

16. *Экономическая эффективность проектных решений: учебное пособие* / М.А. Горевая, Г. А. Клочков, Г. И. Курчеева. – Новосибирск, 2008. – 180 с.

Сведения об авторах

Курчеева Галина Ивановна – доцент кафедры АСУ Новосибирского государственного технического университета, к.э.н. 630073 г. Новосибирск пр. К.Маркса, 20, kurcheeva@yandex.ru

Алетдинова Анна Александровна – доцент кафедры АСУ Новосибирского государственного технического университета, к.т.н. 630073 г. Новосибирск пр. К.Маркса, 20, aletdinova@corp.nstu.ru

Клочков Георгий Александрович – доцент кафедры Бизнес-информатики Новосибирского государственного университета экономики и управления, к.т.н. 630099 г. Новосибирск Каменская 56 klgeorge@yandex.ru

Kurcheeva Galina I. – Associate Professor of Novosibirsk State Technical University, candidate of sciences (in economics) 630073 Novosibirsk K.Marx st., 20, kurcheeva@yandex.ru

Aletdinova Anna A. – Associate Professor of Novosibirsk State Technical University, candidate of sciences (in engineering) 630073 Novosibirsk K.Marx st., 20, aletdinova@corp.nstu.ru

Klochkov Georgy A. – Associate Professor of Novosibirsk State University of Economics and Management, candidate of sciences (in engineering) 630099 Novosibirsk Kamenskaya st., 56 klgeorge@yandex.ru

DOI 10.18720/IEP/2018.6/25

§ 5.6 Моделирование информационных и материальных потоков интернет-магазина в цифровой экономике

Аннотация

Рассматривается один из возможных подходов к моделированию материальных и информационных потоков интернет-магазина. На основе проведенного обзора основных методов моделирования дискретно-непрерывных экономико-технических систем обоснована целесообразность использования аппарата теории сетей Петри для моделирования

схемы работы интернет-магазина. Предложено использовать модификацию сетей Петри, ориентированную на моделирование и анализ дискретно-непрерывных систем, путем включения приоритетных переходов, а также времени задержки меток в позициях и переходах. Построена модель в виде модифицированной сети Петри. На ее основе целесообразно создание программного комплекса, позволяющего анализировать информационные, материальные потоки и прогнозировать развитие внештатных ситуаций интернет - магазина.

Актуальность данной работы заключается в том, что без должного управления информационными и материальными потоками в интернет-магазине начнется несогласованность, которая будет сильнейшим ударом по организации бизнеса и приведет к существенным экономическим потерям.

Ключевые слова: интернет-магазин, материальные потоки, информационные потоки, модифицированные сети Петри, экономико-технические системы, системный анализ.

§ 5.6 Modelling of information and material flows online store

Abstract

One of the possible approaches to the modeling of material and information flows of the online store is considered. On the basis of the review of the basic methods of modeling discrete-continuous economic and technical systems the expediency of using the apparatus of the theory of Petri nets to simulate the scheme of the online store. It is proposed to use a modification of Petri nets, focused on modeling and analysis of discrete-continuous systems, by including priority transitions, as well as the delay time of labels in positions and transitions. A model in the form of a modified Petri net is constructed. On its basis it is advisable to create a software package that allows you to analyze information, material flows and predict the development of emergency situations online store. The relevance of this work is that without proper management of information flows in the online store will begin inconsistency, which will be a strong blow to the organization of business and lead to significant economic losses.

Keywords: online store, material flows, information flows, modified petri nets, economic-technical system, systems analysis.

Введение

В современных условиях через сферу производства и обращения по направлению к конечному потребителю продви-

гаются мощные потоки продукции, имеющей вещественную форму. Номенклатура продукции год от года становится все шире. Требования к качеству процессов ее продвижения делаются все жестче: процессы должны быть быстрее, точнее, экономичнее. В действиях механизма, обеспечивающего движение материальных потоков, должна возникать высшая степень согласованности отдельных звеньев - гармония, подобная гармонии, на которую способен лишь живой организм. Необходимым условием возникновения данной согласованности является наличие информационных систем, которые, подобно центральной нервной системе, в состоянии быстро и экономично подвести нужный сигнал к нужной точке в нужный момент.

Интернет – магазины имеют сложную многоуровневую структуру, поэтому могут рассматриваться как сложные системы. При их изучении используется стратегия системного анализа. В силу сложности задач моделирования и анализа таких систем для их решения необходимо привлечение современных методов математического и компьютерного моделирования [1, 2].

Цель исследования

Целью исследования является повышение эффективности процесса управления информационными, материальными потоками интернет-магазина на основе системного анализа.

Методы исследования

При решении поставленных в исследовании задач использовались методы системного анализа, теории сетей Петри, теории графов.

Теория

В современном интернет-бизнесе выигрывает тот, кто эффективнее собирает, обрабатывает и использует инфор-

мационную поддержку в качестве управления интернет-магазином.

