

## **Анализ этапов разработки экспертных систем на основе высокоуровневых знаниеориентированных моделей**

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

Проанализированы основные проблемы, присущие современным инструментальным средствам разработки экспертных систем (ЭС) принятия решений. Детально рассмотрены этапы создания ЭС и их ключевые особенности. В качестве модели представления знаний о предметной области выбрана высокоуровневая знаниеориентированная модель, позволяющая описать процессы анализа, извлечения и обработки знаний в виде взаимодействия типовых функциональных блоков. Описаны процессы формализации знаний на основе выбранной модели представления. Сформулированы основные преимущества выбранного способа формализации знаний. Выделены особенности применения данного подхода на всех этапах создания ЭС.

**Ключевые слова:** экспертная система, модель представления знаний, формализация знаний, методы извлечения и обработки знаний.

### **Введение**

В настоящее время экспертные системы (ЭС) находят широкое применение для принятия управленческих решений в трудноформализуемых предметных областях. Это обуславливается необходимостью учета значительного числа динамически изменяющихся факторов, неполнотой и неточностью информации о рассматриваемых процессах, а также вероятностным характером самих процессов.

Чаще всего для представления различных аспектов знаний в ЭС используются традиционные (предикатные, продукционные, фреймовые) модели, а также применяются известные методологии анализа, обработки и извлечения предметных знаний (Task Structures, Role-Limiting Methods, Method-to-Task, KADS), описанные в [1–2]. На основе таких проработанных математических аппаратов строятся ЭС для конкретной предметной области, а также инструментальные средства проектирования, позволяющие разрабатывать ЭС принятия решений различного назначения и уровня управления.

Однако по-прежнему актуальными являются проблемы формализации и структуризации знаний, организации взаимодействия между принципиально различными моделями и уровнями представления знаний, построения гибридных моделей, а также сложности, связанные с извлечением, верификацией и обработкой знаний, автоматизацией заполнения баз знаний, тестированием и отладкой готовых ЭС.

Для решения перечисленных проблем в работах [3–4] был предложен математический аппарат, который позволяет представлять, обрабатывать и извлекать новые знания на основе концепции высокоуровневой знаниеориентированной модели.

В [5–6] описан соответствующий программный инструментарий для проектирования ЭС принятия решений.

**Целью данной работы** является анализ основных этапов разработки ЭС принятия решений в предлагаемой инструментальной среде разработки, а также описание особенностей формализации знаний на основе концепции высокоуровневой знаниеориентированной модели.

## **1. Концепция высокоуровневых знаниеориентированных моделей**

В работе [3] разработана высокоуровневая модель для представления знаний о предметной области, которая построена на принципах блочной структуризации и включает набор взаимодействующих между собой функциональных блоков (ФБ). Каждый из ФБ ориентирован на решение одной из типовых задач предметной области, в частности, задач аналитического и логического характера, абстрагирования, конкретизации, классификации и нахождения закономерностей.

Однако, для полноценного знаниеориентированного моделирования объектов и процессов предметной области, очевидно, помимо предложенных интеллектуальных ФБ, составляющих верхний уровень представления знаний, необходимо организовать их эффективное взаимодействие с моделями представления знаний нижнего уровня, которые могут быть построены на основе логики предикатов, продукционных моделей, фреймов и т.д. Перспективным направлением в настоящее время является использование так называемых гибридных моделей представления знаний, что дает возможность, во-первых, представить максимально широкий спектр знаний о предметной области, а, во-вторых, организовать обмен знаниями между различными компонентами ЭС, использующими различные парадигмы представления и получения экспертных знаний. В качестве такой гибридной модели для низкоуровневой формализации знаний в работе [4] предложено использование продукционно-фреймовой системы. При этом структурный аспект знаний выражается в виде фреймов, а поведенческий аспект, характеризующий динамику функционирования объектов и процессов предметной области, представлен продукционными системами прямого и обратного вывода, сгруппированными вокруг соответствующих слотов фреймов и функциональных блоков.

Таким образом, при выводе решения в ЭС происходит динамическое взаимодействие трех различных компонентов базы знаний: высокоуровневых знаниеориентированных моделей, объектной фреймовой иерархии и продукционных систем.

При этом блочная концепция позволяет максимально структурировать знания о предметной области, а проработанные механизмы взаимодействия таких функциональных блоков между собой позволяют строить динамические активные модели, которые могут быть легко отлажены и модифицированы. Такие модели предоставляют наглядное визуальное отображение процессов решения управленческих задач в трудноформализуемых предметных областях.

## **2. Содержание основных этапов разработки ЭС принятия решений**

В основу инструментальной среды разработки ЭС положена архитектура, разработанная в [5]. Данная программная среда позволяет создавать ЭС путем описания основных понятий исследуемой предметной области и задания динамики поведения объектов при помощи функциональных знаниеориентированных моделей в специализированном визуальном редакторе.

Разработка ЭС включает в себя пять основных этапов: идентификацию, концептуализацию, формализацию, реализацию и тестирование.

На этапе идентификации эксперт предметной области формулирует проблему, определяет круг задач и вопросов, решаемых ЭС и определяет набор

требований, предъявляемых к разрабатываемой ЭС. Данный этап, как правило, выполняется без использования компьютерного инструментария разработки ЭС.

