
	X	- BASIC + AUXILIARY
	A	- BASIC+AUXILIAR +ASSOCIATED DATABASE
* FILE VIEW	N	- NO FILE
	I	- INPUT FILES
	O	- OUTPUT FILES
	F	- INPUT AND OUTPUT FILES
* GRAPHIC VIEW	G	
* UTILITIES	U	
* MODULE ACTIVATION	M	- ASSOCIATED MODULE ACTIVATION
* HELP	H	
* QUIT	Q	- RETURN TO PREVIOUS MENU

-----> TYPE ONE OPTION : _____

Рис.6. Меню для выбора опции операции.

Пользователь, выбирая опцию "STEP BY STEP" (рис.6), может использовать все остальные опции операции в каждом узле пути. Если он выбирает опцию "FINAL NODE", то только в конечном узле. Используя опцию "G" (GRAPHIC VIEW), пользователь может, например, получить изображение графа на экране.

Для устранения неисправностей и диагностики имеется специальное меню "UTILITIES", которое включает описание уровня, отношение между уровнями и узлами, файловое подменю, меню связанных баз данных, связанные модули, основное/дополнительное описание узла, графическое представление графа и HELP.

Пользователь в режиме доступа "O" может выбирать стратегию поиска на основе меню, показанного на рис.7.

Например, для того чтобы ответить на вопрос, какие технические характеристики имеет ЭВМ, которая используется для решения задачи № 6-221-0834-86/90, JNR-CAA использует отношения между уровнями. После выбора опции операции (рис.9) и функции операции (рис.7), например "STEP BY STEP...", пользователь, используя вспомогательное описание узла 6-221-0834-86/90 первого уровня (рис.4), которое показывает ЭВМ, необходимые для выполнения этой научной задачи, выбирает узел CO1-ЛВТА третьего уровня. Выбирает его при помощи связи между узлами

NETSYS
AI SYSTEM BUILDING TOOL
OPERATION FUNCTIONS MENU
 LEVEL : _____
 APPLICATION : _____

CODE	DESCRIPTION
-	STANDARD NETSYS OPERATION :
S	- STEP BY STEP DEPENDING ON USER SELECTION
W	- FIND ANY/ALL PATH BETWEEN TWO NODES
P	- FIND OPTIMAL PATH BETWEEN TWO NODES
D	- DEMO : FIND ALL PATHS BETWEEN INITIAL NODES AND GOAL NODES AT THE LEVEL
N	- FIND NEURO-PATH FROM INITIAL NODE
U	FUNCTION DEFINED BY APPLICATION DESIGNER
H	HELP
Q	RETURN TO PREVIOUS MENU

 -----> TYPE ONE OPTION : _____

Рис.7. Меню функции операции.

6-221-0834-86/90 и CO1-ЛВТА. Узнав основное описание узла CO1-ЛВТА, которое включает в себя имя связанной базы данных (DBC01), ищет внутри нее запись, соответствующую ЭВМ EC1061 при помощи меню связанных баз данных.

Используя другие функции операции (рис.7) и адекватные опции операции, зная определенный пользователем начальный узел, который, например, представляет начальные условия, и конечный узел, который представляет цель, JNR-CAA найдет оптимальный путь в зависимости от оптимального критерия, определенного разработчиком JNR-CAA без вмешательства пользователя, а также покажет информацию о всех узлах пути или только о конечном узле пути.

2. D/E APA Debugger/executer для прикладных программ

Прикладное программное средство D/E APA было разработано так же, как пример CAA (Computer Aided Assistant), на основе системы NETSYS v.1.

Для более продуктивного решения проблем необходимо создать технологии управления поиском, улучшающие использование начальных знаний о проблеме или информации, которая могла

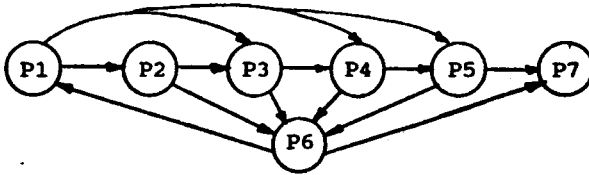


Рис.8. Форма графа D/E APP: где P1 — initial state; P2 — source program text editor; P3 — compile and link source program; P4 — execute linked program; P5 — graphic package; P7 — final state.

быть открыта или получена при изучении проблемы, как процедуры решения проблемы в процессе поиска. Основная информация для планирования могла быть получена во время исследования, она состоит из порядка отношения между действиями, иерархических связей между действиями на нескольких уровнях, зависимости между управляемыми предметами (состояниями).