Несмотря на то, что информационный обмен имеет большое значение в деятельности интернет-магазина, практика показывает, что часто поток данных о заказанном товаре теряется по пути к адресату, искажается или приходит с опозданием. Каждый из нас хотя бы раз в жизни сталкивался с тем, что служба доставки интернет-магазина привозила ему не тот товар, который был заказан. Возможно, речь идет о какой-то «незначительной» характеристике -- цвете, массе, размере, интерфейсе, дополнительных функциях. Поэтому важными условиями эффективной работы магазина являются: отсутствие «узких мест» и правильная адресация информационных потоков. В противном случае, возможностей понести убытки у магазина куда больше, чем получить прибыль [2].

Интернет-магазины характеризуются сложной многоуровневой структурой, поэтому могут рассматриваться как сложные экономико-технические системы. Эффективность функционирования таких систем можно обеспечить с помощью современных методов обработки информации, применяя методы системного анализа сложных объектов на основе математического описания процесса [1].

Одним из основных направлений исследования сложных систем является информационный подход на основе математического моделирования объекта [3]. Моделирование и компьютерные эксперименты с моделью-заменителем объекта являются эффективным средством, позволяющим создавать системы управления, рассматривать поведение объекта во внештатных ситуациях, оценивать его структуру и законы управления, а также учитывать стохастическую природу возмущающих воздействий [3]. Выделяют два подхода к модели-

рованию реальных объектов. В соответствии с первым подходом объект представляется в виде динамической системы с непрерывной переменной. В соответствии со вторым подходом объект представляется в виде динамической системы с дискретными событиями (ДСДС).

К классу ДСДС относятся также дискретно-непрерывные экономико-технические системы. Решение задач организации управления подобных дискретных динамических систем требует применения специальных математических методов. Традиционно для этих целей используются методы конечных автоматов, логико-лингвистического и имитационного моделирования, а также аппарат теории графов и сетей, сети Петри (СП). На основе сравнительного анализа в качестве основного аппарата математического моделирования выбран аппарат теории СП [4]. СП позволяют моделировать дискретные параллельные асинхронные процессы, получать графическое представление сети, описать системы на различных уровнях абстракции, представить системную иерархию, анализировать модели с помощью современных пакетов прикладных программ [4].

Сети Петри как математический аппарат для исследования экономико – технических систем

Сети Петри впервые были предложены Карлом Адамом Петри [4] в 1962 году для моделирования динамики поведения дискретных систем с асинхронными параллельными процессами. Сеть Петри - наглядная и хорошо формализованная модель поведения параллельных систем с асинхронными взаимодействиями. Она в компактной форме отображает структуру взаимоотношений элементов системы и динамику изменения ее состояний при заданных начальных условиях.

Аппарат СП используется как для оценки эффективности сложных систем [5], так и для синтеза их моделей, а также для моделирования, анализа и синтеза [6], и других аппаратных средств [7], для моделирования распределенных баз данных, параллельных программ, асинхронных ЭВМ, [8], для моделирования протоколов информационного обмена, [9] компиляторов и операционных систем, локальных сетей ЭВМ, организации компьютерной памяти.

Сети Петри, как и сети конечных автоматов, совмещают в себе возможности отображения динамики параллельных процессов в целом, с сохранением представления о динамике каждого из этих процессов в отдельности. Это сочетается с простотой и выразительностью отображения взаимодействия элементов сети и процессов в них, простым синтаксисом, наглядностью и широкими функциональными возможностями. Сети Петри более адекватно отражают организацию процессов в ДСДС по сравнению с моделями других видов [10].

Существует несколько эквивалентных определений СП. Мы будем придерживаться терминологии, введенной в работах [11].

Формализм сетей Петри общего вида основан на понятии комплекта, являющемся обобщением понятия множества. Как и множество, комплект - это набор элементов, но всякий элемент может входить в него более одного раза.

Сеть Петри задается набором $N = (P, T, I, O)$, где $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ - конечное множество позиций, $n \geq 0$; $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ - конечное множество переходов, $m \geq 0$; $I: T \rightarrow P$ - входная функция, - отображение из множества переходов в комплекты позиций; $O: T \rightarrow P$ - выходная функция - отображение из множества переходов в комплекты позиций. Множество переходов и множество позиций не пересекаются: $P \cap T = \emptyset$. Позиции, дуги

из которых ведут в переход t_j , называются входными для t_j ; аналогично, позиции, в которые ведут дуги из перехода t_j , называются выходными для t_j . Комплект входных позиций обозначают $I(t_j)$, выходных - $O(t_j)$.

Использование комплектов позволяет позиции быть кратным входом или кратным выходом перехода. Кратность входной позиции p_i для перехода t_j есть число появлений позиции во входном комплекте перехода и обозначается $\#(p_i, I(t_j))$. Аналогично, кратность выходной позиции p_i для перехода t_j есть число появлений позиции в выходном комплекте перехода, и обозначается $\#(p_i, O(t_j))$. Переход t_j является входом позиции p_i , если p_i есть выход t_j . Переход t_j есть выход позиции p_i , если p_i есть вход t_j . Записи $O(p_i)$, $I(p_i)$ будут означать комплекты входных и выходных переходов для данной позиции p_i . Данное представление сети Петри называют аналитическим заданием СП.

