

Список использованных источников

1. Сапиев А.З. Возможности технических средств фиксации особенностей клавиатурного почерка // Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения. Материалы I Всероссийской научной конференции: в 2 частях. Тольяттинский государственный университет. 2017. С. 223-228.
2. Брюхомицкий Ю.А. Клавиатурный мониторинг на основе иммунологического клонирования / Безопасность информационных технологий. М.: Изд-во МИФИ, 2016. № 4 (40). С. 5-11.
3. Чефранов С.Г. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ 2017611720. Модуль обработки данных о компьютерном почерке пользователя, Дата регистрации в Реестре программ для ЭВМ 08.02.2017.
4. Довгаль В.А. Обзор характеристик производительности наборов данных, используемых для обеспечения информационной безопасности на основе клавиатурного почерка // Вестник адыгейского государственного университета. Серия 4: естественно-математические и технические науки. - №4, 2016. – 157-163 с.

УДК 004.852

И.А. Седых¹, Д.С. Демахин²

МОДИФИКАЦИЯ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

¹Липецкий Государственный Технический Университет

²Воронежский Государственный Университет

(Россия, ¹Липецк, ²Воронеж, ¹sedykh-irina@yandex.ru,

²demakhin.ds@gmail.com)

Аннотация. В данной работе приведено описание нового класса сетей Петри. Описаны основные отличия и модификации от классических сетей Петри или от их видов. Внесенные изменения аргументированы и вызваны соответствующей необходимостью. Использование сетей Петри как инструмента моделирования объясняется, в первую очередь, удобством. Графическое представление сетей Петри в виде двудольного ориентированного графа наглядно демонстрирует основные алгоритмы функционирования моделируемой системы. Использование матричного представления удобно применять при определении зависимостей различных узлов транспортной системы и выявлении влияния их друг на друга. Транспортная система – то, к чему применяется данный подход моделирования, представляет собой сложносоставную структуру с большим набором различных зависимостей и элементов, от которых нельзя абстрагироваться в процессе моделирования. Сеть Петри сохраняет и удобно отображает эти зависимости не нагружая

представление лишними элементами. Модель, получающаяся при таком подходе, обладает как наглядностью, так и функциональностью. Выбор транспортной системы, как объекта моделирования, обусловлен актуальностью поставленной задачи. Ведь расширение городов и увеличение численности проживающих в них идет очень быстрыми темпами. Что ведет к соответствующему увеличению автотранспорта. При этом внутренняя инфраструктура транспортной системы очень ограничена в своих возможностях расширения или модификации. В связи с чем возникает острая проблема загруженности дорог автотранспортом. Таким образом, рассматриваемая тема актуальна.

Ключевые слова: транспортная система, математическое моделирование, сеть Петри, новый класс сетей Петри, модификации сетей Петри.

I.A. Sedykh¹, D.S. Demakhin²

MODIFICATION OF PETRI NETS FOR MODELING THE TRANSPORT SYSTEM

¹Lipetsk State Technical University

²Voronezh State University

(Russia, ¹Lipetsk, ²Voronezh, ¹sedykh-irina@yandex.ru,

²demakhin.ds@gmail.com)

Abstract. This paper describes the new class of Petri nets. The main differences and modifications from classical Petri nets or from their types are described. The changes made are reasoned and brought about by the need. The use of Petri nets as a modeling tool is explained, first of all, by convenience. A graphical representation of Petri nets in the form of a bipartite oriented graph clearly demonstrates the basic algorithms of the functioning of the simulated system. Using the matrix representation is convenient to use when determining the dependencies of various nodes of the transport system and identifying their influence on each other. The transport system - the one to which this modeling approach is applied, is a complex structure with a large set of different dependencies and elements on which it is impossible to abstract from the modeling process. The Petri net stores and conveniently displays these dependencies without loading the representation with unnecessary elements. The model resulting from this approach has both visibility and functionality. The choice of the transport system as an object of modeling is determined by the relevance of the task. After all, the expansion of cities and the increase in the number of people living in them is going at a very fast pace. Which leads to a corresponding increase in motor transport. At the same time, the internal infrastructure of the transport system is very limited in its possibilities of expansion or modification. In this connection, there is an acute problem of road congestion. Thus, the topic under consideration is relevant.

Keywords: transport system, mathematical modeling, Petri net, new class of Petri nets, modifications of Petri nets.

Для решения задачи моделирования сложносоставной транспортной системы могут применяться сети Петри. Но ни классический вариант сетей, ни уже существующие модификации не могут адекватно и полноценно описать интересующие нас процессы либо из-за отсутствия необходимого

функционала, либо из-за наличия лишних ограничений на правила функционирования сети.

В связи с этим было принято решение о формировании нового класса сетей Петри путем модернизации алгоритмов их функционирования. В данной работе приведены некоторые из модификаций.

Говоря о транспортной системе, подразумеваем некоторую реальную структуру, при моделировании которой абстрагируемся от множества незначительных факторов.

Основными элементами предлагаемой модели являются транспортные объекты – перекрестки, кольца, и т.д. и модифицированная система управления сигналами светофоров.

Рассмотрим представление транспортной системы в виде сети Петри. В связи с масштабностью моделируемой системы удобно использовать иерархическое представление сетей Петри. На втором уровне расположены объекты транспортной системы в виде модифицированной сети Петри. На первом уровне реализовано их взаимодействие.

Ранее в работах [1-3] приведено описание рассматриваемой системы и ее представление сетью Петри. Здесь подробнее остановимся на особенностях сети Петри, используемой при моделировании транспортной системы [4-6].

