

граф, 1997.

4. Информационная экономика и управление динамикой сложных систем: Сборник трудов/ под. ред. Иванова Е.Ю., Нижегородцева Р.М.– М.-Барнаул: «Бизнес-Юнитек», 2004.
5. Ермаков С.М., Михайлова Г.А. Статистическое моделирование.– М.: Наука, 1982.
6. Веревкин С.А. Практика разработки унифицированной информационной системы: Молодёжь и современные информационные технологии. Сборник трудов II-ой Всероссийской научно-практической конференции студентов.– Томск: Изд-во ТПУ, 2004.– С. 116-117.
7. Веревкин С.А. Иерархическая взаимосвязь объектов как основа построения унифицированной информационной системы: Информационные недра Кузбасса: Труды III региональной научно-практической конференции.– Кемерово: ИНТ, 2004.– С. 205-207.
8. Веревкин С.А. Архитектура системы дистанционного контроля знаний: опыт разработки: Материалы XLIII Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс»: Информационные технологии.– Новосибирск: Изд-во НГУ, 2005.– С.56-58.
9. Веревкин С.А. Образовательный информационный минипортал «Виртуальная случайность»: Информационные недра Кузбасса: Труды IV Всероссийской научно-практической конференции.– Кемерово: ИНТ, 2005.– С.129-131.
10. Веревкин С.А. Об информационной поддержке курса «Имитационное моделирование экономических систем»: Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды V Всероссийской научно-практической конференции.– Новокузнецк: СибГИУ, 2005.– С.327-328.

□ Авторы статьи:

Веревкин Сергей Анатольевич – выпускник каф. вычислительной техники и информационных техно- логий ( гр. ПИ-001)	Пимонов Александр Григорьевич – докт. техн. наук, проф. каф. вычис- лительной техники и информацион- ных технологий
---	---

УДК 681.3

**В.Ф. Шуршев, О.В. Демич**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА САМООРГАНИЗАЦИИ ПОИСКА В ЗАДАЧЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОУЧЕТА**

Функциональные характеристики систем энергоучета почти полностью зависят от технических средств – счетчиков, контроллеров, устройств сбора и передачи данных. На сегодняшний день представлено огромное количество этих устройств. Учитывая то, что каждое предприятие предъявляет свои требования и ставит свои цели перед разрабатываемой автоматизированной системой контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ), проектирование систем энергоучета становится трудоемким и занимает на крупных предприятиях не один месяц исследований.

Отсутствие методов проектирования систем энергоучета и, как следствие, возможности автоматизации процессов принятия решений на начальных этапах проектирования, привело к необходимости разработки

метода и создания автоматизированной системы поддержки принятия решения о выборе технических средств АСКУЭ.

Проблема выбора компонентов АСКУЭ является многокритериальной оптимизационной задачей, т.к. технические средства различаются между собой по многим параметрам: классу точности, функциональным возможностям, размеру памяти, поверочному интервалу, интерфейсам и т.д.

Для решения этой задачи, во-первых, необходимо разработать концепцию задачи поиска компонентов АСКУЭ. Во-вторых, нужно разработать метод оптимизации поиска, который подходил бы к особенностям данной задачи: существуют как качественные, так и количественные критерии выбора, множество альтернатив - дискретно, большой объем данных

предъявляет высокие требования к скорости нахождения решения. Причем качество решения тоже немаловажно, поэтому необходима также возможность выбора между более быстрым и более качественным решением. Метод должен обладать более высокой точностью и эффективностью по сравнению с традиционными методами.

Наилучшие результаты дает совмещение метаэвристических методов и методов локального поиска (точных методов).

Предложен метод многокритериального поиска решений во множестве альтернатив большой мощности – Метод самоорганизации поиска (МСП). Здесь для нахождения начальных решений применен видоизмененный и дополненный Метод муравьиных колоний (ММК), как наиболее современная метаэвристическая

Параметры алгоритма МСП

Таблица

№ п/п	Параметр	Обозначение	Значение
1	Отношение согласованности	$Q$	10-15%
2	Параметр остановки	$D$	Задается ЛПР
3	Связность генетического алгоритма	$Y$	$0 < Y < 1$
4	Вектор предпочтений	$R^*$	Задается ЛПР
5	Число агентов	$M$	$m \leq n$
6	Весовой параметр уровня популярности	$A$	$1 \leq a \leq 3$
7	Весовой параметр желательности пути	$B$	$1 \leq b \leq 3$
8	Устойчивость уровня популярности	$R$	$r = 0.3$
9	Глубина поиска	$G$	Задается ЛПР

технология, основанная на природных явлениях. Затем эти решения улучшаются с помощью метода локального поиска.

