

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Р. Р. Загидуллин (Уфа)

Основными требованиями к имитационным моделям ГПС являются адекватность модели, максимальная приближенность алгоритмов к методологии объектного программирования и универсальность, как возможность представления всего множества дискретных состояний системы. Использование в имитационном моделировании сетей Петри, как наиболее универсального и часто встречающегося метода формализации имитационных моделей, в большинстве случаев, ограничено построением несложных циклических моделей для роботизированных комплексов и гибких производственных модулей (ГПМ) с обозримым количеством состояний системы. Попытки создания моделей для более сложных систем – гибких производственных участков и комплексов с различным составом многочисленного основного и вспомогательного оборудования, широким спектром номенклатуры деталей ограничивает область применения аппарата сетей Петри в виду большого количества дискретных состояний ГПС, сложности и множественности сетевых структур.

В качестве решения данной проблемы предложен метод синтеза сетей Петри на базе функциональных подсетей и поведения системы во времени как функции изменения состояния множества номенклатуры.

В основе данного метода лежит представление любой i -ой единицы планирования e_{ij} ($j = 1, p_i$) из множества $M = \{e_{ij}, i = 1, m\}$, имеющей p_i стадий обработки, как системы, имеющей $j + 1$ состояний, где $j=0$ означает заготовку, с последовательными переходами $P(e_{ij} \Rightarrow e_{ij+1})$ единицы планирования (ЕП) из каждого предыдущего состояния в следующее по ходу технологического процесса (рис. 1).

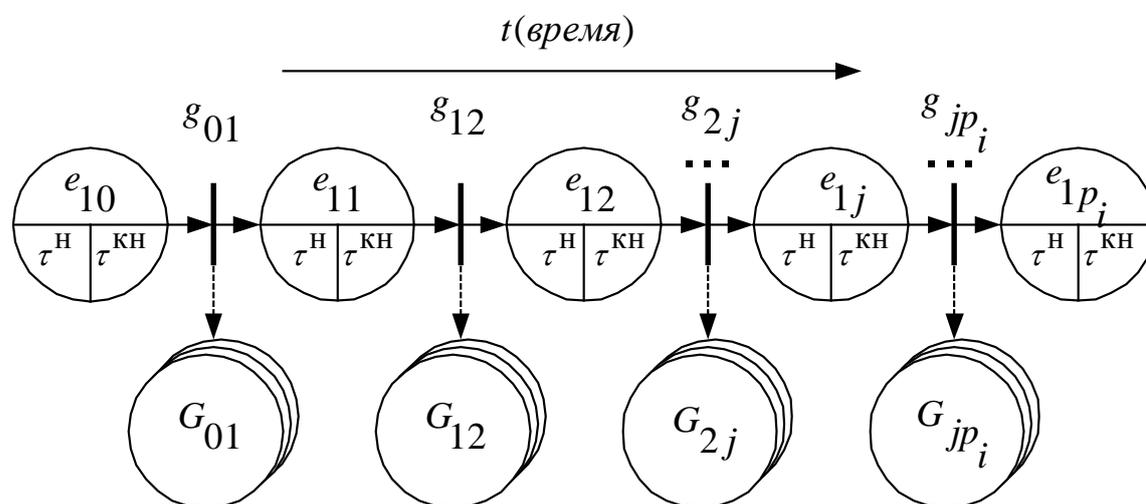


Рис. 1

Вершины, представляющие ЕП e_{ij} , имеют раскраску в виде маркеров начала и окончания своих состояний – τ^H и τ^{KH} соответственно. Любой переход $P(e_{ij} \Rightarrow e_{ij+1})$ осуществляется с помощью технологических и вспомогательных средств, имеющих

свои дискретные состояния и представленные одной или несколькими функциональными подсетями Петри $G_{j,j+1}$. Условием перехода является возможность данных средств выполнить очередной переход – $g_{j,j+1}$. Принцип функционирования такой сети описан далее.

