

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ВЕРОЯТНОСТНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТОВАРНЫМИ ЗАПАСАМИ ПРИ ЧАСТЫХ ПОСТАВКАХ
ТОВАРОВ СПОРАДИЧЕСКОГО СПРОСА**

**APPLICATION OF PROBABILISTIC FORECASTING METHODS
FOR INVENTORY MANAGEMENT WITH FREQUENT DELIVERIES
FOR GOODS OF SPORADIC DEMAND**

С.Б. ЛАПШИНОВ¹, Я.Э. ЖУКОВА², С.Н. СПЕРАНСКИЙ², У. ЛОДОЙН³

S.B. LAPSHINOV¹, Y.E. ZHUKOVA², S.N. SPERANSKY², U. LODOIN³

(¹Ивановский государственный университет,

²Ивановский филиал Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова,

³Монгольский университет науки и технологий)

(¹Ivanovo State University,

²Ivanovo Branch, Plekhanov Russian University of Economics,

³Mongolian university of science and technology)

E-mail: lapshinov1974@yandex.ru, zhukovayana77@gmail.com, spira1971@mail.ru,
udval_lodoi@must.edu.mn

В настоящей статье рассматриваются методы прогнозирования и расчета товарных запасов для повышения эффективности управления ими в сетевых розничных магазинах, моделируется вероятный спрос и определяется его нормативная удовлетворенность с учетом редких продаж. Рассматриваются варианты частых поставок: каждый день и через день. Потенциальный спрос со стороны потребителя определяется как условно постоянный в течение всего календарного года.

This article discusses methods for forecasting and calculating inventory to improve the efficiency of inventory management in online retail stores, models probable demand and determines its standard satisfaction, taking into account rare sales. Options for frequent deliveries are being considered: every day and every other day. Potential demand from the consumer is defined as conditionally constant throughout the calendar year.

Ключевые слова: товарный ассортимент, товарный остаток, спорадический спрос, статистические методы и модели, прогнозирование вероятности спроса, расчет товарных запасов, моделирование уровня удовлетворенности.

Key words: product range, inventory balance, sporadic demand, statistical methods and models, forecasting the probability of demand, calculation of inventory, modeling the level of satisfaction.

Отраслевым стандартом организации розничных продаж в настоящее время является сетевая розница. По итогам 2022 года именно розничные торговые сети Российской Федерации показывают рост. При этом на первый план выходит необходи-

мость управления товарными запасами в розничном магазине, качество и эффективность которого определяет в конечном итоге конкурентоспособность конкретной торговой точки. Фактором, определяющим успешность большинства торговых сетей,

является их физический рост, сеть заточена на экспансию на рынке. При увеличении количества торговых точек увеличивается товарный запас, находящийся на полках. При этом рынок, на котором работает конкретная торговая точка, не всегда растет – количество потребителей не увеличивается, как и их платежеспособность. Таким образом, возникает риск «перетарки», то есть на полке розничного магазина появляется товар, запас которого оказывается излишним, и сохраняется товарный остаток до следующей поставки. Подобная ситуация приводит к ухудшению оборачиваемости товарных остатков и снижает эффективность использования оборотных средств предприятия розничной торговли. Особенно это касается торговли непродовольственными товарами, большинство из которых не является товарами повседневного спроса. В своих предыдущих работах [1] мы касались данного фактора, однако в них рассматривалась и теоретически обосновывалась возможность управления товарными запасами с точки зрения обеспечения необходимого количества товарного остатка на каждый день. Базовое отличие продаж товаров повседневного и спорадического спроса в том, что для товаров повседневного спроса вероятность продажи обычно выше вероятности непродать (нулевой продажи), поэтому использование стандартных моделей, прогнозирующих спрос как некие средние величины или наиболее вероятные величины [2], не обеспечивает высокое качество прогнозирования. В настоящей работе нами будет рассмотрена модель обеспечения товарными остатками при графике снабжения торговой точки один раз в два дня или через день.

Метод исследования

Объектом исследования являлся процесс снабжения розничных точек продаж непродовольственными товарами спорадического спроса в рамках контура производственной логистики: от распределительного центра сети до розничной торговой точки.

