

5.2. ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ТЕОРИИ СЕТЕЙ ПЕТРИ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ МОДЕЛИРОВАНИЯ «ДОРОЖНЫХ КАРТ» РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

©Петросов Давид Арегович, кандидат технических наук, доцент Департамента анализа данных, принятия решений и финансовых технологий, РИНЦ AuthorID: 552683, Scopus AuthorID: 56800950200

Место работы: Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва

DAPetrosov@fa.ru

©Феклин Вадим Геннадьевич, первый заместитель руководителя Департамента анализа данных, принятия решений и финансовых технологий, РИНЦ AuthorID: 460911, Scopus AuthorID: 57189715786

Место работы: Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва

VFeklin@fa.ru

Аннотация: в работе рассматривается возможность применения математического аппарата теории сетей Петри к решению задачи моделирования «дорожной карты» развития экономических систем. Для этого предлагается использование такого механизма выбранного инструментария как дерево достижимости. Данный механизм позволяет предоставить для анализа все возможные маркировки и решить одну из основных задач анализа сетей Петри – задачу достижимости.

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансовому университету

Ключевые слова: имитационное моделирование, «дорожная карта», теория сетей Петри, дерево достижимости, экономическая система.

ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие экономики требует четкого планирования и контроля исполнения не только на государственном уровне, но и при реализации проектов на предприятиях различного масштаба. Одним из инструментальных средств планирования являются «дорожные карты» («ДК»), которые хорошо зарекомендовали себя в различных предметных областях военной и гражданской деятельности человека. В целом «ДК» можно охарактеризовать как информационно-логическую модель, направленную на достижение поставленных целей с учетом поэтапного выполнения и контроля промежуточных задач, а также распределение ресурсов, связанных с достижением поставленной цели. [1, 2]

В качестве основных свойств, которые принято использовать при построении «ДК» для достижения поставленных целей обычно выделяют следующие:

1. Цель процесса, на достижение которой ориентирована «ДК»;
2. Подцели которые требуется достичь для достижения цели процесса;
3. Задачи (подзадачи), которые требуется решить для достижения поставленной цели (подцели);
4. Описание начального состояния или исходного состояния;
5. Требуемые промежуточные состояния процесса, позволяющие произвести переход от одного состояния процесса к другому, двигаясь от начального состояния к конечному;
6. При составлении «ДК» должна существовать возможность альтернативных путей, которыми можно воспользоваться при движении от исходного состояния процесса к конечному и связи между параллельными путями достижения цели процесса. [2, 3]

При разработке «ДК» требуется учитывать основных участников, которые принимают участие в реализации процесса. К таким лицам можно отнести:

1. Непосредственного организатора конкретного процесса реализации «ДК»;

2. Участники процесса реализации «ДК». [2]

Если рассматривать процесс разработки «ДК», то в нем можно выделить следующие составляющие:

1. Определение конечного состояния, к которому должна прийти система;
2. Определение начального состояния, из которого должен начаться процесс достижения конечного состояния системы;
3. Определить промежуточные состояния, через которые должна пройти система при движении от начального состояния к конечному;
4. Выполнить анализ существования параллельных путей движения от начального состояния к конечному;
5. Определить типы ресурсов, требуемых для достижения поставленной цели;
6. Определить количество ресурсов разного типа, которые требуются для достижения поставленной цели.

В данной работе предлагается использование математического аппарата теории сетей Петри, для построения имитационных моделей процесса достижения целей «ДК».

Данный математический аппарат позволяет моделировать:

1. Начальное состояние системы (M_0 – начальная маркировка сети);
2. Конечное состояние системы (M_k – некоторая маркировка сети, при которой не существует возбужденных переходов);
3. Промежуточные состояния системы (M_n – некоторая маркировка сети, при которой существует хотя бы один возбужденный переход);
4. Параллельные (альтернативные) пути движения к поставленной цели (использование дерева достижимости); [4, 7, 8]
5. Различные типы ресурсов с применением цветных сетей Петри; [4]
6. Количественный показатель типа ресурсов количеством меток в сети.
7. Временные характеристики процесса с использованием временных сетей Петри. [5, 6].

