УДК 681.5.01

Р.М.ПРОСКУРЯКОВ, Э.Д.КАДЫРОВ, Н.Ю.УЛАНОВА
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*)

А.В.СПЕСИВЦЕВ
ЗАО «*Технолинк*», *Санкт-Петербург*

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ ПОДСИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Статья посвящена проблеме интеллектуализации информационно-аналитических подсистем оперативного управления распределенными объектами. Предлагается методика интеллектуализации путем формализации экспертной информации в виде полиномиального уравнения, сочетающая элементы теории нечетких множеств с теорией планирования эксперимента. Решение указанной проблемы рассмотрено на примере газотранспортной системы.

The article dedicates to the problem of intellectual information systems of control of objects of control and which can be used white her decidion and intellectual way of formation of expert information, which combinate elements of theory fuzzy set which theory planning experiment. Like a example you can sec system of gas pipeline.

Проблемы интеллектуализации информационно-аналитических подсистем оперативного управления распределенными объектами приобретают все бóльшую актуальность в различных областях науки и техники. Существует достаточно много различных подходов к решению этой проблемы. Однако процесс интеллектуализации, как правило, затруднителен в силу объективных причин [1].

Предлагается хорошо себя зарекомендовавшая в технике методика интеллектуализации информационно-аналитических систем путем формализации экспертной информации в виде полиномиального уравнения, сочетающая элементы теории нечетких множеств с теорией планирования эксперимента [4]. Особенностью методики является создание полиномиальной модели изучаемого явления путем заполнения экспертом специальной матрицы опроса, причем переменные могут быть не только количественными, но и качественными. Подобные модели достаточно хорошо интегрируются в уже разработанные САУ, поскольку учитывают опыт специалистов-пользователей систем в своих областях [2,4].

Рассмотрим решение указанной выше проблемы на примере газотранспортной системы. Взаимосвязанная совокупность объектов транспортировки газа по магистральным газопроводам представляет собой сложную систему со значительной территориальной рассредоточенностью, сочетанием достаточно высокого уровня локальной автоматики с объективно неполной и нечеткой информацией.

Рациональное управление такими системами требует, с одной стороны, создания распределенной многоуровневой информационной системы, основанной на современных компьютерных технологиях с использованием как систем локальной автоматики, так и SCADA-систем, и, с другой стороны, с учетом неполноты и неопределенности информации, которая всегда имеет место при принятии управляющих решений в такого рода системах, разработки подсистемы, в основу которой заложены методологии «мягких» вычислений и экспертных систем (ЭС).

Так, например, быстрейшая поставка газа поставщику упирается в решение вопроса о возможности использования каких-либо участков газопровода в качестве оперативных временных хранилищ как распределенной системы.

При этом возможное количество газа на n-м участке (Y, % от номинала) с учетом реалий на данный момент времени зависит от многих переменных, среди которых важнейшими с точки зрения эксперта являются: X_1 – давление газа в трубе, МПа; X_2 – температура наружного воздуха, °С; X_3 – ограничение по давлению, МПа; X_4 – административный ресурс, %; X_5 – экономичность пути доставки газа, руб. / (млн·м^3); X_6 – запас газа в трубе, млн·м^3; X_7 – потенциальная необходимость создавать запас газа в трубе или откат для поставщика, %; X_8 – время, сут; X_9 – температура газа в трубе на промежутке выбранного участка, °С, и т.д.

Таким образом, зная состояние каждого участка, можно правильно перераспределить и эффективно доставить газ до потребителя.

Существует несколько типов такого описания: стохастическое, вероятностное, интервальное или комбинация тех или иных форм описания. Однако предпочтение можно отдать предлагаемой методике создания ЭС, где используются знания высококвалифицированных специалистов при минимальных затратах времени и средств на создание математической модели, способной войти составной частью в базу знаний (БЗ) системы, интеллектуализируя ее таким образом.

Особенно важна роль таких интеллектуализированных подсистем при осуществлении оперативного управления газотранспортной системой, где главным лицом, принимающим решение, является диспетчер.

ЭС, разрабатываемые для целей диспетчерского управления, обладают рядом особенностей, связанных с психологией принятия решений человеком: ограниченное число факторов, с учетом которых принимается решение по управлению, и неточность знаний, возникающая в результате использования различных источников информации (теоретической и эвристической). Иными словами, оказываемся в условиях описанной выше ситуации, как и в задаче использования участков газопровода, в качестве оперативных временных хранилищ.

В подобных ситуациях целесообразна многоуровневая экспертная система, на самом верхнем уровне (метауровне) которой вырабатывается решение по ограниченному количеству ключевых факторов, где хорошо себя зарекомендовала методика, сочетающая элементы теории нечетких множеств с теорией планирования эксперимента.

