

Поляков Николай Аркадьевич, Студент,
Воронежский государственный университет, Воронеж
Polyakov Nikolai Arkadyevich, Voronezh State University

**АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕТЕЙ ПЕТРИ
В СИСТЕМАХ ПРОИЗВОДСТВА
ANALYSIS OF THE MAIN PROBLEMS OF USING PETRI NETS
IN MANUFACTURING SYSTEMS**

Аннотация: Промышленные предприятия регулярно сталкиваются с необходимостью внедрения математических и программных средств вследствие стремительно меняющихся условий и ресурсов современного рынка. Решение данной задачи связано созданием и установкой тех программных компонентов, риски от которых сведены к минимуму, а эффективность от использования к максимуму.

Abstract: industrial enterprises regularly face the need to implement mathematical and software tools due to the rapidly changing conditions and resources of the modern market. The solution to this problem involves the creation and installation of those software components, the risks of which are minimized, and the efficiency of use is maximized.

Ключевые слова: системы производства, сети Петри, автоматизация промышленной организации, управление ресурсами, учёт рисков.

Keywords: manufacturing systems, Petri nets, automation of industrial organization, resource management, risk accounting.

Введение

Вследствие активных экономического и промышленного видов роста текущие методологии управления производством на практике требуют постоянных изменений. Именно поэтому имеется тенденция к автоматизации с целью уменьшения повторяющихся действий, а также с целью оказания помощи сотрудникам в принятии решений. В том числе для их достижения могут быть применены сети Петри в качестве элемента, который представляет собой формальное математическое представление системы дискретных событий и рассматривается также на стыке таких сфер, как информатика, автоматизированное управление и операционный анализ [1]. В связи с тем, что сети предоставляют возможность отображения систем дискретных событий, они также широко применяются в управленческих и производственных системах [2]. Немаловажным преимуществом является и формальная нотация сетей, из которого следует, что их можно эффективно применять к разным видам и методам формального анализа и что их можно в кратчайшие сроки преобразовывать в модели, приближенные к реальному объекту. Особенное внимание заслуживают именно промышленные предприятия, работающие в рамках гибкого производства, неопределённых условий и неизвестного числа событий. Их деятельность также можно смоделировать с помощью временной разновидности сетей Петри, поддерживающей данную возможность [3]. В таком случае происходит оценка риска срабатывания неконтролируемых переходов. Таким образом, математический аппарат сетей Петри позволяет решать разнообразные потребности сложных динамичных современных систем. Из этого также можно сделать промежуточный вывод, согласно которому сети Петри используются в качестве средства для анализа, моделирования, симуляций и управления разными видами систем. Несмотря на отмеченное ранее, существует также множество проблем, связанных с использованием сетей Петри на практике. Их можно выделить в три основные группы: предотвращение тупиковых ситуаций и выход из них, сложности моделирования реальных комплексных процессов, а также иные проблемы, связанные с анализом.

