

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

УДК 004.021

Н.М. Зайцева, кандидат технических наук

Инновационный Евразийский университет (г. Павлодар, Республика Казахстан)

E-mail: zaitzevns@mail.ru

А.Т. Капсалыкова

Инновационный Евразийский университет (г. Павлодар, Республика Казахстан)

E-mail: donya_k06@mail.ru

Теоретические основы применения сети Петри в моделировании логистической системы предприятия

Аннотация. *Статья посвящена решению задач логистики на основе информационных технологий. В качестве метода решения предложено моделирование на основе сети Петри. Описано решение задачи управления цепочками поставок на основе сети Петри.*

Ключевые слова: логистика, задачи логистики, метод решения, информационные технологии, моделирование, сети Петри.

Введение. Логистика представляет собой раздел экономики, посвященный планированию и оптимизации процесса передвижения продукции и сырья, организации управления и контроля материальными, финансовыми и информационными потоками в системах производства, снабжения, товародвижения, поставки материалов, услуг и т.д. Задачами логистики как науки является создание комплексных систем, интегрирующих в свою структуру материальные, информационные и иные сопутствующие потоки и их согласование, а так же планирование и контроль использования мощностей всех имеющихся сфер производства.

Основная часть. Если рассматривать понятия логистики с точки зрения системного анализа, то можно сделать вывод о логистической системе в целом, как о сложной экономической системе, включающей в свою структуру взаимосвязанные и управляемые в едином процессе материальные и информационные потоки, подчиненные единой цели [1-4]. Логистическая система современного предприятия должна улучшать систему обмена, хранения и контроля данных и в результате оптимально решать проблемы оперативного управления. К примеру, с помощью логистической системы транспортного предприятия появляется реальная возможность проследить за перемещениями транспортных средств, а реализовав эту систему с помощью ЭВМ, можно отслеживать эти перемещения в режиме реального времени. Подобные логистические системы имеют место в системе железнодорожного транспорта и авиаперевозок. Эти системы позволяют фиксировать историю маршрутов и стоянок в базе данных. При этом возможен контроль таких параметров, как длина маршрута, скорость передвижения транспортного средства, расход горюче-смазочных материалов, времени стоянок, общее время в пути и т.д. Безусловно, такие логистические системы позволяют резко повысить производительность труда работников, а так же экономическую эффективность работы транспортных предприятий в целом.

Для решения логистических задач в настоящее время применяются методы двух видов: это экспертные оценочные методы и методы систем искусственного интеллекта, использующие специальные математические модели. Решение логистических задач с помощью экспертных оценочных методов требует наличие высокопрофессиональных специалистов, экспертов, а методы систем искусственного интеллекта могут быть реализованы на основе знаний экспертов и математических методов с помощью современных средств вычислительной техники.

Так как информационные компьютерные средства становятся все более доступными с ценовой точки зрения, а инструменты их применения все более простыми, то обмен информацией между компьютерами на различных управленческих уровнях представляется обычным явлением, не требующим больших временных затрат. Ввиду того, что подобные информационные системы позволяют собирать и накапливать данные от различных участников производственной цепочки, и на основе этих данных находить закономерности, строить прогнозные модели. Иначе говоря, позволяют получать информацию нового качества, и, как следствие, применять современные научные методы обработки (datascience) и на их основе принимать оптимальные решения, минимизирующие риски.

Для выработки стратегии оптимального управления применяются следующие методы информационных технологий: технология интеллектуальных агентов, интеллектуальный анализ данных, большие данные, облачные вычисления (CC), Интернет вещей (IoT), технологии RFID и Industry 4.0, которые можно использовать для обеспечения обмена данными по всей структуре управления.

Перечисленные выше технологии относятся к области межмашинного взаимодействия и Интернета Вещей. Для крупных предприятий технология IoT в большей степени может быть ориентирована на аналитику больших данных (big data) и направлена на повышение эффективности и надежности производства по всей цепочке поставок [1-4].

