

$|PCM| = \text{sum} \{U(i) \text{ ДДМ.}Q(i), i = 1, 2, \dots, |ДДМ|\},$

$U(i) = (ДДМ.T(i) = a) + (ДДМ.T(i) = b), i = 1, 2, \dots, |ДДМ|$

(здесь предполагается, что **a** - переход, **b** - позиция сети).

Вывод о полезности применения реляционного подхода в конкретной задаче можно делать с учетом того, что изменение структуры моделируемой РТС не влечет необходимости изменения ВСО.

### Литература

1. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: Пер с англ. - М.: Мир, 1984. - 284 с.
2. Буч Г. Объектно-ориентированное с примерами применения: Пер с англ. - М.: Конкорд, 1992. - 519 с.

## ПОИСК И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДОПУСТИМЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ В УСТАНОВКАХ КОМПАУНДИРОВАНИЯ

Ревотюк М.П., Тихомирова Е.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, ул. П.Бровки, 6, кафедра ИТАС

Предлагается модель процесса управления маршрутами транспортировки компонент в установках компаундирования жидких или газообразных продуктов, позволяющая учесть в реальном времени технологические ограничения и условия реализации маршрутов. Рассматриваются алгоритмы поиска допустимых маршрутов и их представления посредством нумерации деревьев на графах.

**Ключевые слова:** дискретные процессы, оптимизация на графах, управление в реальном времени.

Технологические установки компаундирования, например, масла на нефтеперерабатывающих заводах, включают систему продуктопроводов, емкости для хранения исходных ингредиентов и готового продукта, насосы, задвижки, смесители. Задание на получение определенного продукта в некоторой емкости - приемнике характеризуется списком емкостей - источников, а требуемый состав выходного продукта обеспечивается установкой режимов работы активных элементов установки - насосов и задвижек. Предмет обсуждения здесь - решение в реальном времени задач координации активных элементов в процессе реализации динамически порождаемого множества маршрутов.

Технологическая установка в контексте задач управления маршрутами может быть представлена многодольным ориентированным графом. Вершины графа соответствуют активным элементам оборудования, а дуги отражают имеющиеся связи элементов. Разветвляющиеся продуктопроводы для учета свойства текучести также приходится представлять отдельной вершиной. Каждому отрезку продуктопровода, по которому возможно движение в обоих направлениях, должны соответствовать две дуги противоположной ориентации. Доли графа отражают классификацию вершин.

Формально задача поиска допустимых технологических маршрутов в системах компаундирования может быть определена следующим образом:

— дано задание  $T = \{S, D\}$ , где  $S$  — вершина-источник,  $D$  — вершина-приемник; необходимо на графе технологической установки найти все альтернативные трассы реализации задания  $T$ .

Допустимые трассы реализации задания характеризуются:

- наличием на соответствующем ей пути на графе некоторой активной вершины, например, насоса;
- вершины  $S$  и  $D$  могут совпадать, что соответствует заданиям на перемешивание содержимого емкости;
- хотя каждая трасса может быть задана перечнем вершин пути на графе технологической установки, с позиции управления интерес представляет состояние лишь активных вершин.

Представление допустимой трассы, в отличие от пути на графе, фактически должно соответствовать дереву достижимости вершин, представляющих с учетом свойства текучести задвижки в закрытом состоянии (исключая источник и приемник). Поиск такого дерева естественно реализуется после построения пути между вершинами  $S$  и  $D$ . Таким образом, базовая процедура алгоритма решения обсуждаемой задачи — перечисление путей и циклов на графе.

Для поиска всех допустимых технологических маршрутов в системе компаундирования может быть использован алгоритм поиска пути на графе «сначала вглубь, а затем в ширину» с полным перебором возможных путей из вершины-источника  $S$  к вершине — приемнику  $D$  [1]. Однако, учитывая потребность определения условий реализации маршрута в терминах состояния вершин графа, можно предложить эффективную по памяти и быстродействию модификацию известных алгоритмов поиска в глубину [1, 2].

