

УДК 004.896

**О.Е. ФЕДОРОВИЧ, К.В. ГОЛОВАНЬ, Д.В. ГОЛОВАНЬ***Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## **ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СРЕДА РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

*Проанализированы проблемы разработки экспертных систем принятия управленческих решений и ограничения существующих моделей представления знаний о предметной области. В качестве формализма представления знаний выбрана модель, основанная на взаимодействии некоторого расширяемого набора типовых функциональных блоков анализа, обработки и извлечения знаний. На основе представленной архитектуры инструментальной среды проектирования экспертных систем построена ее программная реализация. Предложен редактор функциональной знаниеориентированной модели и описаны его основные возможности, связанные с визуализацией и отладкой модели. Инструментальная среда позволяет строить экспертные системы для принятия решений в разнообразных предметных областях. В статье приведен пример экспертной системы для принятия решений по управлению процессами электрохимической защиты трубопроводов от коррозии. В заключении описаны основные направления дальнейшего усовершенствования математического аппарата и инструментальной среды.*

**Ключевые слова:** экспертная система, модели представления знаний, фреймовая модель, электрохимическая защита трубопроводов от коррозии.

### **Введение**

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

Для представления различных аспектов знаний используются как традиционные (предикатные, продукционные, фреймовые) модели, так и более сложные семантические модели, такие как многозначная логика присутствия, а также квантовые модели [1]. На основе таких проработанных математических аппаратов строятся ЭС под конкретную предметную область, а также целые программные комплексы, позволяющие разрабатывать ЭС различного назначения и уровня управления.

Однако по-прежнему актуальными являются проблемы структуризации знаний, организации взаимодействия между принципиально различными моделями представления знаний, а также сложности, связанные с верификацией знаний и автоматизацией заполнения баз знаний.

В связи с этим в работе [2] был предложен новый математический инструментарий, который позволяет представлять, обрабатывать и извлекать новые знания на основе концепции знание-ориенти-

рованных функциональных блоков. 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. При этом такие модели предоставляют наглядное визуальное алгоритмическое представление процессов решения трудноформализуемых управленческих задач.

Таким образом, поведенческий аспект выражен в виде функциональной знаниеориентированной модели. Структурный аспект представлен в виде иерархии фреймов, каждый из которых описывает определенный концепт предметной области. Иерархия фреймов может быть образована такими отношениями между понятиями как обобщение (*generalization*), а также агрегация (*aggregation*) и композиция (*composition*). При выводе решений в ЭС фреймовая иерархия может быть динамически преобразована при помощи функциональной знаниеориентированной модели, т.е. структурный и динамический аспекты предметной области тесно связаны между собой, как показано в [2].

В основу программной инструментальной среды разработки экспертных систем принятия управленческих решений положена архитектура, разработанная в [3]. Инструментальная среда позволяет создавать ЭС путем описания основных понятий исследуемой предметной области и задавая динамику поведения объектов при помощи построения

функциональных знаниеориентированных моделей в визуальных редакторах.

### Редактор функциональных знаниеориентированных моделей

Основным функциональным элементом инструментальной среды разработки ЭС принятия управленческих решений является редактор функциональных знаниеориентированных моделей (рис. 1). В нем на основе типовых функциональных блоков [2] строится визуальное представление процесса решения задачи для соответствующей предметной области. При этом в процессе вывода решения в ЭС текущий блок активируется, показывается его внутренняя структура и процесс работы в динамике (например, сработавшее правило-продукция, значение аналитического выражения), что существенно облегчает процесс отладки модели.

Все типовые функциональные блоки, представленные в [2], могут быть перемещены в поле для редактирования и соединены между собой линиями связи (отношениями). Внутреннее представление блока редактируется встроенными редакторами (например, редакторами продукционных правил, аналитических выражений и др.). Вся информация при этом заносится в строго структурированную базу

знаний. В этом же редакторе происходит привязка входов и выходов функциональных блоков к соответствующим элементам фреймовой иерархии (фреймам-прототипам, фреймам-примерам, слотам фреймов), а также к переменным (описанным в специальном редакторе глобальных и локальных переменных).

Дублирование знаний исключается за счет использования специального механизма ссылок, а их синтаксическая корректность проверяется уже на этапе компиляции.

