



УДК 004.02

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В ПЛАНИРОВАНИИ ДЛЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ

Гладских Алена Павловна

Студент группы ИУК2-31М Калужского филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», 248000, Россия, г. Калуга, ул. Баженова, д. 2.
premydra@gmail.com

Федоров Виктор Олегович

Кандидат технических наук, доцент Калужского филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», 248000, Россия, г. Калуга, ул. Баженова, д. 2.
fedorov_vo@bmstu.ru

Аннотация

Основной проблемой современной логистики является сложность планирования прямых перевозок из-за многогранного влияния на них различных факторов. Логистическая система представляет собой совокупность нескольких взаимосвязанных элементов, любое отклонение в определении или интерпретации одного из элементов влияет на последующие аспекты цепи поставок. В данной статье рассмотрена многокритериальная оптимизация в планировании логистических задач для транспорта.

Ключевые слова: логистика, оптимизация, алгоритмы оптимизации

APPLICATION OF MULTIOBJECTIVE OPTIMIZATION IN PLANNING FOR TRANSPORT LOGISTICS PROBLEMS

Alena P. Gladskikh

Student of group IUK2-31M of Bauman Moscow State Technical University (Kaluga Branch), 248000, Russian Federation, Kaluga, Bazhenova st., 2.
premydra@gmail.com

Viktor O. Fedorov

Candidate of Technical Sciences, Docent of Bauman Moscow State Technical University (Kaluga Branch), 248000, Russian Federation, Kaluga, Bazhenova st., 2.
fedorov_vo@bmstu.ru

ABSTRACT

The main problem of modern logistics is the complexity of planning direct transportation due to the multifaceted influence of various factors on them. The logistics system is a collection of several interrelated elements, any deviation in the definition or interpretation of one of the elements affects the subsequent aspects of the supply chain. This article considers multicriteria optimization in planning logistics tasks for transport.

Keywords: logistics, optimization, optimization algorithms

По прогнозам экспертов ассоциации компаний интернет-торговли их рынок к концу 2022 года может составить 40% [1]. Эти данные говорят о том, что современные люди предпочитают покупать товары с доставкой на дом или в ближайший к ним пункт выдачи заказов. Постоянный рост количества заказов онлайн-торговли вполне ожидаемо увеличивает нагрузку на логистические сервисы и компании.

По данным аналитиков газеты «Комсомольская Правда» в настоящее время одним из самых популярных видов транспортных перевозок является наземный транспорт, занимающий долю в 40% от всего объема перевозок [2]. Однако существует проблема неточности в оценке сроков реализации производимой продукции и сроков доставки материалов. Чаще всего используются усредненные параметры, например, 2 недели или месяц. Такие параметры нередко отталкивают потенциальных покупателей, так как их интересует доставка к конкретному времени, и поставщик может потерять потенциального клиента именно из-за плавающего диапазона доставки, который нередко включает «подстраховочные» дни.

В данной статье мы предложим метод решения задачи оптимизации времени доставки с использованием методов многокритериальной оптимизации [3, 4], а также рассмотрим типовую модель длительности процессов при планировании доставки для производства.

Предварительные условия, накладываемые для решения данной задачи следующие:

- формирование базы данных товаров с точками назначения и присвоение им определенного статуса дальности, в том числе сроки хранения и транспортировки единиц продукции;
- определение максимально допустимого грузозночного пространства и веса, с учетом налагаемых ограничений в зависимости от типа транспортного средства и локальных законов об ограничении грузоподъемности на различных территориях;
- учет других особенностей транспортировки, в том числе: климатических условий на протяжении маршрута, прохождения пограничных пунктов, обязательного времени отдыха водителя (для дальних транспортировок).

Рассмотрим модель планирования времени, затрачиваемого на производство единицы продукции. Здесь ключевым фактором для планирования является длительность каждого из процессов.