Графовым представлением сети Петри является двудольный ориентированный мультиграф: $G = (V, A)$, где $V = P \cup T$ - множество вершин, $P \cap T = \emptyset$; $A = \{a_1, a_2, \dots\}$ - комплект ориентированных дуг; $a_i = \{V_j, V_k\}$, где $V_j, V_k \in V$.

Для любой ориентированной дуги $a_i \in A$, если $a_i = \{V_j, V_k\}$, то либо $V_j \in P$ и $V_k \in T$, либо $V_j \in T$ и $V_k \in P$.

Структура сети Петри представляет собой совокупность позиций и переходов. В соответствии с этим, граф сети Петри обладает двумя типами вершин: кружок обозначает позицию, планка - переход. Ориентированные дуги соединяют позиции и переходы. Кратные входы и выходы указываются кратными дугами. Граф сети Петри (ГСП) есть мультиграф, так как он допускает существование кратных дуг от одной вершины к другой. Так как дуги являются направленными, то ГСП - ориентированный мультиграф. Вершины графа можно разделить

на два множества (позиции P и переходы T), следовательно, ГСП является двудольным мультиграфом.

Сеть Петри приобретает динамические свойства при введении понятия метки, помещаемой в позиции. Перемещения меток по сети отображают переходы исследуемого объекта в различные дискретные состояния. Размещение меток по позициям сети называют её маркировкой. Маркировка СП задается функцией M , которая отображает множество позиций в множество неотрицательных целых чисел $N = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$: $M: p \rightarrow N$ и является n -мерным вектором $M = (M_1, M_2, \dots, M_n)$, значения компонентов которого равны числу меток в соответствующих позициях. Связь между определениями маркировки как функции и как вектора устанавливается соотношением: $M(p_i) = M_i$.

Маркированная сеть Петри $МСП = (N, M)$ есть совокупность структуры СП $N = (P, T, I, O)$ и маркировки M , и может быть записана в виде $C = (P, T, I, O, M)$. Маркировка МСП изменяется при срабатывании переходов. В ГСП маркировка изображается с помощью помещаемых внутрь позиции точек.

Переход t_j называется разрешенным, если удовлетворяет условию: для всех $p_i \in I(t_j)$ $M(p_i) \geq \#(p_i, I(t_j))$.

При выполнении разрешенного перехода t_j маркировка сети M изменяется на новую по следующим правилам: $M(p_i) = M(p_i) - \#(p_i, I(t_j)) + \#(p_i, O(t_j))$, $p_i \in I(t_j)$, $p_i \in O(t_j)$,

- из каждой входной позиции удаляется количество меток, равное кратности дуг из этой позиции в данный переход, а в каждую выходную позицию добавляется количество меток, равное кратности дуг из данного перехода в эту позицию.

Запуск разрешенного перехода приводит к изменению распределения меток в сети (смене маркировки) по правилам выполнения СП. Последовательности запусков соответствует

последовательность маркировок. Маркировка M_n достижима из маркировки M , если существует последовательность запусков (срабатываний) переходов, приводящих от M к M_n :

$$\begin{array}{cccc} & t_1 & t_2 & t_n \\ M & \rightarrow & M_1 & \rightarrow \dots \rightarrow M_n \end{array}$$

Множество всех маркировок, достижимых в сети (C, M) от M , обозначается $R(C, M)$ или просто $R(M)$.

Возможности моделирования сетями Петри реальных систем ограничены. Этим объясняется появление тенденции к расширению модели. Исследователи, использовавшие сети Петри, разработали свои модификации СП для узкого круга своих задач. Для анализа различных модификаций, основанных на теории СП, сформулировано определение, общей сети Петри - СП, на структуру поведенческие свойства которой не накладывается ограничений. Этот класс сетей занимает центральное место в множестве модификаций СП.

Исследователи, изучающие и развивающие методы анализа сетей Петри (методы на основе дерева достижимости, алгоритмические методы на основе матричных уравнений, методы декомпозиции СП), пришли к выводу, что, являясь мощным средством изучения СП, данные методы оказываются пригодными для сетей Петри с наложенными ограничениями. Поэтому были выделены следующие подклассы СП, отражающие ее поведенческие (определяемые маркировкой) и структурные (определяемые топологией ГСП) свойства: ординарные СП, нереклексивные СП, простые СП, живые СП, безопасные СП, бесконфликтные СП, устойчивые СП, автоматные СП, маркированные графы, СП со свободным выбором (ССВ), сети с асимметричным выбором (САВ) или правильные СП.

Живые СП - это СП, удовлетворяющие условию: если каждый переход $t_j \in T$ является потенциально срабатывающим при любой маркировке из множества допустимых маркировок.

Автоматные СП - это ординарные СП, у которых каждый переход имеет только одну входную и только одну выходную позиции, то есть для всех $t_j \in T$, $|I(t_j)| = 1$ и $|O(t_j)| = 1$. Эти сети - строго сохраняющие. Это означает, что число меток в такой сети не изменяется. Автоматные сети позволяют отображать принятие решений, но они не пригодны для моделирования синхронизации параллельных процессов.

