

Тестова И.В.¹, Шириков М.С.²

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МОДУЛЯ ДЛЯ РАБОТЫ С ПОВТОРЯЮЩИМИСЯ СОБЫТИЯМИ, НА ОСНОВЕ ЦВЕТНЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ.

¹к.ф.-м.н., i.testova@narfu.ru

²студент

ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова», г. Архангельск

Аннотация. В статье представлено применение цветных сетей Петри на примере разработки математической модели модуля для работы с повторяющимися событиями, в том числе был рассмотрен весь путь, который проходит серия событий, а также все состояния, в которых находится система на различных этапах функционирования. Математическая модель позволяет наглядно выявить все ключевые моменты, а также уточнить характеристики элементов системы, которые могут изменяться в процессе.

Ключевые слова: электронный документооборот, математическое моделирование, раскрашенные сети Петри, повторяющееся событие.

Testova I.V.¹, Shirikov M.S.²

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF THE MODULE FOR WORKING WITH RECURRING EVENTS, BASED ON COLORED PETRI NETS

¹Ph.D. of Physico-mathematical Sciences,

²student

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education

"Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov", Arkhangelsk

Abstract. The article presents the application of colored Petri nets on the example of developing a mathematical model of a module for working with recurring events, including the entire path that a series of events passes, as well as all the states in which the system is at various stages of functioning. The mathematical model allows you to visually identify all the key points, as well as to clarify the characteristics of the system elements that may change in the process.

Keywords: electronic document management, mathematical modeling, colored petri nets, recurring event.

Введение. В результате анализа системы электронного документооборота, была выявлена следующая проблема: отсутствие механизма работы с повторяющимися совещаниями. Поскольку у сотрудников, а особенно у руководителей, зачастую возникала необходимость в создании различных совещаний, некоторые из которых должны были проводиться периодически: например, раз в неделю или месяц – было решено разработать механизм для управления повторяющимися совещаниями. Для реализации подобного механизма требовалась математическая модель, поскольку структура и требуемый функционал являются достаточно сложными и комплексными, что требует декомпозиции логики перед началом разработки. Таким образом, математическая модель позволяет наглядно описать принципы работы с повторяющимися совещаниями, а также состояния или стадии, которые могут принимать документы в процессе функционирования. Также важно отметить, что любые недостатки в организации документооборота неизбежно приведут к снижению эффективности работы предприятия, что еще раз подтверждает значимость детальной проработки концепции системы.

Основной материал.

Постановка задачи. Система электронного документооборота представляет из себя сложную, разветвленную сеть конечных пользователей, обменивающихся между собой различными документами. В первую очередь необходимо выделить основные характеристики моделируемой системы, что позволит определиться с инструментарием моделирования. Система электронного документооборота, а, следовательно, и все ее части является системой с дискретными состояниями, поскольку все

характеристики системы в целом и ее объектов в частности, изменяются скачкообразно и сами по себе являются дискретными. Протекающие в системе процессы являются детерминированными, что означает, что их поведение может быть предсказано заранее. Система также является нестационарной, поскольку характеристики системы изменяются со временем.

Следует отметить, что при выборе метода моделирования в каждом случае следует в первую очередь исходить из специфики отрасли и конкретной решаемой задачи, поскольку неграмотно выбранная модель не только усложнит сам процесс построения модели, но и, возможно, не сможет полностью отразить ключевые характеристики объекта.

В результате анализа различных методов математического моделирования, применимых для описания функционирования программного продукта, было решено использовать метод цветных сетей Петри для моделирования системы электронного документооборота. Наглядная и простая структура позволит легко разобраться с устройством программы, а использование именно цветных сетей позволит упростить процесс моделирования, поскольку можно сопоставить цвета меток с определенными состояниями документов.

Математическая модель работы с повторяющимися событиями на основе цветных сетей Петри. Работа с событиями в системе электронного документооборота предполагает, что в процессе своего жизненного цикла событие может принимать различные состояния. При этом переход в то или иное состояние происходит при выполнении определенных условий. Проанализировав различные инструментари, было решено построить модель работы с повторяющимися событиями на основании раскрашенных сетей Петри. Поскольку понятия, с которыми оперируют цветные сети Петри, очень близки к понятиям, используемым в языках программирования, в дальнейшем будет проще разрабатывать программную реализацию на основе построенной математической модели.