Базовое время, оно же минимальное, t_{prod} – время производства единицы продукции. В него включено совокупное время всех процессов, необходимых для

изготовления конечного продукта, а t_{rel} – это время реализации продукции, то есть предоставление продукта потребителю.

Таким образом, получаем модель идеального производства с минимальным временем:

$$t_{sum} = t_{prod} + t_{rel} \quad (1)$$

К сожалению, в реальности реализовать такую модель крайне трудно, так что примем её за эталон.

Более приближённой к реальности, типовой моделью является модель, имеющая следующий вид:

$$T_{sum} = t_{ord} + t_{del} + t_{prod} + t_{rel} \quad (2)$$

По сравнению с формулой (1) здесь добавляются два параметра t_{ord} и t_{del} , отвечающих соответственно за время формирования заказа к поставщику и время доставки от поставщика. Для достижения оптимального планирования оба параметра стремятся к минимальным значениям по времени.

$T_{ord} \rightarrow \min;$

$T_{del} \rightarrow \min.$

В свою очередь t_{ord} включает в себя совокупность следующих переменных:

- Rec_{ord} - Время формирования заказа к поставщику;
- $Prep_{ord}$ - Время обработки заказа;
- $Conf_{ord}$ - Время утверждения заказа;
- Pay_{ord} - Время оплаты заказа.

Иногда бывает так, что на скорость выполнения определенных процессов нельзя воздействовать, так как они являются деятельностью третьих сторон. Например, время оплаты заказа зависит от скорости проведения счета бухгалтерами оплачивающей стороны, от времени подтверждения платежа банковскими службами, от подтверждения оплаты заказа со стороны представителя услуг и других параметров.

T_{del} может иметь вариативность, например, законтрактованные сроки с поставщиком, при невыполнении которых следуют контрмеры или расторжение договора предоставления услуг. Критические ситуации в дорожном процессе - это пробки, перекрытые дороги, задержка рейсов, запрет вылетов из-за погодных условий, эпидемии, санкции, высокая загруженность транспортной компании и прочее. Такой критерий наиболее плохо подвергается оценке при планировании, так как здесь много ключевых аспектов, завязанных на человеческом факторе.

При учете всех вышеперечисленных временных параметров появляется возможность осуществления многокритериального анализа. Например, определение максимальной длительности доставки с выделенным минимальным и максимальными значениями. Определение времени производства продукции с учетом форсмажорных ситуаций на производстве (сбой оборудования, недостаток человеческих ресурсов и др.). Ограничение диапазона времени взаимодействия с контрагентом при оформлении заказа на поставку материалов и прочее.

Долгосрочное планирование, как многокритериальная задача, в данном случае должно включать в себя:

- Оценку рисков на каждом из этапов;
- Оценку совокупного времени выполнения заказа;
- Обработку поступающих заказов.

В ситуации с ограниченным местом под хранение материалов должна быть реализована система, то есть on-time-delivery – доставка точно в срок – для оптимизации места хранения на складе. При такой системе обеспечивается циркуляция складских остатков на производственную линию и оптимальное использование места хранения. Однако, такая система должна быть выверена и оценена, поскольку она накладывает жесткие ограничения на время доставки.

После получения необходимой информации предлагается использование алгоритма выбора наилучшей загрузки, чтобы снизить параметр t_{del} , основными позициями которого являются:

1. Определение маршрутизации единицы товара и формирование кластеров наименований по точкам назначения, в первую очередь идентичных;
2. Определение особых условий к транспортировке, среди которых: срочность доставки, соблюдение необходимой температуры, хрупкость единицы продукции, дополнительные крепежные элементы и дальнейшее распределение по категориям, в первую очередь идентичные;
3. Расчет совокупных данных обо всем объеме груза внутри кластеров и категорий, представленных к транспортировке, а именно: габариты, вес, тип тары и дополнительные крепежные элементы;
4. Формирование «карты загрузки» на основании наиболее схожих кластеров и категорий особых условий транспортировки, основанных на математическом моделировании загрузочного пространства транспортной единицы с учетом ограничений, выявленных на этапе предварительного анализа;
5. Внесение изменений в загрузочное пространство при необходимости, путем добавления смежных или частично смежных категорий к расчету, после определения приоритетных «кластеров».