Статическое описание графа технологической установки представлено в виде объединения структур смежности прямого и инвертированного описания связей вершин [2]:

**ndot** - количество вершин сети;

**narc** - количество дуг сети;

**pdot** - индексы списков исходящих дуг,  $|\text{pdot}| = \text{ndot}+1$ ;

**parc** - списки исходящих дуг,  $|\text{parc}| = \text{narc}$ ;

**bdot** - индексы списков входящих дуг,  $|\text{bdot}| = \text{ndot}+1$ ;

**barc** - списки входящих дуг,  $|\text{barc}| = \text{narc}$ ;

Состояние процесса поиска решения отображается на множествах:

**xmrk** - вектор меток вершин сети,  $|\text{xmrk}| = \text{ndot}$ ;

**xdot** - смещение индекса просмотренных дуг,  $|\text{xdot}| = \text{ndot}$ ;

**qdot** - область очереди анализируемых вершин,  $|\text{qdot}| = \text{ndot}$ ;

**prec** - массив предшествующих вершин дерева путей,  $|\text{prec}| = \text{ndot}$ .

Множество состояний отдельных вершин графа:

**passive** - пассивный элемент трассы;

**actived** - активный элемент трассы;

**visited** - просмотренная вершина сети;

**storage** - пропускаемая вершина трассы.

После построения очередного пути **P**, например, с помощью процедуры DFS [2] алгоритм представления трассы имеет вид:

1. Сброс пометок всех вершин графа.
2. Выделение активных вершин текущего пути: все вершины пути **P** получают метку **actived**.
3. Построение списков пассивных вершин для обеспечения реализуемости пути: для каждой вершины пути **P** построить дерево достижимости активных вершин графа (вершины пути следует рассматривать в обратном порядке). Алгоритм построения дерева достижимости активных вершин графа реализует волновую схему просмотра дуг графа без различия их ориентации.

Процедура ДОСТИЖИМОСТЬ(*i*) определяет условия протекания потока через активную вершину *i*:

— для всех вершин, смежных по входу либо выходу с текущей вершиной *i*, не являющихся активными, т.е. не имеющих метки **actived**:

- a) установить метку **passive**, означающую, например, закрытое состояние задвижки;

б) если вершина  $i$  представляет разветвляющийся отрезок продуктопровода или емкость, то для всех вершин  $j$ , смежных по входу либо выходу с текущей вершиной  $i$ , рекурсивно выполнить ДОСТИЖИМОСТЬ( $j$ ).

### Литература

1. Свами М., Тхуласираман К. Графы, сети и алгоритмы. - М.: Мир, 1984 - 455с.
2. Гудман С., Хидетниemi С. Введение в анализ и разработку алгоритмов. - М.: Мир, 1981. - 368 с.

## АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КООПЕРАТИВНЫХ СХЕМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДИСКРЕТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Тихомирова Е.В.  
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, ул. П.Бровки, 6, кафедра ИТАС

Объект рассмотрения – оценка потенциальной эффективности решения задач дискретной оптимизации на вычислительных сетях. Обсуждаются возможные схемы кооперации вычислительных ресурсов сети, необходимые и достаточные условия использования принципа накопления опыта, приводятся результаты аналитического и имитационного моделирования.

**Ключевые слова:** дискретная оптимизация, вычислительные сети.

Многие задачи дискретной оптимизации [1,2] можно характеризовать тройкой

$$Z = \langle V, P, S \rangle,$$

где  $V$  - множество вариантов объектов, подлежащих оценке по заданному критерию;  $P$  - процедура получения оценки качества для каждого варианта из множества  $V$ ;  $S$  - процедура реализации вычислительной схемы решения исходной задачи, определяющая порядок применения процедуры  $P$  к элементам  $V$ .

Известно, что построение в приемлемые сроки строгих и, вместе с тем, изящных в математическом отношении схем решения практических задач дискретной оптимизации в большинстве случаев не представляется возможным. Часто складывается ситуация, когда:

- имеется алгоритм и программа  $P$  решения задачи оценки отдельного варианта из множества  $V$ ;