

УДК 658.512.22

В. М. КУЗЬМЕНКО, Л. Ф. НЕНЬКО

МЕТОД ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИДЕОГРАФИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Имитационное моделирование является одним из основных средств изучения систем различного класса [1]. Однако широкое использование методов имитационного моделирования сдерживается необходимостью привлечения для разработки имитационных моделей специалистов и необходимостью проверки их адекватности реальному процессу [2]. Для устранения этих проблем предложено использование в качестве основного элемента модели технологического процесса идеограммы (рис. 1), который имеет 3-уровневую структуру [3]. Под идеограммой Id_o ($o = \overline{1, O}$) понимается [3] совокупность логического (l), концептуального (k) и физического (f) уровней описания элементов технологического процесса.

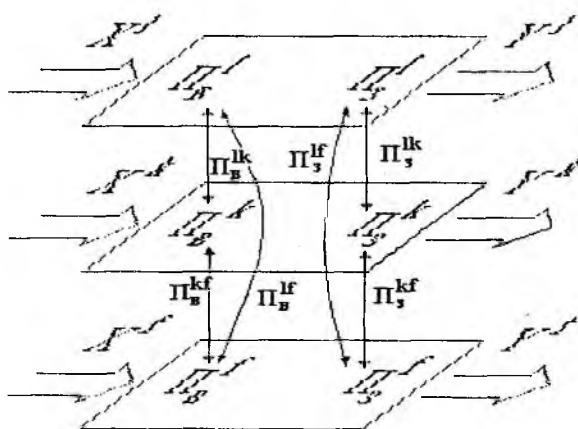


Рис. 1. Структура идеографического элемента.

Логический уровень описания элемента – это визуальное изображение определенного элемента технологического процесса, физический – это программный модуль-модель элемента технологического процесса, а концептуальный – система соглашений и правил, позволяющие преобразовывать логическое описание в физическое, и наоборот. Идеографический элемент выполняет определенную функцию $Y = F(X)$, описывается планом содержания Ps и планом отображения Po , аксиомой e и порогом вычисления p [3]. Под планом содержания Ps идеографического элемента Id_o понимают математическое выражение, описывающее как преобразования входных переменных в выходные, так и способ этого преобразования, под планом отображения Po – графическое отображение этого преобразования, под аксиомой e – количество и степень отношения между входными и выходными переменными, а под порогом вычисления p – количество входов в идеограмме. Считается, что идеографическая сеть Is однозначно описывает моделируемую систему. Использование идеографического подхода для конкретного приложения требует конкретизации списка идеографических элементов, их планов отображения, аксиом и порогов вычисления.

Формализация технологических процессов экспедирования периодических изданий [5] позволяет отнести их к системам массового обслуживания, которые достаточно полно описываются как Q -схемы в виде [4]:

$$Q = (W, Ob, Sp, S, B, A), \quad (1)$$

где W – подмножество входящих потоков заявок; Ob – подмножество потоков обслуживания; B – оператор сопряжения элементов структуры; Sp – подмножество собственных параметров; A – оператор алгоритмов обслуживания заявок; S – оператор состояний элементов системы.

Алгоритмическую модель процесса обработки заявок в системах массового обслуживания можно представить как

$$Am = \langle \{a_q\}, \beta, In \rangle, \quad (2)$$

где a_q – совокупность элементарных операторов; β – линейный порядок на $\{a_q\}$; In – инициатор выполнения последовательности операторов a_q .

Структура элементарного оператора имеет вид $a_q = \langle a_q^c, a_q^y \rangle$, где a_q^c, a_q^y – q -е элементарные операторы состояния и условия, соответственно. Элементарный оператор a_q^y формирует условия, при выполнении которых происходит сцепление оператора a_q со следующим оператором a_{q+1} путем некоторого логического условия, а оператор a_q^c – вычисляет состояние S_q процесса ($S_q \in S$). Инициатором In выполнения последовательности операторов a_q является поток заявок на обслуживание W_q . Поэтому $a_q^y = \langle a_q^t, a_q^n \rangle$, где a_q^t – задает момент времени сцепления инициатора In с оператором a_{q+1} , а a_q^n – логическое условие. Совокупность $\langle \{a_q\}, \beta \rangle$ представляет собой трек инициатора In . Анализ операторов a_q позволяет выделить базовый набор операторов $\{a^{\bar{b}}\}$, полагая, что для любого a_q можно найти соответствующий оператор $a^{\bar{b}}$. К основным базовым операторам, которые описывают технологический процесс экспедирования периодических изданий, можно отнести: оператор накопления $a_n^{\bar{b}}$, оператор задержки на обслуживание $a_3^{\bar{b}}$, оператор объединения потоков в один $a_o^{\bar{b}}$, оператор разделения потоков $a_p^{\bar{b}}$.

