

## **Автоматизация поставок в процессе планирования и реализации проекта с использованием логистики и новых формальных средств**

*О. Г. Алаева<sup>1</sup>, С. А. Костина<sup>2</sup>, Г. Д. Костина<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Национальный исследовательский университет «МИЭТ»*

<sup>2</sup> *ООО «Кедах Электроникс Инжиниринг» (Москва)*

Рассмотрено применение логистического подхода в области управления проектами на этапе планирования, реализации и контроля накопления материалов, информации и услуг. Взаимодействие логистики и управления проектами может быть рассмотрено в двух аспектах, которые не являются взаимоисключающими. В узком аспекте — как подход к управлению инвестициями в логистической инфраструктуре. В широком — как управленческая концепция, в наибольшей степени отвечающая необходимости постоянного приспособления фирмы к изменяющейся внешней среде. В связи с постоянным усложнением задач при разработке и реализации проектов авторы вносят вклад в создание формального аппарата адекватных методов и моделей, которые позволят описать логистические процессы в соответствующих терминах, а также автоматизировать их с учетом их разнородности и разноплановости. К одному из классов этого аппарата относятся сети Петри.

*Ключевые слова:* управление проектами; логистическая система; логистическая цепь; институциональные факторы; имитационная модель; информационный объект; материальный объект; сети Петри.

Главными задачами в управлении проектами являются своевременное завершение работ и вывод продукта на рынок. Однако проведенные исследования показали, что доля неуспешных проектов по отношению к успешным много лет сохраняется на уровне от 45 до 65 % [1]. Причины низкой эффективности проектов различны, но их условно можно разделить на следующие группы:

- влияние внутренних и внешних факторов на реализацию проекта;
- недостатки подходов и инструментов, используемых при планировании и управлении проектами;
- некачественное управление рисками проекта;
- неэффективный контроль за закупками, поставками, распределением и учетом ресурсов проекта.

Низкий уровень эффективности проектов актуализирует необходимость поиска новых направлений и методов для снижения неопределенности при планировании и управлении проектами.

Результаты анализа деятельности международных институтов и организаций по управлению проектами показывают, что отрицательное воздействие на эффективное управление проектом оказывают в первую очередь факторы его окружения: отношение вышестоящего руководства к проекту; конкурентные предложения на рынке аналогичной продукции; экологическая безопасность проекта и т. п.

Недостаточное внимание к факторам окружения проекта ведет к возникновению проблем на всех стадиях его реализации. Ситуационный анализ

позволяет оценить возможность эффективной реализации проекта с учетом организационной, правовой, политической и административной обстановки. Основной задачей этого подхода является адекватная оценка влияния факторов макро-, микро- и внутренней среды.

К факторам *внешней среды* относятся экономические, политические, правовые, экологические и научно-технические процессы, на которые участники проекта не могут воздействовать.

При анализе внешних факторов наиболее пристальное внимание должно уделяться оценке реализации проектов, обеспечивающих рост финансовых показателей деятельности предприятия, а также приводящих к созданию новых рабочих мест или сохранению существующих (если к реализации проекта предприятие было вынуждено сократить их число) и росту средней заработной платы на предприятии. Сами предприятия (прежде всего выпускающие потребительские товары) в условиях экономических санкций должны реализовывать проекты, направленные на создание новых конкурентоспособных импортозамещающих товаров или расширение ассортимента уже производимых.

К факторам *внутренней среды* проекта относятся: программа маркетинга проекта, организационная культура проектной команды, ее сплоченность и знания, тип управления и управление коммуникациями. Высокий уровень знаний членов команды проекта является ключевым фактором качественного управления и достижения целей проекта. Тип управления характеризует способ реализации управленческих решений, создает психологический климат в команде и влияет на ее творческую активность. От выбора методов коммуникации зависит полнота и достоверность обмена информацией

между участниками проекта. Часть других факторов (организационного характера) относится к ближайшему окружению проекта и связана с действиями непосредственных его участников — проектостроителей.

Процессы закупки, поставки, распределения и управления запасами также являются необходимыми компонентами проекта, и для обеспечения его эффективности они должны быть взаимно скоординированы. Если проект реализуется в рамках предприятия, а часть отделов не участвует в его реализации, то их следует рассматривать в качестве объектов внешнего окружения проекта, которые могут повлиять на него как положительно, так и отрицательно.

Множественность факторов окружения обуславливает особую роль, которую играют логистические процессы (или внутренняя логистика), в совокупности образующие логистическую систему, в ходе планирования и реализации проекта. Логистическая система состоит из материальных и информационных потоков, взаимосвязь которых следует учитывать при решении логистических задач [2], таких как регулирование поставок ресурсов по проекту или ресурсов по работам проекта. В последние десятилетия затраты на логистику на предприятиях составляют от 10 до 35 % от объема продаж. На эти затраты влияют разные факторы, такие как тип бизнеса, масштаб деятельности предприятия, выбор поставщиков и методы оценки предложений [1].