В первую очередь важно отметить, что новый класс сетей Петри [7-10] остался сетями Петри [11] в их классическом понимании. То есть представляет собой некоторую сеть $N = (P_n, T_n, F_n)$, структура которой является двудольным ориентированным графом с конечным множеством вершин $P_n \cup T_n$, где $P_n \cap T_n = \emptyset$, и множеством дуг $F_n \subseteq (P_n \times T_n) \cup (T_n \times P_n)$.

Новый класс также будет являться одним из видов временных сетей Петри [12]. Т.е. за шаг принимается не активация переходов, а установленная заранее единица времени. Также важной особенностью будет временной интервал между исчезновением фишки в выходной позиции и появлением во входной. И здесь мы сталкиваемся с первой модификацией сетей Петри.

Предположим, что у нас имеется подъездной участок дороги перед перекрестком, состоящий из 2-х полос.

При активации зеленого сигнала светофора машины будут двигаться по своим допустимым направлениям и соответственно покидать данный участок, предоставляющий собой позицию.

Из-за 2-х полос вес дуги должен быть равен 2, но тогда транспортные средства смогут проходить только парами, что не соответствует действительности.

В связи с этим вес дуги указывает неточное число пропускающих фишек, а максимально возможное, и отображается на схеме как $-M^*$, где вместо $*$ подставлен соответствующий вес.

Следующей модификацией рассмотрим изменение алгоритма функционирования переходов. Ранее их активация зависела от наличия необходимых фишек. Теперь мы имеем два различных типа таких объектов сетей Петри. В дальнейшем будем их называть светофорные и распределительные переходы. Активность первых зависит от свойств управляющего маркера, приведенных ниже. Активность же вторых постоянна, их назначение состоит в распределительной функции: маркеры выбирают цвет в зависимости от соответствующих вероятностей. Также введем используемые далее обозначения: T – 1-ый тип переходов, B – 2-ой тип переходов.

В новом классе сетей Петри [13] появляется новый элемент – управляющий маркер (УМ). Его основной функцией является активация переходов 1-го типа. Причем в каждой локальной сети 2-го уровня, моделирующей транспортный объект, существует только один УМ, при том – постоянно. Попадая в переход 1-го типа, УМ не может его покинуть и по окончании времени жизни, установленному ему при генерации, уничтожается, тем самым блокируя переход.

Следующие изменения касаются маркировки. В классических сетях Петри [14] маркировка μ указывает число фишек в позициях по цветам. В новом классе добавлена маркировка в переходах T и B и обозначается ψ и φ соответственно.

Таким образом был получен новый класс сетей Петри [15]. Как видно изменения небольшие только на первый взгляд, в действительности же меняющие сам алгоритм функционирования сетей Петри. Все изменения обусловлены необходимостью и удобством. В дальнейшем именно этот класс будет использоваться и разрабатываться.

Список использованных источников

1. Седых, И.А. Гибкое управление светофорной системой перекрестка на основе нейронных сетей / И.А. Седых, Д.С. Демахин // Автоматизация процессов управления. – 2017. – №1(47). – С. 94-100.
2. Седых, И.А. Сети Петри для имитационного моделирования процесса формирования транспортных потоков на группе перекрестков / И.А. Седых, Д.С. Демахин // Вестн высших учебных заведений Черноземья. – 2018. – №3(53). – С. 58-72.

3. Седых, И.А. Сети Петри для моделирования перекрестка / И.А. Седых, Д.С. Демахин // Сборник трудов XIV международной научно-технической конференции. - Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет; 2018. – С. 73-77.
4. Сысоев, А.С. Идемпотентный подход к моделированию: транспортные системы и оптимизация подвижных процессов / А.С. Сысоев, С.Л. Блюмин, О.О. Черных // Вести высших учебных заведений Черноземья. - 2012. - № 2. - С. 43-46.
5. Никишечкин, А.П. Анализ и синтез дискретных систем / А.П. Никишечкин. – Саарбрюккене LAP, 2013. – 292с.
6. Иванов, В.А. Теория дискретных систем автоматического управления : учебное пособие / В.А. Иванов, А.С. Ющенко. – 2-е изд., доп. – Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. –348с.
7. Котов, В.Е. Сети Петри / В.Е. Котов. – Москва: Наука, 1984. – 158с.
8. Лескин, А.А., Мальцев П.А., Спиридонов А.М. Сети Петри в моделировании и управлении/ А.А. Лескин, П.А. Мальцев, А.М. Спиридонов – Ленинград: Наука, 1989. – 136с.
9. V., Kordic Petri net: Theory and Applications / Kodice V. – Vena: I-Tech Education and Publishing, 2008 –534p.
10. Питерсон, Д. Теория сетей Петри и моделирование систем / Питерсон Д. – Москва: МИР, 1984. – 264с.
11. Башкин, В.А., Ломазова И.А. Эквивалентность ресурсов в сетях Петри / В.А. Башкин, И.А. Ломазова – Москва: Научный Мир, 2008. – 208с.
12. Bause, F., Kritzinger, P.S. Stochastic Petri nets: an introduction / F. Bause, P.S/ Kritzinger – Planegg: Friedrich Vieweg and Sohn Verlag, 2002. – 221p.
13. Мальков, М. В. Сети Петри и моделирование / М.В. Мальков, С.Н. Малыгина // Труды Кольского научного центра РАН. – 2010. – №3. – С. 35–40.
14. Ехлаков, Ю.П. Цветные сети Петри в моделировании социально-экономических систем / Ю.П. Ехлаков, В.Ф. Тарасенко, О.И. Жуковский // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2013. – №3(29). – С. 83–92.
15. Ломазова, И.А. Вложенные сети Петри: моделирование и анализ распределенных систем с объектной структурой / И.А. Ломазова – Москва: Научный мир, 2004. – 208с.