Маркированные графы (МГ) - это СП, в которых каждая позиция является входом для одного перехода и выходом одного перехода. Маркированные графы двойственны автоматным СП в теоретико-графовом смысле, поскольку в автоматных СП переходы имеют один вход и один выход, в то время как в маркированных графах один вход и один выход имеют позиции. Маркированные графы позволяют представлять параллельные процессы и в основном используются для моделирования систем, не требующих принятия решений (конфликтов).

СП со свободным выбором (ССВ) - есть СП такие, что для всех $t_j \in T$ и $p_i \in I(t_j)$ позиция p_i является либо единственной входной позицией перехода t_j , то есть $|O(p_i)| = 1$, либо этот переход имеет единственную входную позицию, то есть $|I(t_j)| = 1$.

Автоматные сети и маркированные графы являются подклассами СП со свободным выбором.

Устойчивые СП [12] - СП такие, что для любых двух разрешенных переходов запуск одного из них не приводит к запрещению срабатывания другого. В устойчивой сети любой

переход, став разрешенным, сохраняет это состояние до тех пор, пока не сработает.

Понятие устойчивости оказывается полезным при изучении параллельных схем вычислений и асинхронных схем.

Бесконфликтные СП [13] - есть СП, для которых либо для каждой ее позиции $p_i \in P$ существует не более одной исходящей дуги $|O(p_i)| \leq 1$, либо для всех $t_j \in O(p_i)$ выполняется $t_j \in I(p_i)$ (любая позиция, являющаяся входной для более чем одного перехода, является одновременно и выходной для каждого такого перехода). Бесконфликтные СП устойчивы, хотя обратное справедливо не всегда.

Сети с асимметричным выбором (правильные СП) - это такие сети, в которых требуется, чтобы каждый переход имел не более одной входной позиции, которая совместно используется с другим переходом и поэтому служит для ограничения возможностей возникновения конфликтов. При решении задач определения корректности (правильности) алгоритма и программного обеспечения систем логического управления правильные сети Петри широко используются в АСУ. Обычно объект исследования моделируется СП, а свойства объекта исследуются при анализе свойств СП. Анализ СП можно опустить, если заведомо строить правильные сети Петри. Методика формирования правильных сетей Петри основана на подстановке в исходную правильную сеть Петри специального вида хорошо сформированных блоков, правильность которых исследовалась на основе структурных свойств. Данное направление было развито в работах [14].

Использование подклассов СП при моделировании, анализе и синтезе реальных систем позволяет создавать объекты с заранее известными свойствами (корректные алгоритмы, микросхемы, параллельные программы).

Модификации, направленные на усиление моделирующих возможностей сетей Петри путем введения структурных особенностей (новых типов переходов и позиций, специальных функций выполнения переходов, особых дуг), получили название расширений СП. Их - значительное количество, которое непрерывно растет, увеличивая возможности моделирования сетями Петри, различных классов сложных систем. Простейшие из них - это СП, содержащие ингибиторные дуги [15]. Ингибиторные дуги связывают позиции с переходами, изображаются заканчивающимися кружочками и допускают проверку позиции p на нуль. Ингибиторные дуги вводятся специальной функцией инцидентности: $Fi:T \rightarrow P$ - отображение из множества переходов в множество позиций. Кратность ингибиторной дуги равна 1. Переход t_j является разрешенным, если метки присутствуют в каждой входной позиции, соединенной с переходом обычными дугами, и отсутствуют в каждой позиции, соединенной с переходом ингибиторной дугой: $p_i \in I(t_j)$ и $p_j \in Fi(t_j): M(p_i) \geq \#(p_i, I(t_j))$ и $M(p_j) = 0$.

Более общий случай расширения СП, введенный Патилом [16] - СП с областями ограничения. Область ограничения - это множество позиций Q , принадлежащее P . Правило запуска модифицируется таким образом, что переход может быть запущен, когда в результирующей маркировке не все $p_j(Q)$ одновременно имеют метки (не пусты).

Другое расширение, введенное Ное в - СП с переходом "исключающее ИЛИ". Переход "исключающее ИЛИ" может запускаться, когда только один из его входов имеет метки, а все другие их не имеют, и при запуске он удаляет метку только из входа с метками. Аналогичное расширение - СП с переключателями. Переключатель - это переход со специальным входом, называемым переключателем, и точно двумя переключателями.

чающими выходами. Разрешенный переключаемый переход запускается по следующему правилу: метка помещается в выход, помеченный символом e , если переключающий вход пуст, или в выход, помеченный символом f , если переключающий вход не пуст. Метка удаляется из переключающего входа. В зависимости от состояния переключателя запуск переключаемого перехода приведет к одной из двух возможных маркировок.

Рассмотренные выше расширения направлены на создание в сетях Петри возможности проверки на нуль. Все эти расширения являются эквивалентными СП с ингибиторными дугами.