В процессе отладки модели возможно использовать основные механизмы стандартных отладчиков классических сред программирования (режимы Trace Into, Trace Over, точки останова, просмотр значений переменных и т.д.).

В режиме работы ЭС модель активируется при выборе соответствующего вопроса из списка вопросов и происходит переход от блока к блоку согласно построенной структуре. При этом фреймы-примеры как бы проходят по некоторому «конвейеру», роль которого и исполняет построенная модель. В результате определенные слоты фреймов (а также, возможно, локальные и глобальные переменные) получают новые значения. Как правило, множество этих значений и является ответом на заданный ЭС вопрос.

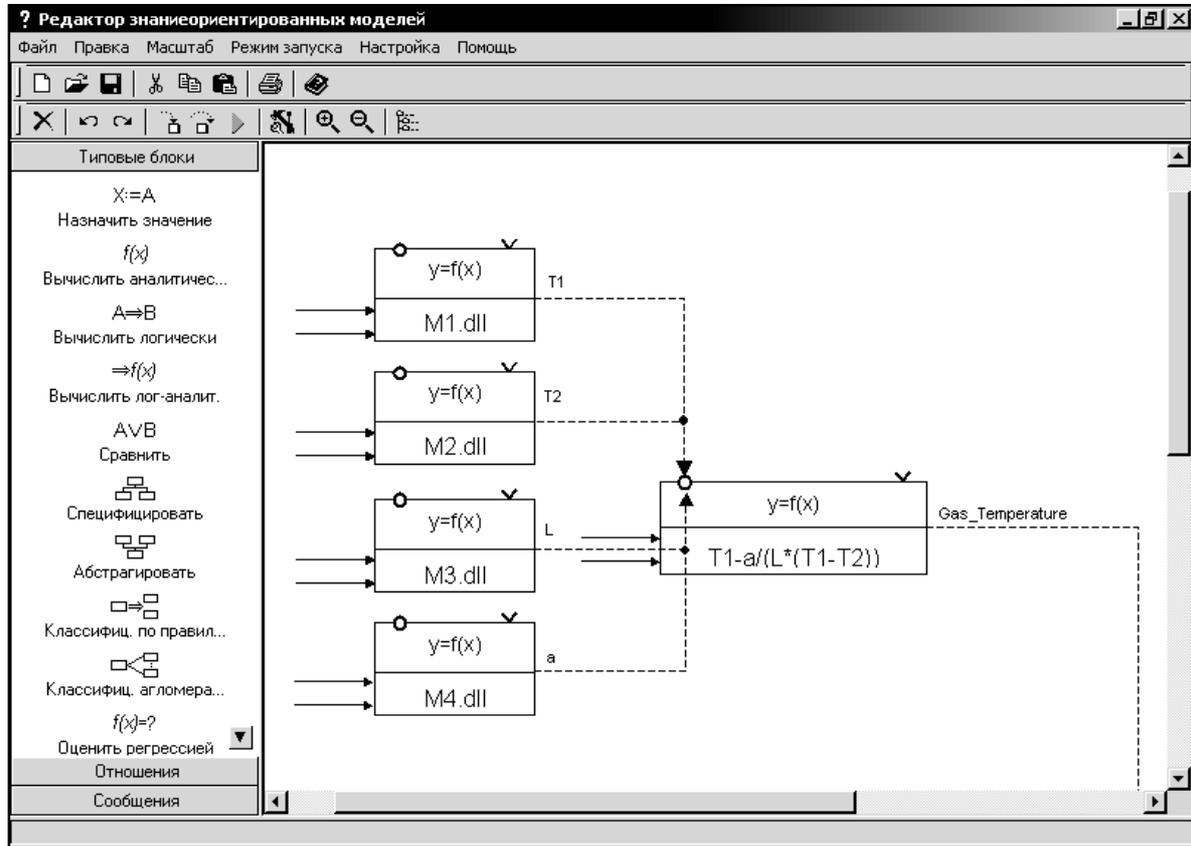


Рис. 1. Редактор знаниеориентированных моделей

## Пример разработки экспертной системы

На рис. 2 представлена ЭС принятия решений по управлению процессами электрохимической защиты (ЭХЗ) трубопроводов от коррозии.

В процессе работы пользователь (диспетчер линейно-производственного управления либо оператор) выбирает определенную задачу из списка доступных задач (например, управление средствами ЭХЗ). Для данной задачи был предварительно составлен список возможных вопросов. Модели знаний для данной ЭС разработаны в [4].