Сначала, при создании серии повторяющихся, все они имеют статус «На согласовании». На этом этапе пользователь может изменять различные параметры события, в частности: время и место проведения, участников, необходимое оборудование и другое. До момента подписания, в системе не существует как такового документа, соответствующего данной серии событий, следовательно, не возникает никаких проблем с их редактированием и удалением. Как только серия событий согласована, в системе создается соответствующий документ, которому присваивается статус «Согласовано». Начиная с этого этапа любые изменения в одном или нескольких событиях из серии приводят к необходимости изменению статуса у уже имеющегося документа или созданию нового. Рассмотрим математическую модель на основе цветных сетей Петри, которая наглядно отражает процесс работы с документом, относящимся к серии повторяющихся событий.

Поскольку в цветной сети Петри для дуг, входящих и выходящих из перехода определяется тип меток, которые могут соответственно входить и выходить из перехода на диаграмме это наглядно показано цветом дуг. Состояние сети Петри в начальный момент времени представлено на рисунке 1.

Цвет меток характеризует состояние совещание в данный момент:

- зеленый: «Согласовано»;
- красный: «На согласовании»;
- серый: «Удалено»;
- черный: «Отменено».

Также на схеме расположены 4 места, которые так же, как и метки соответствуют 4 возможным состояниям документов. У всех меток есть параметр *state*, в зависимости от значения которого происходит активация тех или иных переходов.

Начальная разметка сети показывает, что изначально все n меток, где n - количество событий в серии находятся в месте p_1 , что означает, что все события согласованы. Если пользователь начинает редактировать события, изначально он выбирает, что он хочет сделать: изменить совещание или удалить его, а также сколько именно событий будет редактироваться. Поскольку повторяющиеся события связаны в серию, пользователь может выбрать один из трех вариантов редактирования: только это, это и все последующие или всю серию.

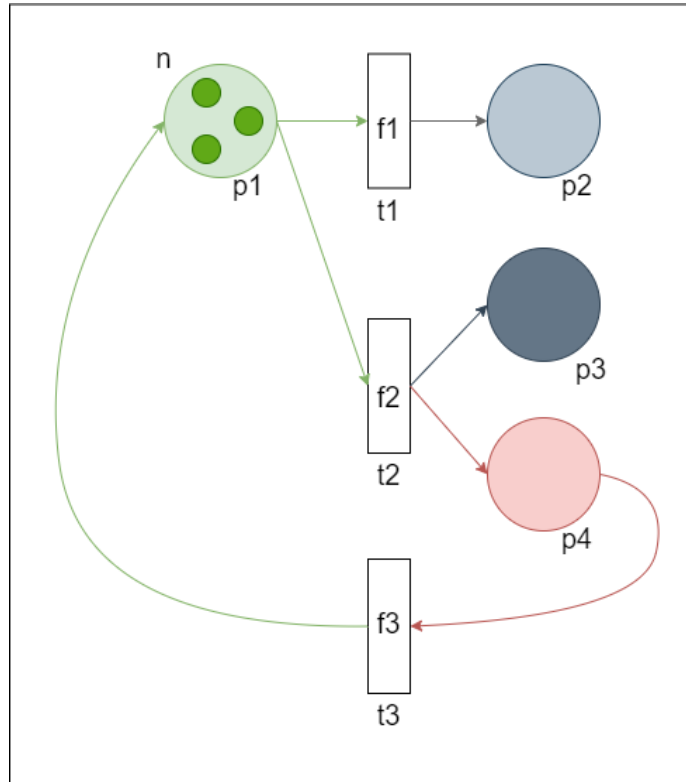


Рис. 1. Начальная разметка сети Петри

При выборе пользователем опции «удалить», это соответствует значению переменной $state = deleted$. Предохранитель перехода t_1 соответствует функции f_1 , которая активирует переход, если в месте p_1 есть метки, у которых переменная $state = deleted$. При активации перехода метки, с соответствующим значением переменной удаляются из входной позиции, а во входную позицию помещаются метки, соответствующие состоянию документа – «Удалено» (рисунок 2).