Приоритетные СП - это сети, элементы которых частично упорядочены некоторым отношением (меньше или равно), и с каждым переходом t СП связаны приоритеты $np(t)$. Тогда правило срабатывания перехода дополним следующим условием: переход t может сработать, если для любого другого перехода t' этой сети, который может сработать по стандартному условию: $np(t') \leq np(t)$, то есть, если несколько переходов готовы сработать, то срабатывает тот, приоритет которого не меньше приоритетов остальных готовых к срабатыванию переходов.

Управляющие СП (УСП) есть ориентированный двудольный граф, состоящий из двух непустых непересекающихся множеств вершин: позиций $P = \{p\}$ и переходов $T = \{t, z\}$, связанных между собой дугами по определенным функциональным правилам S . T - множество простых переходов t и макропереходов z . Основным отличием УСП является то, что в ней были дополнительно введены управляемые макропереходы z . Управляемые переходы состоят из простых переходов: $z = \{ti_1, ti_2, \dots, ti_n\}$, срабатывание которых осуществляется в соот-

ветствии с управляющими сигналами. Управляющие СП могут быть использованы для алгоритмического описания широкого круга задач и моделирования алгоритмов управления при построении параллельных программ и их параллельных алгоритмов.

Раскрашенные (разноцветные) сети Петри (РСП) и сети Петри высокого уровня - это сети, определенные кортежем (A, T, C, P, I, O) , где A - множество дуг, T - множество переходов, C - множество цветов меток, P - множество позиций, I и O - входная и выходная функции, ставящие в соответствие позициям, переходам и дугам цвета меток, необходимых для входа и образованных для выхода. Главная особенность РСП - наличие в позициях сети меток различных цветов, которые могут интерпретироваться, например, как дискретные материальные потоки качественно различных типов. Меткам приписываются переменные (цвета), кратности дуг интерпретируются как функции от этих переменных. Входная и выходная функции I, O имеют своими элементами не числа, а функции от переменных (цветов). Предикатные СП - дальнейшее расширение раскрашенных сетей. В этих сетях метками могут быть и цвета, и переменные с областью определения из множества цветов, и, кроме того, каждому переходу поставлен в соответствие предикат, истинность которого разрешает срабатывание. Существует несколько модификаций предикатных сетей: унарные предикатные сети, числовые сети, предикатные сети, подобные маркированным графам. Описан ряд применений предикатных сетей: для анализа корректности сетевых протоколов, для анализа параллельных программ.

Временные СП. Существует два типа временных сетей: сети, в которых позициям приписывают продолжительность пребывания в них меток, и сети, в которых переходам припи-

сывается продолжительность срабатывания. Первые использовались для определения условий функционирования с "максимальной скоростью". Вторые - для определения условий реализуемости заданных режимов: периодического, с заданным характеристическим вектором, а также с максимальной скоростью.

Широко вводятся в практику моделирования временные стохастические сети Петри (ВССП) [17]- временные СП, в которых время "обслуживания" разрешимого перехода t является случайной величиной. ВСПП введены для количественной оценки некоторых параметров функционирования систем: надежности, производительности. В России опубликован ряд работ, исследующих поведение ВССП при различных законах распределения случайных величин с использованием аппарата полумарковского процесса. Следует отметить, что исследования проводятся для ВССП с ограничениями ("бесконфликтные" ВССП и другие жесткие ограничения). Но данное направление достаточно перспективно, так как большинство реальных систем функционируют, подчиняясь тем или иным законам распределения циклов работы.

Для моделирования параллельных процессов реального масштаба времени в области передачи информации по каналам связи разработаны новые расширения СП - синхронные сети Петри и SP - сети - модернизации СП, включающие одновременность выполнения процессов в понятия СП, позволяющие в рамках аппарата сетей Петри описывать длительность процесса, допускающие проверку на нуль и решающие задачу достижимости для конкретного класса объектов моделирования - параллельных синхронных процессов реального масштаба времени ПСПРВ. Принципиально, ССП и SP - сети - модификация временных сетей Петри с системой приорите-

тов, в которых дискретные часы моделируются замкнутой петлей. В целом, SP- сети - удачная модернизация, расширяющая область применения СП при моделировании дискретных систем.

Вводится целый ряд модификаций СП, задающих порядок запусков переходов:

FIFO-сети [18] - это сети с обслуживанием очередей по принципу "первый пришел, первый ушел". В них циркулируют метки разного цвета. Однако, в отличие от PCП, в FIFO-сетях эти метки образуют в позициях очереди. Позиции этих сетей естественно интерпретировать как накопители. Очереди в накопителях FIFO-сети формально описываются как слова в некотором алфавите.

LIFO-сети [19] - это сети с обслуживанием очередей по принципу "последний пришел, первый ушел". Накопители в них представляют собой стеки. На LIFO-сетях просто моделируется так называемый счетчиковый аппарат, а поэтому они, как и FIFO-сети, эквивалентны машинам Тьюринга.

Оценочные СП. К ним относятся различные интерпретации, в которых вершины позиций имеют целое число меток N ($N > 1$), а целочисленные оценочные дуги определяют количественное распределение меток в сети после прохождения их через вершины переходов (после срабатывания переходов). Оценочные СП получили широкое применение для алгоритмического описания и моделирования вычислительных процессов и некоторых задач управления, в которых алгоритмы должны описывать группу многократно повторяющихся действий.

