

*КУЗЬМУК А.В.,
КУЗЬМУК В.В.,
СУПРУНЕНКО О.О.*

ПРИМЕНЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ С МНОГОВАРИАНТНЫМ ВЫБОРОМ

В статье рассмотрена интерпретация управляющих сетей (SN), которая построена на основе безопасных сетей Петри (SPN). На примере задачи об эффективном размещении финансовых ресурсов продемонстрированы возможности SN, проведено сравнение с моделями на основе безопасных сетей Петри.

The article discusses the interpretation of the Control Networks (SN), which is based on safe Petri nets (SPN). In the example of the efficient allocation of resources demonstrated the possibility of SN, compared with models based on safe Petri nets.

1. Введение

В статье рассмотрены управляющие сети Петри с функциональными расширениями, позволяющими моделировать управление асинхронными параллельными потоками при многовариантном выборе в вершинах мест и вершинах переходов, а также при соблюдении запрещающих условий.

2. Моделирование сложных управляющих алгоритмов на основе сетей Петри

При разработке программного обеспечения для многопроцессорных и многомашинных компьютерных систем возникает задача оценки эффективности его работы. Для её решения часто применяют имитационное моделирование [1]. При выборе средства имитационного моделирования руководствуются рядом требований, таких как [2] возможность проверки работоспособности, возможность адаптации архитектуры к конкретной вычислительной системе, отображение корректного формирования и взаимодействия параллельных потоков, возможность отслеживания тупиковых ситуаций, возможность проверки корректности реализации задачи в параллельном алгоритме.

Для удовлетворения вышеназванных требований в теории сетей Петри разработаны наборы статических и динамических свойств [3], которые позволяют отслеживать топологию модели на этапе построения, устранять свойства небезопасности и конфликтности, определять неживые участки сети Петри при имитационном моделировании.

Перспективными с точки зрения изобразительной мощности являются управляющие сети

Петри (SN), которые основываются на свойствах безопасной интерпретации сетей Петри (SPN) [4-5] с применением ингибиторных дуг [4, 10] и управляющих векторов для моделирования параллельных процессов с многовариантным выбором [6]. Такие задачи возникают при моделировании логистических задач, задач об эффективном размещении, задач об оптимальном использовании ресурсов [1, 7] и многих подобных задач.

3. Постановка задачи об эффективном размещении ресурсов

При формулировании задачи об эффективном размещении ресурсов важно задать ограничения, налагаемые внутренними и внешними обстоятельствами, а также начальные ресурсы и их распределение.

Задача состоит в оптимальном размещении свободных финансовых ресурсов (пакетов ресурсов) на депозитных вкладах в нескольких банках. Размещения проводятся на календарный год. Критерием оптимальности является максимизация финансовых ресурсов при минимизации рисков за заданный период времени.

При решении задачи должны быть учтены размеры пакетов, условия депозитов, риски от вложения финансовых ресурсов и предусмотрены алгоритмы минимизации рисков. Кроме того, по условию задачи вложения двух финансовых пакетов в один банк необходимо исключить.

4. Применение управляющих сетей петри в модели эффективного размещения ресурсов

При создании моделей систем управления параллельными процессами с неравномерным

распределением условий и ресурсов неизбежно возникает необходимость обработки вариантов решений и выбора наилучшего по установленному критерию решения для реализации дальнейших действий.

В случае построения модели поставленной задачи на основе безопасных сетей Петри возникают трудности с отображением и проверкой

функционирования алгоритмов выбора альтернативного варианта из множества доступных. Так на рис. 1 представлена модель решения поставленной задачи для трёх финансовых пакетов (p_1, p_2, p_3) ресурсов вкладчика B , которые могут быть размещены в трёх банковских учреждениях (A_1, A_2, A_3).

