

СЕТИ ПЕТРИ, КАК МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Д.Н. Ахунов, к.т.н., доцент

Набережночелнинский государственный педагогический
университет, Набережные Челны,
dam-ahunovv@yandex.ru

В данной статье приведены исследования по построению математических моделей, ориентированных на решение разнообразных задач моделирования, анализа и синтеза технологических систем с использованием сети Петри.

Ключевые слова: системный подход, математическая модель, сеть Петри, мультиграф

PETRI NETS, AS A MATHEMATICAL DEVICE AT THE MODELING OF CHEMICAL-TECHNOLOGICAL SYSTEMS

D.N. Akhunov, Ph. D., associate Professor

Naberezhnye Chelny state pedagogical University, Naberezhnye Chelny,
dam-ahunovv@yandex.ru

This article presents research on improving the management system of powder production in the framework of the strategy of the system approach and new information technologies at the level of ACS shop.

Key words: system approach, mathematical model, Petri net, multigraph

При исследовании разнообразных производственных проблем в промышленности выдвигается новая концепция проектирования, модернизации и эксплуатации производственных систем, совмещающая последние достижения науки с применением компьютеров – системный подход [3-5].

Моделирование в системном анализе является центральной процедурой. Модели непрерывных процессов представляют собой системы уравнений (дифференциальных, в частных производных, алгебраических полиномов, на основе регрессионного анализа и т.д.), и решаются, как правило, численно с помощью итерационных схем [1,2,6]. В настоящее время разработаны, и активно используются целые программные пакеты для решения таких задач.

На современном этапе появились системы, не имеющие аналогов по сложности и масштабам, неподдающиеся описанию традиционными математическими методами. Например, это системы управления

функционированием аэропорта, системы ПВО страны, многономенклатурные гибкие технологические системы с периодической организацией техпроцессов. Все они относятся к классу дискретных динамических систем (ДДС) [7]. Производство порохов является классическим примером ДДС. Функционирование ДДС зависит от взаимодействия множества дискретных событий (поступления сигнала, начала или завершения процесса, смены ситуации). Задача построения модели ДДС заключается в определении множества ее состояний и закономерностей их смены.

Для построения моделей, ориентированных на решение разнообразных задач моделирования, анализа и синтеза технологических систем, использованы сети Петри (СП) [8-11, 13].

Аналитически сеть Петри определяется как

$$C_0 = \langle P, T, I, O, M_0 \rangle, \quad (1)$$

где $P = (p_1 \ p_2 \dots p_n)$ – множество позиций; $T = (t_1 \ t_2 \dots t_m)$ – множество переходов; $P \neq \emptyset, T \neq \emptyset, P \cup T = \emptyset$; $I: T \rightarrow P$ – входная функция: отображение из множества переходов в комплекты позиций; $O: T \rightarrow P$ – выходная функция: отображение из множества переходов в комплекты позиций; $M: p \rightarrow N$ – маркировка СП, отображение множества позиций P во множество целых неотрицательных чисел N . $M = (m_1 \dots m_n)$ – n -мерный вектор, значения его компонентов равны числу меток в соответствующих позициях:

$$m_i = M(p_i), \ 1 \leq i \leq n. \quad (2)$$

Маркировка описывает текущее состояние сети. Перемещения меток по сети представляют собой совокупность локальных действий – срабатываний переходов и отображают смену дискретного состояния исследуемой системы.

Графовым представлением сетей Петри (СП) является двудольный ориентированный мультиграф [12]

$$G = (V, A), \quad (3)$$

где $V = \{v_1, v_2, \dots, v_s\} = \text{PUT}$ -множество вершин, включающее два непересекающихся подмножества: позиций $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ и переходов $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$, $P \cap T = \emptyset$;

$A = \{a_1, a_2, \dots, a_r\}$ -множество ориентированных дуг $a_i = \{v_j, v_k\}$, если $v_j \in P$ то $v_k \in T$, либо если $v_j \in T$, то $v_k \in P$.

В соответствии с этим при графическом представлении сети Петри позиции обозначаются кружком, переходы – планкой (см рис.1).

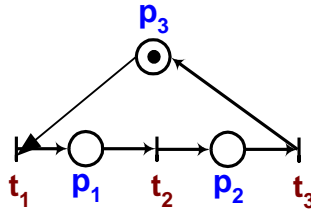


Рис.1. Граф модели аппарата периодического действия

Матричное задание сетей Петри используется при их компьютерном исследовании и определяется следующим образом:

$$C_1 = \langle P, T, I, O, M_0 \rangle, \quad (4)$$

где $P = (p_1 \ p_2 \ \dots \ p_n)$; $T = (t_1 \ t_2 \ \dots \ t_m)$; $P \neq \emptyset, T \neq \emptyset, P \cup T = \emptyset$;

$I(p, t)$ – матрица размерности $m \times n$, элементы которой равны нулю или кратности входной дуги $a_{ij} = \{p_j, t_i\}$, соединяющей позицию p_j с переходом t_i ;

$O(p, t)$ – матрица размерности $m \times n$, элементы которой равны нулю или кратности выходной дуги $a_{ij} = \{t_i, p_j\}$, соединяющей переход t_i с позицией p_j .