В начальный момент времени заготовка e_{i0} находится на складе. Для перехода ЕП в состояние e_{i1} отыскиваются требуемые технологические ресурсы (основное и вспомогательное оборудование), которые могут обеспечить выполнение первой операции и соответствующий переход ЕП в состояние e_{i1} . Вызов этих ресурсов влечет за собой конкатенацию соответствующих функциональных подсетей транспортного средства, складской системы и других объектов, участвующих в работе и обеспечивающих такие процедуры, как перемещение ТС к складу, загрузку ЕП e_{i0} , перемещение ее на ГПМ, последующую обработку и т. д. по структуре ее технологического процесса. Необходимость в перемещении на другой ГПМ на следующей стадии определяется сравнением по еще одному маркеру – адресу местонахождения. Таким образом, каждая вершина имеет раскраску в виде следующих маркеров $e_{ij} = \{i, j, \tau^H, \tau^{KH}, k, t\}$, где k – адрес местонахождения, t – время пребывания ЕП e_{ij} в данном состоянии. Функция перехода g (рис. 2) определяет как возможность, так и целесообразность перехода ЕП e_{ij} в следующие состояния, а так же состав необходимых макропроцедур и соответствующих им функциональных подсетей $G_{j-1,j}$. Формирование данных подсетей Петри становится возможным после функционального анализа макропроцедур («Перемещение ЕП со склада на ГПМ», «Перемещение ЕП на другой ГПМ», «Перемещение ЕП на склад») аналогичного по смыслу анализу языковых конструкций с помощью синтаксических диаграмм Бэкуса-Науэра. Элементарные функциональные процедуры (<простой ГПМ>: $G_{п}\{k, i, j, \tau^H, \tau^{KH}, t\}$, <переналадка ГПМ>: $G_{н}\{k, i, j, \tau^H, \tau^{KH}, t\}$, <загрузка ЕП со склада>: $T_{з}\{k, i, j, \tau^H, \tau^{KH}, t\}$ и др. – всего 18 процедур), выступающие в роли терминальных составляющих макропроцедур определяют простейшие функции элементов ГПС, которые могут быть использованы многократно на различном составе таких формальных параметров, как адрес объекта в ГПС, моменты начала и окончания процедуры и т. п. Каждая процедура имеет идентификатор и состав формальных параметров, определяющих, в общем случае: адрес объекта k , адреса начальные и конечные адреса маршрута движения транспортного средства (ТС) – $k1$ и $k2$, ЕП e_{ij} , моменты начала и окончания действия процедуры – τ^H и τ^{KH} , а так же длительность процедуры – t . Количество и функциональная полнота данных процедур таковы, что с их помощью можно описать любые логические конструкции макропроцедур.