Числовые СП и макрочисловые СП - есть СП, срабатывание переходов, в которых зависит от маркировки позиций, входящих в переходы и выходящих из них, а также от типа ис-

пользуемых переходов. Движение меток определяется с помощью специальной резолюционной функции. Эта функция служит для оценки информации, которая зависит от структуры данных. ЧСП применяются для статического моделирования систем с линиями ожидания. Особенностью данной интерпретации является то, что срабатывание переходов зависит от информации о маркировке последующих позиций. Это значит, что перед срабатыванием перехода необходимо проверить, свободны ли выходные позиции. Наличие обратных связей значительно усложняет исследование (анализ и синтез) числовых СП. Макрочисловые СП являются более удобными для описания задач вычислительной техники.

Таким образом, нами описаны основные классы сетей Петри. Круг модификаций сетей Петри постоянно дополняется и расширяется. Каждый исследователь вводит свои расширения для своего круга задач.

Аппарат теории сетей Петри - наиболее удобный инструментарий для моделирования структуры и функционирования экономико – технических систем. Для моделирования экономико – технических систем нами было решено использовать временные детерминированные сети Петри, допускающие ингибиторные дуги и приоритетные переходы. Следует отметить, что данные модификации использованы нами для удобства моделирования и программной реализации сетевых моделей. Аппарат классических сетей Петри позволяет моделировать функционирование экономико – технических систем, но СП - модель будет громоздкой, ненаглядной и большой размерности.

Полученные результаты

Условное движение информационных и материальных потоков среднестатистического интернет-магазина изображе-

но на рисунке 5.6.1. Сплошными линиями обозначено движение информации, а – пунктирными материальные потоки.

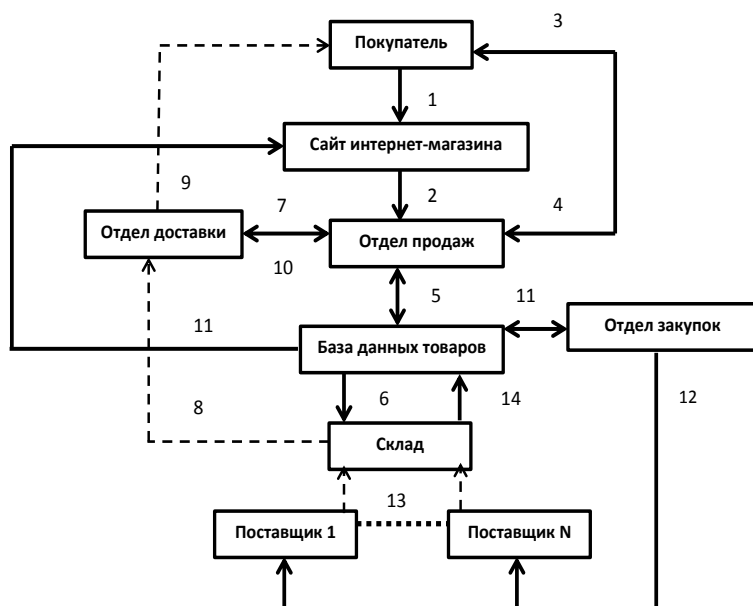


Рис. 5.6.1. Материальные и информационные потоки интернет-магазина

Это упрощенная схема, из нее исключены финансовые потоки и сопровождающая их информация, предполагается, что магазин работает со своим складом, хотя в зависимости от профиля магазина, некоторые товары могут доставляться клиенту непосредственно от поставщика и т.д. Однако даже из такой простой схемы видно, что управление потоками составляют важную часть магазина, а возможности потерять, задержать или исказить информацию есть практически у каждого отдела [2].

Для описания схемы работы интернет магазина нами предлагается использование N–схем, опирающихся на мате-

матический аппарат сетей Петри, одним из достоинств которого является возможность представления сетевой модели как в аналитической форме, с возможностью автоматизации процесса анализа, так и в графической форме с обеспечением наглядности разрабатываемой модели [20, 21].

При анализе структурных и функциональных схем следует учитывать основное ограничение формализма N–схем, которое состоит в том, что они не учитывают временные характеристики моделируемых систем, так как время срабатывания перехода считается равным нулю. Учитывая эти условия, нами предложены МСП [20, 21]. Модификация сетей Петри - сеть Петри вида $C = \langle P, T, I, O, M, L, \tau_1, \tau_2 \rangle$,

где $T = \{t_j\}$ – конечное непустое множество символов, называемых *переходами*.

$P = \{p_i\}$ – конечное непустое множество символов, называемых *позициями*.

$I: P \times T \rightarrow \{0, 1\}$ – входная функция, которая для каждого перехода t_j задает множество его позиций $p_i \in I(t_j)$.

$O: P \times T \rightarrow \{0, 1\}$ – выходная функция, которая отображает переход в множество выходных позиций $p_i \in O(t_j)$.

$M: P \rightarrow \{1, 2, 3, \dots\}$ – функция маркировки (разметки) сети, которая ставит в соответствие каждой позиции неотрицательное целое число, равное числу меток в данной позиции, которое меняется в процессе работы сети.