Для решения универсальной задачи управления цепочками поставок рассмотрим моделирование реального объекта на примере сети Петри, которая представляет собой предельно наглядную модель, позволяющую отследить функционирование параллельных процессов без синхронного взаимодействия. Она отражает структуру отношений между элементами системы и изменение динамики ее состояний в компактной форме на множестве начальных условий [5,6].

Таким образом, сеть Петри выступает в качестве статической и динамической модели объекта, представленной с ее помощью, что, в свою очередь, дает возможность решать достаточно широкий круг задач. Так, например, сети Петри позволяют проводить моделирование работ на сборочных линиях с анализом технологического процесса и распределение ресурсов на предприятии в целом.

На рисунке 1 представлена общая схема структуры модели логистики.

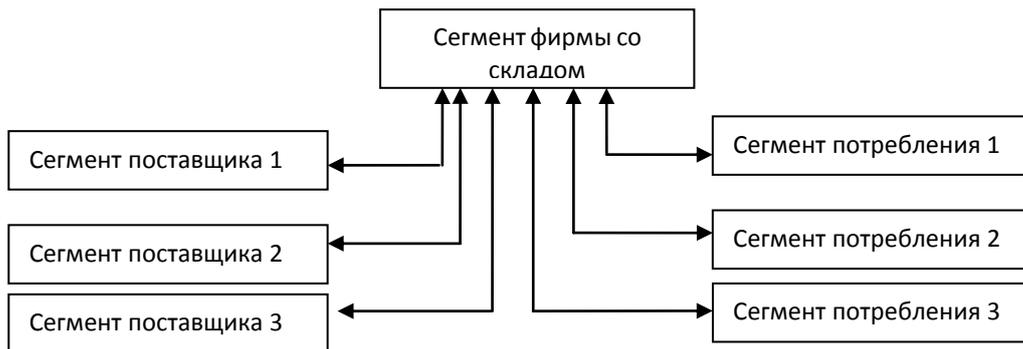


Рисунок 1 – Структурная схема логистической системы предприятия

Эта схема наглядно отображает последовательность формирования необходимой базы данных для моделирования логистической системы. Структурная схема прекрасно иллюстрирует необходимость определения данных для моделирования: это, в первую очередь, объемы поставок и потребления. Параллельно с подготовкой исходной информации осуществляется выбор и настройка характеристик для сетей Петри, которые будут использоваться в исследовании моделирования процесса (рисунок 2) [6]. В качестве характеристик должно определяться время выполнения технологических операций. Нижний уровень управления представлен как процесс доставки в логистической системе.

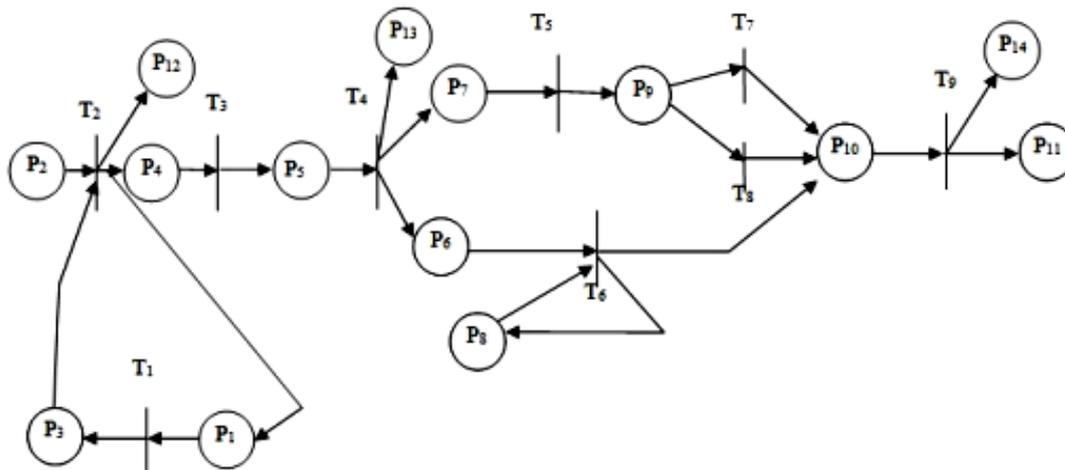


Рисунок 2 – Основная схема переадресации от отправителя до получателя

Современные системы логистики обычно имеют структуру, основанную на взаимодействии трех участников: трейдеры, производители и транспортные компании.