D/E APA помогает пользователю в процессе отладки/выполнения типичных библиотек программ, предназначенных для научных исследований. Форма графа решения задачи показана на рис.8.

Для каждого состояния/узла был создан связанный файл команд (процедур), который автоматически может выполнять соответствующие действия. На рис.9 приведено изображение получаемой на экране операционной функции "STEP BY STEP DEPENDING ON USER SELECTION" с опцией "ACTIVATE ASSOCIATED MODULE". Из узла P2 после обновления программы пользователь

```

-----
                                NODES MENU
NETWORK SYSTEM LEVEL : 1 Procedure
APPLICATION: D/E APP
-----
      CODE                DESCRIPTION
      ----                -
In the actual level:
  P3                COMPILE/LINKED STATE
  P6                ERROR STATE
In other linked level:
  EMPTY
More information about nodes (Y/N)? : ____
-----> TYPE SELECTED NODE CODE or 'E' TO EXIT : P3
SHORT DESCRIPTION OF ASSOCIATED NODE - PROC3.BAT- :
-----
- compile and linked procedure for source program
ACTIVATE ASSOCIATED PROCEDURE (Y/N) ? ____
  
```

Рис.9. Пример изображения экрана, полученного во время операции D/E APA.

может компилировать/редактировать программу или идти к узлу ошибки состояния. Конечному пользователю D/E APA не нужны дополнительные знания об операционной системе, компиляторах и т.д., он работает только на основе графа решения и описания узлов. Методика и принципы работы, интерактивные сообщения и меню для пользователя D/E APA в основном совпадают с JINR-CAA, которое было описано прежде.

D/E APA имеет два уровня: первый ориентирован на помощь при отладке/выполнении программы, а второй — на поиск и обновление программы из библиотеки.

3. BRAIN: применение нейропути

Средство BRAIN было разработано на основе системы NETSYS. Оно является простым примером, который напоминает нейросети. Ориентированный граф решения состояний состоит из набора узлов (обработанных элементов). В каждом узле обрабатывается входной сигнал на основе значения константы, которая хранится в этом узле. Самая интересная особенность применения BRAIN — это определение значения узла и связи, а также работа с BRAIN на основе функции операции NETSYS для отбора следующего узла пути. Процедура поиска использует следующее выражение:

$$\text{MIN} \{ \text{MOD} (\text{Parc}_j - (\sum_{i=1}^n P_i * X_i - O)) \},$$

где O, Parc_j, P_i — веса/коэффициенты узла, его выходной и входной связей; и если входная связь узла находится на пути решения задачи, то $X_i = 1$, если нет, то $X_i = 0$.

Для функционирования JINR-CAA, D/E APA и BRAIN требуется микрокомпьютер, совместимый с IBM PC/XT/AT или PS/2, с оперативной памятью (RAM) 640 кбайт, DOS 3.0 или выше и диском типа "Винчестер".

Заключение

Предыдущие примеры показали несколько возможностей применения NETSYS для разработки интеллектуальных систем. В основном NETSYS обеспечивает следующие возможности:

— представление графа и предоставление права выбора или создания базы данных, связанной с узлом, или процедуры, а также определение полей, которые составляют вспомогательное описание узла на каждом уровне;

— выбор стратегии поиска, включая процедуру поиска. Изучение вопроса: давать или не давать возможности выбора стратегии поиска конечному пользователю — должно продолжаться на основе опыта, полученного во время использования NETSYS. Стратегия поиска включает возможности оперировать со связанными базами данных или процедурами;

— замена названия поля подробным текстом для получения более удобных выходных экранов;

— дифференциация режимов работы, типов пользователей с их атрибутами.

Применение NETSYS не требует от пользователя дополнительных знаний, кроме эвристических знаний о конкретной задаче и ее характерных особенностях, учет которых позволяет сокращать усилия, затрачиваемые на поиск. Поскольку процессы предоставления и обновления графа достаточно простые, рекомендуется использовать NETSYS в случае неполной информации о решаемой задаче.

Литература

1. Fernandez Nodarse F. — JINR Preprint, E10-90-474, Dubna, 1990.
2. Nilsson N.J. — Principles of Artificial Intelligence. Palo Alto, CA, Tioga Pr., 1980.
3. Уотермен Д. — Руководство по экспертным системам. М.: Мир, 1989, с.388.

Рукопись поступила 19 октября 1990 года.