Рассмотрим пример моделирования условной «ДК (см. рис. 1)

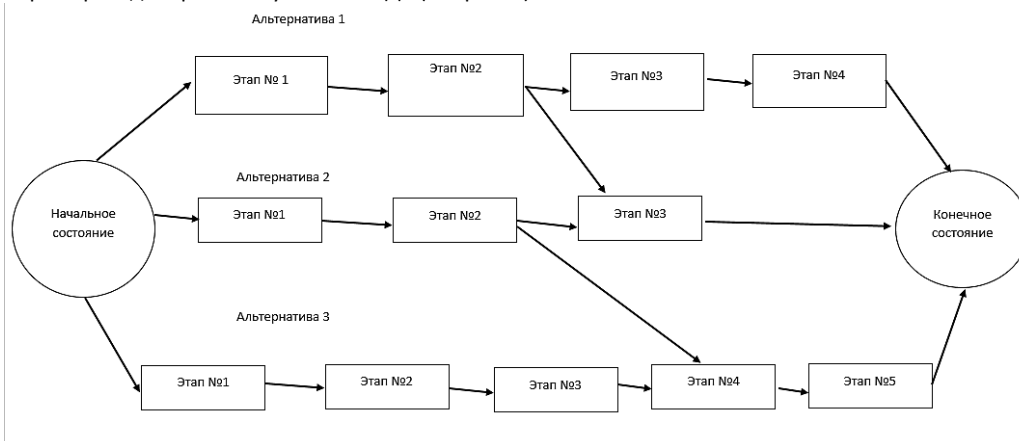


Рисунок 1 – Пример условной «Дорожной карты».

Как видно на представленном рисунке для перехода из начального состояния в конечное существует три альтернативы. Каждая из альтернатив имеет разное количество этапов, но это не означает, что альтернатива с наименьшим количеством итераций является оптимальной, так как в представленной модели не учитывается:

1. Количество затрачиваемых ресурсов;
2. Временные характеристики этапов;
3. Участники процесса реализации и т.д.

В условной модели на определенных этапах реализации существует возможность перехода от одной альтернативы к другой.

Данную модель можно представить в виде математического аппарата теории сетей Петри (см. рис. 2).

Начальное состояние задается метками в позициях входа, к которым относятся: P_0, P_1, P_2 .

Из начального состояния возможно срабатывание трех переходов, которые моделируют выбор одной из альтернатив:

1. T_0 – выбор «Альтернатива 1»;
2. T_1 – выбор «Альтернатива 2»;

3. T_2 – выбор «Альтернатива 3».

Каждый этап в альтернативе представляется моделью обработки входных ресурсов, которая может учитывать:

- обработку ресурсов;
- временные характеристики этапов;
- исполнителя этапа;
- функциональные или производственные особенности исполнителя;
- логистические особенности;
- экономическую особенность модели;
- социальную значимость;
- инновационную особенность и т.д.

Для перехода от одной альтернативы к другой возможно использование переходов. В представленной модели данное событие моделируют переходы:

T_6 – переход от «Альтернатива 1» к «Альтернатива 2»;

T_{13} – переход от «Альтернатива 2» к «Альтернатива 3».

Конечное состояние для разных альтернатив моделируется позициями:

«Альтернатива 1» – P_{13}, P_{14}, P_{15} ;

«Альтернатива 2» – P_9, P_{10}, P_{11} ;

«Альтернатива 3» – P_{21}, P_{22}, P_{23} .

