

того, что другой агент выберет то же самое решение и последовательность поиска будет более разнообразной.

5. Обновление списка лучших решений (СЛР).

- Сравниваем новое решение каждого агента с лучшим, найденным ранее этим же агентом, и обновляем, если новое решение лучше:

Если

$$\sum_{k=1}^n \|x_k^* - x_{jk}\| < \sum_{k=1}^n \|x_k^* - x_k^{ap}\| ,$$

то  $R_j$  заносится в СЛР, где

$$R_i^{ap} = \{x_1^{ap}, \dots, x_n^{ap}\}$$

лучшее решение  $i$ -го агента;

$R_j = \{x_{j1}, \dots, x_{jn}\}$  – новое решение;

$SLP = (R_1^{ap}, \dots, R_i^{ap}, \dots, R_m^{ap})$  – содержание списка лучших решений.

6. Если  $(NC < G)$  и (нет застоя) тогда

- Освобождаем все запрещенные списки,

- Возвращаемся на шаг 2.

- Иначе переходим к шагу 7.

7. Метод локального поиска. Для каждого вектора  $R_i$ , принадлежащего СЛР и находящегося в узле  $i$ :

7.1. Вычисляется значение целевой функции по формуле:

$$p(R^*, R_i) = \sqrt{\sum_{k=1}^n \|x_k^* - x_{ik}\|^2}$$

в узле  $i$  и во всех смежных с ним узлах.

7.2. Находим минимум целевой функции среди найденных значений.

7.3. Если  $p(R^*, R_j) = \min$  и  $p(R^*, R_j) < p(R^*, R_i)$ , то переходим в узел  $j$  (делаем шаг в направлении убывания значения

целевой функции).

7.4. Если  $p(R^*, R_j) < D$ , то  $R_j$  заносится в множество решений (МР).

7.5. Повторяем шаги с 7.1 по 7.4, пока не будет выполнено условие останова:

$$p(R^*, R_j) \geq p(R^*, R_i) .$$

В результате опытных исследований, был определен диапазон значений параметров алгоритма МСП (таблица).

### Заключение

Благодаря разработке концепции задачи поиска компонентов АСКУЭ и метода многокритериального поиска, ориентированного на данную задачу, становится возможным создание автоматизированной системы поддержки принятия решения о выборе технических средств АСКУЭ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. M.Dorigo, A.Colorni, V.Maniezzo. Optimization by a colony of cooperating agents // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 1996. V.26. №.1. P.1-13.
2. M. Dorigo, T. Stützle. Ant Colony Optimization // Bradford Books, 2004. 328 pp.

□ Авторы статьи:

Шуршев

Валерий Федорович

- канд. техн. наук, доц. каф. «Информационные системы» (Астраханский государственный технический университет)

Демич

Ольга Валерьевна

- аспирант каф. «Информационные системы» (Астраханский государственный технический университет)

УДК 681.5

**В. Ф. Шуршев, А. Н. Умеров**

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ РЕЖИМОВ ТЕЧЕНИЯ СМЕСЕЙ ХОЛОДИЛЬНЫХ АГЕНТОВ

Одной из важных задач, возникающей при идентификации режимов течения двухфазных потоков смеси холодильных агентов, и требующей решения, в первую очередь, является задача согласования режимов течения. Согласование режимов течения осуществляется человеком-экспертом на основании его профессионального опыта и имеющихся данных по

режимам течения и свойствам холодильных агентов.

Для того чтобы можно было автоматизировать задачи идентификации и согласования режимов течения, необходимо соответствующим образом систематизировать знания экспертов, которые используются при решении данных задач. Для качественного решения поставленной задачи целесообразным

является применение методов искусственного интеллекта, а именно экспертных систем [1].

Одним из вариантов решения данных задач является использование фазовых диаграмм режимов течения, которые обобщают экспериментальные данные по режимам течения и, вместе с тем, содержат знания эксперта, составлявшего данные диаграммы [2].