Переход t является разрешенным, если

$$\forall p_i \in P \ M(p_i) \geq I(p_i, t). \quad (5)$$

При срабатывании разрешенного перехода t_i маркировка $M = (m_1, \dots, m_n)$ изменяется по следующим правилам:

$$\forall p_i \in P \ m_i = M(p_i) - I(p_i, t_i) + O(p_i, t_i), \quad (6)$$

$$\text{или } M = M - I(t_i) + O(t_i), \quad (7)$$

где $I(t_i)$ и $O(t_i)$ строки матриц входной и выходной функции.

При моделировании аппаратов – элементов – использована следующая формализация функционирования. Переход t_1 моделирует вход аппарата, срабатывание его моделирует загрузку аппарата, срабатывание перехода t_2 моделирует реализацию техпроцесса в аппарате. Срабатывание перехода t_3 моделирует разгрузку аппарата. Позиции p_1, p_2, p_3 моделируют состояния аппарата – ожидание загрузки, ожидание реализации техпроцесса, ожидание разгрузки. В позиции помещают метки, которые будут интерпретировать порции полупро-

дуга в аппаратах. Аппарат занят, если $M(p_3)=0$; аппарат готов начать технологический цикл, если $M(p_3)=1$. По графическому описанию строятся матричное и аналитическое описания (см. табл.1).

Таким образом, построена модель аппарата периодического действия, обрабатывающего одну порцию полупродукта.

Таблица 1.

Описание модели

Аналитическое задание	Матричное задание
$C_0 = \langle P, T, I, O, M_0 \rangle$	0 0 1
$P=(p_1, p_2, p_3)$	$I(p, t) =$ 1 0 0
$T=(t_1, t_2, t_3)$	0 1 0
$I(t_1)=\{p_3\}$ $O(t_1)=\{p_1\}$	1 0 0
$I(t_2)=\{p_1\}$ $O(t_2)=\{p_2\}$	$O(p, t) =$ 0 1 0
$I(t_3)=\{p_2\}$ $O(t_3)=\{p_3\}$	0 0 1
$M=(0\ 0\ 1)$	$M = (0\ 0\ 1)$
	$M1=M-I(t1)+O(t1)=(001) - (001)+(100)=(100)$

Аналитическое описание применяется для сетей большой размерности, а матричное описание удобно при их программной реализации.

Выполнение сети имитирует функционирование производства в оптимальном для компьютерных расчетов режиме. Предложенная формализация элементов производственной системы в терминах теории сетей Петри, позволяет моделировать сетями Петри функционирование типовых аппаратов, и всего производства.

Список литературы

1. Гибкие производственные комплексы. – Под ред. Беянина П.Н. и Лещенко В.А., М.: Машиностроение, 1984, 384 с.
2. Гибкое автоматическое производство / Под общ. ред. Майорова С.А. и Орловского Г.В. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд., 1983, 376 с.
3. Кафаров В.В., Перов В.Л., Мешалкин В.П. Принципы математического моделирования химико-технологических систем. М.: Химия, 1974.
4. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. М.: Химия, 1971, 496 с.
5. Кафаров В.В., Ветехин В.Н. Основы автоматизированного проектирования химических производств.-М: Наука, 1987, 623 с.
6. Кафаров В.В., Макаров В.В. Гибкие автоматизированные системы в химической промышленности.-М.: «Химия», 1990.

7. *Кафаров В.В.* Гибкие автоматизированные производственные системы химической промышленности. //Ж. ВХО им.Д.И.Менделеева, т XXXII, в.3, 1987, с.252-258.

8. Методы параллельного микропрограммирования./Под ред. Бадман О.Л. Новосибирск: Наука, 1981.

9. *Patil S.S.*, Circuit implementation of Petri nets. CSG Memo. 73, Proj. MAC, MIT, Cambridge, Mass., Dec. 1972.

10. *Patil S.S.*, Dennis J.B. The description and realization of digital systems. RAIRO, 1973, No1.

11. *Patil S.S.* An asynchronous logic array. Techn. Memo. 62. Proj. MAC, MIT, Cambridge, Mass., 1975.

12. *Питерсон Дж.* Теория сетей Петри и моделирование систем тем: Пер. с англ. М.: Мир, 1984, 264с.

13. *Таль А.А.*, Юдицкий С.А. Иерархия и параллелизм в сетях Петри.//Автоматика и телемеханика, 1982, N7, N9.

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ И ЗАДАЧИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ЦИКЛЕ ДИСЦИПЛИН СТУДЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

С.Г. Буютова, старший преподаватель

Набережночелнинский институт ФГАОУ ВПО

«Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Набережные Челны,

sbuyatova@yandex.ru

В работе рассматривается разработка практико-ориентированных задач для способствования формированию профессиональных качеств будущего строителя.

Ключевые слова: образовательная концепция, практико-ориентированные задания и задачи

PRACTICE ORIENTED TASKS AND PROBLEMS IN A PROFESSIONAL CYCLE OF DISCIPLINES OF STUDENTS OF CIVIL ENGINEERING

Buyatova S.G. senior lecturer

Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

sbuyatova@yandex.ru