В качестве предмета исследования выбран товарный остаток в натуральном выражении на полке розничной торговой точки,

обеспечивающий удовлетворение потенциального спроса со стороны покупателя с заданным уровнем удовлетворенности.

Метод исследования – расчет необходимого товарного запаса, обеспечивающего удовлетворение потенциального спроса с заданным уровнем удовлетворенности.

В отличие от предыдущей статьи [1], где рассматривался метод, суть которого заключалась в определении вероятности дневного исхода каждого события, например: отсутствие покупки, покупка 1 штуки, покупка 2 штук и т. д. – $P_0, P_1, P_2, \dots, P_n$, в настоящей статье рассматривается период, равный циклу поставки, то есть двум дням. При этом рассматриваются случаи, когда продажи товаров имеют выраженную сезонную составляющую, но товар присутствует в полочном пространстве круглый год. Для использования алгоритма вероятностного прогнозирования на цикл поставки более одного дня его необходимо модифицировать. Серьезным минусом использования вероятностного алгоритма расчета потребности в товарах на несколько дней является то, что объем базовой выборки растет в геометрической прогрессии, что до последнего времени было существенным сдерживающим фактором. В табл. 1 представлена информация о продажах за 10 дней. Для расчета каждодневной поставки этих данных будет вполне достаточно.

Т а б л и ц а 1

Дни продаж	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество продаж фактическое	0	1	0	0	1	2	0	3	0	1

Суммарная вероятность события с нулевой продажей за 10 дней по конкретному товару определяется по формуле:

$$\sum P_0 = 1/10 * N, \quad (1)$$

где N – количество исходов с нулевой продажей за день.

Пример расчета потребности в товарном запасе на 1 день для ежедневной поставки проводится на основе выборки объемом 10 дней.

Согласно [3] в нашем случае суммарная вероятность составит:

- для нулевых продаж $P_0 = 0,5$;
- для единичных продаж $P_1 = 0,3$;
- для двух продаж $P_2 = 0,1$;
- для трех продаж $P_3 = 0,1$.

Если же поставка товаров осуществляется раз в два дня, то необходимо сначала смоделировать базовую выборку возможных вариантов продаж за два дня как для независимых случайных событий. Объем этой выборки будет расти в геометрической прогрессии и составит уже $10^2=100$. Базовая выборка для моделирования продаж за два дня представлена в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Дни продаж, прогноз	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Варианты исходов продаж										
0	0	1	0	0	1	2	0	3	0	1
1	1	2	1	1	2	3	1	4	1	2
0	0	1	0	0	1	2	0	3	0	1
0	0	1	0	0	1	2	0	3	0	1
1	1	2	1	1	2	3	1	4	1	2
2	2	3	2	2	3	4	2	5	2	3
0	0	1	0	0	1	2	0	3	0	1
3	3	4	3	3	4	5	3	6	3	4
0	0	1	0	0	1	2	0	3	0	1
1	1	2	1	1	2	3	1	4	1	2

Для расчета потребности в товарном запасе предлагается использовать фактические данные о ретроспективных продажах и смоделированную выборку из табл. 2. Далее необходимо сформировать вероятности для каждого исхода возможных событий и по формуле (1) определить необходимый уровень удовлетворенности прогнозного спроса. Как показано на рис. 1, оптимальным размером для объема анализа ретроспективных продаж и формирования базового периода продаж являются продажи за 4 недели – 28 дней, при этом будет влияние и характера тренда. В предлагаемом алго-

ритме расчета потребности имеем следующие значения для определения базовой выборки:

1. Растущий тренд. Берутся все продажи по дням:

- За $N-3$ год: $Q, Q+1, Q+2, Q+3$ недели.
- За $N-2$ год: $Q, Q+1, Q+2, Q+3$ недели.
- За $N-1$ год: $Q, Q+1, Q+2, Q+3$ недели.
- За N год: $Q-1, Q-2, Q-3, Q-4$ недели.