В процессе решения задачи идентификации режимов течения с использованием фазовых диаграмм эксперт сталкивается со следующими подзадачами:

- 1) выбор подходящей диаграммы (диаграмм) режимов течения, которая будет использоваться при идентификации режимов течения;
- 2) расчет необходимых (вспомогательных) данных с использованием справочной информации;
- 3) идентификация режимов течения с использованием диаграмм режимов течения;
- 4) анализ различий режимов течения, полученных при использовании различных диаграмм;
- 5) выбор наиболее подходящих режимов течения применительно к исследуемому веществу.

Дополнительно, эксперт может использовать для идентификации режимов течения имеющиеся экспериментальные данные по режимам течения исследуемого или близкого к нему вещества. В случае, если при помощи имеющихся данных идентифицировать режимы течения достаточно точно не представляется возможным, эксперт может заявить о необходимости получения дополнительных данных, в том числе, путем проведения экспериментальных исследований.

Имеющиеся экспериментальные данные используются экспертом для проверки качества согласования режимов течения для использования определенной диаграммы режимов течения. Опираясь на свой профессиональный опыт, эксперт выбирает одну или несколько диаграмм режимов течения, которые в дальнейшем будут использоваться при последующей идентификации режимов течения.

При решении задач идентификации и согласования режимов течения, выбирая диаграммы режимов течения, экспертом учитывается следующая ин-

формация:

- свойства холодильных агентов, которые оказывают влияния на режимы течения;
- информация по режимам течения (соотношения названия режима течения с фактической структурой парожидкостного потока);
- информация о соотношении режимов течения, при использовании различных диаграмм.

Для моделирования знаний и деятельности эксперта при осуществлении идентификации и согласования режимов течения смеси холодильных агентов используется экспертная система с комбинированным производственно-фреймовым механизмом вывода. При этом фреймовая составляющая используется для хранения легко формализуемых экспертных знаний по идентификации режимов течения смеси холодильных агентов, а производственная составляющая - для хранения трудно формализуемых экспертных знаний по идентификации режимов течения и экспертные знания по согласованию режимов течения при использовании фазовых диаграмм режимов течения.

Такой подход к моделированию знаний позволяет совместить универсальность фреймовой модели, заключающейся в использовании одновременно декларативных и процедурных знаний и простоту и эффективность модификаций правил в производственной модели.

В результате концептуального анализа были выделены основные понятия, использующиеся экспертом при идентификации и согласовании режимов течения смеси холодильных агентов:

- жидкость (FL);
- гомогенная смесь различных жидкостей (FLM);
- чистая жидкость (FLP);
- жидкость с примесями (FLA);
- процесс (PR);
- процесс кипения (PRB);

- процесс конденсации (PRC);
- данные о режимах течения (FRD);
- диаграмма режимов течения (FRDD);
- опытные данные по режимам течения (FRDE);
- опытные данные по теплоотдаче (HTE);
- режим течения (FR);
- семантическая сеть режимов течения (FRSN);
- расчетные формулы (DF);
- свойства холодильных агентов и их смесей (CAC);
- идентификация режимов течения (ID);
- теплоотдача (HT).

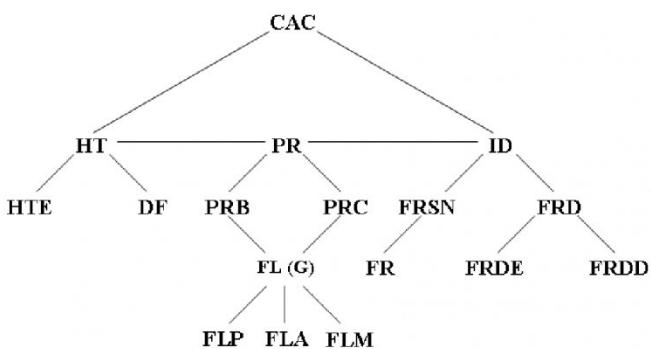
Каждому понятию был составлен фрейм-прототип и определены связи между фреймами, получившаяся в результате сеть фреймов-прототипов представлена на рисунке.

