

ОБРАБОТКА ЦЕЛЕЙ И ЦЕННОСТЕЙ
И АРХИТЕКТУРА ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

В.Н.Ростовцев, Н.А.Юрты

В в е д е н и е

Традиционная архитектура экспертных систем обычно включает в себя такие функциональные блоки, как блок управления базой знаний, блок логического вывода, блок объяснения, монитор и интерфейс [1,2,3]. Для такого множества функциональных блоков, по-видимому, невозможно найти единый базис их выделения, поскольку разнородная одноуровневая структура не отвечает существующим критериям системности, и в первую очередь, иерархичности и однородности [4]. Кроме того, в такой архитектуре неизбежна вложенность. Например, естественный языковой интерфейс, коль скоро он выделяется в отдельный блок, должен содержать основные блоки традиционной архитектуры экспертных систем в целом. В результате возникает задача преодоления эклектичности традиционной архитектуры экспертных систем.

В данной статье намечены контуры нового архитектурного подхода к построению экспертных систем и высказана идея возможности использования естественного языка в качестве не только внешнего, но и внутреннего языка системы.

1. Бионический подход к организации экспертных систем

На всех этапах своего развития кибернетика обращалась к биологическим прототипам. Вместе с тем апелляция к биологическим объектам и фактам можно относить к бионике лишь тогда, когда основой для поиска новых технических решений служит теория, вскрывающая закономерности определенных уровней организации естественного прототипа. Например, разработка нейроподобных вычислительных структур опирается на известные теоретические модели нейронов и нейронных сетей.

Для бионической разработки искусственных интеллектуальных систем, в частности экспертных, необходимо использовать теорию, относящуюся к соответствующему уровню организации мозга. На рис. 1 показана периодическая система уровней процессорной организации мозга, которая составлена на основе предложенной ранее модели построения периодических систем уровней биоорганизации [5]. На рис. 1 можно видеть, что единственным уровнем, адекватным логической природе экспертных систем, является уровень функциональной системы. Теория функциональных систем была предложена П.К.Анохиным [6] и представляет собой модель логической архитектуры обработки информации мозгом в процессе сенсомоторной координации, при этом сенсомоторную координацию можно понимать широко, включая восприятие, понимание и генерацию информации на уровне второй сигнальной системы.

Таким образом, теория функциональных систем должна являться основой для понимания и построения архитектурной концепции организации экспертных систем в рамках бионического подхода.

Всякая прикладная, в том числе и экспертная система, создается на основе двух концепций верхнего уровня - прикладной и системной. Логическую основу последней, в свою очередь, составляют архитектурная и языковая концепции. Аналогично тому, как в рамках бионического подхода архитектурная концепция вытекает из теории функциональных систем, так бионическая язы-

