

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ТОРГОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ СТОХАСТИЧЕСКОГО ВЫСОКОВАРИАТИВНОГО СПРОСА



МИХАИЛ СОПКО
ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный университет», экономический факультет, кафедра математических методов в экономике, преподаватель

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время разработаны различные модели и методы управления запасами, однако, когда номенклатура торгового предприятия превышает несколько тысяч, важно не только сформулировать модель управления запасами, но и применить полученные результаты на практике. Поэтому сейчас при управлении запасами все чаще применяются различные информационные технологии.

Среди систем автоматизированного управления запасами, представленных на российском рынке, можно отметить Inventor, Deductor Inventory Stock Optimization, Forecast Now!, Simple [5, 6, 11, 12].

В системах управления запасами для оптимизации последних могут быть использованы различные критерии: ожидаемые затраты, прибыль, показатели оборачиваемости, рентабельности оборотного капитала, логистической рентабельности [1, 3, 4, 6, 10].

Выбор критерия оптимальности обычно зависит от специфики деятельности предприятия и целей, стоящих перед его руководством.

В автоматизированных системах управления запасами важное место занимает процесс прогнозирования спроса. В настоящее время реализованы разные модели прогнозирования: скользящего среднего, экспоненциального сглаживания, тренд-сезонные модели, ARIMA-модели, нейронные сети [5, 6, 11, 12]. Но, к сожалению, в условиях высоковариативного спроса традиционные способы управления запасами, основанные на методах прогнозирования, не всегда позволяют получить удовлетворительные результаты.

Рассмотрим систему управления запасами, разработанную для торгового предприятия, функционирующего в условиях стохастического высоковариативного спроса.

Описание автоматизированной системы управления запасами торгового предприятия

Система управления запасами «АСУЗ ТП» предназначена для оптимизации запасов торгового предприятия, которое обладает следующими особенностями: спрос на продукцию является массовым, случайным, заказы на закупку размещаются достаточно часто, срок доставки небольшой, товары могут длительно храниться, предприятие характеризуется широкой номенклатурой.

«АСУЗ ТП» обладает функциональными возможностями, характерными для современных систем управления запасами: поддерживает загрузку данных из учетных систем, подготовку данных для прогнозирования объемов продаж, имеет модульную структуру, поддерживает различные методы прогнозирования.

В отличие от других систем управления запасами, «АСУЗ ТП» основана на оригинальных моделях, в которых затраты на хранение не учитываются, а потери от дефицита учитываются в форме упущенной выручки. Целевой функцией при оптимизации запасов является ожидаемая суммарная прибыль предприятия, которую необходимо максимизировать.

Проведение ABC- и XYZ-классификации обеспечивает возможность дифференцированного подхода к управлению запасами товаров различных категорий.

Для работы с маловариативным спросом в «АСУЗ ТП» реализованы алгоритмы, которые опираются на традиционные методы прогнозирования: модель экспоненциально-сглаживания, Хольта, Хольта–Уинтерса.

Для работы с высоковариативным спросом в «АСУЗ ТП» реализованы оригинальные алгоритмы управления запасами, учитывающие эмпирическое распределение и статистические характеристики объемов продаж.

Схематически место «АСУЗ ТП» при управлении запасами на торговом предприятии представлено на рисунке 1.

Укрупненная схема работы системы представлена на рисунке 2.

В модуле загрузки и обработки данных происходит загрузка данных и их подготовка для прогнозирования объемов продаж. В модуле статистического анализа и прогнозирования вычисляются прогнозы и статистические характеристики объемов продаж.

АННОТАЦИЯ

Описана система управления запасами торгового предприятия в условиях стохастического высоковариативного спроса. В системе реализованы алгоритмы, максимизирующие ожидаемую прибыль торгового предприятия. Проведенные эксперименты на реальных данных показали эффективность предложенных алгоритмов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Управление запасами, системы поддержки принятия решений, стохастический высоковариативный спрос.

ANNOTATION

The inventory management system of trade enterprise with stochastic highly variable demand is described. Algorithms to maximize the expected profit of the trade enterprise are implemented in the system. Experiments on real data showed the efficiency of the proposed algorithms.

KEYWORDS

Inventory management, decision support systems, stochastic demand with high variation.