Оператор накопления $a_n^{\bar{b}}$ обеспечивает накопление элементов входящего потока до заданного количества. Оператор задержки на обслуживание $a_3^{\bar{b}}$ имеет две разновидности: $a_3^{\bar{b}}(\Delta t)$ – задержки на время Δt , $a_3^{\bar{b}}(\tau)$ – задержки на время τ . Операторы $a_3^{\bar{b}}(\Delta t)$ и $a_3^{\bar{b}}(\tau)$ отличаются тем, что первый из них осуществляет задержку на стандартное время, которое равно Δt и которое заранее определено, а второй – задержку на изменяемое время τ , которое задается перед выполнением операции задержки. Операторы объединения потоков $a_o^{\bar{b}}$ и их разделения $a_p^{\bar{b}}$ имеют две разновидности: $a_o^{\bar{b}}(c), a_p^{\bar{b}}(c)$ – свободного объединения и разделения потоков соответственно; $a_o^{\bar{b}}(y), a_p^{\bar{b}}(y)$ – управляемого объединения и разделения потоков соответственно.

ков соответственно. При свободном объединении заявки объединяются в единый поток по мере поступления, а при разделении – по мере освобождения выходов. При управляемом – объединение и разделение потоков осуществляется с использованием определенного закона (алгоритма). В соответствии с идеографическим подходом каждый из базовых операторов представляется в виде элементарных идеограмм. Кроме того, так как технологическое оборудование и помещение, в котором оно размещено, имеет определенные пространственные размеры, то идеографический элемент должен соответствовать определенной единице оборудования, которая имеет свои пространственные размеры. Для идеографического описания процессов экспедирования периодических изданий выбраны квадратные размеры идеографического элемента. Это позволило ограничить суммарное количество входов и выходов идеографического элемента четырьмя.

Идеографическое описание структуры технологического процесса строится на основе использования:

1. Макета помещения, в котором располагается технологическое оборудование. Макет помещения является совокупностью ячеек графической матрицы

$$Zm = \{Zm_{\varepsilon\chi}\}, (\varepsilon = \overline{1, E}, \chi = \overline{1, X}).$$

Ячейки матрицы делятся на два вида: $Zm_{\varepsilon\chi}^c$ – ячейки занятые строительными элементами: колонами, лестницами, окнами, стенами и т. п.; $Zm_{\varepsilon\chi}^o$ – ячейки, используемые для размещения технологического оборудования. Макет помещения строится путем определения его размеров, размеров ячеек и заполнения их идеограммами строительных элементов Id^c ;

2. Идеограмм элементов (устройств) технологического процесса Id_o .

3. Идеограмм элементов (устройств) технологического процесса Id_o . Идеограммы элементов технологического процесса представляют собой графическое изображение конкретных технических устройств и рабочих мест обработки периодических изданий, входящих в технологический процесс.

Идеографическая сеть Is технологического процесса, в этом случае, является совокупностью ячеек:

$$Is = \{Zm_{\varepsilon\chi}^c, Zm_{\varepsilon\chi}^o\}, \quad (3)$$


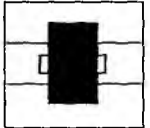
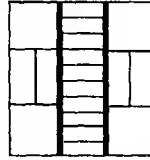
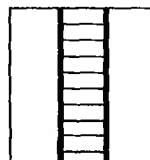
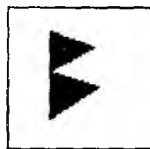
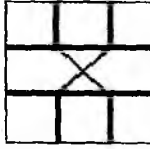
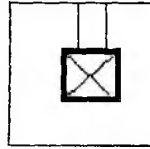
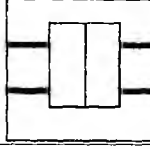
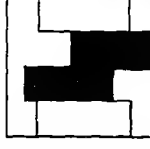
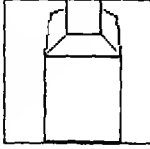
где $Zm_{\varepsilon\chi}^c$ – строительные элементы помещения; $Zm_{\varepsilon\chi}^o$ – элементы технологического оборудования.