На этапе концептуализации осуществляется моделирование предметной области (описание классов, объектов и отношений вида «класс-подкласс», «класс-объект» и «часть-целое»). При описании классов осуществляется связь с базой данных и устанавливается соответствие между атрибутами классов и полями таблиц базы данных. После создания концептуальной модели знаний генератор базы знаний автоматически выполняет построение соответствующей фреймовой иерархии.

На этапе формализации происходит разработка функциональных знаниеориентированных моделей для исследуемой предметной области. Разработчик ЭС осуществляет связь между входами и выходами функциональных блоков модели и классами и атрибутами структурной модели предметной области, а также частично задает поведение функциональных блоков. При этом поведение некоторых функциональных блоков на данном этапе все еще остается незадаанным, так как написание систем продукций и аналитических выражений выполняется уже на следующем этапе.

На этапе реализации происходит наполнение базы знаний моделями знаний на основе продукций (возможно, при участии инженера по знаниям) и аналитическими выражениями при помощи соответствующих редакторов и их привязка к интеллектуальным блокам функциональной знаниеориентированной модели. Привязка организуется при помощи механизма ссылок, что позволяет избежать избыточности описания систем продукций и легко осуществлять модификацию как отдельных правил, так и целых продукционных систем.

На этапе тестирования происходит проверка корректности работы ЭС при решении требуемых задач, обнаружение ошибок, допущенных на различных этапах проектирования и их корректировка с возможным возвратом на любой из предыдущих этапов. При этом используется компилятор ЭС и специальный модуль отладки, который реализует пошаговый режим работы ЭС с возможностью визуального наблюдения за активацией отдельных функциональных блоков, ходом логического вывода, срабатыванием отдельных продукционных правил, используемых для классификации, решением аналитических задач и др.

Дальнейшим развитием данной работы является расширение библиотеки типовых ФБ для решения более широкого круга задач предметной области, использование сервис-ориентированной архитектуры SOA и представление отдельных ФБ в виде сервисов на сервере приложений, а также переход к Web-ориентированному проектированию ЭС.

### **Список литературы**

1. Wielinga, B. KADS: A Modeling Approach To Knowledge Engineering, Knowledge acquisition [Text] / B. Wielinga, A. Schreiber, J Breuker, Esprit project, Vol. 4, No. 1, 1992. – PP. 5–53.
2. Voß A. Implementation KADS Expertise Models with Model-K [Text] / A. Voß, W. Karbach. IEEE Expert, 1993. – PP. 74-82.
3. Головань, К. В. Высокоуровневые модели анализа, обработки и извлечения знаний в процессе разработки экспертных систем [Текст] / К. В. Головань. Радиоэлектронные и компьютерные системы. – Вып. 1 (13) – Х.: ХАИ, 2006. – С. 46–55.

4. Прохоров, А. В. Структуризация знаний на основе высокоуровневых и продукционно-фреймовых моделей в экспертных системах принятия управленческих решений [Текст] / А. В. Прохоров, К. В. Головань // Системи обробки інформації. – Вип. 6 (55). – Х.: Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, 2006. – С. 153–157.
5. Синтез интегрированных экспертных систем на основе гибридных моделей представления знаний в объектно-ориентированной базе [Текст] / О. Е. Федорович, А. В. Прохоров, К. В. Головань, А. Р. Емад. Радиоэлектронные и компьютерные системы. – Вып. 4 (8) – Х.: ХАИ, 2004. – С. 98–104.
6. Федорович, О. Е. Инструментальная среда разработки экспертных систем принятия управленческих решений [Текст] / О. Е. Федорович, К. В. Головань, Д. В. Головань. Радиоэлектронные и компьютерные системы. – Вып. 2 (43) – Х.: ХАИ, 2010. – С. 65–68.

**Рецензент:** д.т.н., проф. Вартамян В.М., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.

Поступила в редакцию 11.12.2013

### **Аналіз етапів розробки експертних систем на основі високорівневих знанняорієнтованих моделей**

Проаналізовано основні проблеми, що притаманні сучасним інструментальним засобам розробки експертних систем (ЕС) прийняття рішень. Детально розглянуті етапи створення ЕС та їх ключові особливості. У якості моделі подання знань про предметну галузь обрана високорівнева знанняорієнтована модель, що дозволяє описати процеси аналізу, видобутку та обробки знань у вигляді взаємодії типових функціональних блоків. Описано процеси формалізації знань на базі обраної моделі подання. Сформульовано основні переваги обраного засобу формалізації знань. Висвітлені особливості застосування даного підходу на усіх етапах створення ЕС.

**Ключові слова:** експертна система, модель подання знань, формалізація знань, методи видобутку та обробки знань.

### **Analysis of expert system development stages on the basis of high level knowledge-oriented models**

The main problems of advanced expert system (ES) development tools are analyzed. The stages of ES creation and their main features are considered. High level knowledge-oriented model is selected for domain knowledge representation. It makes possible to formalize the processes of knowledge analysis, mining and processing in a form of interaction between the typical functional blocks. The processes of knowledge formalization on the basis of selected representation model are described. The main advantages of the selected knowledge formalization approach are outlined. The main features related to the application of the selected approach at all stages of ES creation are pointed out.

**Keywords:** expert system, knowledge representation model, knowledge formalization, knowledge mining and processing methods.