

УДК 681: 66.01

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ

Клименкова Л.А., Юдкин Д.В., Заходякин Г.В.

Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева

Анализ тенденций развития современной химической промышленности свидетельствует об актуальности решения задач предотвращения и прогноза газовых выбросов, при этом влияние на окружающую среду хозяйственных комплексов химической и нефтеперерабатывающей промышленности считается наиболее неблагоприятным. При исследовании сложных систем, выходящих за пределы формальных математических постановок задач, применяют экспертные методы выбора управленческих решений. На практике идут по пути создания человеко-машинных систем, называемых проблемно-ориентированными. Экспертная система (Expert System) относится к таким системам и позволяет в диалоге с лицом, принимающим решение, выполнять экспертизу, давать консультации, генерировать и обосновывать рациональные смысловые решения для снижения газовых выбросов химического предприятия. Все интеллектуально-диалоговые системы, в том числе и экспертные, представляют собой системы эргатического типа, и в этих системах практически реализованы многие научные достижения искусственного интеллекта, в том числе касающиеся общих методов решения неформализованных задач, компьютерного представления и использования знаний, ведения системой диалога с пользователем-непрограммистом на ограниченном естественном языке.

Задачи поиска управленческих решений для снижения газовых выбросов химического предприятия характеризуются неполнотой, ошибочностью, неоднозначностью, неопределенностью и даже противоречивостью исходной информации (знаний и данных). Целью создания экспертной системы принятия управленческих решений для снижения газовых выбросов (ЭС ГВ) является снижение технологических выбросов и, как следствие, улучшение экологической обстановки вокруг предприятия. Постановка задачи поиска управленческих решений для снижения газовых выбросов химического предприятия допускает декомпозицию исходной задачи на подзадачи, каждую из которых можно решать независимо друг от друга. С другой

стороны, подзадачи могут взаимодействовать, в результате чего решение одной подзадачи будет зависеть от решения остальных

Опыт создания экспертных систем в химической промышленности [1,2] позволяет выделить основные этапы разработки ЭС ГВ:

1. Концептуальный анализ химического производства, на котором могут создаваться нештатные ситуации, сопровождающиеся газовыми выбросами, а также определение целей и задач создания и использования ЭС ГВ, выделение их характерных особенностей, определение состава и квалификации лиц, принимающих решение (пользователей системы).

2. Разработка моделей представления знаний и выбор методов компьютерной переработки знаний.

3. Построение базы знаний.

4. Создание программно-информационного обеспечения.

5. Тестирование качества функционирования ЭС ГВ.

На первом этапе создания ЭС ГВ:

- выявляются режимы функционирования отдельных химико-технологических процессов (соответствующие регламенту, оптимальные, предаварийные и аварийные);

- классифицируются ситуации, характеризующие функционирование объекта управления с учетом возможных изменений, возникающих в процессе эксплуатации;

- исследуются технологические и экологические параметры объекта управления (диапазоны изменения технологических и экологических переменных, тенденции изменения технологических и экологических переменных при различных сроках эксплуатации оборудования, причинно-следственные связи между входными и выходными переменными, физико-химическая сущность явлений и т.д.);

- проводится анализ химического производства как объекта управления (выявление возмущающих, управляемых и управляющих воздействий для каждого уровня иерархической системы управления, анализ статических и динамических характеристик, выбор критериев эффективности системы управления и т.д.);

- анализируются нарушения, связанные с возможными отказами технологического оборудования, контрольно-измерительных приборов и сбоев в функционировании комплекса технических средств, на которых реализована система ситуационного управления.

Результатом анализа химического производства, на котором могут создаваться нештатные ситуации, сопровождающиеся газовыми выбросами, является

формирование базы знаний, процесс формирования и коррекции которой продолжается и в условиях промышленной эксплуатации ЭС ГВ. Используются для этой цели как декларативные (знания о типах сырья, продукции, характере возмущений, структуре и параметрах системы управления), так и процедурные (знания технологических регламентов, инструкций, причинно-следственные диагностические модели, эвристические приемы решения задач поиска управленческих решений).

На этом этапе создания ЭС ГВ выделяются основные концепции, отражающие знания из печатных источников и знания экспертов и позволяющие проанализировать, какого типа знаниями оперирует эксперт при решении неформализованных задач [3,4]. Проведенный анализ позволяет выбрать виды моделей представления знаний, а также процедуры получения решений, которые более подходят для имитирования процедур принятия решений экспертом в рассматриваемой предметной области.