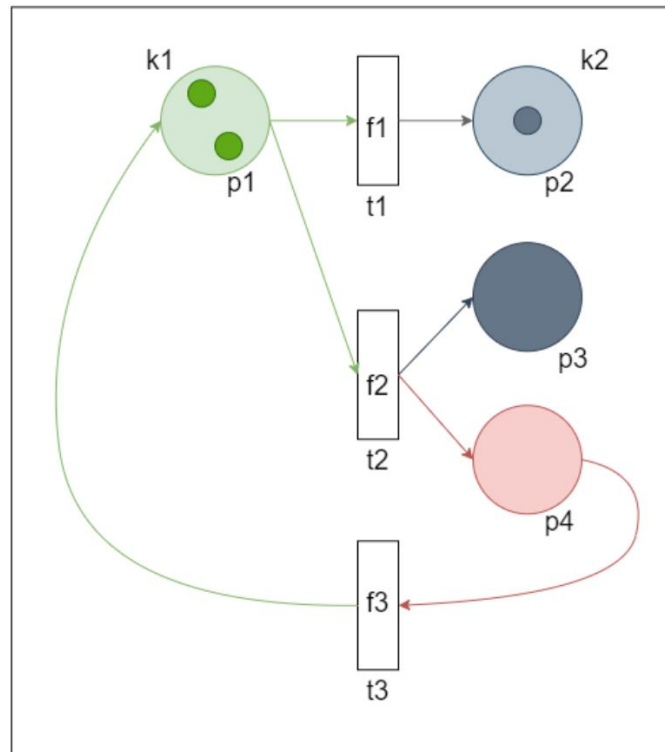


Рис. 2. Состояние модели при удалении событий

Таким образом при удалении одного или нескольких событий, состояние документов для этих событий приобретает статус «Удалено», а в место p_2 помещается количество меток, равно количеству удаляемых событий - k_2 . Таким образом количество активных событий с типом «Подписано» оказывается равно $k_1 = n - k_2$.

Рассмотрим теперь процесс изменения событий. При изменении события, переменная *state* принимает значение «*changed*», в таком случае предохранитель второго перехода $t_2 - f_2$ активирует переход, при наличии во входной позиции меток с таким значением параметра. В результате работы перехода t_2 , из входной позиции удаляется k_2 меток (столько, сколько событий планируется изменить) и добавляется столько же в места p_3 и p_4 . Документы, добавленные в место p_3 соответствуют типу «Отменено», а в p_4 — «На согласовании». В итоге, из состояния на рисунке 1 мы переходим в состояние на рисунке 3.