Срабатывание перехода мгновенно изменяет разметку $M(p) = (M(p_1), M(p_2), M(p_3), \dots, M(p_n))$ на разметку $M'(p)$ по следующему правилу:

$$M'(p) = M(p) - I(t_j) + O(t_j) \quad (1)$$

Запись уравнения (1) означает, что переход t_j изымает по одной метке из каждой своей входной позиции и добавляет по одной метке в каждую из выходных.

$L=\{c_1, c_2, \dots, c_k\}$ - множество цветов меток маркировки.

Метки интерпретируются как дискретные потоки (финансовые, материальные или информационные).

$\tau_1: T \rightarrow N$ и $\tau_2: P \rightarrow N$ функции, определяющие время задержки при срабатывании перехода и время задержки в позиции.

Динамика выполнения МСП определяется движением меток, моделирующих движение дискретных потоков.

Таким образом, рассмотренная модификация сетей Петри позволяет решать следующие задачи [20, 21]:

1. Анализ функционирования элементов системы в условиях нештатных ситуаций.
2. Анализа переключения управления на сетевом уровне.
3. Анализа системы для обеспечения устойчивого, стабильного состояния.

Для управления потоками в интернет-магазине разработана математическая модель. Модель разработана в виде МСП, реализация которой позволила исследовать системные связи и законы функционирования системы в целом. Построены также модели основных ее элементов с использованием результатов [22].

Из СП - моделей основных элементов была синтезирована модель всей схемы работы интернет-магазина (рис. 5.6.2).

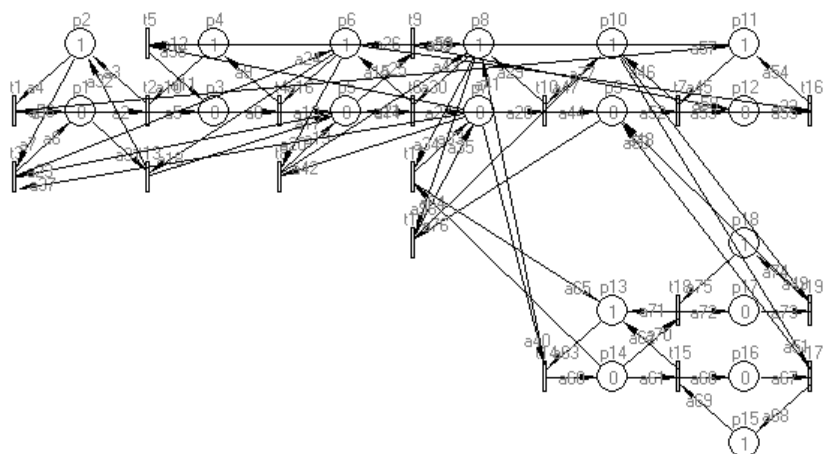


Рис. 5.6.2. Модель схемы работы интернет-магазина в виде модифицированной сети Петри

Выводы

При анализе экономико-технических систем установлено основное ограничение формализма N-схем, заключающееся в отсутствии учета N-схемами временных характеристик моделируемых систем. Это приводит к необходимости использования модификации СП, ориентированной на моделирование и анализ дискретно-непрерывных экономико-технических систем, путем включения приоритетных переходов, а также времени задержки меток в позициях и переходах. Разработанная нами СП-модель интернет-магазина, позволяет исследовать системные связи и законы функционирования системы в целом. На ее основе целесообразно создание программного комплекса, позволяющего анализировать информационные, материальные потоки и прогнозировать развитие внештатных ситуаций интернет - магазина.

Литература

1. Barzegar, B., Motameni, H. *Modeling and Simulation Firewall Using Colored Petri Net* (2011) *World Applied Sciences Journal* 15 (6), pp.826-830.
2. Gollapudi, S., Kumar, R., Panigrahi, D., Panigrahy, R. *Partitioning orders in online shopping services* // *International Conference on Information and Knowledge Management, Proceedings Part F131841*, 2017. pp. 1319-1328.
3. Official site of the International union of telecommunication (MSE, English International Telecommunication Union, ITU) [Electronic resource] URL: www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/facts/default.aspx (date of the address 2/04/2018).
4. Питерсон, Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / Дж. Питерсон. – М.: Мир, 1984. – 264 с.
5. Клыков Ю.И. Ситуационное управление большими системами. М.: Энергия, 1974. 136 с.
6. Нильсон Н. Принципы искусственного интеллекта. М.: Радио и связь, 1985. 376 с.
7. Meyer J.F., Movaghar A., Sanders W.H. *Stochastic Activity Networks: Structure Behaviour and Application* // *Proc. Int. Workshop Timed Petri Nets*. Torino, Italy, July 1-3, 1985. P. 106-115.
8. Orsu M.T. *Modeling and Analysis of Distributed Database Concurrency Controlled Algorithms Using and Extended Petri Net Formalism* // *IEEE Trans Software Eng.* Oct. 1999. V. SE-11. No. 10. P. 1225-1240.
9. Goltr U., Reisig W. *CSP-Programs as Nets with Individual Tokens* // *Lecture Notes in Computer Science*. 1985. V. 188 [22]. P. 169-196.
10. Marsan M.A., Chiola G., Tumagali A. *An Accurate Performance Model of CSMA/CD and LAN* // *LNCS*. 1985. V. 266 [24]. P. 146-161.
11. Voss K. *A Net Model of a Local Area Network Protocol* // *Lecture Notes in Computer Science*. New York: Springer-Verlag. 1985. V. 188. P. 413-437.
12. Кениг Р. Минимизация сетей Петри, интерпретированных с точки зрения техники управления процессами // *Автоматизированное проектирование дискретных управляющих устройств*. М.: Наука, 1980. С. 187-200.
13. Noe J.D. *A Petri Net Model of the CDC 6400* // *Proc. ACM/SIGOPS Workshop on Systems Performance Evaluation*. 1971. P. 362-378.
14. Distantе F. *A Petri Net Matrix Approach in VLSI Functional Testing* // *Microprocessing and Microprogramming*. 1985. V. 16. No. 2-3. P.194.