Поэтому эффективность функционирования логистической системы на верхнем уровне определяется трехэлементным векторным условием I_1, I_2, I_3 :

$$I_n = I_1, I_2, I_3 \tag{1}$$

Каждый элемент характеризуется количественными параметрами N^i (механизмы, транспортные средства, рабочие, технические средства);

– по времени, затраченному на выполнение каждой технологической операции, с учетом времени ожидания и простоев T^i ;

– по стоимости выполнения работ – C^i ;

– по интенсивности поступления в физических единицах (грузы, транспортные средства, механизмы) – D^i .

Продуктивность ресурсов (технические средства, работники) – P^i :

$$I_n = \{N_n^i, T_n^i, C_n^i, D_n^i, P_n^i\}, i = 1, \dots, k \quad (2)$$

где каждое значение определяется количеством ресурсов, задействованных на i -м этапе технологической операции, до k -го максимально возможного значения.

Представленная схема описывает процесс по установленным элементам: T_1, T_2 – интенсивность приема запросов; T_3, T_5, T_6 – время доставки грузов; T_4, T_7, T_8, T_9 – время распределения грузов, информации, технических средств; P_1, P_2 – наличие технических средств, $P_{12} - P_{14}$ – наличие информации о выполненных работах; $P_{11} - P_{12}$ – ключевые места представленной модели. Следовательно, T_4, T_7, T_8, T_9 – и позиции $P_{12} - P_{14}$ следует уделить максимальное внимание этим местам при дальнейшем моделировании. Таким образом, основная концентрация сложных технологических операций происходит на модели $P_7 - P_9 - P_{10}$ логистической системы [2,7].

Представленная модель логистической системы на основе сети Петри является универсальной моделью макроуровня для решения задач управления цепочками поставок. Кроме того, в данной модели предлагается зафиксировать информацию о выполненных работах по каждому базовому элементу, что необходимо для принятия решений на высшем информационном уровне. Затраты машинного времени незначительны при моделировании, и его значение составляет от двух до десяти секунд в зависимости от значений влияющих параметров (объем заказа). Это позволяет принимать достаточно быстрое решение при выборе варианта организации доставки в логистической системе [2, 8].

Существуют стохастические сети Петри, которые можно использовать для проектирования моделей, в которых вершины имеют целое число тегов. Эта разновидность сетей Петри используются для количественной оценки по критериям надежности и производительности по некоторым параметрам при функционировании систем. В них вероятность его срабатывания за определенное время приписывается каждому переходу.

Сети Петри позволяют более глубоко исследовать поведение моделируемой системы и в процессе исследования получать информацию о наиболее важных характеристиках системы. При моделировании на основе сетей Петри предполагается, что логистические системы должны рассматриваться как системы параллельной обработки информации и параллельной работы объектов. Логистические системы для всех видов деятельности предприятий могут сопровождаться не только расширением функциональности программного обеспечения, но и повышением их совместимости с другими системами [8].

Заключение. Предлагаемый подход может быть применен для решения задач подобного класса, а разработка кроссплатформенных приложений, основанных на современных методах моделирования логистических задач, обеспечит оптимальное функционирование организационной структуры предприятия в режиме реального времени.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Девятков В.В. Имитационное моделирование: учебное пособие / Н.Б. Кобелев, В.А. Половников, В.В. Девятков. – М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 368 с.

2 Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов: учебное пособие / Н.Н. Лычкина. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2012. – 254 с.

3 Tsvetkov V.Ya. Information Constructions // European Journal of Technology and Design, 2014. – Vol.(5). – № 3. – P.147-152.