Результаты проведенного авторами анализа взаимодействия внешних и внутренних факторов показали, что при управлении проектами не всегда в полной мере учитывается роль логистики в этом процессе. Логистика может быть рассмотрена в двух аспектах: как подход к управлению инвестициями и как управленческая концепция,

в наибольшей степени отвечающая необходимости постоянного приспособления фирмы к изменяющейся внешней среде.

Главные задачи логистики в области управления проектами:

- поиск новых направлений и методов для управления движением ресурсов;
- разработка интегрированной системы управления материальными, финансовыми и информационными потоками;
- определение технологии распределения ресурсов по работам проекта;
- прогнозирование объектов поставок, перевозок и складирования.

В основном для решения логистических задач сегодня применяются методы комплексного анализа, математического моделирования, управления запасами и прогнозирования.

Применение этих методов в их совокупности позволяет прогнозировать объемы поставок, перевозок, финансовых потоков, разрабатывать стратегии движения ресурсов и технологии их распределения по работам проекта, выявлять несоответствие между потребностями и возможностями закупок и поставок для проекта, оценивать поставщиков и их предложения по оптимизации ресурсов и решать ряд других задач [3].

Использование данных методов неэффективно без применения информационных технологий, планомерное внедрение которых в управление проектами решает следующие ключевые задачи:

- повышение качества предоставляемых услуг благодаря реализации всех логистических функций по единой технологии;
- увеличение оперативности работы вследствие автоматизации рутинных операций, доступности и оперативности управления данными;

— оперативный мониторинг в результате доступности актуальной информации в каждый момент времени.

Информационные технологии в логистике весьма разнообразны и выполняют множество функций: планирование цепей поставок, их мониторинг и контроль, протоколы стыковки данных с другими информационными системами, отслеживание материальных потоков в режиме реального времени. Таким образом, логистическая система связана с финансовыми, информационными и материальными потоками, а также с операциями, осуществляемыми одновременно в разных географических точках, и представляет собой сложную автоматизированную распределенную производственную систему.

*Основная логистическая цепь* объединяет множество элементов логистического процесса: операции (дискретные процессы), информационные объекты (разнообразные сообщения, в частности требования, запросы, заявки, уведомления и т. д.), материальные объекты (сырые материалы, полуфабрикаты, производимые товары, средства транспортных систем, склады и т. д.).

Сегодня разработано немало компьютерных программ и моделей для логистической обработки информации (см.: [4]), однако они, как правило, реализуют лишь отдельные логистические процессы и функции и не обеспечивают полного анализа исследуемых систем. Применение таких моделей и программ не позволяет достаточно глубоко исследовать логистическую систему как единый комплекс с действующими в нем материальными и информационными объектами.

Возможности применения традиционного имитационного моделирования для исследования логистической системы также ограничены. Моделирование может оказаться полезным в ряде

хозяйственных задач, таких как управление запасами, массовое обслуживание, производственное планирование, анализ рисков и использование ресурсов, однако использование имитационного моделирования в автоматизации логистических процессов затруднительно, так как разработка сложных моделей логистических систем на базе известных методов требует длительного времени: подобные модели включают большое число переменных, что снижает точность получаемых результатов.

Задачи исследования логистической системы решаются и известными методами, используемыми для изучения дискретных систем. Однако применительно к логистическим системам они либо недостаточно эффективны, либо громоздки, либо не позволяют наглядно выразить параллелизм событий и процессов, а также разнообразные схемы их синхронизации.

С точки зрения авторов, формальным аппаратом, который позволяет наиболее адекватно и эффективно описывать, анализировать и исследовать поведение логистических систем, являются сети Петри и их расширения [5]. Формализм сетей Петри имеет ряд достоинств в применении и к дискретным событийным системам вообще и к логистическим системам в частности. Базируясь на строгой математической логике, сети Петри могут приобретать графическую форму и быть представленными в виде простых схем для визуализации фундаментальных процессов в логистических системах.

Структурными элементами сетей Петри являются позиции, переходы и ориентированные дуги, соединяющие позиции с переходами. Графически позиции изображаются кружками, а переходы отрезками прямых линий. Динамические элементы сети Петри — это так называемые фишки, распределение

которых по позициям сети представляет ее состояние. Семантически нахождение фишки в позиции соответствует некоторому условию, а срабатывание перехода — событию (см.: [6]).

«Поведение» сети Петри отражает переходы исследуемой с ее помощью дискретной системы (например, логистической) из одного состояния в другое, и их применение позволяет выявлять важные характеристики системы. В связи с этим большую ценность представляет центральная формальная задача сетей Петри: определение достижимости заданного конечного состояния сети из заданного начального состояния. Разработан ряд подходов к решению этой задачи.