#### Концепция задачи поиска компонент АСКУЭ

Цель: найти упорядоченное по приоритетам подмножество лучших альтернатив, максимально приближенных к заданному идеальному вектору ( $R^*$ ).

Для выполнения указанной цели была разработана концепция задачи поиска компонентов АСКУЭ.

Множество альтернативных компонентов представлено в виде графа, в вершинах которого находятся вектора решений:

$$R_1 = \{x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n}\}, \dots,$$

$$R_N = \{x_{N1}, x_{N2}, \dots, x_{Nn}\}.$$

где  $N$  – количество альтернатив;

$n$  – количество критериев;

$x_{11}, \dots, x_{Nn}$  – значения критериев.

Вершины соединяются между собой, если евклидово расстояние между векторами, соответствующими данным вершинам, меньше заданного  $Y$

$$\sqrt{\sum_{k=1}^n \|x_{ik} - x_{jk}\|^2} \leq Y,$$

где  $Y$  – связность графа альтернатив, чем больше  $Y$ , тем больше дуг будет между вершинами.

После построения графа альтернатив задача поиска подмножества лучших альтернатив превращается в задачу поиска на графе.

В качестве весового коэффициента дуги выступает евклидово расстояние между за-

данным вектором  $R^*$  и вектором соответствующего узла, вычисляемое по формуле:

$$V_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n \|x_k^* - x_{jk}\|^2},$$

где  $V_{ij}$  – весовой коэффициент дуги  $(i, j)$ ;

$x_k^*$  – значения  $k$ -го критерия у заданного вектора  $R^*$ ;

$x_{jk}$  – значения  $k$ -го критерия у вектора  $R_j$ ;

$n$  – количество критериев выбора технического средства.

Идея разработанного метода заключается в том, что агент, находящийся в узле  $i$  с большой вероятностью пойдет по пути с наибольшей популярностью и наименьшим весом.

#### Описание алгоритма МСП

Алгоритм предложенного метода МСП заключается в следующем.

##### 1. Инициализация.

- Для каждого ребра графа  $(i, j)$  устанавливается исходный уровень популярности  $t_{ij} = t_0$ . Здесь  $t_0$  – начальный уровень популярности маршрута, принимаемый как незначительное положительное значение, равномерно распределенное на всех маршрутах графа.

- Размещаем  $m$  агентов в  $N$  узлах.

- Задаем количество циклов поиска  $G$ .

2. Заполнение запрещенного списка.

- Размещаем стартовый узел каждого агента в его запрещенный список  $tabu u_k$ .

##### 3. Перемещение агентов.

- Каждый агент  $k$ , находящийся в узле  $i$ , выбирает следующий узел  $j$  с вероятностью

$$P_{ij}^k = \begin{cases} \frac{[t_{ij}]^\alpha \cdot [c_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in allowed_k} [t_{ij}]^\alpha \cdot [c_{ij}]^\beta}, \\ \text{если } k, j \in allowed_k; \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases}$$

где  $a$  – весовой параметр, управляющий уровнем популярности;

$b$  – весовой параметр, управляющий степенью желательности пути;

$t_{ij}$  – накопленный уровень популярности на маршруте  $(i, j)$  всеми агентами;

$c_{ij} = 1 / V_{ij}$  – желательность пути, остается постоянной на всем протяжении работы алгоритма;

$$allowed_k = \{N - tabu_k\}$$

– множество узлов, которые может исследовать агент  $k$ , находящийся в узле  $i$ ;

$tabu u_k$  – запрещенный список  $k$ -го агента.

- Перемещаем  $k$ -го агента в узел  $j$ .

- Помещаем узел  $j$  в  $tabu u_k$ .

4. Обновление уровня популярности.

- Проходя из  $i$  в  $j$ , агент обновляет  $t_{ij}$ , используя следующее соотношение:

$$t_{ij} = (1-r) \cdot t_{ij} + r \cdot t_0,$$

где  $r$  – устойчивость уровня популярности маршрута.

Уровень популярности снижается при большом значении  $r$ , а это уменьшает шанс

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].