

УДК 330.46

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

САВДУР СВЕТЛАНА НИКОЛАЕВНА,

К.Т.Н., доцент

СТЕПАНОВА ЮЛИЯ ВАСИЛЬЕВНА

К.С.Н., доцент

Казанский федеральный университет,
Институт управления, экономики и финансов

Аннотация: в статье рассматривается один из возможных подходов к моделированию сложных экономических систем. На основе проведенного обзора основных методов моделирования дискретно-непрерывных экономических систем (ЭС) обоснована целесообразность использования аппарата теории сетей Петри (СП) для моделирования подобных систем. Предложено использовать модификацию сетей Петри, ориентированную на моделирование и анализ дискретно-непрерывных ЭС.

Ключевые слова: модифицированные сети Петри, сложная система, модель, экономические системы, компьютерное моделирование.

MODELING OF ECONOMIC SYSTEMS BASED ON MODIFIED PETRI NETS

Savdur Svetlana Nikolaevna,
Stepanova Juliya Vasilyevna

Abstract: the article considers one of the possible approaches to modeling complex economic systems. Based on the review of the main modeling methods of discrete-continuous economic systems, it substantiates expediency of using the theory of Petri nets (PN) for modeling such systems. It is proposed to use a modification of Petri nets which is focused on modeling and analysis of discrete-continuous economic systems.

Key words: modified Petri nets, complex system, model, economic system, computer modeling.

Современные экономические системы обладают одновременно структурной и поведенческой сложностью. Существующее понятие уровня сложности определяется количеством элементов того или иного вида, их связей и взаимосвязей, «отношений порядка» между ними [1, 320]. Поведенческую сложность можно связать с поведением системы во времени и присутствием в экономических системах процессов управления. Под управлением системой понимают процесс, ориентирующий некоторую систему на достижение определенной цели [1, 320].

Эффективность функционирования таких систем можно обеспечить с помощью современных методов обработки информации, применяя методы системного анализа сложных объектов на основе тематического описания процесса.

Одним из основных направлений исследования сложных систем является информационный под-

ход на основе математического моделирования объекта [2, 226]. Математическое моделирование и компьютерные эксперименты с моделью-заменителем объекта являются эффективным средством, позволяющим создавать системы управления, рассматривать поведение объекта во внештатных ситуациях, оценивать его структуру и законы управления, а также учитывать стохастическую природу возмущающих воздействий. Выделяют два подхода к моделированию реальных объектов. В соответствии с первым подходом объект представляется в виде динамической системы с непрерывной переменной. В соответствии со вторым подходом объект представляется в виде динамической системы с дискретными событиями (ДСДС) [2, 226].

К классу ДСДС относятся также дискретно-непрерывные экономические системы. Решение задач организации управления подобных дискретных динамических систем требует применения специальных математических методов. Традиционно для этих целей используются методы конечных автоматов, логико-лингвистического и имитационного моделирования, а также аппарат теории графов и сетей, сети Петри (СП) [3, 264]. На основе сравнительного анализа в качестве основного аппарата математического моделирования выбран аппарат теории СП. СП позволяют моделировать дискретные параллельные асинхронные процессы, получать графическое представление сети, описать системы на различных уровнях абстракции, представить системную иерархию [4, 1192], анализировать модели с помощью современных пакетов прикладных программ.

Для описания экономических систем нами предлагается использование N-схем, опирающихся на математический аппарат сетей Петри, одним из достоинств которого является возможность представления сетевой модели как в аналитической форме, с возможностью автоматизации процесса анализа, так и в графической форме с обеспечением наглядности разрабатываемой модели [4, 1192].

При анализе структурных и функциональных схем следует учитывать основное ограничение формализма N-схем, которое состоит в том, что они не учитывают временные характеристики моделируемых систем, так как время срабатывания перехода считается равным нулю. Учитывая эти условия, нами предложены МСП [5, 231]. Модификация сетей Петри - сеть Петри вида $C = \langle P, T, I, O, M, L, \tau_1, \tau_2 \rangle$,

где $T = \{t_j\}$ – конечное непустое множество символов, называемых *переходами*.

$P = \{p_i\}$ – конечное непустое множество символов, называемых *позициями*.

$I: P \times T \rightarrow \{0, 1\}$ – входная функция, которая для каждого перехода t_j задает множество его позиций $p_i \in I(t_j)$.

$O: P \times T \rightarrow \{0, 1\}$ – выходная функция, которая отображает переход в множество выходных позиций $p_i \in O(t_j)$.

$M: P \rightarrow \{1, 2, 3, \dots\}$ – функция маркировки (разметки) сети, которая ставит в соответствие каждой позиции неотрицательное целое число, равное числу меток в данной позиции, которое меняется в процессе работы сети.

Срабатывание перехода мгновенно изменяет разметку $M(p) = (M(p_1), M(p_2), M(p_3) \dots M(p_n))$ на разметку $M'(p)$ по следующему правилу:

$$M'(p) = M(p) - I(t_j) + O(t_j) \quad (1)$$

Запись уравнения (1) означает, что переход t_j изымает по одной метке из каждой своей входной позиции и добавляет по одной метке в каждую из выходных.

$L = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$ – множество цветов меток маркировки.

Метки интерпретируются как дискретные потоки (финансовые, материальные или информационные).

$\tau_1: T \rightarrow N$ и $\tau_2: P \rightarrow N$ функции, определяющие время задержки при срабатывании перехода и время задержки в позиции.

Динамика выполнения МСП определяется движением меток, моделирующих движение дискретных потоков.

Таким образом, рассмотренная модификация сетей Петри позволяет решать следующие задачи [5]:

1. Анализ функционирования элементов системы в условиях нештатных ситуаций.
2. Анализа переключения управления на сетевом уровне.
3. Анализа системы для обеспечения устойчивого, стабильного состояния.

Список литературы

1. Кобелев, Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем. – М.: Дело. - 2003. – 336с.
2. Савдур С.Н., Понкратова С.А. Системный подход в моделировании технологического процесса очистки нефтесодержащих сточных вод // Вестник технологического университета. – 2010. - №7. – С. 218 – 226.
3. Питерсон, Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М.: Мир. - 1984. – 264 с.
4. Fesina, E., Savdur, S. Modeling of Sewage Bioremediation as a Modified Petri Net (2014) World Applied Sciences Journal 31 (6), pp. 1191-1197.
5. Азимов Ю.И. Технологический модуль очистки нефтесодержащих сточных вод // Известия КазГАСУ. – 2009. - № 2 (12). - С. 227 – 232.