На нижних уровнях такой экспертной системы формируются продукционные экспертные подсистемы, в основу правил-продукций которых положена как информация, полученная непосредственно от контрольно-измерительной аппаратуры, так и содержащая нечеткие (например, вербальные) знания. Для описания процесса принятия решений может использоваться табличная модель представления знаний на базе языка таблиц решений. Язык таблиц решений (ТР) относится к классу неалгоритмических языков, характеризуется непроцедурной и наглядной формой описания процесса принятия решений, возможностью автоматизации проверки построенной модели на корректность (полноту и непротиворечивость), ее оптимизации и трансляции в вычислительную программу. ТР получили широкое распространение как средство коммуникации между пользователем и ЭВМ, для создания вопросников, при автоматизации проектирования, управления и контроля, в имитационном моделировании, при анализе, синтезе и оптимизации программ и в других приложениях.

ТР задают соответствие между значениями элементов некоторого конечного множества условий, определяющих состояния проблемной области (управляемой системы), и последовательностями из конечного множества действий, определяющими принимаемые решения. Таким образом, ТР – это табличная запись конечного множества продукций типа состояние – принимаемое решение. Модель принятия решений может состоять из одной или совокупности иерархически взаимосвязанных таблиц решений.

Формально ТР определяется набором

$$\mathrm{T}=[(C, A, \widetilde{C}, \widetilde{A}), (f, t, q)],$$

где $C=\{C_i\}$, $i=1,\ldots,m$ – множество условий (идентификаторов условий), интерпретируемых как координаты совокупности векторов данных, представляющих состояния проблемной области; $A=\{Ar\}$, $r=1,\ldots, k$ – множество действий (идентификаторов действий), интерпретируемых как координаты

совокупности векторов действий, представляющих принимаемые решения,

$$\widetilde{C} = \left\| c_{ij} \right\|, i = 1,...,m, j = 1,...,n,$$

$$\widetilde{A} = \left\| a_{rj} \right\|, r = 1,...,k, j = 1,...,n$$

матрицы, задающие соответствие между векторами состояний и действий; f= (f_j), j=1,…, n – вектор вероятностей (частот) выполнения правил решений; t=(t_i), i=1, …, m – вектор, определяющий сложности вычисления значений условий; q=(q_r), r=1,…, k – вектор, определяющий сложности реализации действий.

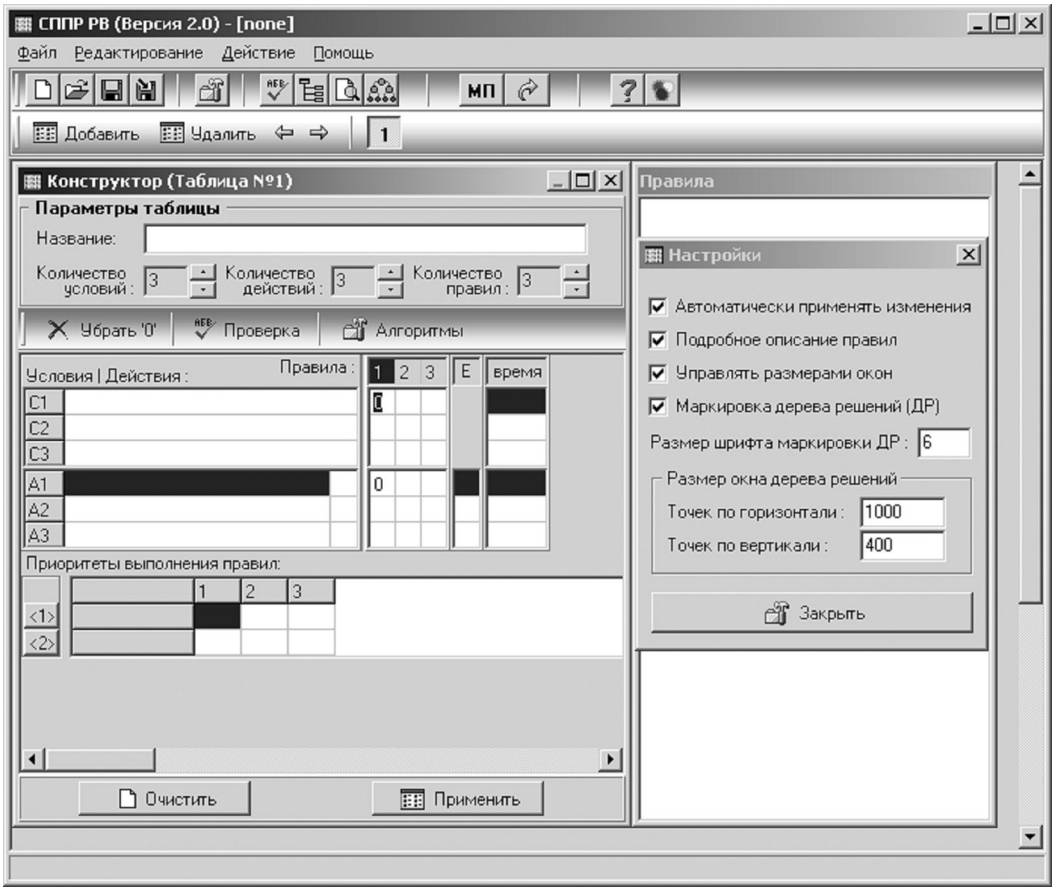
Число уровней в такой экспертной системе зависит от уровня оперативно-диспетчерской службы. Например ЭС, ориентированная на линейно-производственное управление, может состоять только из двух уровней – метауровня и ЭС реального времени продукционного типа, которая связана непосредственно с информационной системой, реализованной на объекте. Организация работы системы в режиме реального времени, обеспечение ее функционирования с минимальным запаздыванием и сокращение времени отработки управляющих воздействий возможны только с применением концепции параллелизма.