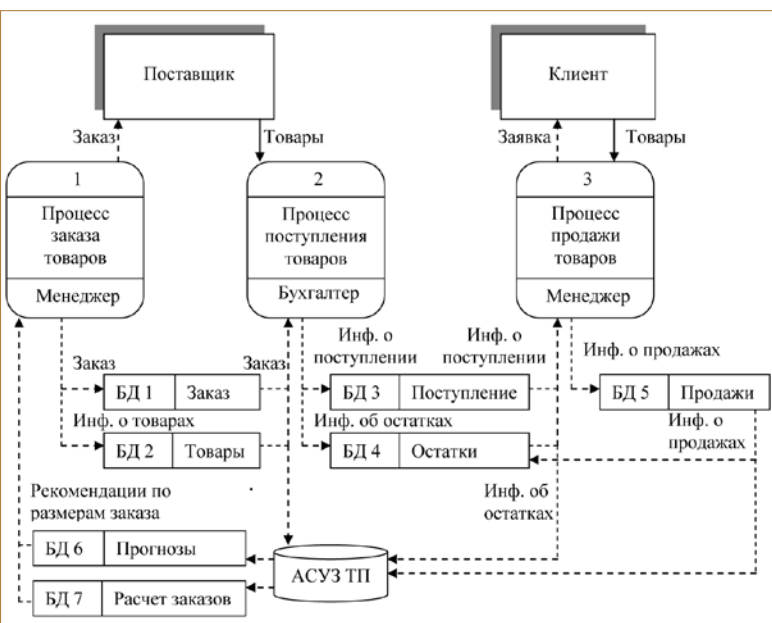


Рисунок 1
«АСУЗ ТП» на торговом предприятии

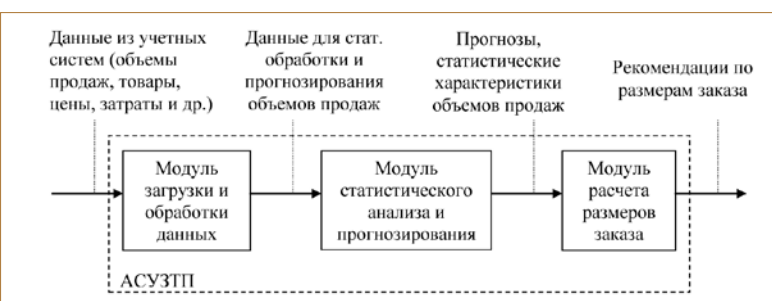


Рисунок 2
Укрупненная схема работы «АСУЗ ТП»

АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

Для работы с маловариативным спросом в «АСУЗ ТП» реализован следующий алгоритм.

Алгоритм 1

Шаг 1. На основании имеющейся информации строится прогноз объемов продаж ζ_1 на один период вперед.

Шаг 2. Размер заказа корректируется с учетом имеющихся остатков товара

$$x^* = \max \left\{ \hat{\zeta}_1 - y_0, 0 \right\},$$

где x^* — величина заказа на товар, $x^* \geq 0$;

$\hat{\zeta}_1$ — прогноз объема продаж на один период вперед,

$$\hat{\zeta}_1 \in [0, \infty];$$

y_0 — запасы на начало планирования.

Это означает, что размер заказа равен прогнозу объема продаж за минусом текущих остатков товара.

Для работы с высоковариативным спросом в «АСУЗ ТП» реализованы оригинальные алгоритмы управления запасами, учитывающие эмпирическое распределение и статистические характеристики объемов продаж [7, 8].

Алгоритм 2

Шаг 1. На основании имеющейся информации об объемах продаж рассчитывается диапазон изменения объемов продаж

$$\xi^{\max} = \bar{\xi} + k \cdot s(\xi) \text{ и } \xi^{\min} = \max \{ \bar{\xi} - k \cdot s(\xi), 0 \},$$

где ξ^{\max} (ξ^{\min}) — верхняя (нижняя) граница объемов продаж;

$$\bar{\xi} = \frac{\sum_{i=1}^n \xi_i}{n} \text{ — среднее значение объемов продаж;}$$

$$s(\xi) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\xi_i - \bar{\xi})^2}{n-1}} \text{ — среднее квадратическое отклонение объемов продаж;}$$

ξ_i — фактическое значение спроса в i -й период времени;

k — коэффициент;

n — количество наблюдений.