При поиске ответа на вопрос автоматически активируется функциональная знание-ориентированная модель и в процессе взаимодействия функциональных блоков между собой и с фреймовой моделью происходит вывод решения. В данном случае система рекомендует оператору выдать определенные управляющие воздействия на катодные преобразователи. Достаточно часто такие ЭС работают совместно со SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) системами. В этом случае оператор имеет возможность со своего рабочего места в дистанционном режиме выдать необходимое управляющее воздействие через используемую систему связи.

## Заключение

В работе рассмотрены основные вопросы, связанные с созданием инструментальной среды разработки ЭС принятия управленческих решений. В качестве примера выбрана ЭС ЭХЗ трубопроводов от коррозии, которая запускается в специальной среде исполнения (части инструментальной среды разработки) и позволяет повысить оперативность и качество решений, принимаемых оператором.

Необходимо отметить, что дальнейшими направлениями развития данной системы является:

1. Добавление функциональных блоков, связанных с автоматической генерацией правил на основе анализа данных и последующее использование полученных правил при выводе решений (например, правил классификации объектов).

2. Переход к сервисо-ориентированной архитектуре SOA, где каждый блок может быть представлен в виде некоторого сервиса на сервере приложений. Это максимально расширит сферу применения функциональных блоков и позволит интегрироваться в процесс решения широкого круга управленческих задач предприятия.

3. Переход к Web-ориентированному проектированию ЭС.

