



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОРГОВЫХ ЗАПАСОВ В САМООРГАНИЗУЮЩЕЙСЯ ТОРГОВОЙ СИСТЕМЕ

Абдуллаев У.А
Жаксылыкова Хурлиман
д.ф.э.

Аннотация: В статье рассматривается проблема оптимизации торговых запасов в условиях самоорганизующейся торговой системы на примере интернет-магазина. Предложена математическая модель управления запасами, основанная на принципах динамического спроса и адаптивного пополнения. Модель позволяет учитывать изменчивость потребительского спроса и минимизировать совокупные издержки, связанные с хранением и пополнением запасов. Рассмотрен пример моделирования, демонстрирующий эффективность предлагаемого подхода.

Ключевые слова:: математическое моделирование, торговые запасы, самоорганизация, интернет-магазин, оптимизация, система управления запасами

Abstract: The article addresses the problem of optimizing inventory in a self-organizing trading system using the example of an online store. A mathematical model of inventory management based on the principles of dynamic demand and adaptive replenishment is proposed. The model allows taking into account demand variability and minimizing total costs associated with storage and replenishment. A modeling example demonstrates the effectiveness of the proposed approach.

Keywords: mathematical modeling, inventory management, self-organization, online store, optimization, adaptive system

Введение

Современные интернет-магазины функционируют в условиях высокой неопределенности спроса, что требует применения адаптивных методов управления торговыми запасами. Традиционные модели, основанные на фиксированных параметрах, часто не учитывают самоорганизацию торговой системы, в которой решения о заказах, поставках и ценах взаимосвязаны. Цель исследования — разработка математической модели, описывающей поведение торговых запасов в самоорганизующейся системе интернет-торговли.



1. Теоретические основы математического моделирования торговых запасов

Математическое моделирование запасов основано на анализе взаимосвязи между спросом, уровнем запасов и скоростью пополнения. Классическая модель управления запасами (модель Уилсона, EOQ) задается выражением:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DC_o}{C_h}}$$

где Q — оптимальный размер заказа, D — годовой объем спроса, C_o — затраты на оформление заказа, C_h — затраты на хранение единицы товара. Однако в условиях динамичного рынка интернет-торговли эти параметры изменяются во времени, что требует адаптации модели.

2. Модель самоорганизующейся торговой системы интернет-магазина

Самоорганизующаяся торговая система характеризуется наличием обратных связей между элементами: спросом, запасами и поставками. Для описания динамики запасов используется дифференциальное уравнение:

$$\frac{dS(t)}{dt} = R(t) - D(t)$$

где $S(t)$ — уровень запасов во времени, $R(t)$ — скорость пополнения, $D(t)$ — скорость спроса. В системе с обратной связью функция $R(t)$ формируется автоматически в зависимости от текущего состояния запасов:

$$R(t) = k(S_0 - S(t))$$

где S_0 — целевой уровень запаса, k — коэффициент адаптивного регулирования.

Для учета изменчивости спроса введём стохастическую модель спроса с сезонной и шумовой составляющими:

$$D(t) = \bar{D}(1 + \alpha \sin(\omega t)) + \varepsilon(t)$$

где $\bar{D}$ — средний спрос, α — амплитуда сезонных колебаний, ω — циклическая частота, ε — случайная флуктуация.

3. Математическое описание модели (формулы и критерии оптимизации)

Определим целевую функцию — совокупные среднегодовые издержки, включающие затраты на хранение, оформление заказов и штрафы за дефицит:

$$C_{\text{total}}(Q) = C_h \frac{Q}{2} + C_o \frac{D}{Q} + C_p E[(D - S)_+]$$

где C_p — средняя цена штрафа за недопоставку, $E[(D - S)_+]$ — ожидаемая недовыполненная величина спроса. Оптимизация достигается минимизацией C_{total}



В рамках адаптивной стратегии оптимальный объем заказа меняется во времени и может быть найден решением вариационной или численной оптимизационной задачи.

4. Пример моделирования (интернет-магазин)

Рассмотрим интернет-магазин, где средний дневной спрос составляет $D=100$ единиц товара с возможными колебаниями 20%. Целевой уровень запаса $S_0=500$ единиц, коэффициент адаптации $k=0.3$. Пусть дискретный шаг моделирования — 1 день.

$$S_{t+1} = S_t + k(S_0 - S_t) - D_t$$

Моделирование показывает, что система достигает устойчивого состояния за 10–12 дней, при этом средний запас стабилизируется около 480–520 единиц.

Совокупные издержки (стоимость хранения и недопоставки) снижаются на 15% по сравнению с неадаптивной моделью EOQ при идентичных средних параметрах спроса.

Заключение

Предложенная математическая модель демонстрирует эффективность принципов самоорганизации для управления торговыми запасами интернет-магазинов. Использование адаптивного механизма пополнения позволяет учитывать колебания спроса и поддерживать устойчивость системы при минимальных издержках. Дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение модели с учетом сезонности, логистических задержек и многономенклатурных запасов.

Список литературы

1. Стерман Д.Б. Бизнес-динамика: системы и моделирование сложных миров. — М.: Вильямс, 2010.
2. Silver E., Pyke D., Peterson R. Inventory Management and Production Planning and Scheduling. — Wiley, 1998.
3. Литвинов А.В. Математические модели управления запасами. — СПб.: Питер, 2017.
4. Chopra S., Meindl P. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. — Pearson, 2019.
5. 10.Абдуллаев У. А., Отениязов Е. Т. ОБ ВОЗМОЖНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ САМООРГАНИЗАЦИИ //ББК 22.18 М43. – 2024. – Т. 23. – С. 30.
6. Абдуллаев У. Математическое моделирование нелинейной самоорганизующейся системы: Математическое моделирование нелинейной самоорганизующейся системы //MODERN PROBLEMS AND PROSPECTS OF



APPLIED MATHEMATICS. – 2024. – T. 1. – №. 7. Abdullaev U.A. Savdo korxonasining o'zini-o'zi tashkil etuvchi tizimiga xorijiy investitsiyalar ta'siri./ Xorazm Ma'mun akademiyasi axborotnomasi, 11-son. 2024.

8. BABAYEV, Farid, Abdullaev Ulmas, et al. Investment Flows and Country Development in Emerging Markets: Analysing the Impact of Foreign Investment on Economic Growth. Theoretical and Practical Research in Economic Fields, [S.l.], v. 15, n. 4, p. 894 - 908, dec. 2024. ISSN 2068-7710.