Основными компонентами интеллектуального обеспечения ЭС ГВ являются: модели представления знаний, база знаний, подсистема вывода решений, подсистема интеллектуального интерфейса. Архитектура ЭС ГВ является функционально-информационной структурой программно-аппаратурных средств экспертной системы, обеспечивающих накопление и переработку знаний для поиска решений неформализованных задач в процессе интеллектуального общения лица, принимающего решение, и экспертной системы. На рис. 1. показаны основные компоненты архитектуры ЭС ГВ в химической промышленности.

Подсистема интеллектуального обеспечения ЭС ГВ включает в себя кроме базы знаний, являющейся основой интеллектуального обеспечения экспертной системы, базу данных, а также базу целей, обеспечивающую обработку информации о назначении и возможном целевом функционировании. Рабочая база знаний обеспечивает накопление, хранение, поиск и запись в память ЭВМ знаний и данных, полученных экспертной системой в процессе генерации семантического решения неформализованной задачи и отображающих “текущее состояние” принятия управленческих решений для снижения газовых выбросов.

Подсистема вывода решений реализует операции извлечения и применения необходимых знаний из базы знаний и рабочей базы знаний, а также данных из базы данных для автоматизированной генерации семантического решения задачи снижения газовых выбросов. Разработка процедур вывода решений неформализованной задачи может осуществляться с использованием различных формализмов искусственного интеллекта и при разработке ЭС ГВ используются производственные модели и фреймы.



Рис.1. Архитектура ЭС ГВ

Подсистема интеллектуального интерфейса является совокупностью программно-аппаратных средств, которые обеспечивают дружественное интеллектуальное общение непрограммирующих пользователей (лиц, принимающих решения) с ЭС ГВ на ограниченном естественном языке при накоплении знаний, поиске и объяснении управленческих решений для снижения газовых выбросов.

Подсистема объяснения решений позволяет объяснить, каким образом и на основе каких предпосылок, ЭС ГВ получено конкретное заключение, что облегчает эксперту тестирование экспертной системы и повышает доверие лица, принимающего решение, к полученному результату.

Подсистема поддержки и отладки облегчает программирование при создании ЭС ГВ, отладку и увеличивает эксплуатационные возможности созданной экспертной системы. Содержащийся в этой подсистеме блок статистики, используется для накопления и хранения данных по работе ЭС ГВ, анализ которых позволяет оценить

удачные и неудачные заключения, полученные экспертной системой, с целью выявления недостатков работы системы и определения процента правильных решений.

Подсистема цифрового моделирования включает в себя отдельные вычислительные модули различных химико-технологических процессов, которые подключаются по вызову фреймов или семантических графов, входящих в рабочую базу знаний и отображающих сгенерированное семантическое решение неформализованных задач.

Подсистема координации и управления обеспечивает взаимодействие всех подсистем и блоков экспертной системы на этапах разработки, отладки и эксплуатации ЭС ГВ.

База знаний ЭС ГВ содержит: поверхностные знания о видимых взаимосвязях между отдельными событиями и фактами предметной области; глубинные – отображающие структуру, природу процессов, характерных для предметной области и могут использоваться для прогнозирования поведения объектов. Одной из основных задач при создании ЭС ГВ является разработка методики, позволяющей выявлять глубинные структуры знаний и работать с ними.

Для генерации ЭС ГВ семантических решений для снижения газовых выбросов необходимо перерабатывать разнообразные декларативные и процедурные знания из различных областей химии, теоретических основ химической технологии, кибернетики химико-технологических процессов, теории анализа и синтеза химико-технологических систем. Декларативные знания, как правило, не содержат в явном виде описания каких – либо конкретных процедур, обеспечивающих поиск целесообразных решений в новой ситуации, а представляют собой, например, основные понятия и отношения (химический элемент, вещество, химическая реакция, термодинамическое равновесие, фазовое равновесие); объекты химической технологии: аппараты химической технологии (реактор, колонна ректификации, теплообменник, фильтр и др.); технологические потоки, машины химической технологии (насос, компрессор и др.); и т.д. Процедурные знания – это сведения о совокупности конкретных процедур поиска целесообразных управленческих решений. К процедурным знаниям в области химической технологии относятся, например, законы (начала) термодинамики; физико – химические и технологические принципы наилучшего использования химико-технологического процесса, наиболее полного использования сырья и энергии в химико-технологической системе, наилучшего использования оборудования химико-технологической системы и др.; алгоритмы расчета состав смесей веществ, мольной

теплоты образования соединений при химических реакциях; системы уравнений математических моделей химико-технологических процессов и химико-технологических систем; алгоритмы анализа и оптимизации химико-технологических процессов и химико-технологических систем; тексты технологических регламентов и др.

Для поиска решений задач ЭС ГВ с помощью процедурных знаний требуется многообразная фактографическая информация в виде некоторых структурированных данных (машинные слова, вектора, массивы, файлы, списки, абстрактные типы данных). На рис. 2 показаны этапы трансформации знаний при создании ЭС ГВ.