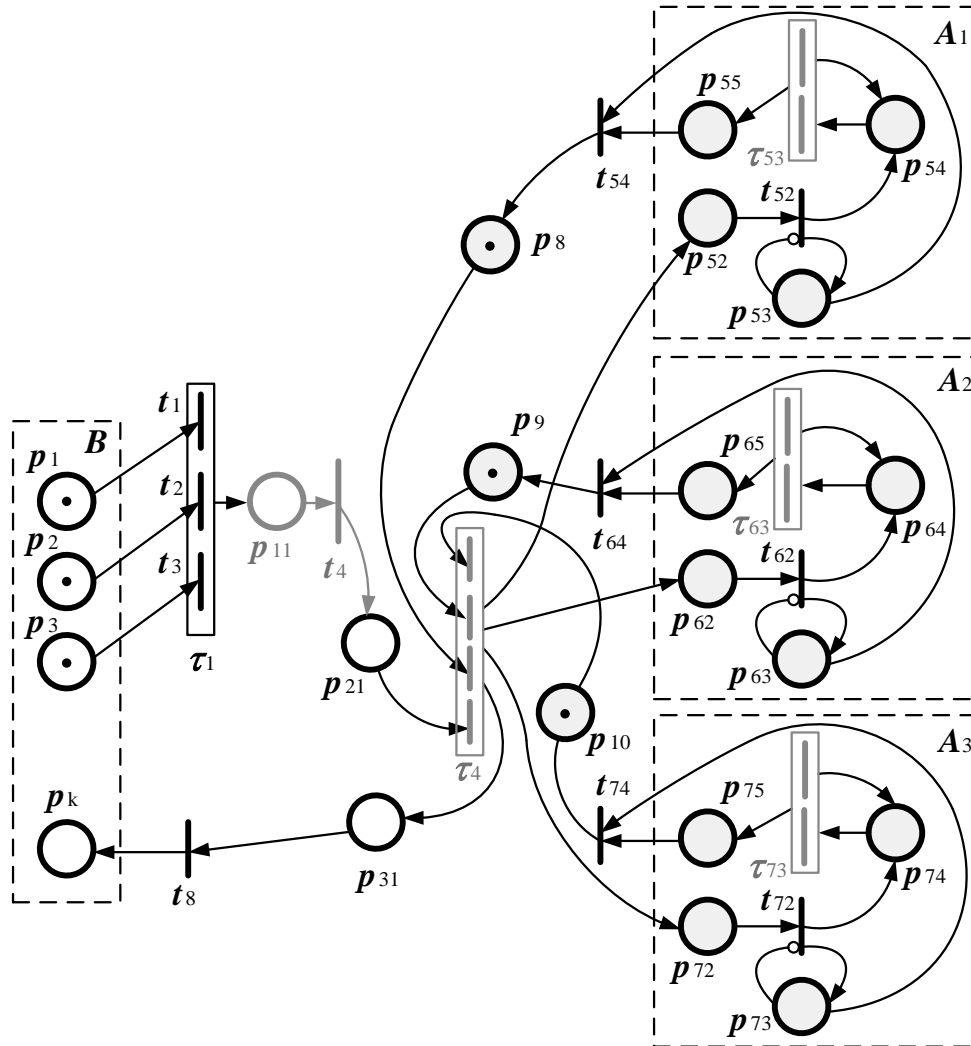


Рис. 1. Модель оптимизации размещения финансовых ресурсов на депозитах, представленная безопасной сетью Петри

На первом этапе построения модели необходимо отобразить конструкцию, которая позволит выбрать наибольший финансовый пакет и подобрать для него наилучшие условия размещения. Дальнейшие действия по размещению оставшихся пакетов должны быть отображены с использованием тех же алгоритмов, что и для первого пакета. Для отображения таких алгоритмов в безопасных сетях Петри необходимо применить макропереходы τ_i [6], которые позволяют производить совместную обработку условий и осуществлять перекрещивание потоков действий.