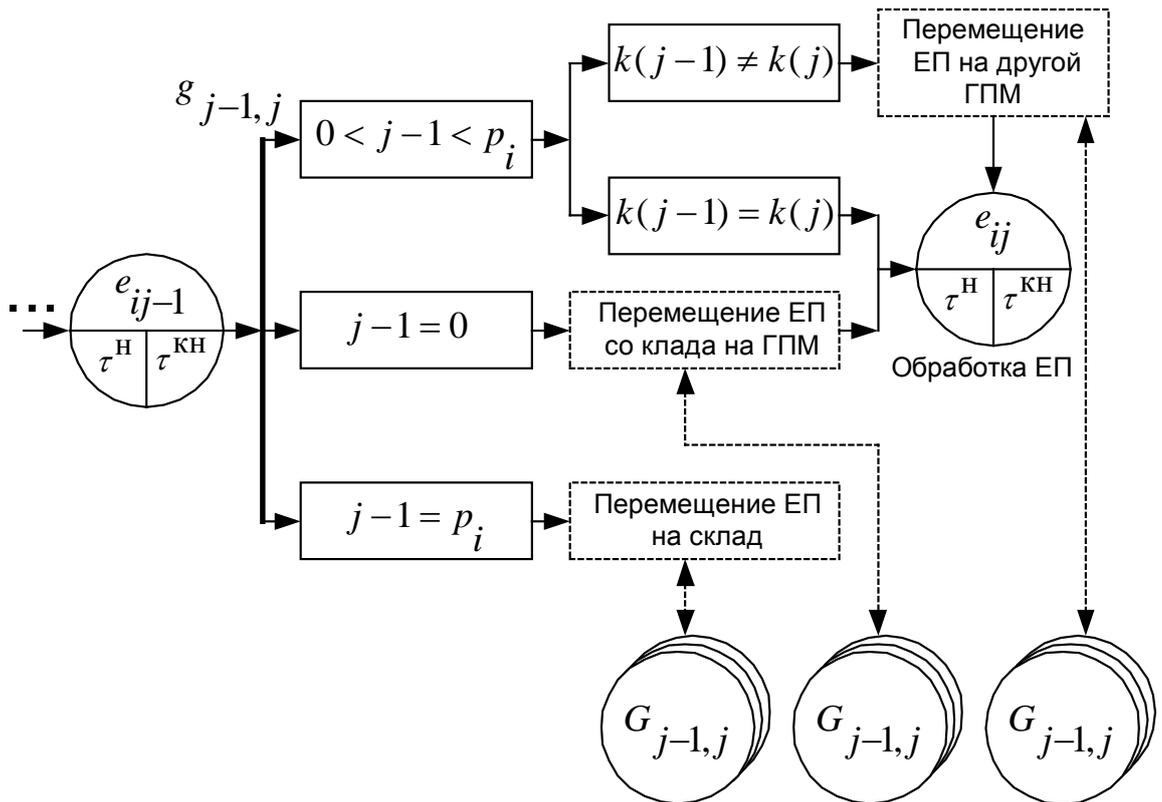


Рис.2 Содержание функции перехода

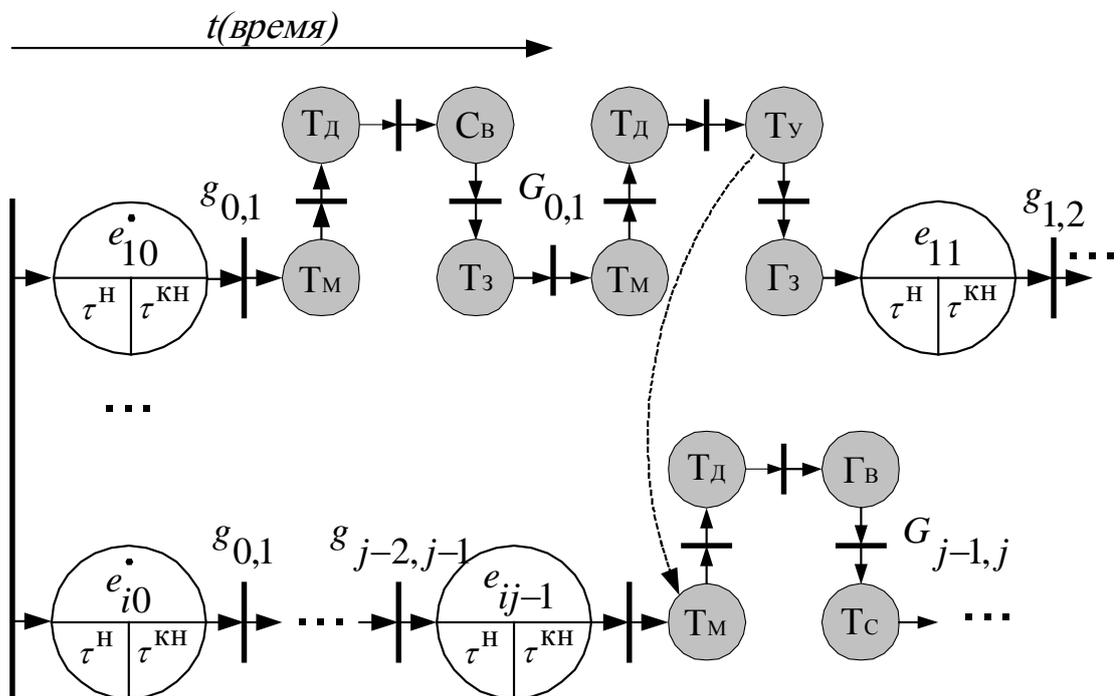


Рис.3 Пример синтеза сетей Петри в имитационной модели

Каждая вершина в составе подсетей, кроме имени вершины, имеет тот же состав формальных параметров, что и соответствующая терминальная процедура. В общем случае терминальные процедуры могут содержать вызовы подсетей, связанных с ре-

монтом и простоями оборудования. Подсети Петри в данном случае имеют самую различную топологию, от линейных до сложных разветвляющихся в зависимости от возможного количества состояний объекта. Учет этих состояний в обычных системах имитационного моделирования, как правило, затрудняет построение общей сети Петри, но данное обстоятельство, как мы можем заметить, совершенно не сказывается при использовании предлагаемого метода синтеза. Состояния отказов и простоев в ГПМ, транспортной и складской системе и соответствующие им процедуры ремонта позволяют производить имитационное моделирование с учетом отказов оборудования, где отказы генерируются с помощью генератора случайных чисел.

После окончания процедуры ремонта управление передается в исходное состояние объекта, которое было на момент отказа.

Синтез общей сети Петри (рис. 3) начинается с какого-либо начального момента времени для всех вершин, представляющих ЕП e_{ij} , одновременно, с дискретой време-

ни Δt , выбранной в качестве системного времени модели (например, $\Delta t = 1$ сек). В каждый момент времени на каждой ветви от ЕП рассматривается какое-либо событие – одномоментное (переход в подвершину подсети) или процесс (обработка ЕП, транспортировка и т. п.). Функция перехода g определяет одну из макропроцедур, которая собирается во времени из терминальных подсетей Петри.

Сеть Петри в предлагаемом методе построения имитационной модели строится динамически, во времени, горизонтальные ветви сети отражают жизненный цикл ЕП на существующей технологии, и является многополюсной.

Таким образом впервые предложено формирование сети Петри, где в качестве объекта выступает не оборудование, а технологический процесс обработки детали.

В то же время для любой единицы оборудования, для анализа ее функционирования, можно построить частные сети Петри, выделяя последовательности включения терминальных подсетей во времени (например, дуга $T_u \rightarrow T_m$ на рис. 3). Особенности предлагаемого метода синтеза сетей Петри являются: 1) за счет свойства масштабирования сети во времени появляется возможность анализа состояния всех объектов на любом разрезе сети; 2) возможность создания сетей любой сложности и размерности, как функции от времени и количества полюсов сети, представляющих собой ЕП; 3) возможность моделирования на уже созданной сети в пределах любых интервалов времени, с различных, интересующих проектанта событий; 4) возможность оценки расписаний работы ГПС; 5) максимальная приближенность логики синтеза сетей к логике построения программного обеспечения; 6) возможность использования модульной структуры программного обеспечения процесса моделирования.

На основе предложенной методики синтеза сетей Петри в имитационных моделях планирования было разработано программное обеспечение, являющееся действенным инструментом моделирования – FMSim (FMSim © 2000 Загидуллин Р.Р., Апокин А.В.), которое позволяет размещать в различных позициях планировки любое количество ГПМ, ТС, складов и строить модели расписаний для различных компоновок ГПС.