

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИБЫЛИ АССОРТИМЕНТА ТОРГОВОЙ СЕТИ «МАГНИТ»

Кузнецова Д.А.

*Самарский национальный исследовательский
университет имени академика С.П. Королева,
Российская Федерация, г. Самара*

Аннотация. В статье исследуется задача оптимизации прибыли унифицированной торговой точки розничной сети, сформированной заданным набором товарных групп. Для решения применяется аппарат регрессионного анализа: на основе исторических данных строятся регрессионные модели, аппроксимирующие ценовые тренды, динамику издержек и объем потерь ритейлера. Построение моделей реализовано с использованием алгоритмов Microsoft Excel. В результате получена математическая модель целевой функции прибыли, зависящая от объема продаж по товарной группе. Определение оптимального объема закупки, как аргумента экстремума данной функции, позволяет вычислить максимально достижимую прибыль в рамках заданных рыночных условий.

Ключевые слова: прибыль, математическая модель, объем продаж, оптимизация ассортимента.

Для обеспечения конкурентоспособности в условиях текущего рынка ритейлеров, где доминируют крупные федеральные сети, игрокам критически необходима оптимизация всех аспектов своей деятельности. Актуальность этой задачи подтверждается широким спектром научных исследований, посвященных различным направлениям оптимизации. Значительное число работ сосредоточено на оптимизации логистических цепей и сетевой инфраструктуры для снижения операционных затрат и управления товарными ресурсами [1–4]. Отдельный комплекс исследований посвящен анализу ассортимента, ценообразования и конкурентной среды с использованием методов анализа больших данных, эконометрики и машинного обучения [5–7]. Для оперативного управления запасами в условиях нестабильности применяются мо-

дели стохастического программирования, позволяющие оптимизировать уровень запасов и работу торгового зала [8-11]. Также ученые концентрируются на построении моделей производственных функций и факторного анализа для ритейла, описывающих зависимость выручки и прибыли от ключевых ресурсов: товарных запасов, персонала и торговых площадей [12-15].

Анализируя многообразие существующих подходов, следует признать наличие пробела в разработке единого методологического инструментария для максимизации прибыли федеральных ритейл-сетей. Целью данного исследования является разработка универсальной методики планирования для стандартного магазина сети. На основе унифицированной модели магазина в дальнейшем будет возможно адаптировать ее под условия отдельных кластеров магазинов и учитывать особенности каждой отдельной торговой точки. Разработка такого инструмента отвечает насущной потребности отрасли в повышении эффективности управления торговыми сетями.

Рассмотрим цепочку поставок «поставщик-магазин-покупатель» розничной сети «Магнит» (рисунок 1).

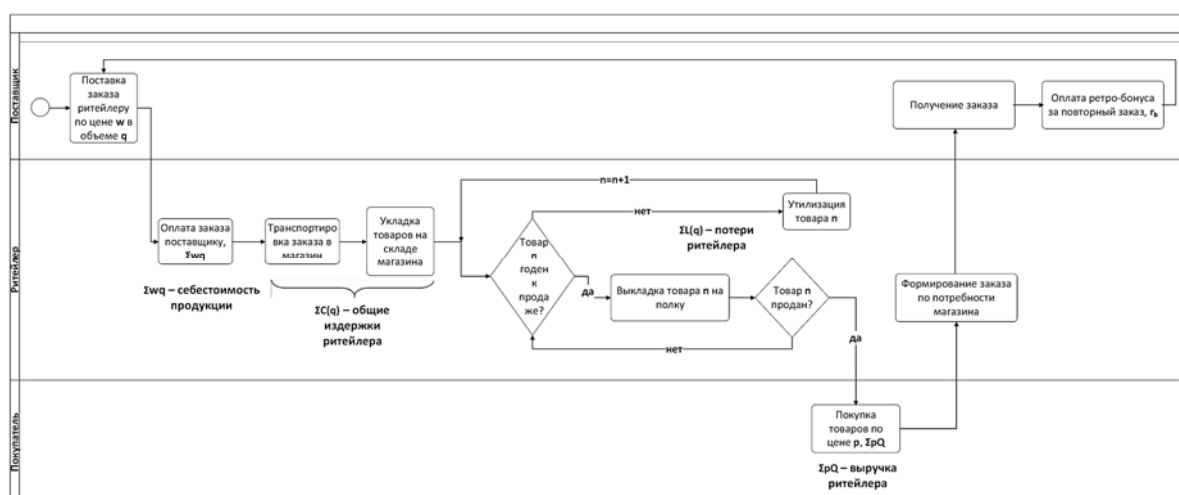


Рисунок 1 – Схема бизнес-процесса поставки и реализации товаров торговой точкой розничной сети «Магнит»

Бизнес-процесс начинается с поставки заказа от поставщика к ритейлеру и оплаты за заказ в размере $\sum w_i q_i$. Ритейлер своими силами транспортирует заказы по торговым точкам, хранит на складах запасы, занимается распределением и укладкой товаров в магазинах, за счет чего несет издержки $\sum C(q_i)$. Далее следует цикл проверки товаров на качество и годность к продаже. Если товар не годен к продаже, он списывается, формируя статью потерь $\sum L(q_i)$. Остальные товары попадают на полку к покупателю, формируя входящий денежный поток в виде выручки $\sum p_i Q_i$. Далее магазин формирует заказы по потребности, которые поступают поставщикам. За повторный заказ поставщик платит ритейлеру ретро-бонус r_b и поставяет заказ, бизнес-процесс повторяется снова.