Рис. 2. Этапы трансформации знаний при создании ЭС ГВ

Для ЭС ГВ в химической промышленности базы знаний содержат модели представления знаний трех типов: предметные знания (совокупность декларативных и процедурных знаний предметной области), управляющие знания (совокупность знаний о различных стратегиях принятия решений в предметной области) и метазнания (знания о знаниях, которые в компьютерной форме хранятся в базе знаний).

При формировании базы знаний ключевым вопросом является сам процесс получения знаний. Для названия этого процесса в англоязычной специальной литературе используются два термина: acquisition (приобретение) и elicitation (выявление, извлечение, установление). Извлечение знаний (knowledge elicitation) – это

процедура взаимодействия эксперта с источником знаний, в результате которой становятся явными процесс рассуждений специалистов при принятии решений и структура их представлений о предметной области. Приобретение знаний (knowledge acquisition) – процесс наполнения базы знаний экспертом с использованием специализированных программных средств. Формирование знаний (machine learning) – процесс анализа данных и выявление скрытых закономерностей с использованием специального математического аппарата и программных средств. Три основные стратегии получения знаний при разработке ЭС ГВ приведены на рис. 3.

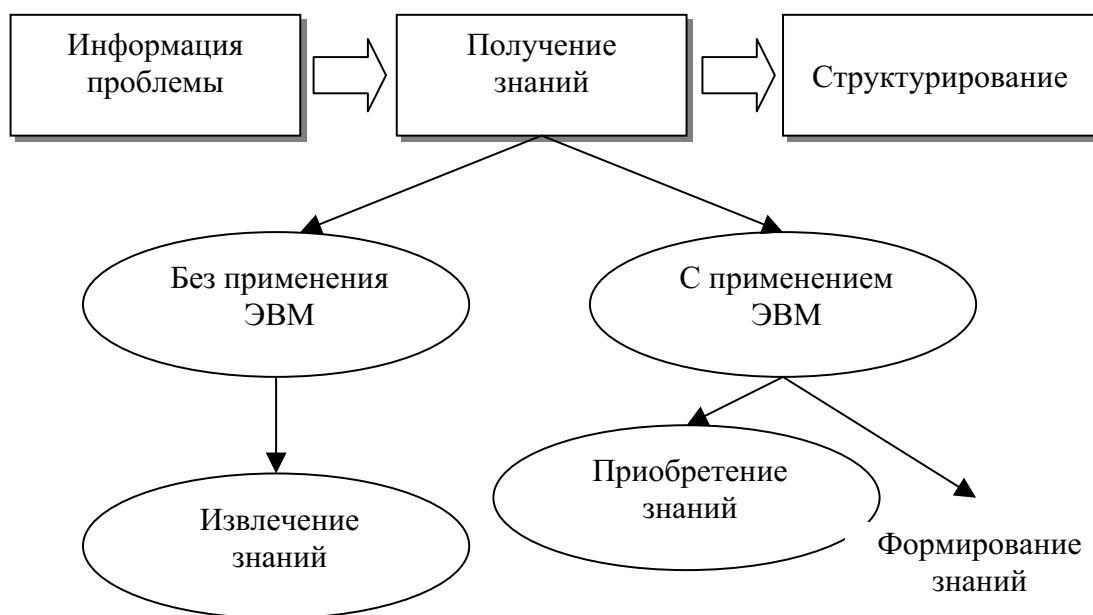


Рис. 3. Стратегии получения знаний ЭС ГВ

Методы извлечения знаний являются непосредственной подготовкой к структурированию знаний. Стадии структурирования знаний ЭС ГВ приведены на рис. 4. Определение входных и выходных данных определяет направление движения в поле знаний. Структура входных и выходных данных существенно влияет на форму и содержание поля знаний.

При составлении словаря терминов и набора ключевых слов проводится текстуальный анализ всех сеансов извлечения знаний и выписываются все значимые слова, обозначающие понятия, явления, процессы, действия и т.п.

На этапе выявления объектов и понятий производится выбор из словаря значимых для принятия решений понятий и их признаков (полный систематический набор терминов).

Выявление связей между понятиями позволяет структурировать понятия и выявлять как понятия более высокого уровня обобщения (метапонятия), так и детализировать понятия на более низком уровне.