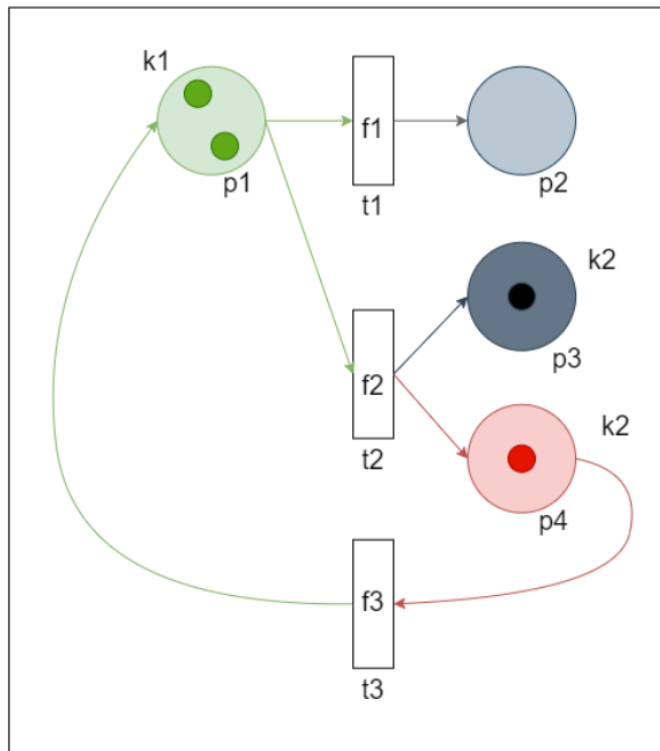


Рис. 3. Состояние модели при изменении события

В сети Петри добавление документов происходит сразу в два места, поскольку в реальности старому документу будет присвоен статус «Отменено», а вместо него будет создан новый, у которого по умолчанию при создании статус «На согласовании». Таким образом, при изменении события вместо одного, связанного с ним, документа, получается два. Относительно серии событий, происходит разбиение на две серии — первой, состоящей из k_1 события и второй — из k_2 событий.

Если переменная *state* второй серии событий, находящихся в месте p_4 примет значение *signed*, что означает, что документ был подписан, а следовательно событие согласовано. При наличии в месте p_4 событий с таким значением параметра, предохранитель f_3 перехода t_3 срабатывает и активирует переход. В результате k_2 событий удаляются из p_4 и в p_1 добавляется такое же количество меток с типом «Согласовано» (рисунок 4).

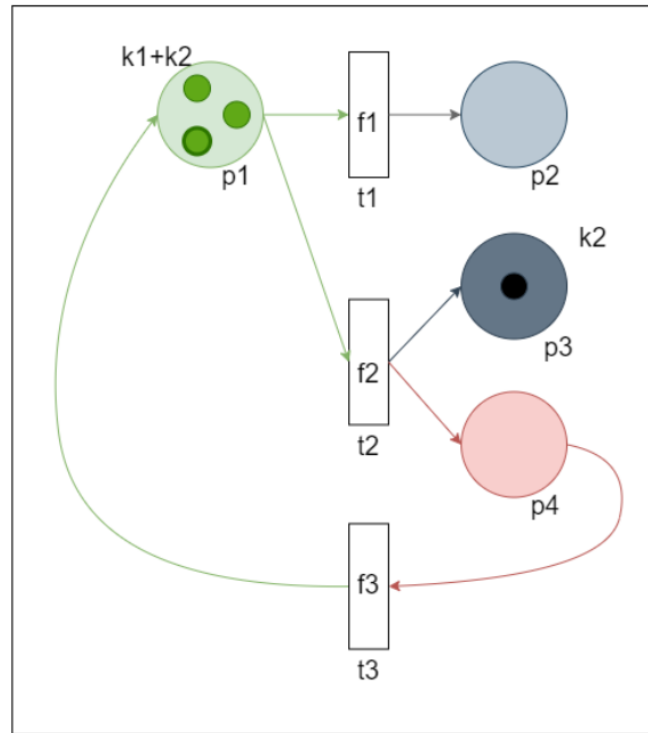


Рис. 4. Состояние системы после подписания измененной серии

Для наглядности граница метки событий, которые изменялись и были заново согласованы, сделана более жирной. В результате в месте p_1 оказывается $k_1 + k_2$ меток, соответствующих подписанным документам.

Выводы. В результате построения математической модели был рассмотрен весь путь, который проходит серия событий, а также все состояния, в которых находится система на различных этапах функционирования. Математическая модель позволяет наглядно выявить все ключевые моменты, а также уточнить характеристики элементов системы, которые могут изменяться в процессе.

Литература

1. Дубинин В. Н., Войнов А.С., Сенокосов И.В., Вяткин В.В., Функционально-блочная реализация моделей переходов состояний [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/funktsionalno-blochnaya-realizatsiya-modeley-perehodov-sostoyaniy>, свободный (дата обращения: 30.08.2023) - Загл. с экрана.
2. Мальков М.В., Малыгина С. Н. Сети Петри и моделирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/seti-petri-i-modelirovanie>, свободный (дата обращения: 01.09.2023) – Загл. с экрана.
3. Кизилев Е.А. Методика построения цветных сетей Петри, моделирующих работу цифрового автомата [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-postroeniya-tsvetnyh-setey-petri-modeliruyuschih-rabotu-tsifrovogo-avtomata>, свободный (дата обращения: 03.09.2023) – Загл. с экрана.