2. Падающий тренд. Берутся все продажи по дням:

- За $N-3$ год: $Q, Q+1, Q+2, Q+3$ недели.
- За $N-2$ год: $Q, Q+1, Q+2, Q+3$ недели.
- За $N-1$ год: $Q, Q+1, Q+2, Q+3$ недели.

3. Боковой тренд. Берутся все продажи по дням:

- За N год: $Q-1, Q-2, Q-3, Q-4$ недели.

4. Отсутствие тренда. Берутся все продажи по дням:

- За N год: $Q-1, Q-2, Q-3, Q-4$ недели.

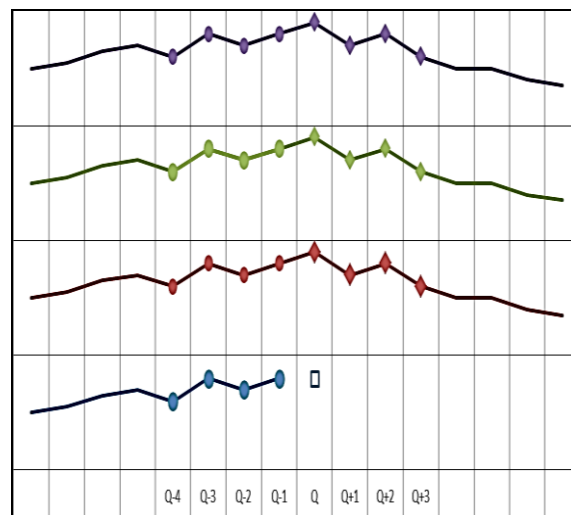


Рис. 1

В ситуации прогнозирования товарных остатков при растущем и падающем характерах тренда необходимо учитывать данные о продажах не только за предшествующие 28 дней, но и за аналогичные периоды прошлых лет, а также за прогнозный период, соответствующий данным за аналогичный период предыдущего года. Данное обстоятельство резко увеличивает объем моделируемой базовой выборки, что представлено в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Дни за-паса	Характер тренда			
	расту-щий	падаю-щий	боко-вой	Нет дан-ных
1	112	84	28	28
2	12 544	7 056	784	784

Как видно из табл. 3, прогнозирование при боковом тренде либо при отсутствии истории продаж возможно на основе анализа данных за 4 недели (28 дней). В этом случае нам не нужно опасаться изменения потенциального спроса со стороны покупателей.

Все полученные расчетные величины округляются до целых значений.

Результаты и обсуждение

Результаты данного исследования использованы в 2023 году для сравнительной оценки качества прогноза товарных запасов на нескольких розничных точках в торговой сети по продаже непродовольственных товаров. Применение вероятностных алгоритмов – достаточно сложный процесс, требующий больших вычислительных мощностей. Особенно это становится актуальным при увеличении цикла поставки, например, для цикла поставки один раз в три дня смоделированная выборка будет иметь минимум $28^3 = 21952$ значения возможных вариантов исходов событий продаж. Поэтому данный вопрос требует отдельного рассмотрения в следующих работах.

Следует отметить, что для эффективного управления товарными запасами рекомендуется устанавливать уровень удовлетворенности потенциального спроса в зависимости от частоты продаж, например, на основе традиционного ABC-анализа:

- товары группы «А» – 95% - 98%;
- товары группы «В» – 85% - 95%;
- товары группы «С» – 70% - 80%.

ВЫВОДЫ

1. Эффективное прогнозирование запасов товаров спорадического, или редкого, спроса в разрезе торговой точки является одним из факторов обеспечения конкурентоспособности торговых сетей.

2. ABC-анализ в разрезе товарного ассортимента повышает эффективность вероятностных алгоритмов прогноза товарных остатков.