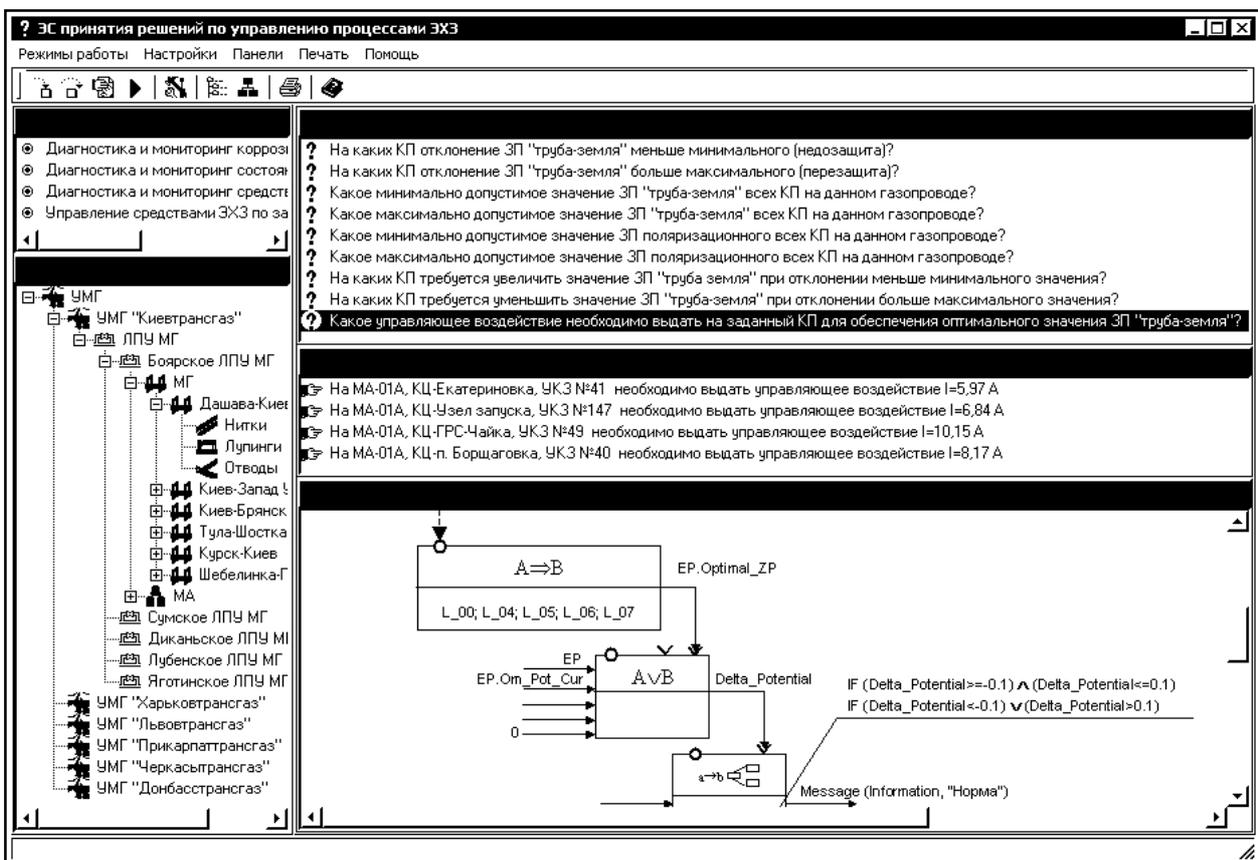


Рис. 2. Пример готовой экспертной системы

## Литература

1. Сироджа И.Б. Квантовые модели и методы искусственного интеллекта для принятия решений и управления / И.Б. Сироджа. – Киев: Наук. думка, 2002. – 428 с.

2. Прохоров А.В. Структуризация знаний на основе высокоуровневых и продукционно-фреймовых моделей в экспертных системах принятия управленческих решений / А.В. Прохоров, К.В. Головань // Системы обработки информации: сб. науч. праць Харківського університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба. – Вып. 6 (55). – X.: 2006. – С. 153-157.

3. Федорович О.Е. Синтез интегрированных экспертных систем на основе гибридных моделей представления знаний в объектно-ориентированной базе / О.Е. Федорович, А.В. Прохоров, К.В. Головань, А.Р. Емад // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2004. – Вып. 4 (8). – С. 98-104.

4. Федорович О.Е. Разработка экспертной системы диагностики и управления процессами электрохимической защиты газопроводов от коррозии / О.Е. Федорович, А.В. Прохоров, К.В. Головань // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2005. – Вып. 2 (10). – С. 115-119.

Поступила в редакцию 5.06.2010

**Рецензент:** д-р тех. наук, проф., декан факультета информатики и управления И.П. Гамаюн, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, Украина.

### ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ РОЗРОБКИ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

*О.Є. Федорович, К.В. Головань, Д.В. Головань*

Проаналізовано проблеми розробки експертних систем прийняття управлінських рішень і обмеження існуючих моделей подання знань про предметну галузь. Як формалізм подання знань обрана модель, що заснована на взаємодії певного розширюваного набору типових функціональних блоків аналізу, обробки і витягу знань. На основі представленої архітектури інструментального середовища розробки експертних систем побудована її програмна реалізація. Приведений редактор функціональної знанняорієнтованої моделі і описані його основні можливості, що пов'язані з візуалізацією і налагодженням моделі. Інструментальне середовище дозволяє будувати експертні системи для прийняття рішень в різноманітних предметних галузях. У статті наведений приклад експертної системи для прийняття рішень з керування процесами електрохімічного захисту трубопроводів від корозії. У висновку описано основні напрями подальшого удосконалення математичного апарату і інструментального середовища.

**Ключові слова:** експертна система, моделі подання знань, фреймова модель, електрохімічний захист трубопроводів від корозії.

### INSTRUMENTAL TOOL FOR THE DEVELOPMENT OF CONTROL DECISION EXPERT SYSTEMS

*O.Ye. Fedorovich, K.V. Golovan, D.V. Golovan*

The problems of development of the control decision expert systems and restrictions of the existing domain knowledge models have been considered. To represent the domain knowledge the model based on the expandable set of typical functional blocks of knowledge analysis, processing and mining has been proposed. On the basis of the represented instrumental tool structure the program realization of the system has been made. The editor of functional knowledge-oriented model has been presented. The basic functions of the editor are model visualization and debugging. Instrumental tool make possible to build control decision expert systems in different domains. The example of expert system in domain of electrochemical protection of pipelines from corrosion has been considered. The basic directions of possible updating of mathematical model and instrumental tools are described in conclusion.

**Key words:** expert systems, knowledge representation models, frame model, electrochemical protection of pipelines from corrosion.

**Федорович Олег Евгеньевич** – доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

**Головань Константин Владиславович** – канд. техн. наук, доцент кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: kot\_81@ukr.net.

**Головань Дмитрий Владиславович** – канд. техн. наук, доцент кафедры экономики и маркетинга, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.