Палитра идеографических элементов $Id = \{Id_o\}$ состоит из палитры технологического оборудования $Id^o = \{Id_o^o\}$ (табл. 1) и палитры строительных элементов $Id^c = \{Id_o^c\}$ (табл. 2).

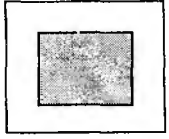
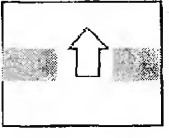

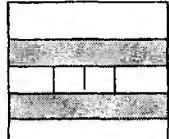
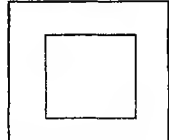
Синтез идеографической модели (Is) выполняется с использованием следующих правил [3]:

- объединение Id_o в Is осуществляется с учетом ориентации дуг идеографических элементов;
- идеографический элемент может иметь несколько входов и выходов, но их общее число не должно превышать четырех;
- выходные данные идеографического элемента Id_o являются входными данными другого Id_o , ($o' \in O$), если они имеют совместную аксиому e и порог p вычисления;

Палитры идеографических элементов технологического оборудования

Id_o^o	Класс	Наименование	Назначение	Примечание	Идентификатор	$По(Id_o^o)$
1	Транспортеры	Главный подвесной конвейер	Транспортирование газетного потока	Могут быть подключены к газетным транспортерам с одинаковой высотой	K1	
2		Потоковый конвейер	Передача пачки на обработку		K2	
3	Транспортеры	Главный роликовый конвейер со снятием пачек	Снятие пачек со стола выклада с последующей передачей на обработку	Отправляет пачки на пачковязальную машину	K3	
4		Главный роликовый конвейер без снятия пачек	Транспортирование газетного потока	Снятие пачек вручную	K4	
5	Машина печати	Фальц-аппарат	Создание потока сфальцованных газет	Подключение к газетному транспортеру	M1	
6	Распределительные устройства	Пневматический отсекатель	Передача определенного количества пачек на каждую точку погрузки	Устанавливаются поперек конвейера	R1	
7		Неподвижный отсекатель	Передача пачек, которые остались, в точку погрузки	Устанавливаются поперек конвейера	R2	
8	Устройство формирования стоп	Стол выклада	Формирования пачек из потока газет		S1	
9		Пачковязальная машина	Крестообразная обвязка пачек		S2	
10	Транспортные средства	Автомобиль	Транспортирование посылов	Погрузка в соответствии с документами	T1	

Палитра идеографических строительных элементов

Наименование строительного элемента	Данные об установке	Габаритные размеры	Идентификатор	$Po(Id_o^c)$
Колона		1×1	Col	
Дверной проем	Прямо	2×3	Exe	
Стена помещения	Горизонтально	0,7	St1	
Оконный проем	Горизонтально	3	W1	
Отверстие между этажами		2×2	Ot	

– комплексирование идеографических элементов в идеографическую сеть осуществляется на основе планов отображения $Po = \{Po^l, Po^k, Po^f\}$, а проверка правильности комплексирования – на основе плана содержания $Pc = \{Pc^l, Pc^k, Pc^f\}$;

– возможность объединения двух идеографических элементов в ансамбль $Id \in (Id_o, Id_o')$ определяется аксиомой вычисления $e(Id_o, Id_o')$.

Полученные результаты позволили разработать процедуры построения идеографической модели технологического процесса и процедуры генерации имитационной модели процесса.

Идеографическая модель технологического процесса строится на основе использования палитры идеографических элементов путем размещения их в матрице, соответствующей размерам производственного помещения, в котором выполняется экспедирование периодических изданий (рис. 2). Оценка правильности компоновки идеографической сети Is осуществляется на каждом шаге размещения идеографических элементов Id_o в матрице путем проверки правил синтеза. На основе полученной идеографической модели технологического процесса Is генерируется имитационная модель технологического процесса $M(Tn)$.

Описанный выше метод использован для разработки системы имитационного моделирования технологических процессов экспедирования периодических изданий. Система реализована в среде Windows на языке Visual C++.

