О АНАЛИЗЕ И СИНТЕЗЕ МОДЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ КОМПОНЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

ON THE ANALYSIS AND SYNTHESIS OF MODELS OF PRODUCTION SYSTEMS BASED ON COMPONENT MODELING

Лукьянова Е.А.
кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры алгебры и функционального анализа ТА КФУ имени В.И. Вернадского,
г. Симферополь, Россия, lukyanovaea@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены возможности одного из расширений формализма сетей Петри – компонентной сети Петри для анализа и синтеза сложных систем.

Summary. The article considers the possibility of one of the extensions of the Petri nets formalism – the component Petri net for the analysis and synthesis of complex systems.

Ключевые слова: сложная система, сеть Петри, компонентная сеть Петри, производственная система.

Keywords: complex system, Petri Net, componental Petri Net, production system.

Современные динамические производственные системы представляют собой системы сложной структурной и функциональной организации, состоящие из нескольких или многих взаимосвязанных и взаимозависимых объектов, многим из них присущ параллелизм. Построение моделей таких систем требует использования адекватных математических моделей. Качество моделирования системы зависит от выбранного инструмента моделирования, от того, насколько явно он отражает свойства системы и особенности ее поведения. Многочисленные исследования в области теории сетей Петри широко демонстрируют возможности формализма этих математических моделей, изучение структурных и динамических свойств которых даёт полную характеристику исследуемой динамической системы. Формализм сетей Петри для моделирования параллельных распределённых систем значительно улучшается при использовании компонентной сети Петри. Компонентная сеть Петри (*CN*-сеть) – сеть, в которой выделены составные компоненты: компоненты-места Cp и компоненты-переходы Ct, что позволяет значительно сокращать размеры модели, не теряя при этом адекватности описания исходной исследуемой системы.

Формально компонентная сеть Петри определяется [1] пятёркой

$$CN = (P, T, F, W, M_0),$$

где P – конечное множество мест, состоящее из подмножеств P_1 и P_2 (P_1 – конечное множество компонент-мест, P_2 – конечное множество мест, понимаемое в обычном смысле мест сетей Петри, оставшихся после выделения компонент-мест); T – конечное множество переходов, состоящее из подмножеств T_1 и T_2 (соответственно множество компонент-переходов, и множество переходов, понимаемое в обычном смысле переходов сетей Петри, оставшихся после выделения компонент-переходов), $F \subseteq P \times T \bigcup T \times P$ – отношение инцидентности между местами и переходами, $W : F \to N \setminus \{0\}$ – функция кратности дуг, M_0 – начальная разметка сети. Множества P и T удовлетворяют следующим условиям: $P \neq \varnothing$, $T \neq \varnothing$, $P \bigcap T = \varnothing$. Отношение инцидентности F и функция кратности дуг W определяют функцию инцидентности I, задающую правило: $I : (P \times T) \bigcup (T \times P) \to N$ и определяющую то, что элементы одного множества дугами соединены быть не могут, а также описывающую наборы входных и выходных элементов.

Компонента-место задаётся тройкой $Cp = (N, X, Y)$, где N – сеть Петри, $X \subseteq P$, $Y \subseteq P$ – соответственно множества её начальных и заключительных мест. Эти места не имеют соответственно входящих и исходящих дуг, и $X \cap Y = \varnothing$.

Компонента-переход задаётся тройкой $Ct = (N, U, V)$, где N – сеть Петри, $U \subseteq T$, $V \subseteq T$ – соответственно множества её начальных и заключительных переходов. Эти переходы не имеют соответственно входящих и исходящих дуг, и $U \cap V = \varnothing$.

Ни одна внутренняя вершина компоненты не имеет входящих из вне компоненты и выходящих из компоненты дуг.

Компонентное моделирование позволяет ещё при анализе исходной сложной системы выделять ее составные более простые объекты, выявлять связи между ними. Результат такого анализа – выделение групп одинаковых или однотипных процессов, что позволяет на этапе построения модели заранее определить и неоднократно уточнить группы одинаковых или однотипных процессов и оформить их в виде блоков составных компонент модели. Тем самым, в процессе моделирования строится подробная модель исходной системы, у которой однотипные процессы заключены в соответствующие блоки. Наличие в *CN*-сети мест и переходов вышеуказанных типов дает возможность двух аспектного подхода к функционированию *CN*-сети. С одной стороны, игнорирование внутренней работы составной компоненты, с другой стороны, рассмотрение отдельных представителей из групп одинаковых составных компонент в виде отдельной сети, находящейся некоторое время в активном состоянии. Такой подход к функционированию сети позволяет устанавливать структурные свойства модели согласно следующему правилу: (1) если исследуемое структурное свойство не выполняется на *CN*-сети, то это структурное свойство не выполняется и для детальной модели исходной системы; (2) если исследуемое структурное свойство выполняется на *CN*-сети, то это структурное свойство выполняется для детальной модели системы, если оно выполняется на одном представителе из групп одинаковых (однотипных) составных компонент *CN*-сети.

Анализ *CN*-сетей предлагается проводить с помощью формальных методов, основанных на применении фундаментального уравнения и инвариантов сети Петри [2, 3].

Использование *CN*-сетей в качестве средства моделирования систем позволяет эффективно применять методы линейной алгебры и значительно уменьшить время верификации модели.

Список литературы

1.Лукьянова Е. А. О компонентном анализе параллельных распределенных систем // ТВИМ. – 2011. – № 2. – С. 71–81.

2.Мурата Т. Сети Петри. Свойства, анализ, приложения // ТИИЭР. – 1989. Т. 77. – № 44. – С. 41–85.

3.Крывый С.Л. О некоторых методах решения и критериях совместности систем линейных диофантовых уравнений в области натуральных чисел // Кибернетика и системный анализ. – 1999. – № 4. – С.12–36.