Начальными (входными) вершинами в модели задачи являются p_1, p_2, p_3 , которые содержат финансовые пакеты (метки), предоставленные для вложений. Пакеты концентрируются через соответствующие переходы t_1, t_2, t_3 в макропереходе τ_1 и последовательно поступают в вершину места p_{11} , далее для составления списка передаются в вершину перехода t_4 , где и проводится выбор наибольшего. Данный пакет (метка) поступает в макропереход τ_4 , в котором проводится анализ поступившей от банков информации по депозитам с целью вы-

бора наилучших условий для получения максимальной прибыли при минимальных рисках:

$$F(x, y) = \max_i \frac{D_i(x, y) + S_i(x, y)}{R_i(x, y)}$$

где $F(x, y)$ – планируемая прибыль от вложения финансового пакета размером x на время y , $D_i(x, y)$ – планируемая прибыль по депозиту за расчётный период y , $S_i(x, y)$ – дополнительная планируемая прибыль по депозиту за расчётный период y при соблюдении дополнительных условий, $R_i(x, y)$ – убытки с учётом рисков по депозиту за расчётный период y [8].

После срабатывания макроперехода τ_4 , метки передаются в вершины мест $p_{52}, p_{62}, p_{72}, p_{31}$. Информация, которая переносится этими метками, будет различной, поскольку пакет может быть вложен только в один банк, в остальные банки приходят метки с нулевой суммой, и в конечную вершину p_k также, поскольку до совершения операций, в ней не должны появиться финансовые пакеты. Метки с нулевыми суммами сжигаются в вершинах переходов t_{i2} и t_8 .

Допустим, наибольшее значение функции $F(x)$ получено для банка A_i , тогда метка, которая будет передана в p_{52} , содержит сумму вклада, а метки, поступившие в вершины p_{62}, p_{72}, p_{31} , нулевые значения сумм (эти метки будут удалены из сети в вершинах переходов t_{62}, t_{72} и t_8). Метка из вершины места p_{52} активизирует переход t_{52} , поскольку в вершине p_{53} , от которой идёт ингибиторная (запрещающая [4, 6]) дуга к t_{52} , нет метки. Переход t_{52} моделирует подписание депозитного договора, а перемещение метки в вершину p_{54} – начало работы депозита в данном банке; в p_{53} – блокирование новых пакетов для поступления на депозит на протяжении срока работы текущего депозита. Дальнейшее движение финансового пакета для вкладчика можно представить как мониторинг состояния банка и условий депозита, которые могут меняться за период депозита. Если условия остаются в пределах допустимых отклонений, определяемых состоянием финансового рынка и банковскими рисками, то метка, активизируя макропереход τ_{53} , возвращается в вершину места p_{54} . Если отклонения превышают допустимые пределы, метка из макропе-

рехода τ_{53} направляется в вершину p_{55} , активизируется переход t_{54} погашая метки в вершинах мест p_{55} и p_{53} . При удалении метки из p_{53} , получаем новую возможность активизировать переход t_{52} , срабатывание которого моделирует подписание нового депозита. Из вершины перехода t_{54} , моделирующей окончание депозитного договора (из-за возросших финансовых рисков или по окончанию периода депозита), метка передаётся в вершину места p_8 . Далее метка возвращается в вершину макроперехода τ_4 , из которой может опять перейти в одну из вершин p_{52}, p_{62}, p_{72} для депозитного вклада, если такое вложение обосновано (рассчитывается $F(x, y)$ по величине финансового пакета x и оставшемуся времени вклада y_n), иначе метка будет передана через вершины p_{31} (окончание периода депозитов) и t_8 , в которой производится суммирование полученных финансовых ресурсов, в выходную вершину p_k – итоговые ресурсы вкладчика.

Условие запрета вложения двух финансовых пакетов в один банк реализовано в модели конструкцией с ингибиторной дугой [4, 6, 10], которая на время поступления одного пакета на депозит банка, блокирует входящую в подмодель банка A_i вершину t_{i2} (метка в вершине p_{i3}) и не позволяет до окончания вклада (до активизации вершины перехода t_{i4}) её разблокировать.

При представлении модели управляющей сетью Петри (рис. 2) большинство макро-переходов представляем управляемыми переходами [6, 9], в которых реализуются алгоритмы расчёта условий выбора альтернатив или проводится переключивание потоков действий (моделируемых движением меток). Также избавляемся от избыточных вершин, которые на рис. 1 выделены серым цветом.

При рассмотрении модели, представленной управляющей сетью Петри, нужно обратить внимание на различные функции, моделируемые управляющими векторами X_i .