Шаг 2. Размер заказа корректируется с учетом имею-

$$x^* = \max \left\{ \xi^{\max} - \frac{c}{p} (\xi^{\max} - \xi^{\min}) - y_0, 0 \right\},$$

щихся остатков товара

где x^* — величина заказа на товар, $x^* \geq 0$;

c — затраты на приобретение и транспортировку единицы товара;

p — цена реализации единицы товара.

Это означает, что размер заказа зависит от диапазона изменения объема продаж, соотношения цен и остатков товара на начало периода.

Алгоритм 3

Шаг 1. На основании имеющейся информации строится таблица эмпирического ряда распределения объема продаж, по ней определяют x^* , при котором выполняется равенство

$$\Phi(x^*) = \frac{p-c}{p},$$

где $\Phi(\zeta)$ — функция распределения вероятностей случайной величины объемов продаж ζ .

Шаг 2. Размер заказа корректируется с учетом имеющихся остатков товара $x = \max \{x^* - y_0, 0\}$. Это означает, что размер заказа зависит от эмпирического распределения объемов продаж, соотношения цен и остатков товара на начало периода.

Алгоритм 4

Шаг 1. Задается уровень обслуживания покупателей (например, $\alpha=0,95$ означает, что желательно удовлетворить 95% заявок клиентов). На основании имеющейся информации рассчитывается минимальный размер заказа x , при котором $\Phi(x^*) = \alpha$, где $\Phi(\zeta)$ — функция распределения вероятностей случайной величины объемов продаж ζ .

Для этого используется таблица, в которой объемы продаж отсортированы по возрастанию и рассчитаны со-

ответствующие накопленные частоты. Значение объема продаж x фиксируется, когда значение накопленной частоты впервые превысит α (0,95).

Шаг 2. Размер заказа корректируется с учетом остатков товара $x = \max \{x^* - y_0, 0\}$. Это означает, что размер заказа зависит от эмпирического распределения объемов продаж, уровня обслуживания клиентов и остатков товара на начало периода.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛОЖЕННЫХ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

Апробация алгоритмов проводилась для торгового предприятия «Союз-игрушка». Эксперимент проводился по ретро-данным. Результаты работы алгоритмов сравнивались с идеальным вариантом размещения заказов, при котором фактический спрос был точно известен, а предприятие получило бы максимальную возможную прибыль. В ходе эксперимента для всех товаров было пройдено 8 временных этапов.

При проведении ABC-классификации к группе А были отнесены товары, доля в обороте которых составляет 80% накопительным итогом (11 товаров), к группе В — товары, обеспечивающие следующие 15% объема продаж (5 товаров), к группе С — остальные товары (6 товаров) [2].

При проведении XYZ-классификации был рассчитан коэффициент вариации v [9]:

$$v = \frac{s(\zeta)}{\bar{\zeta}},$$

где $\bar{\zeta}$ — среднее значение объемов продаж;
 $s(\zeta)$ — среднеквадратическое отклонение объемов продаж.

Для товаров, по которым проводился эксперимент, коэффициент вариации объема продаж изменялся от 58 до 176% (товары группы Z), то есть они характеризуются высококовариативным спросом.

Рассмотрим подробнее полученные результаты.

Отношение суммарной прибыли к максимально возможной за 8 периодов, полученное по каждому алгоритму, приведено на рисунке 3.

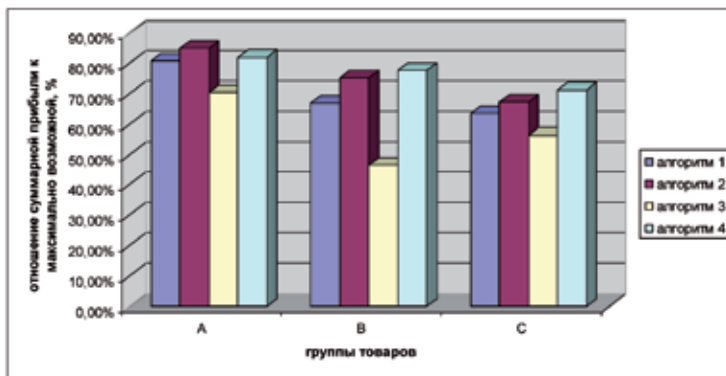


Рисунок 3
Сравнение эффективности работы алгоритмов по критерию отношения суммарной прибыли к максимально возможной

Для группы товаров А лучшим оказался алгоритм 2, для групп В и С — алгоритм 4. Для всех групп товаров алго-

ритм 3 приводил к меньшей суммарной прибыли по сравнению с другими алгоритмами.