Сравнение бизнес-активностей до/после применения многокритериального анализа представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение активностей до/после применения многокритериальной оптимизации.

До	После
Заказы оформляются без конкретного срока по логике «Чем быстрее, тем лучше»	Оформление заказов занимает строго ограниченное время или внедрено автоматическое средство обработки заказов
Реализация продукта занимает время «До востребования»	Продукция реализуется в контрактное время после обработки заказа
Есть излишки продукции, избыток продукта на рынке	Вся или большинство продукции производится под заказ, отсутствуют или снижены застойные позиции
Не оцениваются текущие изменения внешней среды	Производится оценка каждого этапа производства и доставки продукции: -направление -погодные условия -транспортная загруженность -здоровье сотрудников -финансовые возможности -оптимальная загрузка трейлера исходя из «карты загрузки»

Отсутствие постоянной базы поставщиков, постоянный поиск нового	Сформированная база поставщиков, резервные опции: -доставка материалов с дальнего склада тем же поставщиком -закупка аналогичных материалов у другого законтрактованного поставщика -компенсация количества материалов
Средняя длительность доставки исходя из статистических данных каждой логистической компании	Конкретная длительность по направлениям исходя из многих параметров

Таким образом, при использовании математического аппарата для анализа времени транспортировки продукции, достигается улучшение в части времени на доставку, за счет конкретизации и оценки каждого из этапов. Качественная оценка того или иного этапа должна проводиться на основании статистических данных в том числе с прогнозированием изменения внешних факторов для увеличения точности. Многокритериальная оптимизация в данном случае выступает в качестве аналитического регулирующего звена в том числе для снижения себестоимости транспортировки путем использования максимального доступного грузозачемного места в транспортной единице и увеличение комплектации единиц товаров для транспорта. При решении задачи оптимизации транспортных операций задействуется многокритериальная оптимизация и математическое моделирование.

Список литературы:

1. Интернет-торговля продолжает рост - АКИТ (akit.ru)
2. <https://www.kp.ru/guide/mezhdunarodnye-gruzoperevozki.html>
3. Гармаш, А. Н. Экономико-математические методы и прикладные модели : учебник для бакалавриата и магистратуры / А. Н. Гармаш, И. В. Орлова, В. В. Федосеев. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Издательство Юрайт, 2015. - 328 с. - (Бакалавр и магистр. Академический курс). - ISBN 978-5-9916-3874-6. - Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. - URL: <https://urait.ru/bcode/380449> (дата обращения: 18.10.2022).
4. Струченков, В. И. Прикладные задачи оптимизации. Модели, методы, алгоритмы: Практическое пособие / Струченков В.И. - Москва : СОЛОН-Пр., 2016. - 314 с.: ISBN 978-5-91359-191-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/905033> (дата обращения: 13.09.2022).

References:

1. E-commerce continues to grow - AKIT (akit.ru)
2. <https://www.kp.ru/guide/mezhdunarodnye-gruzoperevozki.html>
3. Garmash, A. N., Orlova I. V., Fedoseev V. V. Economic and mathematical methods and applied models: a textbook for undergraduate and graduate studies. - 4th ed., revised. and additional - Moscow: Yurayt Publishing House, 2015. - 328 p. - (Bachelor and Master. Academic course). - ISBN 978-5-9916-3874-6. - Text: electronic // Educational platform Urait [website]. - URL: <https://urait.ru/bcode/380449> (date of access: 10/18/2022).

4. Struchenzov, V. I. Applied optimization problems. Models, methods, algorithms: A practical guide / Struchenzov V.I. - Moscow: SOLON-Pr., 2016. - 314 p.: ISBN 978-5-91359-191-3. - Text : electronic. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/905033> (date of access: 09/13/2022).