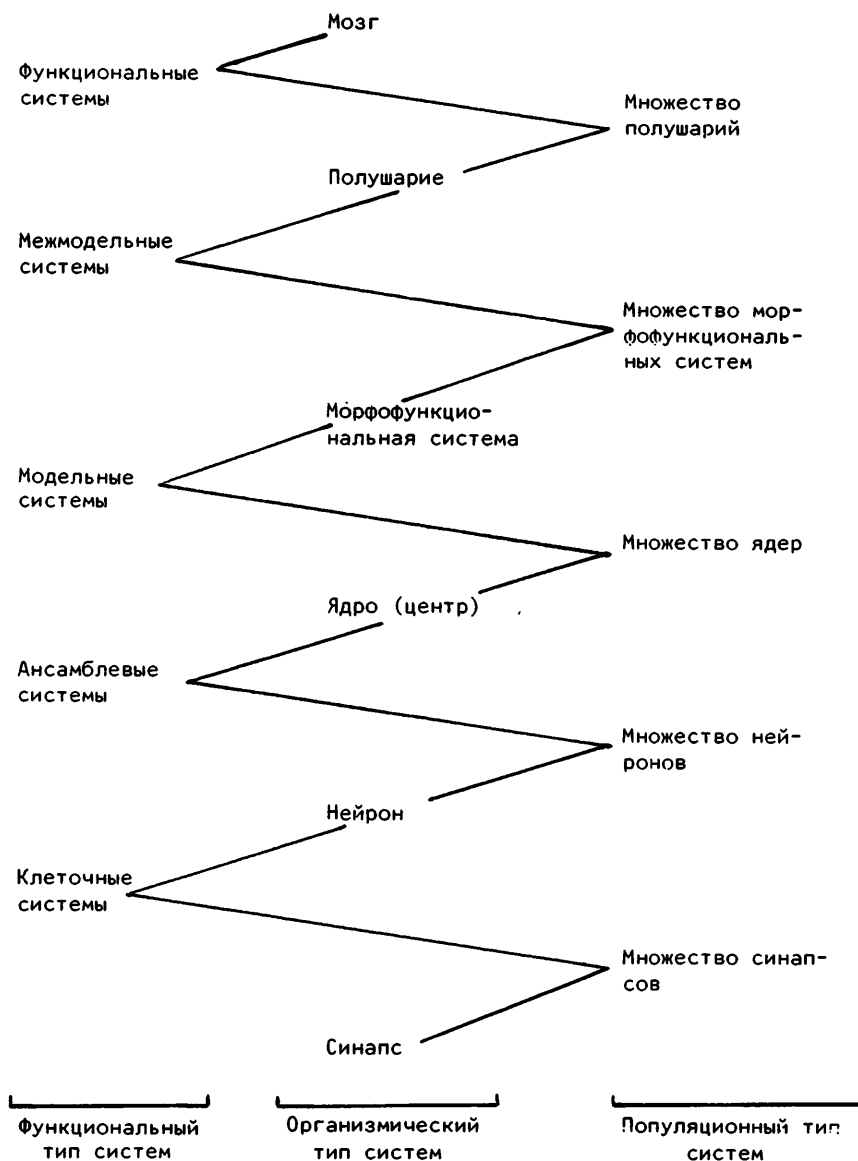


Рис.1. Периодическая система уровней
процессорной организации мозга

ковая концепция вытекает из теории естественного языка. При этом к теории естественного языка предъявляется требование полноты, включающее требования потенциально полного пространства логических возможностей лексики и грамматики. Такому требованию удовлетворяет теория естественных языков В.А.Карпова [7]. Теория В.А.Карпова частично опирается на вариант общей теории систем Ю.А.Урманцева [8]. Естественная языковая концепция экспертных систем предполагает использование естественного языка, точнее, его машинной модели, в качестве и внутреннего, и внешнего языков представления знаний.

Таким образом, бионический подход к организации экспертных систем заключается в построении их архитектурной концепции на основе теории функциональных систем и языковой концепции - на основе теории естественного языка.

2. Обобщение структуры функциональных систем

Более полувека назад П.К.Анохин [6] сформулировал понятие обратной афферентации (известное в технике как обратная связь), принципы системной организации функций и первый вариант структуры функциональной системы. Концепция П.К.Анохина опирается, в основном, на сугубо биологические понятия, а его схема функциональной системы ориентирована на интерпретацию мозговых процессов определенного уровня с помощью понятийного аппарата физиологии. Вместе с тем классическая теория функциональных систем П.К.Анохина и сегодня является мощной эвристикой, которая стимулирует биологические, бионические, системные и технические исследования.

В связи с задачами разработки интеллектуальных технических систем различного назначения в рамках бионического подхода представляет интерес общесистемная интерпретация функциональных систем. Такой интерпретацией является предлагаемое обобщение структуры функциональных систем. Оно ориентировано на разработку интеллектуальных технических структур различного на-

значения как логических, так и физических, и представляет собой новую организацию функциональных систем (рис.2).

В новой структуре функциональной системы постулируются три основных класса подсистем: генерирующие (подсистемы заданий), регламентирующие (подсистемы запретов), результирующие (подсистемы реализации). К первым относятся подсистемы распознавания образов, целеполагания и генерации алгоритмов; ко вторым - подсистемы контроля образов, контроля алгоритмов, контроля приоритетов; к третьим - подсистемы рецепторного интерфейса, анализа ситуаций, планирования, управления, эффекторного интерфейса. Разделение интерфейса на рецепторный и эффекторный диктуется логикой структуры функциональной системы и может быть проиллюстрировано разделением функции восприятия и генерации речи между мозговыми центрами Вернике и Брока. Последовательность результирующих систем в предполагаемой структуре, по существу, аналогична схеме П.К.Анохина, а классы генерирующих и регламентирующих подсистем являются принципиально новыми концептами и обеспечивают следующие полезные эффекты.

Во-первых, именно эти классы подсистем обеспечивают возможность реализации единого глобального алгоритма работы функциональной системы. Во-вторых, явное выделение систем заданий и запретов приводит к нетривиальному следствию, касающемуся алгоритмических функций подсистем реализации (кроме интерфейсных), которые в этом случае должны решать однотипные задачи. В-третьих, это делает очевидным центральную роль подсистем целеполагания и контроля приоритетов в процессе формирования результата интеллектуального действия, что приводит к осознанию проблемы обработки ценностей и целей, которые определяют прагматику решений, принимаемых на всех уровнях структуры функциональной системы.