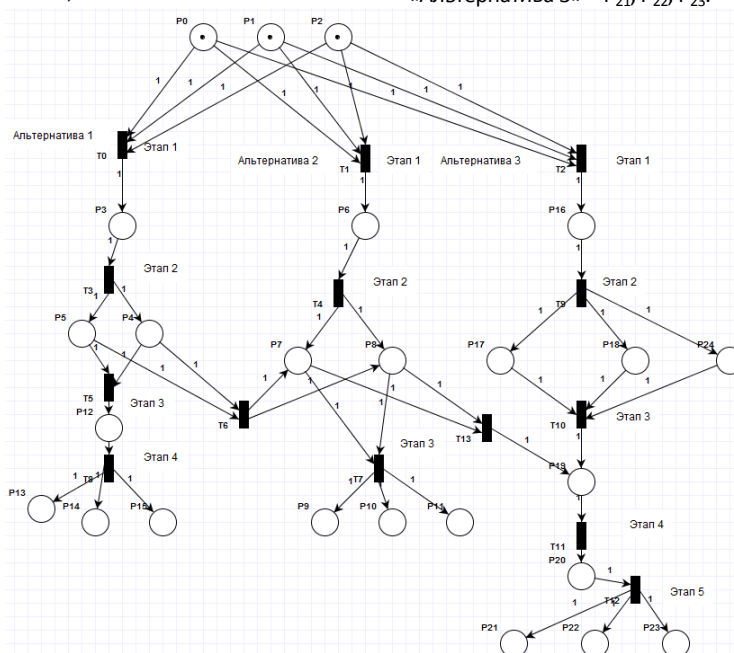


Рисунок 2. Представление модели условной «Дорожной карты» сетью Петри.

После запуска модели требуется провести анализ дерева достижимости (см. рис. 3)

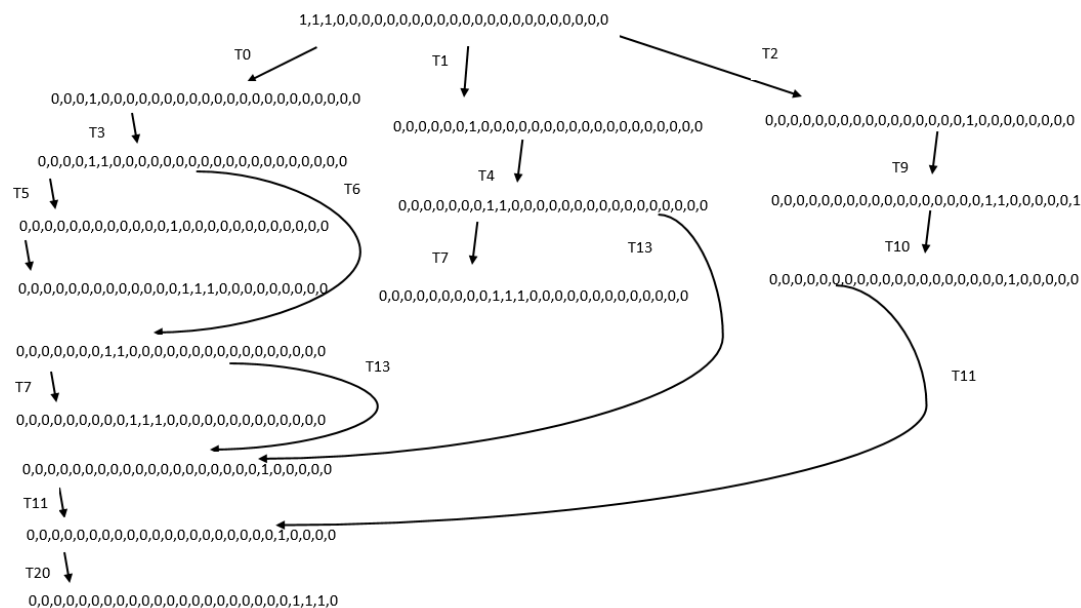


Рисунок 3. Дерево достижимости.

В полученном дереве достижимости требуется найти оптимальный путь достижения поставленной цели – перехода от начального состояния в конечное. Для представленной модели таким путем является следующий порядок срабатывания переходов: T_1, T_4, T_7 .

Таким образом можно говорить о целесообразности применения математического аппарата теории сетей Петри к решению задачи моделирования «Дорожных карт» развития экономических систем.