Вектор X_1 моделирует выбор финансового пакета с максимальным номиналом и передаёт его в вершину места p_{21} для выбора его дальнейшего размещения, которое производится в вершине t_4 . Вектор X_2 позволяет скоординировать передачу метки только в одну из вершин

$p_{52}, p_{62}, p_{72}, p_{31}$, что избавляет от ненужных операций с передачей и погашением нулевых пакетов. Вектора X_5, X_6 и X_7 позволяют моделировать изменение внешних финансовых условий, которые влияют на расчёт показателя

$F(x, y)$, и принимать решения о сохранении или прекращении срока депозита в связи с изменением внешних и внутренних показателей.

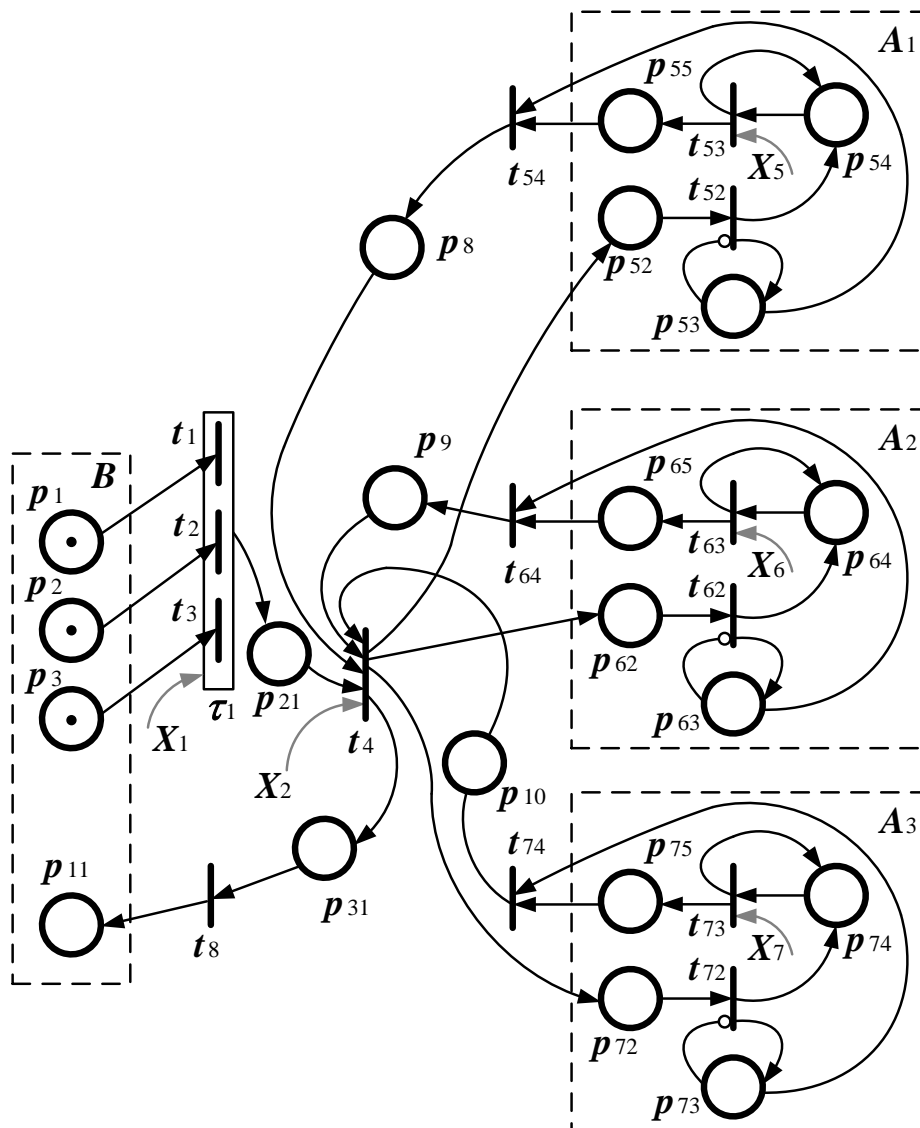


Рис. 2. Модель оптимизации размещения финансовых ресурсов на депозитах, представленная управляющей сетью Петри