15. Бутов А.А. О реализации секвенционных автоматов на программируемой логической матрице // *Управляющие системы и машины*. 1983. № 5. С. 8-12.
16. Holiday M.A., Vernon M.K. *Performance Estimates for Multiprocessor Memory and Bus Interference* // *IEEE Trans. Comput.* Jan. 1987. V. 36. P. 76-85.
17. Alla H., Ladet P., Martinier J., Silva-Suarer M. *Modeling and Validation of Complex Systems by Coloured Petri Nets: Application to a Flexible Manufacturing System* // *Lecture Notes in Computer Science*. New York: Springer-Verlag, 1985. V. 188. P.15-31.
18. Иванов Н.Н. Алгебраический метод решения проблемы отсутствия тупиковых разметок в сетях Петри // *Автоматика и телемеханика*. 1991. № 7. С. 125-130.
19. Иванов Н.Н. Полумарковские процессы во времени стохастических сетей Петри // *Автоматика и телемеханика*. 1994. № 3. С.117-128.
20. Савдур С.Н., Понкратова С.А. Системный подход в моделировании технологического процесса очистки нефтесодержащих сточных вод. // *Вестник Казанского технологического университета*. Казань: КГТУ, 2010. № 7. С. 218 – 226.
21. Yu. I. Azimov, S.N. Savdur, E.L. Fesina, 2014. Ensuring environmental safety based on the modeling of biological process of oily SEWAGE. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5 (24): 372-377.
22. Molinillo, S., Liébana-Cabanillas, F., Anaya-Sánchez, R. A social commerce intention model for traditional E-commerce sites // *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research* 13(2), 2018. pp. 80-93.

Сведения об авторах

Савдур Светлана Николаевна – доцент кафедры товароведения и технологии общественного питания Казанского кооперативного института «Российский университет кооперации», к.т.н.; 420081, Казань, ул. Николая Ершова, д. 58, Savdur.Svetlana@yandex.ru

Воронцова Валерия Леонидовна – доцент кафедры общей математики Казанского (Приволжского) федерального университета, к.ф.-м.н.; 420008, Казань, ул. Кремлёвская, 18, milen99@yandex.ru

Savdur Svetlana N. – associate Professor of the Department of commodity science and public catering technology of Kazan cooperative Institute "Russian University of cooperation", candidate of technical sciences; 420081, Kazan, st. Nikolay Ershov, 58, Savdur.Svetlana@yandex.ru

Vorontsova Valeriya L. - PhD, Ass. Professor; Kazan (Volga region) Federal University (KFU), 420008, Kazan, Kremlin street, 18, milen99@yandex.ru

DOI 10.18720/IEP/2018.6/26

§ 5.7 Особенности создания информационно-аналитического центра кластера в условиях цифровизации экономики

Аннотация

Процесс перехода на инновационный путь развития экономики предполагает совершенствование существующих подходов к реализации стратегии регионального развития. На сегодняшний день распространенной моделью взаимодействия субъектов инновационного процесса является кластерное образование. Преимуществом данного подхода является способность к формированию соответствующих социально-экономических связей, которые позволяют обеспечить непрерывный обмен информацией о существующих ресурсах и потенциале к их использованию. При этом в условиях цифровизации появляется необходимость формирования коммуникативной среды. С целью модернизации уже сложившихся социально-экономических связей кластера или только формирующихся взаимодействий целесообразно создание информационно-аналитического центра. Ключевой функцией такого центра является аккумулирование, обработка и распространение информации между акторами инновационного кластера. При этом важно отметить, что создание центра является дополнительной финансовой и административной нагрузкой на формирующиеся кластерное образование. В этой связи необходимо рассмотреть возможности передачи данных функций уже функционирующим субъектам, таким как центр трансфера технологий, центр коллективного пользования или бизнес-инкубатор. Обладая достаточными ресурсами к построению коммуникативной среды и аккумулированию информационных потоков, указанные акторы способны на этапе становления обеспечить кластерное образование необходимыми информационными ресурсами.