При росте альтернатив, количества этапов реализации, моделей исполнителей, видов используемых ресурсов и т.д. процедура синтеза моделей может стать трудоёмкой, поэтому целесообразно применение эволюционных процедур, адаптированных к решению задачи структурно-параметрического синтеза так же математическим аппаратом теории сетей Петри. [9, 10]

Статья проверена программой «Антиплагиат». Оригинальность 89,39%.

Список литературы:

1. Крылова, Ю. Дорожная карта как инструмент интеграции продуктового и технологического планирования [Текст]/ Ю. Крылова// Практический маркетинг. 2007. № 5 (123). С. 15-19.
2. Комков, Н.И. «Дорожная карта» – как инструмент технологического прогнозирования и анализа инновационных проектов [Текст]/ Н.И. Комков, С.Ю. Ерошкин, Н.Г. Мамонтова// Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2008. Т. 6. С. 242-265
3. Шавырин, Е.К. Технологические дорожные карты как один из эффективных путей реализации долгосрочных целевых программ [Текст]/ Е.К. Шавырин, О.П. Поротикова, Ю.М. Должанский,

Е.Ю. Поликарпов// Экономика и управление в машиностроении. 2011. № 1. С. 27-31.

4. Коган, Ю.Г. Параметрическая раскрашенная сеть Петри для моделирования бизнес-процессов «цифрового» предприятия [Текст]/Ю.Г. Коган, А.А. Щербина// Материалы всероссийской научно-практической конференции «ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА: ОБОРУДОВАНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ, ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ». Вологда, 2018. С. 48-51.

5. Скородумов, П.В. Построение модифицированного аппарата сетей Петри для исследования социально-экономических систем сложной структуры [Текст]/ П.В. Скородумов // Научно-практическая конференция: «Молодая экономика: экономическая наука глазами молодых ученых». Центральный экономико-математический институт РАН. 2014. С. 115

6. Орел, А.А. Моделирование бизнес-процессов с помощью сетей Петри [Текст]/ А.А. Орел // Математика. Механика. 2005. № 7. С. 89-93.

7. Орел, А.А. Шаблоны проектирования бизнес-процессов с помощью сетей Петри [Текст]/ А.А. Орел// Математика. Механика. 2009. № 11. С. 45-48.

8. Марков, А.В. Анализ сетей Петри при помощи деревьев достижимости [Текст]/ А.В. Марков, А.А. Воевода// Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета. 2013. № 1 (71). С. 78-95.

9. Петросов, Д.А. Применение генетических алгоритмов к решению задачи параметрического синтеза больших дискретных систем с заданным поведением /Петросов Д.А., В.А. Ломазов, В.А. Игнатенко, Е.П. Карамышев, Д.А. Басавин// Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2016. № 23 (244). С. 93-99.

10. Петросов, Д.А. Эволюционный синтез систем на основе заданной элементной базы компонентов / Д.А. Петросов, В.А. Ломазов, Д.А. Басавин// Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2015. № 7 (204). С. 116-124.

APPLICATION OF THE MATHEMATICAL APPARATUS OF THE THEORY OF PETRI NETS TO THE SOLUTION OF THE PROBLEMS OF MODELING «ROAD MAP» OF DEVELOPMENT OF ECONOMIC SYSTEMS

©Petrosov David A., PhD in Technical Sciences, associate professor of Department of Data Analysis, Decision Making and Financial Technologies, Russian science citation index AuthorID:552683, Scopus AuthorID: 56800950200

Work place: Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

DAPetrosov@fa.ru

©Feklin Vadim G., First Deputy Head of Department of Data Analysis, Decision Making and Financial Technologies, Russian science citation index AuthorID: 460911, Scopus AuthorID: 57189715786

Work place: Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

VFeklin@fa.ru

Annotation: the paper considers the possibility of applying the mathematical apparatus of the theory of Petri nets to the solution of the problem of modeling the «road map» for the development of economic systems. For this, it is proposed to use such a mechanism of the selected toolkit as the reachability tree. This mechanism allows us to provide for analysis all possible markings and solve one of the main tasks of the analysis of Petri nets – the reachability problem.

Keywords: simulation modeling, «road map», theory of Petri nets, reachability tree, economic system.