3. Применение статистических методов управления товарными запасами зависит от количества дней, на которое делается прогноз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лапинов С.Б., Жукова Я.Э., Сперанский С.Н., Амаржаргалан Т. Повышение эффективности управления товарными запасами на основе создания статистических моделей // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2(398). С. 59...64.
2. Ермолаев М.Б., Кадамцева Г.Г., Лапинов С.Б. Эконометрика: учебное пособие. Иваново: Институт бизнеса, информационных технологий и финансов, 2011. 111 с.
3. Венцель Е.С. Теория вероятностей: учеб. для вузов. 6-е изд. стер. М.: Высш. шк., 1999. 576 с.
4. Сергеев В.И., Эльяшев И.П. Планирование потребности в предметах снабжения на основе методов прогнозирования // Логистика и управление цепями поставок = Logistics and Supply chain management. М.: Национальная логистическая ассоциация. 2012. № 3 (50). С. 7...16.
5. Стерлигова А.И. Управление запасами в цепях поставок: учебник. М.: ИНФРА-М, 2008. 430 с.
6. Уткин А.И., Сперанский С.Н., Рябова О.Н., Амаржаргалан Т. Кросс-функциональное управление эффективностью бизнес-процессов текстильного предприятия с использованием сбалансированной системы показателей // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 2(404). С. 42...50.
7. Thomopoulos N. Demand Forecasting for Inventory Control // Springer. 2016. 183 p.
8. Ellram L.M., Tate W.L., Petersen K.J. Offshoring and reshoring: an update on the manufacturing location decision // Journal of Supply Chain Management. Vol. 49, №2, 2013. P. 14...22.
9. Backing Britain A. Manufacturing base for the future. EEF // The Manufacturer's Organisation. 2013, London.
10. Моргунова Ю.Н. Логистические затраты: проблемы определения и учета // Все для бухгалтера. 2018 № 9 (249). – <http://cyberleninka/v/logisticheskie-zatraty-problemy-opredeleniya-iucheta/> (Дата обращения 15.10.2021)
11. Мусеева Н.К. Экономические основы логистики: учеб. пос. М.: ИНФРА-М, 2019. 528 с.
12. Глинская О.С., Скорикова И.С. Классификация логистических затрат в организациях сетевой розничной торговли // Аудит и финансовый анализ. 2019. № 2. С. 48...51.

REFERENCES

1. *Lapshinov S.B., Zhukova Y.E., Speransky S.N., Amartzhargalan T.* Improving the efficiency of inventory management based on the creation of statistical models // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. № 2 (398). Pp. 59...64.
2. *Ermolaev M.B., Kadomtseva G.G., Lapshinov S.B.* Econometrics: textbook. Ivanovo: Institute of Business, Information Technology and Finance, 2011. 111 p.
3. *Wentzel E.S.* Probability theory: Studies for universities. 6th ed. ster. M.: Higher School, 1999. 576 p.
4. *Sergeev V.I., Elyashevich I.P.* Planning the need for supplies based on forecasting methods // *Logistics and Supply chain management = Logistics and Supply chain management*. Moscow: National Logistics Association. 2012. № 3 (50). Pp. 7...16.
5. *Sterligova A.I.* Inventory management in supply chains: Textbook. M.: INFRA-M, 2008. 430 p.
6. *Utkin A. I., Speransky S. N., Ryabova O. N., Amartzhargalan T.* Cross-functional efficiency management of business processes of a textile enterprise using a balanced system of indicators // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2023. № 2 (404). Pp. 42...50.
7. *Thomopoulos N.* Demand Forecasting for Inventory Control // Springer. 2016. 183 p.
8. *Ellram L.M., Tate W.L., Petersen K.J.* Offshoring and reshoring: an update on the manufacturing location decision // *Journal of Supply Chain Management*. Vol. 49, №2, 2013. P. 14...22.
9. *Backing Britain* A Manufacturing base for the future. EEF // The Manufacturer's Organisation. 2013, London.
10. *Morgunova Yu.N.* Logistics costs: problems of definition and accounting // *Everything for an accountant*. 2018 No. 9 (249). – <http://cyberleninka/v/logisticheskie-zatraty-problemy-opredeleniya-iucheta/> (Дата обращения 10/15/2021)
11. *Moiseeva N.K.* Economic fundamentals of logistics: study. village. M.: IINFRA-M, 2019. 528 p.
12. *Glinskaya O.S., Skorikova I.S.* Classification of logistics costs in retail chain organizations // *Audit and financial analysis*. 2019. No. 2. Pp. 48...51.

Рекомендована кафедрой экономики и прикладной информатики РЭУ им. Г.В. Плеханова. Поступила 22.11.23.