Авторы статьи рассмотрели алгебраический алгоритм определения достижимости маркировки для одного класса сетей Петри [7; 8], в котором анализируемая сеть Петри структурно представлена алгебраически матрицей инцидентности. В алгоритме используется свойство Т-инвариантов сетей Петри. В терминах алгебры Т-инварианты сети Петри с матрицей инцидентности  $D$  — это неотрицательные целочисленные  $(1 \times m)$  вектора  $F$ , такие, что  $FD = 0$ . Алгоритм достижимости справедлив для одного достаточно широкого класса сетей Петри, в терминах которых могут описываться многие логистические системы, встречающиеся на практике.

В соответствии с алгоритмом, для сети Петри с известными начальной и конечной маркировками создается так называемая *дополненная* сеть Петри, которая включает в себя исходную сеть и *дополнительный* переход с входными и выходными позициями исходной сети, зависящими от начальной и целевой маркировок. Далее задача достижимости сводится к вычислению и исследованию Т-инвариантов дополненной сети Петри алгебраическим путем. Затем



с использованием известного метода определения Т-инвариантов определяется множество так называемых *минимально-суппортных* Т-инвариантов дополненной сети Петри. Если это множество не пусто, то вычисляется конечное множество таких линейных комбинаций минимально-суппортных Т-инвариантов, в которых дополнительный переход срабатывает только один раз. После этого вычисленные Т-инварианты используются для нахождения *пути достижимости* из данной начальной маркировки в целевую маркировку, если такой путь имеется.

Хотя общие сети Петри позволяют описывать важные структурные характеристики логистических систем, их нельзя применять для содержательного имитационного моделирования. Эта ограниченность метода связана с тем, что общие сети Петри не являются алгоритмической системой. Иными словами, на языке общих сетей Петри невозможно описывать произвольные алгоритмы обработки информации, а такое описание необходимо при имитационном моделировании.

Для устранения этого ограничения исследователями предложены несколько классов модифицированных сетей Петри. Один из них, класс расширенных сетей Петри, описан в работах [7; 8].

Можно построить много разных структур элементарных сетей, но для моделирования любых систем обработки данных расширенными сетями Петри достаточно использовать ограниченный базовый набор пяти типов элементарных сетей, представляющих собой «алфавит» расширенных сетей.

Использование расширенных сетей Петри позволяет построить и исследовать модель логистической системы, в которой реализуется основная логистическая цепь. Эта модель, в свою

очередь, применяется для оценки результативности логистических операций в ходе планирования проекта и позволяет сократить время работы с логистической документацией примерно на 20 %.

Таким образом, для описания и исследования логистических систем необходимы формальные методы и средства. В качестве одного из них целесообразно использовать формальный аппарат сетей Петри.

### Литература

1. **Фатрелл Р. Т., Шафер Д. Ф., Шафер Л. И.** Управление программными проектами: достижение оптимального качества при минимуме затрат / Пер. с англ. [А. Бойко и др.]. М.: Вильямс, 2003. 1125 с.: ил. + 1 CD-ROM. (Ин-т качества программного обеспечения).
2. **Еловой И. А., Лебедева И. А.** Интегрированные логистические системы доставки ресурсов (теория, методология, организация) / Под науч. ред. В. Ф. Медведева. Минск: Право и экономика, 2011. 460 с.: ил., табл., схемы. (Мировая экономика).
3. **Миротин Л. Б., Ташибаев Ы. Э.** Системный анализ в логистике. М.: Экзамен, 2004. 479 с.
4. Корпоративная логистика = Corporate Logistics: 300 ответов на вопросы профессионалов / Ред. В. И. Серов. М.: ИНФРА-М, 2004. 929 с.: рис., табл.
5. **Питерсон Дж.** Теория сетей Петри и моделирование систем = Petri net theory and the modeling of systems / Пер. с англ. под ред. В. А. Горбатова. М.: Мир, 1984. 264 с.: ил.
6. **Kostin A., Plushchikina L.** Modeling and Simulation of Distributed Systems. Toh Tuck Link: World Scientific Publ., 2010. 440 p. + 1 CD-ROM.
7. **Костина С. А.** Моделирование логистических процессов в автоматизированных распределенных производственных системах на основе сетей Петри: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2005. 24 с.
8. **Костина С. А.** Опыт применения сетей Петри для исследования логистических систем // Логистика. 2012. № 2. С. 18—21.

**Алаева Ольга Геннадьевна** — старший преподаватель кафедры маркетинга и управления проектами (МиУП) МИЭТ. E-mail: [fmr@miee.ru](mailto:fmr@miee.ru)

**Костина Светлана Александровна** — кандидат технических наук, начальник логистического отдела ООО «Кедах Электроникс Инжиниринг» (Москва). E-mail: [info@kedah.ru](mailto:info@kedah.ru)

**Костина Галина Дмитриевна** — кандидат экономических наук, доцент, профессор кафедры МиУП МИЭТ.  
E-mail: [g-kostina@yandex.ru](mailto:g-kostina@yandex.ru)