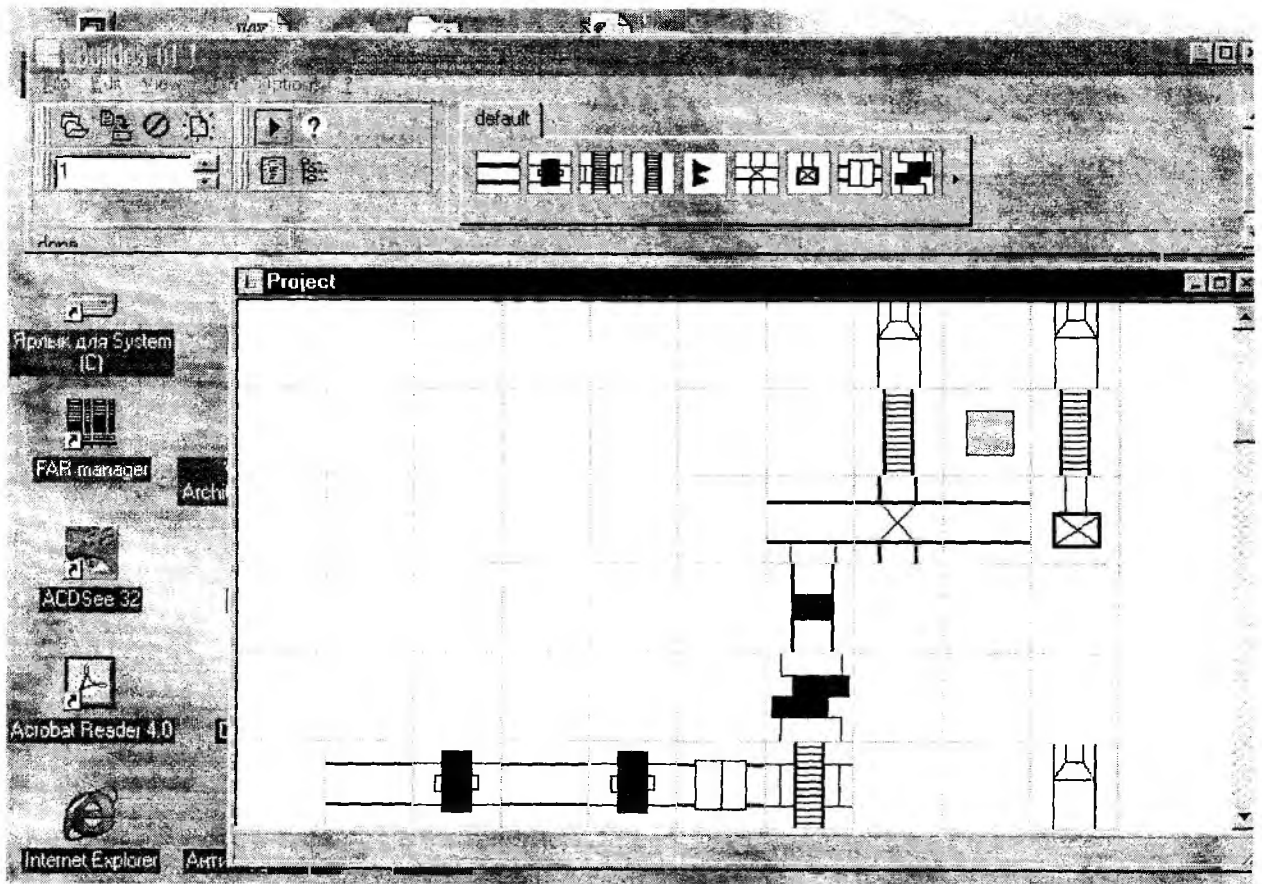


Рис. 2. Диалоговая среда системы имитационного моделирования.

Список литературы: 1. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М: Наука, 1978. 399 с. 2. Разработка САИР: В 10 кн. Кн. 9: Имитационное моделирование: Практик. пособие / В.М. Черненький; Под ред. А.В. Петрова. М: Высш. шк., 1990. 112 с. 3. Кузьменко В.М. Інформаційна технологія імітаційного моделювання на основі ідеографічного підходу // Вестник ДМСА, 1999. № 3. С. 24-37. 4. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. М: Высш. школа, 1985. 271 с. 5. Кузьменко В.М., Ненько Л.Ф. Задача составления оптимального расписания формирования сборных пачек при экспедировании // Радиозлектроника и информатика, 2000. № 2. С. 54-56.

Поступила в редколлегию 3.11.2000.