5. Результаты исследования

6. Заключение

Рассмотренный пример позволяет сравнить полученные модели задачи, построенные безопасной и управляющей сетями Петри. Рассматривая рис. 1 и рис. 2 можем наглядно убедиться в лаконичности управляющей сети, которая, избавляя от мелких элементов модели, всё же позволяет достичь адекватного визуального отражения основных внутренних и внешних факторов, более обстоятельно провести анализ модели, устранить критические свойства, не наращивая при этом количество служебных (не смысловых) элементов сети Петри.

На примере задачи об эффективном размещении финансовых ресурсов продемонстрированы преимущества управляющей сети (SN) в сравнении с безопасной сетью Петри (SPN). При использовании управляющей сети удаётся наглядно отобразить многовариантный выбор альтернатив, передачу управляющей информации от внешних систем, более лаконично построить модель исследуемой системы. Важным свойством управляющих сетей Петри является установка приоритетов в вершинах переходов и мест [6], основанная на логических конструкциях, параметрами которых являются как внутренние, так и внешние переменные. Это позво-

ляет говорить о возможности построения адаптивных моделей сложных систем с многопоточным параллелизмом, оперативно реагирующих на изменение внутренних и внешних условий. Так, в рассмотренных моделях удалось реализовать алгоритм активного отслеживания финансовых показателей с целью минимизации рисков депозитных вкладов. Вместе с тем,

представленное средство моделирования (SN) позволяет проводить в динамике (при перемещении меток) контроль критических свойств в модели, указывать локализацию небезопасных и конфликтных участков, что является одной из важнейших составляющих проектирования и разработки программных систем.

Список литературы

1. Бородакий В.Ю., Окороченко Г.Е. Анализ средств имитационного моделирования распределённых информационных систем. // Компьютерные системы и технологии: Научная сессия МИФИ. – 2007. – Том 12. – С. 129-130.
2. Любченко В. Создание и тестирование многопоточных программ. [Электронный документ]. Режим доступа: <http://www.citforum.ru/programming/digest/multithreading/> Проверено: 19.11.2011.
3. Кузьмук В.В. Сети Петри и моделирование параллельных процессов. – Киев: ИПМЕ, 1985. – 64 с. (Препринт / АН УССР, Ин-т проблем моделирования в энергетике; 17).
4. Васильев В.В., Кузьмук В.В. Сети Петри, параллельные алгоритмы и модели мультипроцессорных систем – Киев: Наукова думка, 1990 – 216 с.
5. Кузьмук В.В. Парнюк А.М., Супруненко О.О. Класифікація мереж Петрі та приклади їх застосування для розв'язання прикладних задач. // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 2/9 (50). – С. 40-43.
6. Кузьмук В.В., Супруненко О.О. Модифицированные сети Петри и устройства моделирования параллельных процессов: Монография. – Киев: Маклаут, 2010. – 252 с.
7. Хачатуров А.Р., Бабалова И.Ф. Моделирование процессов разработки программного обеспечения учебного назначения при помощи сетей Петри. // Компьютерные системы и технологии: Научная сессия МИФИ-2007. Т.12 Информатика и процессы управления. Компьютерные системы и технологии, 2007. – С. 159-160.
8. Кравцова Г.И., Румянцева О.И., Кузьменко Г.С. Деньги. Кредит. Банки. – Минск: Изд-во БГЭУ, 2007. – 444 с.
9. Кузьмук В.В., Кузьмук А.В., Супруненко О.А, Тараненко Е.А. Модифицированные сети Петри и современные методы моделирования параллельных процессов в сложных системах. // Управління розвитком складних систем. – 2011. – № 5. – С. 66-72.
10. А. с. 1416984 СССР, МКЛ G06 F 15/20. Устройство для моделирования графов Петри / Васильев В.В., Кузьмук В.В., Лисицин Е.Б., Шумов В.А.(СССР). – 4122948; заявл. 23.09.1986; опубл. 15.08.1988, БИ № 30. -199с.