Как видно из рис.2, предлагаемая структура функциональной системы имеет восемь уровней организации функции. Из них три

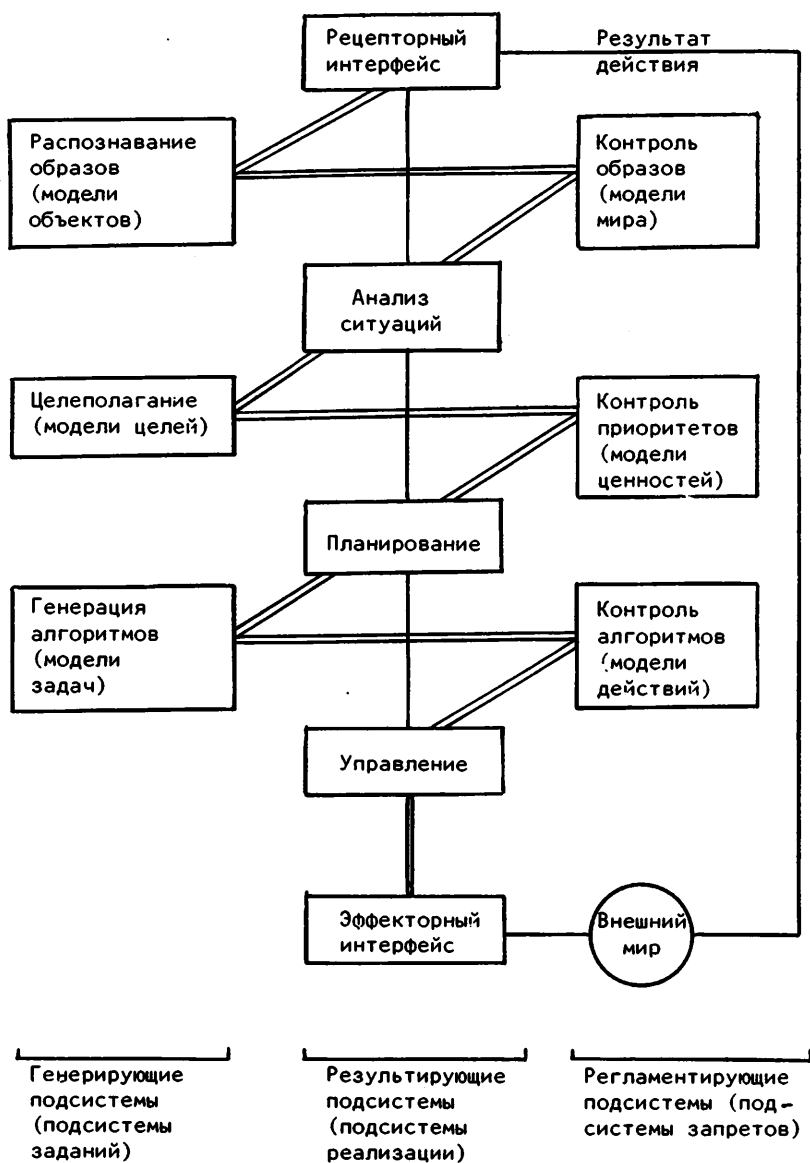


Рис. 2. Организация функциональных систем

уровня образуют попарно связанные генерирующие и регламентирующие подсистемы. Каждая из этих подсистем связана с соответствующим разделом базы знаний. Такая структура функциональной системы отличается регулярностью и симметрией. Она конкретизирует и раскрывает семантику элементов классической схемы П.К.Анохина. Так, блоку мотивации в классической схеме соответствует взаимодействие блоков целеполагания и контроля приоритетов, т.е. актуальных систем целей и ценностей. Блоку афферентного синтеза соответствует взаимодействие блока анализа ситуаций с четырьмя ближайшими подсистемами. Блоку программы действия ставится в соответствие взаимодействие системы планирования с четырьмя ближайшими подсистемами. Следует отметить также, что новая структура функциональной системы отличается однотипностью алгоритмического обеспечения подсистем различных уровней в пределах класса. Эта структура объединяет концептуальные традиции биологии и техники, показывая, каким образом принцип функциональной системы приводит к единым принципам реализации всех этапов обработки информации в процессе выполнения произвольной функции.

