

Имитационное моделирование как инструмент эффективного управления цепочкой поставок

Simulation as a tool for effective management supply chain



УДК 338.24.01

DOI 10.24411/2413-046X-2021-10296

Лебедева Людмила Николаевна,

кандидат физико-математических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург

Lebedeva L.N.,

PhD in Mathematics, Associate Professor, Saint Petersburg State University of Economics, St.Peterburg

Аннотация. В работе описана разработка инструмента для сценарного анализа цепочки поставок, основанного на имитационной модели подсистемы сбыта компании, производящей продукты питания. Разработка таких инструментов обусловлена увеличением волатильности и изменением динамики спроса в условиях пандемии. Предложен подход к оптимизации цепочки поставок, основанный на принципах системной динамики, приведен анализ результатов имитационного эксперимента, указаны наиболее перспективные направления применения предложенного подхода. Разработанная модель может быть использована для сценарного анализа цепочки поставок предприятия. Рассмотрение поведения элементов цепочки поставок для широкого спектра сценариев, анализ отклика на изменения внешних условий позволит повысить эффективность решений по управлению подсистемой сбыта готовой продукции.

Summary. The paper describes the development of a tool for scenario analysis of the supply chain, based on a simulation model of the sales subsystem of a food company. The development of such tools is driven by increased volatility and changing demand dynamics in the context of a pandemic. An approach to supply chain optimization based on the principles of system dynamics is proposed, the results of the simulation experiment are analyzed, and the most promising areas of application of the proposed approach are indicated. The developed model can be used for scenario analysis of the enterprise supply chain. Considering the behavior of the elements of the

supply chain for a wide range of scenarios, analyzing the response to changes in external conditions will improve the effectiveness of solutions for managing the subsystem of products sales.

Ключевые слова: имитационная модель, прогноз, системная динамика, сценарий, спрос, цепочка поставок.

Key words: simulation; model; forecast; system dynamics; scenario; demand; supply chain.

Современные компании работают в условиях усиливающейся конкуренции. Это повышает требования к качеству продукции с одной стороны и снижению затрат с другой. Особое внимание при этом уделяется оптимизации всех элементов цепочки поставок и логистических сервисов. Многие предприятия для решения этой проблемы в последние годы стали активно внедрять методы анализа данных для более точного прогнозирования спроса, оптимизации запасов. Но пандемия привела к тому, что эффективность методов, основанных исключительно на анализе данных, снизилась, так как произошло изменение тенденций, сузившее, а иногда и обнулившее эмпирическую базу прогнозов, возросшая волатильность также увеличивает риски принятия неоптимальных решений. В этих условиях требуются дополнительные инструменты поддержки принятия решений.

В работе рассмотрена задача разработки инструмента поддержки принятия решений по управлению цепочкой поставок компании, занимающейся производством и дистрибуцией пищевой продукции с ограниченным сроком годности. Производство продукции требует определенного времени. Основными клиентами компании являются крупные торговые сети.

Спрос на продукцию обладает выраженной сезонностью. В условиях пандемии колебания спроса усилились и стали менее предсказуемыми. С учетом того, что готовая продукция и сырье обладают небольшим сроком годности, наблюдается рост рисков, связанных с несоответствием складских запасов, объемов продукции, готовой к отгрузке, и заказов на отгрузку товара. Это несоответствие приводит к росту затрат и возможному оттоку клиентов. Для снижения обозначенных рисков необходимо использовать различные аналитические инструменты. Следует рассматривать возможные сценарии и оценивать последствия принимаемых решений при их реализации. Для проведения сценарного анализа было решено разработать имитационную модель цепочки поставок компании.

Вопросы анализа и оптимизации цепочки поставок не теряют своей актуальности. Это направление исследований развивается, расширяется набор используемых для анализа и управления логистическими процессами методов. Теоретические подходы к решению

рассматриваемой задачи развиваются в публикациях отечественных и зарубежных авторов [1-3]. Авторы этих публикаций рассматривают проблемы, возникающие в производственной и сбытовой подсистемах, обусловленные волатильностью спроса, подчеркивают риски разбалансировки цепочки поставок вследствие принятия неэффективных управленческих решений. Все больше внимания в современных публикациях уделяется имитационному анализу сложных цепей поставок компаний, занимающихся производством и дистрибуцией продукции [4-6]. Авторы работ подчеркивают, что разработка имитационных моделей, имплементация этих моделей в системы поддержки принятия решений позволяет повысить эффективность принимаемых решений.

Трудоемкость разработки модели для решения поставленной задачи и область ее применимости в значительной степени определяются выбором метода и инструмента для ее построения. В настоящее время для разработки имитационных моделей применяют три основных подхода. Это системная динамика, дискретно-событийное (процессное) моделирование, агентное моделирование. К моделированию цепочек поставок применимы все перечисленные подходы, но построение модели системной динамики, по мнению автора, предпочтительнее. Для разработки моделей системной динамики можно использовать различные программные инструменты. Среди них наибольшей популярностью пользуются программы VenSim, PowerSim, iThink, AnyLogic. Для разработки имитационной модели работы была использована программная система AnyLogic, так как она применяется в компании.