При управлении запасами важно учитывать рентабельность оборотного капитала, уровень обслуживания покупателей, оборачиваемость [1].

С точки зрения показателя рентабельности оборотного капитала, отражающего эффективность использования оборотного капитала, который рассчитывается как отношение полученной прибыли к оборотному капиталу, эффективность работы алгоритмов представлена на рисунке 4.

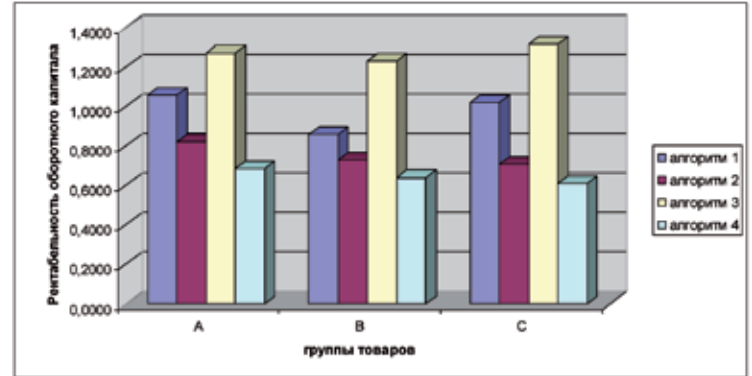


Рисунок 4
Сравнение эффективности работы алгоритмов по критерию рентабельности оборотного капитала по группам товаров А, В, С

Для всех групп товаров рентабельность оборотного капитала максимальна для алгоритма 3; минимальная рентабельность оборотного капитала — у алгоритма 4. Таким образом, потеря прибыли для алгоритма 3 является своеобразной платой за рост рентабельности и вывода части капитала из оборота.

С точки зрения коэффициента оборачиваемости, который характеризует количество реализованной продукции, приходящейся на 1 рубль оборотных средств, и рассчитывается как отношение себестоимости реализованных товаров за период к среднему размеру запаса за период [10], эффективность работы алгоритмов представлена на рисунке 5.

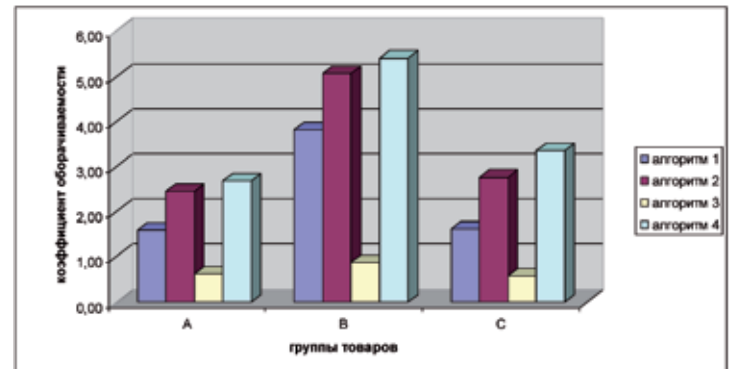


Рисунок 5
Сравнение эффективности работы алгоритмов по критерию коэффициента оборачиваемости по группам товаров А, В, С

Для всех товаров наибольшие значения коэффициента оборачиваемости отмечаются у алгоритма 4, наименьшие значения коэффициента оборачиваемости для всех товаров — у алгоритма 3.

Таким образом, скорость, с которой товарно-материальные запасы оборачивались в течение периода, выше для алгоритма 4.

Другой важный качественный критерий — уровень сервиса (уровень обслуживания клиентов). Его можно рассчитать как процент обслуженных заявок от общего объема заявок.

Уровень обслуживания клиентов, рассчитанный для каждого алгоритма, приведен на рисунке 6.