Параллельная активизация и выполнение продукций допустимы при их взаимной независимости. Для определения зависимых и независимых продукций вводится так называемая матрица параллелизма

$$C = \| C_{ij}^{n} \|,$$

где n – число продукций в продукционной системе, элемент C_{ij} которой равен единице, если продукция P_i зависит от P_j по входу или входу-выходу, и равен нулю, если P_i не зависит от P_j или зависит только по выходу или интерфейсу.

На рисунке представлено окно программы формирования экспертной системы на языке таблиц решений с учетом всех ранее описанных условий.



Окно конструктора правил-продукций экспертной системы реального времени

Другим методом задания информации на нижних уровнях может выступать тот же, что и для создания модели принятия решений на метауровне. Здесь X_i верхней модели выступают в качестве зависимых от переменных нижнего уровня и т.д. до первичных источников информации.

При этом система метауровня должна быть ориентирована на принятие решений как в нормальном режиме работы, так и в экстремальных. Поскольку на метауровне принятие решения основывается на ограниченном количестве факторов, правильный выбор этих факторов играет существенную роль. В этом случае полезно использовать предложенную конфигурацию ЭС в качестве тренажера, чтобы эксперты различного уровня могли проанализировать предлагаемые решения по управлению при выборе в качестве ключевых различные нечеткие переменные. Если система метауровня находится в условиях эксплуатации, то на ее основе можно создать тренажеры для подготовки или повышения квалификации операторов-технологов.

Особое внимание необходимо уделить структуре и параметрам непосредственно самих трубопроводов, поскольку эти факторы иногда являются решающими при выборе управляющего воздействия. В такой постановке целесообразно решение транспортной задачи в ее структурном (графовом) варианте на каждом этапе принятия решения по управлению. Результат решения указанной транспортной задачи является одним из условий продукционной системы, которое, в конечном счете, влияет на принятие решений по управлению всей газораспределительной системой, причем для каждого уровня диспетчеризации транспортная задача решается по структуре и условиям именно этого уровня.

Предлагаемая многоуровневая экспертная система, являющаяся информационно-аналитической основой для принятия решений по формированию газотранспортных потоков с учетом их физического состояния, структуры, а также некоторых слабоформализованных параметров, вполне применима и в других отраслях техники.

Предложенные технологии принятия решений уже были частично апробированы, например в системах управления металлургическими переделами [5], при прогнозировании устойчивости русловой плотины хвостохранилища на многолетнемерзлых грунтах [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Башлыков А.А.* Экспертные системы поддержки принятия решений в энергетике / А.А.Башлыков, А.П.Еремеев. МЭИ. М., 1994. 216 с.

2. *Лолаев А.Б.* Применение нечетких множеств при моделировании геоэкологических процессов /А.Б.Лолаев, А.В.Спесивцев // Научно-практ. семинар «Геокриологические и геоэкологические проблемы строительства в районах Крайнего Севера». 15-17 марта 2001г. Норильск, 2001. С.124-129.

3. Применение теории нечетких множеств для оценки и прогноза устойчивости русловой плотины хвостохранилища НМЗ / А.Б.Лолаев, В.В.Бутюгин, А.В.Спесивцев, В.В.Галишевская // Экономика и управление: Сборник статей. Норильский индустриальный институт. Норильск. 2002. С. 135-143.

4. *Спесивцев А.В.* Металлургический процесс как объект изучения: новые концепции, системность, практика. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2004. 307 с.

5. *Халимон В.И.* Программно-алгоритмическая реализация системы управления процессами получения нормального и белого электрокорунда / В.И.Халимон, О.В.Проститенко // Химическая промышленность. 2005. Т.82. №2. С.60-64.