Рассмотрим этапы модель системной динамики, которую можно будет использовать для сценарного анализа цепочки поставок. Рассмотрим подсистему сбыта готовой продукции компании. В этой подсистеме для данного исследования потребуются следующая информация:

- данные о запасах на складе готовой продукции;
- данные о заявках на отгрузку товара клиентам компании (актуальная и историческая информация);
- историческая информация об объемах отгруженной в соответствии с заявками продукции;
- данные о недопоставленных по причине отсутствия на складе объемах продукции, неудовлетворенных заказах;
- время, необходимое для обработки заявки и отгрузки товара.

После изучения процессов, связанных с обработкой заявок и отгрузкой продукции, выявлением причинно-следственных связей, была построена потоковая диаграмма подсистемы выполнения заказов (рисунок 1).

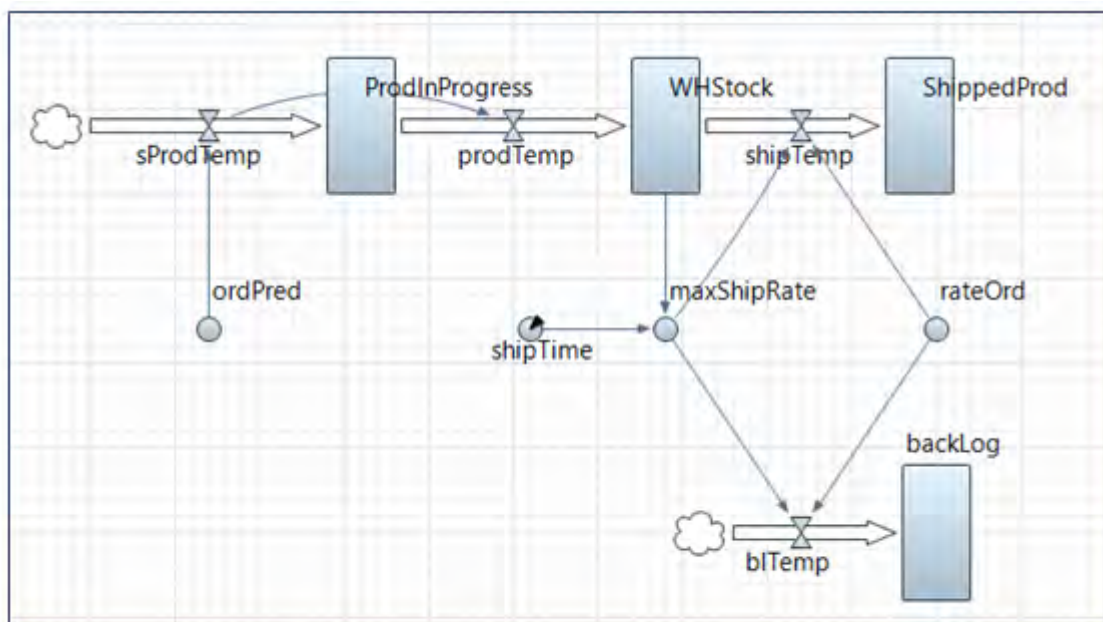


Рисунок 1. Потоковая диаграмма подсистемы сбыта

Данная потоковая диаграмма отображает взаимосвязи между переменными и параметрами модели, описываемые уравнениями (1)-(4).

Динамика объемов незавершенного производства может быть представлена следующим образом:

$$d(ProdInProgress)/dt = sPprodTemp - prodTemp. \quad (1)$$

Соответственно, динамика объемов складских запасов WHStock определяется как разность входящего потока произведенной продукции prodTemp и темпа отгрузки продукции со склада shipTemp:

$$d(WHStock)/dt = prodTemp - shipTemp. \quad (2)$$

$$d(ShippedProd)/dt = shipTemp, \quad (3)$$

$$d(backLog)/dt = bTemp. \quad (4)$$

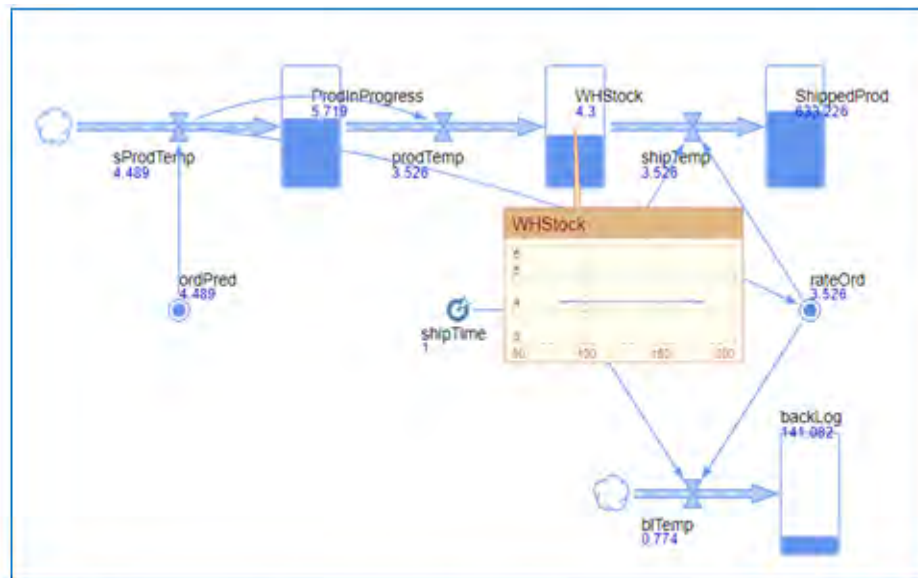


Рисунок 2 – Стабилизация складского запаса при точном прогнозе спроса

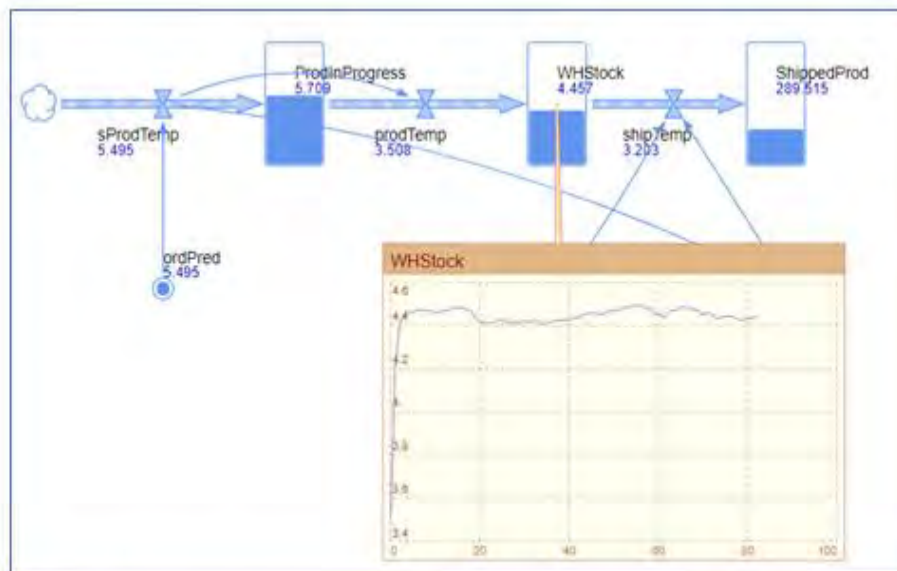


Рисунок 3 – Колебание складских запасов при отклонении объема заказов от прогноза спроса

Для того, чтобы минимизировать неудовлетворенный спрос требуется определенный уровень складских запасов, снижение которого должно восполняться дополнительным заказом на производство. При этом следует оптимизировать величину страхового запаса, так как наличие неликвидных запасов ведет к замедлению оборачиваемости оборотных средств и к издержкам в содержании складских запасов.

Применение модели позволяет понять, как изменятся целевые показатели подсистемы сбыта при реализации стрессовых сценариев и, соответственно, работать на опережение, реализуя проактивное управление цепочкой поставок. Рассмотренная в работе модель является первой в разрабатываемой комплексной системе имитационного анализа

производственных процессов. Предполагается развитие предложенного подхода с учетом особенностей сбытовой цепочки и ограниченного срока годности производимой продукции.

Разработанная имитационная модель была применена для решения задачи оптимизации складских запасов компании. Модель позволяет выполнять анализ различных сценариев, оптимизировать принимаемые решения в условиях возросшей неопределенности внешней среды. Данная модель позволяет проанализировать стрессовые сценарии для подсистемы сбыта. Кроме того, применение модели позволит проанализировать возможные варианты изменений бизнес-процессов в цепочке поставок.

Список литературы

1. Каталевский Д. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении. – Москва: Издательский дом ДЕЛЮ, 2015. – 116 с.
2. Sterman, J. D. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Boston: Irwin/McGraw-Hill, 2000. – 982
3. Barabanova M., Lebedeva L., Rastova Yu., Uvarov S. Use of system dynamics tools in value-oriented approach in management/ Economic Annals-XXI (2018), 173(9-10), p. 32-37
4. Rehman Khan S. A., Yu Z. Strategic Supply Chain Management, EAI/Springer Innovations in Communication and Computing, Springer Nature Switzerland AG 2019 – 291 p.
5. Андреева Е.Ю., Пиливанова Е.К. Управление интегрированными цепями поставок на основе методологии междисциплинарного моделирования // Вестник РГЭУ РИНХ. 2017. №1 (57). С.11- 15.
6. Сергеев И.В. Проблемы и методологические аспекты контроля и мониторинга цепей поставок сетевого ритейла // Логистика и управление цепями поставок. – 2019. – № 3. – С. 29-37