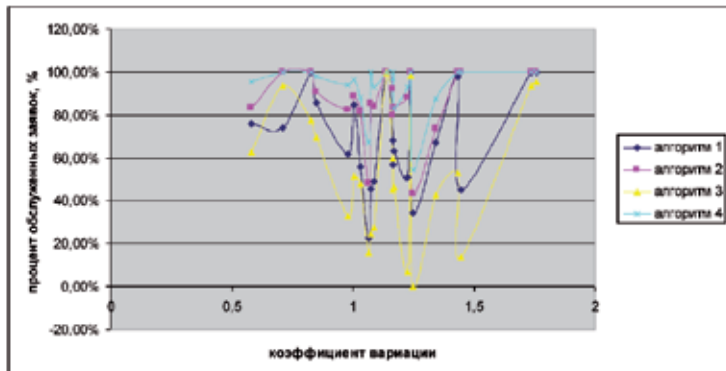


Рисунок 6

Сравнение эффективности работы алгоритмов по критерию процента обслуженных заявок в зависимости от коэффициента вариации объемов продаж товаров

Практически для всех товаров независимо от коэффициента вариации объема продаж процент обслуженных заявок максимален для алгоритма 4, наименьший процент обслуженных заявок отмечается у алгоритма 3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты экспериментов показали, когда вариация спроса очень высока, алгоритмы 2 и 4 позволяют повысить величину суммарной прибыли, обеспечивают более высокий уровень обслуживания и оборачиваемость товарно-материальных запасов по сравнению с другими алгоритмами. Причем если перед предприятием стоит задача увеличения суммарной прибыли, то для группы товаров А целесообразно использовать алгоритм 2, а для групп товаров В и С — алгоритм 4.

Если перед предприятием стоит задача увеличения оборачиваемости товарно-материальных запасов или увеличения среднего процента обслуженных заявок, целесообразно использовать алгоритм 4.

В то же время обеспечение высокого уровня обслуживания клиентов приводит к необходимости вовлечения дополнительных денежных средств в оборот, что приводит к снижению рентабельности оборотного капитала.

Если приоритет предприятия — повышение рентабельности оборотного капитала, для всех групп товаров для расчета размеров заказа рекомендуется применять алгоритм 3.

Алгоритм 3 может быть полезен менеджерам при определении размеров заказов в условиях ограниченных оборотных средств.

Несмотря на высокую вариацию спроса, алгоритм, который использует прогнозы объемов продаж, показал достаточно хорошие результаты.

Основной эффект от «АСУЗ ТП» достигается за счет оптимизации размеров заказа с учетом фактического распределения объемов продаж, что приводит к увеличению уровня обслуживания клиентов, повышению оборачиваемости товарных запасов, высвобождению денежных средств, вложенных в неликвидные товары, и, как следствие, к увеличению прибыли предприятия.

Библиографический список:

1. Бродецкий Г.Л., Аксенова Н.А. Резерв повышения эффективности цепей поставок при управлении запасами // *Логистика*. — 2011. — № 1. — С. 30—35.
2. Гаджинский А.М. Дифференцированное управление многономенклатурными запасами // *Справочник экономиста*. — 2008. — № 8. — С. 76—82.
3. Гулаков В.К., Паршиков П.А. Автоматизация расчета оптимального плана по управлению запасами на складах // *Вестник Брянского государственного технического университета*. — 2007. — № 3 (15). — С. 78—83.
4. Добронравин Е.Р., Стерлигова А.Н. Содержание и использование показателя логистической рентабельности в работе торгового предприятия // *Логистика и управление цепями поставок*. — 2010. — № 5 (40). — С. 38—44.
5. О продукте; <http://www.forecastnow.ru/produkt> (дата обращения — 25.07.2012).
6. Постановка оптимизационной задачи; <http://inventorsoft.ru/products/optimizer/optim> (дата обращения — 25.07.2012).
7. Сопко М.В. О подходе к управлению однономенклатурными запасами торгового предприятия с высокой вариацией спроса // *Логистика и управление цепями поставок*. — 2011. — № 6 (47). — С. 78—86.
8. Сопко М.В. Задача управления однономенклатурными запасами торгового предприятия с неизвестными вероятностными характеристиками спроса // *Логистика*. — 2012. — № 3. — С. 28—30.
9. Стерлигова А.Н. Управление запасами широкой номенклатуры: с чего начать? // *Логинфо*. — 2003. — № 12. — С. 50—55.
10. Шориков А.Ф., Пинигин Е.Б. Анализ результатов внедрения логистической компьютерной системы управления запасами на предприятии оптовой торговли // *Известия УрГЭУ*. — 2006. — № 4 (16). — С. 68—74.
11. *Deductor Inventory Stock Optimization: функциональные возможности*; http://www.basegroup.ru/solutions/iso_func (дата обращения — 25.07.2012).
12. *SIMPLE*; <http://www.simple-logistics.com.ua/simple.htm> (дата обращения — 25.07.2012).