

2. Тиунчик Д.В., Лобов С.Д. "Использование средств языка программирования DELPHI для написания приложений ведения баз данных" / Материалы Брестской региональной научно-практической конференции молодых ученых "Математика и ЭВМ-98", Брест, 1998. — С.44.

## **КОНСТРУКТИВНАЯ КОМПОЗИЦИЯ СТРУКТУР СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Бортник Е.М., Ревотюк М.П.

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

Рассматривается задача формального конструирования исполнительных версий сетевых интерпретируемых моделей в системах управления реального времени. Предлагаемый реляционный подход к структуризации моделей дискретных процессов оценивается как средство сокращения трудоемкости формализации и конструктивная основа объектно-ориентированного проектирования систем управления организационно-технологического уровня.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, сети Петри, реляционные операции.

Известно, что наиболее привлекательным видом моделирования дискретных процессов с регулярной структурой являются сети Петри и их расширения [1]. Ориентация сетей Петри на отражение свойства восприимчивости реальных систем к локальным изменениям переменных состояния весьма удобна как при формализации дискретных процессов со сложными асинхронными взаимодействиями, так и реализации технологий объектно-ориентированного проектирования и программирования [2]. Цель исследования — разработка формального аппарата структурных преобразований имитационных моделей на основе расширенных сетей Петри применительно к задачам управления системами организационно-технологического уровня.

Сущность задачи конструирования структурированных сетевых описаний поясним на примере моделирования робототехнической системы (РТС) с линейным размещением оборудования. Пусть моделируемая РТС, предназначенная для обработки транспортных партий деталей (ТПД), включает комплект обрабатывающего и накопительного оборудования и транспортный робот (ТР).

Предварительный анализ позволяет выделить в процессе функционирования РТС три качественно различные составляющие: прохождение ТПД по тех-

нологическому маршруту, обработка ТПД на некоторой операции и транспортировка ТПД к месту выполнения очередной операции.

Для построения рекуррентного описания каждая выделяемая составляющая должна иметь хотя бы один общий элемент, интерпретируемый как ресурс. В рассматриваемом варианте РТС таким общим элементом является ТПД. Выделенные составляющие можно представить в виде сетевых моделей: модель процесса обработки ТПД на единице оборудования, модель процесса функционирования ТР и модель прохождения ТПД по соответствующему технологическому маршруту.

Получение полной модели РТС означает объединение сетевых описаний ее элементов. Принципиально такое объединение можно реализовать путем графического изображения всех фрагментов и последующего кодирования графа полной сети. Общеизвестный недостаток такого подхода — громоздкость описания и значительный объем ручной работы при его кодировании. Далее будет показан более эффективный способ создания полной сетевой модели РТС, основанный на ее реляционном представлении.

Предварительный анализ фрагментов сетевых моделей показывает, что их общее реляционное описание представимо тройкой отношений — декларации доменов модели (ДДМ), описания структуры смежности (ОСС) и описания элементов модели (ОЭМ).

Отношение ДДМ определяет словарь используемых отношений:

$$\text{ДДМ} := [I, Q, T],$$

где I — идентификатор; Q — кардинальное число; а T — тип элемента сетевой модели, например, переход, позиция, вершина графов транспортной сети или технологических маршрутов.

Отношение ДДМ по определению нормализовано. Каждый из доменов ассоциируется на содержательном уровне либо с одним из элементов РТС, либо с некоторой связью между элементами РТС.

Связь фрагментов сетевого описания определяется отношением описания структуры смежности:

$$\text{ОСС} := [X, Y, W].$$

Для определения ОЭМ в рассматриваемом варианте РТС естественно выделение следующих временных параметров, относящихся к одной единице обрабатывающего или накопительного оборудования:

ТВ1 — продолжительность обработки ТПД;

ТВ2 (ТВ3) — продолжительность перемещения ТР к соседней единице оборудования, размещенной справа (слева),

ТВ8 (ТВ9) — продолжительность погрузки (разгрузки) ТПД.

Нормализованное отношение ОЭМ имеет вид

ОЭМ := [ТВ1, ТВ2, ТВ3, ТВ8, ТВ9].

Таким образом, сетевое рекуррентное описание РТС можно представить в реляционном виде как совокупность формально интерпретируемых таблиц нормализованных отношений. Назовем такое описание виртуальным сетевым описанием (ВСО). Его последующее использование неизбежно требует "развертывания" в полную сетевую модель, называемую далее реальной сетевой моделью (РСМ). Статическое описание РСМ определяется отношением структуры смежности вершин  $X(i): \{<Y(i, j), w(X(i), Y(i, j))>\}$ ,  $Y(i, j) \in X(i)$  и векторной функцией задержки переходов сети  $A(i) : D(i)$ . Здесь  $x'(\cdot)$  — вершины, смежные по выходу с вершиной  $x$ .

Формально связь ВСО и РСМ задается графами компоновки оборудования и технологических маршрутов. Вершины таких графов по содержательной интерпретации совпадают, а дуги отражают пространственно-целевые связи материальных потоков.

Для построения РСМ необходимо:

- образовать множества экземпляров элементов ВСО, соответствующих вершинам и позициям РСМ;
- связать элементы РСМ по схеме, представляемой отношением ОСС.

Алгоритм преобразования ВСО в РСМ имеет вид.

Шаг 1. Вычисление уникальных идентификаторов элементов РСМ, используя данные отношения ДДМ.

Шаг 2. Грамматический разбор фраз  $X$  и  $Y$  из кортежей отношения ОСС.

Шаг 3. Проверка допустимости образования ассоциации между базовыми множествами  $X$  и  $Y$ .

Шаг 4. Образование множеств элементарных ассоциаций  $\langle\{x\}, \{y\}, W\rangle$  с исключением кортежей с пустыми значениями элементов  $x$  и/или  $y$ .

Шаг 5. Преобразование описания РСМ в формат статического описания сетевой модели.

Эффективность применения ВСО можно определить сравнением размерностей ВСО и РСМ:

$$|ВСО| = \sum\{U(i), i = 1, 2, \dots, |ДДМ|\},$$

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

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

(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.