3. Глобальный алгоритм работы функциональных систем

Глобальным алгоритмом работы функциональной системы мы называем основную последовательность взаимодействия подсистем в процессе реализации глобальных функций. Под глобальными функциями мы понимаем все функции, опосредованные результатом действия независимо от уровня его рекурсии, т.е. любые циклы, которые замыкают обратные связи между подсистемами реализации. Так как по теории П.К.Анохина результат действия является системообразующим фактором, то глобальная функция системы, по определению, будет системной. К локальным функциям следует отнести функции отдельных подсистем и взаимодействия между ними, не удовлетворяющие определению глобальных функций. Основная после-

довательность взаимодействия включает предшествующую результирующую подсистему, последующую генерирующую подсистему, соответствующую ей регламентирующую и последующую результирующую подсистему. Число таких "витков спирали" для разных глобальных функций может быть от одного до трех, соответственно трем типам глобальных функций, которые отражены на рис. 2. Первый тип характеризуется замыканием обратной связи между соседними результирующими подсистемами, второй тип представлен замыканием обратной связи между подсистемами управления и анализа ситуаций и третий, основной, тип реализуется путем замыкания обратной связи через внешний мир. Любая глобальная функция является принципиально адаптивной, поскольку адаптация, как самонастройка обратной связи относительно некоторого класса неопределенности, может быть осуществлена при разных уровнях замыкания обратной связи, но при обязательном наличии циклических итераций.

В первом приближении следует различать адаптивное поведение и адаптивное управление. Адаптивное управление имеет дело с метрическими переменными, а адаптивное поведение - с грамматическими, включая синтагму и парадигму, т.е. граф вывода и граф выбора. С этой точки зрения функциональная система является адекватным средством моделирования и реализации адаптивного поведения. Структура функциональной системы в явном виде демонстрирует природу сенсомоторной координации (в упомянутом выше широком смысле) как следствие работы функциональной системы в реальном масштабе времени, когда поток данных управляет системой в условиях ограничений, накладываемых генерирующими и регламентирующими подсистемами.

Таким образом, глобальный алгоритм функциональных систем призван обеспечить принципиальную гибкость адаптивного поведения системы. Весьма вероятно, что даже в случае негибкой структуры генерирующих и регламентирующих подсистем можно достичь гибкого адаптивного поведения. При этом особую роль играют подсистемы целей и ценностей.

4. Цели, ценности и проблема понимания

В настоящее время все большее число исследователей считает, что потенциальная эффективность экспертной системы в значительной мере определяется ее способностью понимать намерения пользователя [9]. В этой связи нетрудно показать, что любой вопрос или утверждение пользователя и его намерения в целом в аспекте их прагматики связаны с его системой целей и системой ценностей.

В экспертной системе должны быть активизированы как минимум две системы целей и две системы ценностей. Во-первых, это текущие цели и ценности самой системы, во-вторых, это модели систем целей и ценностей пользователя. Следует заметить, что указанные модели являются, по всей видимости, необходимым и достаточным описанием пользователя. При этом иерархию целей и ранжировку ценностей в модели пользователя естественно принять в качестве подсистем целей и ценностей экспертной системы, которые определяют характер общения с пользователем: объем и форму ответов, глубину пояснений и т.п.

Системы целей и ценностей призваны обеспечить не только взаимопонимание между пользователем и системой, но, главным образом, обеспечить основной механизм управления экспертной системой типа "управление потоком данных". Этот механизм опирается на два основных положения: 1) всякая цель достигается путем реализации некоторой глобальной функции; 2) последовательность обработки целей определяется системой ценностей.

Таким образом, обработка целей и ценностей занимает центральное место не только в обеспечении взаимопонимания с пользователем, но и в архитектуре обсуждаемого класса систем.

З а к л ю ч е н и е

Измеряя цели и ценности в некоторых шкалах, можно варьировать пороги принадлежности и получать булевы или иные структу-

ры для их использования в логическом выводе. В частности, применительно к пространству двоичных признаков для задач распознавания, анализа и планирования представляется перспективным предложенный А.Д.Закревским подход, в рамках которого распознавание рассматривается как логический вывод на основе имплицитивных закономерностей типа "элементарный запрет" [10]. Эти соображения позволяют надеяться на возможность достаточно глубокой унификации методов и средств обработки знаний и данных в системах предлагаемого класса.

Существенно, что бионический подход исключает необходимость специального выделения блоков объяснения, монитора, отдельных диалоговых процессоров для инженера и пользователя, так как функции этих блоков задаются и регламентируются соответствующими целями и ценностями, а выполняются по единому для всех этих функций данного уровня глобальному алгоритму.