Для согласования режимов течения из общего списка режимов течения были выделены те режимы, которые являются актуальными в холодильной технике. Применительно к режимам течения холодильных агентов и их смесей целесообразно использовать следующие режимы течения, которые непосредственно наблюдаются при проведении экспериментов, а не использовать все возможное теоретическое множество режимов течения. При наблюдении за кипением смеси холодильных агентов наблюдаются следующие режимы течения:

- пузырьковый;
- снарядный;
- волновой;
- расслоенный;
- волновой-кольцевой;
- кольцевой.

Этот список режимов течения меньше полного списка теоретически возможных режимов течения, но он покрывает все наблюдаемые режимы течения. Предложенный список режимов наиболее близок к предложенным в [3, 5, 6].

Для непосредственного согласования режимов течения используются производственные

*Общая схема взаимодействия фреймов-прототипов*

правила режимов течения [5]. Также продукционные правила используются для управления перемещением по сети фреймов-экземпляров. Общий вид таких продукционных правил: *ЕСЛИ (СНФ-1) ТО (СНФ-2, ФУ)*, где СНФ-1, СНФ-2 (состояние набора фреймов) — указанное состояние определенных наборов фреймов-экземпляров;

ФУ — фактор уверенности, выраженный лингвистической переменной.

На основании ФУ принима-

ется решение о перемещении по сети фреймов-экземпляров. При этом переход из состояния СНФ-1 в СНФ-2 возможен с уверенностью ФУ. Пример использующегося продукционного правила такого рода:

*ЕСЛИ (PRC, FLP, FR[BUB], FRDD[MAL]) ТО (FR[SLU], FRDD[TAN]), NBSC.*

Смысль этого правила состоит в следующем: если кипит (PRC) чистое вещество (FLP) и идентифицируемый пузырьковый режим течения (FR[BUB]) с

использованием диаграммы [3] (FRDD[MAL]), то использование диаграммы [4] (FRDD [TAN]) для идентификации снарядного режима течения FR[SLU] представляется неадекватным (NBSC).

**Выводы.** Предложенная модель процесса принятия решений при идентификации режимов течения смесей холодильных агентов построена в результате анализа деятельности эксперта и основана на использовании продукционно-фреймовой модели представления знаний. Такой подход позволяет оптимально использовать при идентификации режимов течения декларативные и процедурные знания, а также осуществлять простую модификацию базы знаний. Создание экспертной системы на основе предложенной модели позволит улучшить качество и сократить сроки решения задачи идентификации режимов течения смесей холодильных агентов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Искусственный интеллект. Базы знаний и экспертные системы : Учеб. пособие / Дворянкин А. М., Кизим А. В., Жукова И. Г., Сипливая М. Б. — Волгоград. гос. тех. ун-т, Волгоград, 2003. — 140 с.
2. Шуршев В. Ф., Умеров А. Н. Идентификация режимов течения двухфазных потоков холодильных агентов и их смесей с использованием фазовых диаграмм // Вестник Астраханского государственного технического университета, № 2, 2005. — Астрахань : Изд-во АГТУ, 2005. — С. 224—233.
3. Влияние режимов течения двухфазного потока хладагента R12 на теплоотдачу при кипении в горизонтальных трубах / Малышев А. А., Данилова Г. Н., Азарсков В. М., Земсков Б. Б. // Холодильная техника. — 1983. — № 11. — С. 35—38.
4. Тандон, Варма, Гупта. Новая карта режимов течения при конденсации в горизонтальных трубах // Теплопередача. — 1982. — № 4. — С. 173.
5. Умеров А. Н., Шуршев В. Ф. Использование продукционных правил для согласования режимов течения в экспертной системе идентификации режимов течения двухфазных потоков // Инновационные технологии в обучении и производстве : Материалы III Всероссийской конференции, г. Камышин, 20—22 апреля 2005 г. : В 3 т. — Волгоград, 2005. Том 2. — С. 212—213.
6. Шуршев В. Ф. Закономерности теплообмена при кипении смеси холодильных агентов R22/R142b : Автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.14.05. — СПб., 1997. — 16 с.

□ Авторы статьи:

Шуршев

Валерий Федорович

- канд. техн. наук, доц. каф. «Информационные системы» (Астраханский государственный технический университет)

Умеров

Альберт Наильевич

- ассистент каф. «Информационные системы» (Астраханский государственный технический университет)