4 Tsvetkov V.Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European Researcher, 2012. – Vol.(36). – № 12-1. – P. 2166- 2170.

5 Проститенко О.В. Моделирование дискретных систем на основе сетей Петри: учебное пособие / О.В. Проститенко, В.И. Халимон, А.Ю. Рогов. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2017. – 69 с.

6 Петровский Д.В. Введение в использование сетей Петри для анализа логистических систем. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2017. – № 5. – С. 86-94.

7 Кулагин В.П., Цветков В.Я. Философия сетей Петри // Вестник МГТУ МИРЭА «MSTU MIREA HERALD», 2014. – № 4 (5). – С.18-38.

8 Зайцев Д.А. Универсальная сеть Петри // Кибернетика и системный анализ, 2012. – № 4. – С. 24-39.

REFERENCES

- 1 Devyatkov V.V. Imitacionnoe modelirovanie: Uchebnoe posobie / N.B. Kobelev, V.A. Polovnikov, V.V. Devyatkov. – М.: KURS, NIC INFRA-M, 2013. – 368 с.
- 2 Lychkina N.N. Imitacionnoe modelirovanie ekonomicheskikh processov: uchebnoe posobie / N.N. Lychkina. – М.: NIC INFRA-M, 2012. – 254 с.
- 3 Tsvetkov V.Ya. Information Constructions // European Journal of Technology and Design, 2014. – Vol.(5). – № 3. – R.147-152.
- 4 Tsvetkov V.Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European Researcher, 2012. – Vol.(36). – № 12-1. – R. 2166- 2170.
- 5 Prostitenko O.V. Modelirovanie diskretnykh sistem na osnove setej Petri: uchebnoe posobie / O.V. Prostitenko, V.I. Halimon, A.YU. Rogov. – SPb.: SPbGTI(TU), 2017. – 69 s.
- 6 Petrovskij D.V. Vvedenie v ispol'zovanie setej Petri dlya analiza logisticheskikh sistem. Nacional'nyj issledovatel'skij universitet «Vysshaya shkola ekonomiki», 2017. – № 5. – S. 86-94.
- 7 Kulagin V.P., Cvetkov V.YA. Filosofiya setej Petri // Vestnik MGTU MIREA «MSTU MIREA HERALD», 2014. – № 4 (5). – S.18-38.
- 8 Zajcev D.A. Universal'naya set' Petri // Kibernetika i sistemnyj analiz, 2012. – № 4. – S. 24-39.

Н.М. Зайцева, техника ғылымдарының кандидаты
Инновациялық Еуразия университеті (Павлодар қ., Қазақстан Республикасы)
E-mail: zaitzevns@mail.ru

А.Т. Капсалыкова
Инновациялық Еуразия университеті (Павлодар қ., Қазақстан Республикасы)
E-mail: donya_k06@mail.ru

Кәсіпорынның логистикалық жүйесін моделдеуде Петри желісін қолданудың теориялық негіздері

Мақала ақпараттық технологиялар негізінде логистика міндеттерін шешуге арналған. Шешімнің әдісі ретінде Петри желісі негізінде модельдеу ұсынылды. Петри желісі негізінде жеткізу тізбектерін басқару есебінің шешімі сипатталған.

Түйін сөздер: логистика, логистика міндеттерді, шешу әдісі, ақпараттық технологиялар, модельдеу, желі Петри.

N.M. Zaytseva, Candidate of Technical Sciences
Innovative University of Eurasia (Pavlodar, Kazakhstan Republic)
E-mail: zaitzevns@mail.ru

A.T. Kapsalykova
Innovative University of Eurasia (Pavlodar, Kazakhstan Republic)
E-mail: donya_k06@mail.ru

The theoretical basis for the use of Petri nets in the simulation of enterprise logistics system

The paper is devoted to solving logistics problems based on information technologies. Petri net-based modeling is proposed as a solution method. The paper describes solution of the problem of supply chain management based on the Petri net.

Key words: logistics, logistics problems, solution method, information technology, modeling, petri networks.