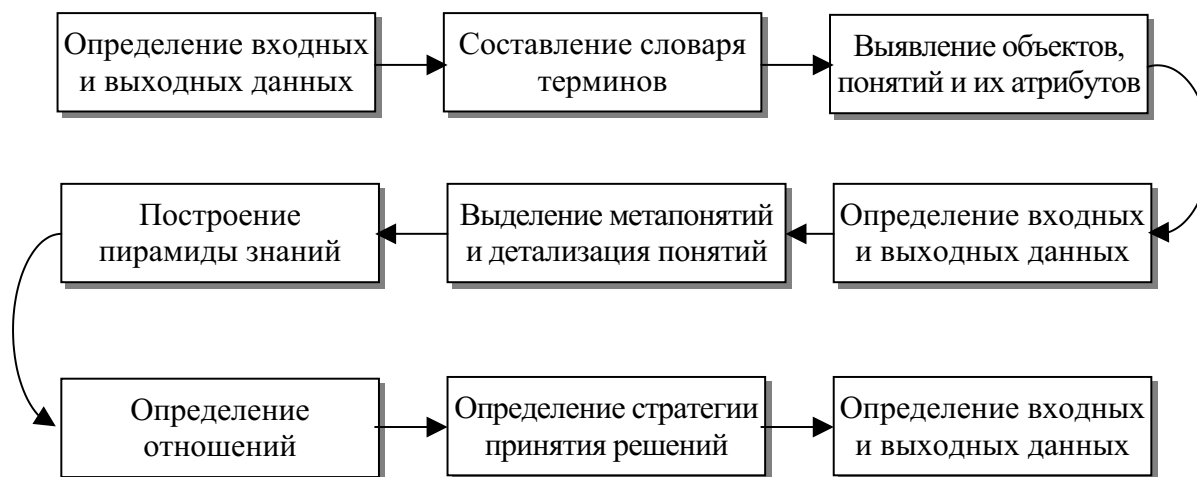


Рис. 4. Стадии структурирования знаний ЭС ГВ

Под пирамидой знаний понимается иерархическая лестница понятий, подъем по которой означает углубление понимания и повышение уровня абстракции (обобщенности) понятий. Количество уровней в пирамиде зависит от особенностей предметной области, профессионализма экспертов и инженеров по знаниям. Определение отношений между понятиями выявляют как внутри каждого из уровней пирамиды, так и между уровнями (причинно-следственные, лингвистические, временные и другие виды отношений). Определение стратегий принятия решения (выявление цепочек рассуждений) связывает все сформированные ранее понятия и отношения в динамическую систему знаний.

ЭС ГВ функционирует в двух режимах: в режиме приобретения знаний и в режиме принятия управленческих решений для снижения газовых выбросов. В режиме приобретения знаний инженеры и эксперты наполняют базу знаний новыми фактами и правилами, которые позволяют ЭС ГВ в режиме решения самостоятельно решать неформализованные задачи принятия управленческих решений для снижения газовых выбросов. Важную роль в режиме приобретения знаний играют подсистема объяснения решений и редактор базы знаний, позволяя эксперту на этапе тестирования ЭС ГВ

целенаправленно модифицировать старые или вводить новые знания. В режиме принятия управленческих решений для снижения газовых выбросов общение с ЭС ГВ осуществляет непрограммирующий пользователь, которого интересует результат и (или) способ получения решения.

Разрабатывается исследовательский прототип ЭС ГВ, что позволит решать задачи поиска управленческих решений для снижения газовых выбросов предприятий химической промышленности. Эксперт владеет знаниями, необходимыми для создания модели представления знаний и заполнения базы знаний данной экспертной системы. Эксплуатацию экспертной системы осуществляет лицо, принимающее решение, - непрограммирующий пользователь, являющийся специалистом в данной предметной области и применяющий экспертную систему для принятия управленческих решений для снижения газовых выбросов.

Литература

1. Мешалкин В.П., Дови' В., Марсанич А. Принципы промышленной логистики. (Meshalkin V.P, Dovi' V., Marsanich A. Industrial Logistics Principles). Москва, Генуя, 2002. 722 с.
2. Мешалкин В.П. Экспертные системы в химической технологии. Основы теории, опыт разработки и применения. – М.: Химия, 1995. – 368 с.
3. Кафаров В.В., Мешалкин В.П. Анализ и синтез химико-технологических систем. – М.: Химия, 1991. – 432 с.
4. Кафаров В.В. Принципы создания безотходных химических производств.- М.: Химия, 1982. – 288 с.
5. Клименкова Л.А., Мешалкин В.П. Основы интеллектуального управления химико-технологическими системами: Учеб. пособие / НИ РХТУ им. Д.И.Менделеева. – Новомосковск, 2001.-95 с.
6. Мешалкин В.П., Клименкова Л.А. Введение в ситуационное управление химико-технологическими системами. Учеб. пособие. РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, 2002. 65с.

E-mail:clogist@muctr.edu.ru