Проблему, связанную с возникновением в промышленных процессах тупиков, на практике успешно решают с помощью сетей Петри. Прежде всего, тупик – это нежелательное явление, которое приводит систему в блокирующее состояние. По общим правилам, она должна быть построена так, чтобы либо взаимные блокировки не возникали, либо она должна иметь возможность самостоятельно выходить из них. Эти два направления соответствуют таким политикам, как предотвращение и устранение тупиковых ситуаций. В контексте сетей Петри, автоматизированные системы производства моделируются с помощью специальных классов, представляющих последовательно идущие процессы вместе с совместными ресурсами. Для решения проблемы возникновения тупиковых ситуаций существует два подхода. Первый связан с добавлением мест управления, которые гарантировали бы невозможность опустошения сифона (специального подмножества позиций). Второй же запрещает срабатывания определённых переходов в конкретных состояниях, приводящих к тупикам [4]. В дополнение к рассматриваемым способам были разработаны методики уже исключительно в рамках сетей Петри. Например, был разработан метод предотвращения тупиковых ситуаций для систем распределения ресурсов и в рамках гибких систем производства [5]. В этом случае сами системы моделируются с помощью сетей Петри, а их минимально допустимые сифоны вычисляются с помощью линейно-алгебраических преобразований. После этого к элементарным сифонам инкрементируются места для контроля. Данный подход гарантирует отсутствие тупиковых ситуаций, а также свойства обратимости и работоспособности. В отличие от предотвращения тупиковых ситуаций, подходов и решений по отношению к выходу из аналогичных ситуаций значительно меньше вследствие высокой вычислительной сложности. Одними из таких является идея, согласно которой необходимо сначала обнаружить допустимые маркировки, а также метки тупиков с помощью анализа всего пространства состояний, далее уже произвести рассмотрение возможности суммирования тех переходов, которые идут от маркеров тупиков по отношению к допустимой маркировке. При таком подходе число добавленных переходов активно минимизируется, однако вычислительная сложность высока вследствие построения графа достижимости и исследования всех размеченных пар. Необходимость выхода из тупика является до сих пор не самой стандартной ситуацией, в связи с чем предложено не так много алгоритмов для её преодоления. Их функционал преимущественно сосредоточен на уменьшении числа восстановительных переходов и снижении времени выполнения. Говоря о проблеме сложности аналитического моделирования комплексных сетей, можно отметить, что благодаря малому количеству элементов в сетях Петри (места, токены, дуги и переходы), их можно комбинировать таким образом, чтобы воссоздать сложные структуры. Это является очевидным преимуществом. Основными атрибутами качества в таком случае также выступают работоспособность и невозможность возникновения тупиковых ситуаций, также их могут дополнять обратимость, детерминированность и ограниченность. На практике проблему составляют те системы, число состояний которых стремительно увеличивается с экспоненциальным ростом, что, в свою очередь, оказывает влияние на аппарат сетей Петри, чувствительный к их общему количеству. Одним из подходов к решению проблемы является подход, основанный на методе, который сжимает состояния, позволяя эффективно создавать и хранить их единое пространство. Однако общее направление методов остаётся неизменным и заключается в нахождении тех классов модели, которые позволяли бы проводить исследование за полиномиальное время, что позволило бы успешно бороться с ростом числа состояний. Рассматривая моделирование в рамках реальных промышленных структур, нельзя не отметить такой аспект, как время. Сети Петри предоставляют механизм, который имеет собственную структуру для работы с часами [6]. Следует различать два вида времени – логическое и физическое, которое в значительной степени отражает реальные параметры модели, а не теоретические. Необходимо стремиться к недопущению ситуации, когда логические совместные действия реализуются в нефиксированном порядке. Для этого в системах, используемых аппарат сетей Петри, необходимо проверить, было ли совершено какое-либо из этих действий ранее. С понятием времени также связано свойство детерминизма, гарантирующее предсказуемое поведение системы. Для работы с ним сети

Петри также имеют собственные переменные времени, обеспечивающие его учёт. Дополняет это механизм установления приоритетов, который позволяет избегать ситуации одновременной активации нескольких переходов. В таком случае срабатывает тот, который имеет более высокий приоритет [7]. Ещё одной сложностью моделирования на практике является требование к учёту перенастройки системы. Классические сети Петри такую возможность не предоставляют, однако имеется расширение, которое представляет собой сеть Петри с переменными и позволяет, например, произвести моделирование гибких линий производства на практике [8].

Вывод

Несмотря на то что сети Петри были представлены в середине прошлого века, интерес к ним сохраняется и по сей день. Это связано с тем, что бурный рост современного технологического прогресса диктует соответствующих изменений в работе предприятий, включая улучшение текущего и внедрение нового. В соответствии с этими целями, несмотря на сложности и проблемы, сети Петри предоставляют желаемый аппарат. Для этого необходимо заранее как можно точнее определиться со всеми особенностями моделируемой системы и проанализировать существующие подходы, что позволит более точно реализовать эффективную систему, способную оказать поддержку предприятию в меняющихся условиях.

Список литературы:

1. Silva M. Half a century after Carl Adam Petri's Ph.D. thesis: A perspective on the field – Spain: Universidad de Zaragoza, 2013.-195 p.
2. Giua A., Silva M. Petri nets and Automatic Control: A historical perspective – Italy: University of Cagliari, 2018.-225 p.
3. Lefebvre D. Dynamical Scheduling and Robust Control in Uncertain Environments with Petri Nets for DESs – France: Processes, 2017.-53 p.
4. Uzam M. An Optimal Deadlock Prevention Policy for Flexible Manufacturing Systems Using Petri Net Models with Resources and the Theory of Regions – London: The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2002.-200 p.
5. Messinis. S., Vosniakos G. An agent-based flexible manufacturing system controller with Petri-net enabled algebraic deadlock avoidance – Athens: National Technical University of Athens, 2020.-81 p.
6. Huang J., Cheng B., Lin C., Zhu Y., Chen J. A PetriNet-Based Approach for Supporting Traceability in Cyber-Physical Manufacturing Systems – Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2016.-380 p.
7. Rene D., Hassane A. Discrete, Continuous, and Hybrid Petri Nets – Berlin: Springer, 2010.-4 p.
8. Gómez-Martínez E. Discrete, Extensible Structural Analysis of Petri Net Product Lines. In Transactions on Petri Nets and Other Models of Concurrency XV – Berlin: Springer, 2021.-30 p.