В плане возможной практической реализации предложенной архитектурной идеи следует, с нашей точки зрения, прежде всего определить системотехническую и технологическую основы, опираясь на которые можно ожидать достаточно эффективной реализации.

В качестве системотехнической концепции мы считаем наиболее перспективным использовать модель гармоничных систем [11-13]. Главное обстоятельство, которое, по нашему мнению, определяет перспективность применения модели гармоничных систем, заключается в том, что функциональные и ресурсные структуры модели гармоничных систем могут достаточно естественным образом приводить к оптимальности статических и динамических характеристик архитектуры функциональной системы.

В качестве технологической основы наиболее рационально использовать проблемно-инструментальную технологию (ПИ-технологию) построения программных систем [14]. Из многих положительных качеств ПИ-технологии для создания экспертных систем в рам-

ках архитектуры функциональной системы наиболее важным являются следующие. Во-первых, ПИ-технология принципиально включает инструментальные средства поддержки основных звеньев технологической цепочки проектирования, включая эксперта и инженера знаний, а также проблемного и системного программистов. Во-вторых, ПИ-язык является наиболее естественным симбиозом фреймов и продукций, допускающих организацию сложных семантических сетей. В-третьих, проецируя биологические понятия на системотехнику, можно утверждать, что ПИ-технология обеспечивает "генетическую" и "онтогенетическую" гибкость создаваемых систем.

На пути реализации архитектуры функциональной системы предстоит найти ответы на некоторые общие и многие частные вопросы, а на сегодня главным критерием реализуемости предлагаемых идей является их логическая непротиворечивость.

Л и т е р а т у р а

1. АЛЕКСЕЕВА Е.Ф., СТЕФАНЮК В.Л. Экспертные системы - состояние и перспектива //Техническая кибернетика. - 1984.-№5. - С. 153-166.
2. ЗАГОРУЙКО Н.Г. Методы обнаружения закономерностей и экспертные системы //Методы и программное обеспечение обработки информации и прикладного статистического анализа данных на ЭВМ. - Минск, 1985. - С. 1-4.
3. ГЕЛОВАНИ В.А., КОВРИГИН О.В. Экспертные системы в медицине. -М.: Знание, 1987. - 32 с. (Новое в жизни, науке, технике. Сер. "Математика, кибернетика"; № 3).
4. ВИНОГРАДОВ В.А. Всегда ли система системна? //Система и уровни языка. - М., 1969. - С. 249-259.
5. РОСТОВЦЕВ В.Н. Типология и принципы организации биосистем //Проблемы анализа биологических систем. -М., 1983.-С. 23-35.
6. АНОХИН П.К. Системные механизмы в высшей нервной деятельности //Избр. труды. -М.: Наука, 1979. - 453 с.
7. КАРПОВ В.А. Язык как симметрично-асимметричная система //Рабочие материалы Всесоюзн. научн. конференции "Функциональное описание языка в целях преподавания" -М., 1985. - С.62-63.

8. УРМАНЦЕВ Ю.А. Симметрия природы и природа симметрии (философские и естественнонаучные аспекты). -М.: Мысль, 1974. - 229 с.

9. ВЕЙШЕДЛ Р.М. Представление знаний и обработка естественных языков //ТИИЭР, 1986. -Т. 74, №7. - С. 11-30.

10. ЗАКРЕВСКИЙ А.Д. Выявление имплицативных закономерностей в булевом пространстве признаков и распознавание образов //Кибернетика. - 1982. -№ 1. -С. 1-6.

11. КОСАРЕВ Ю.Г. О математической модели гармоничных систем. 1 //Математическое обеспечение вычислительных систем из микро-ЭВМ. - Новосибирск, 1983. - Вып. 96: Вычислительные системы. - С. 3-28.

12. КОСАРЕВ Ю.Г. О математической модели гармоничных систем. П //Анализ разнотипных данных. -Новосибирск, 1983.-Вып. 99: Вычислительные системы. -С. 15-38.

13. КОСАРЕВ Ю.Г. Обобщенная модель гармоничных систем //Машинный анализ сложных структур. -Новосибирск, 1986. -Вып. 118: Вычислительные системы. -С. 37-46.

14. КОСАРЕВ Ю.Г., МОСКВИТИН А.А. Проблемно-инструментальная технология построения программных систем //Методы анализа данных. - Новосибирск, 1985. -Вып. 111: Вычислительные системы. - С. 59-76.

Поступила в ред.-изд.отд.

28 декабря 1987 года