Прибыль ритейлера образуется за счет доходов от продажи товаров и расходов на приобретение товаров, а также прочих, не зависящих от торговых операций, расходов. Учитывая, что помимо переменных издержек на реализацию товаров магазин несет еще и постоянные расходы в виде арендной платы за помещение (или амортизации за собственное помещение), расходы на оплату труда, расходы на материалы, коммунальные платежи, построим модель максимизации прибыли унифицированной торговой точки формата «Магазин у дома»:

$$\pi = \sum_{i=1}^m p_i(Q_i)Q_i - \left(1 - \frac{r_b}{100\%}\right) * \sum_{i=1}^m w_i(q_i)q_i - \sum_{i=1}^m C_i(q_i) - \sum_{i=1}^m L_i(q_i) - G \rightarrow \max, \quad (1)$$

где i – номер товарной группы; m – количество товарных групп в магазине; $\sum_{i=1}^m p_i(Q_i)Q_i$ – сумма выручки магазина; Q_i – объем продаж i -ой группы товаров; r_b – процент ретро-бонуса, который платят поставщики ритейлеру; $\sum_{i=1}^m w_i(q_i)q_i$ – сумма себестоимости товаров; w_i – цена закупки i -ой группы товаров; q_i – объем закупки i -ой группы товаров;

$\sum_{i=1}^m C_i(q_i)$ – переменные издержки ритейлера; $\sum_{i=1}^m L_i(q_i)$ – потери ритейлера; G – постоянные затраты магазина.

Исследуем ценовые тренды $w(q)$ и $p(Q)$ на группу товаров «Деликатесы» по статистическим данным с 2022 по 2024 год для построения модели оптимизации прибыли.

Предположим наличие степенных функций вида:

$$w(q) = aq^b$$

$$p(Q) = AQ^B$$

где $a > 0$ – коэффициент ценовой шкалы; $b < 0, |b| < 1$ – коэффициент эластичности цены по объему закупки; q – фактическое значение объема закупки ритейлера; $A > 0$ – коэффициент ценовой шкалы; $B < 0, |B| < 1$ – коэффициент эластичности цены по объему продаж; Q – фактическое значение объема продаж ритейлера.

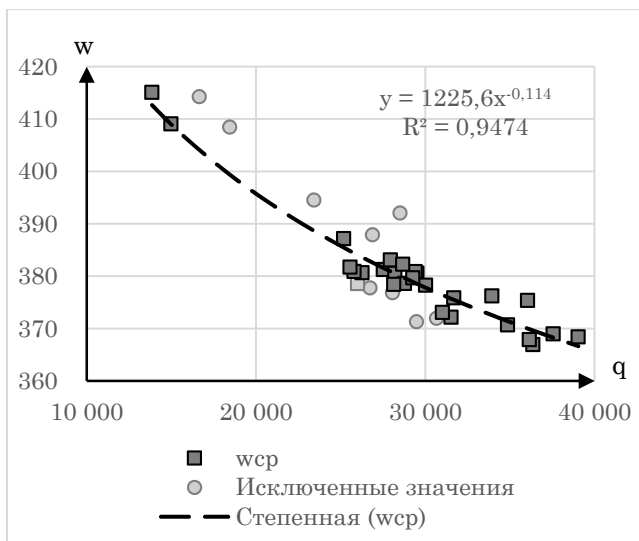


Рисунок 2 – Тренд закупочной цены товарной группы «Деликатесы»

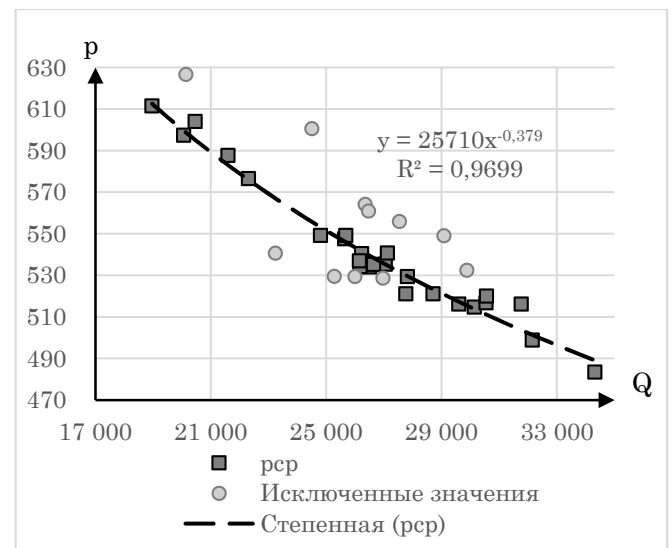


Рисунок 3 – Тренд продажной цены товарной группы «Деликатесы»

На рис. 2–3 показаны фактические значения цен и объемов продаж, а также кривые сформированных алгоритмом в процессоре Excel регрессионных моделей:

$$w(q) = 1225,6q^{-0,114}$$

$$p(Q) = 25710Q^{-0,379}$$

Так как некоторые периоды отражают особенности, не связанные с общими явлениями, рассматриваемыми в рамках работы, соответствующие точки были исключены. Обе функции убывающие, что удовлетворяет закону спроса. По коэффициентам детерминации R^2 больше 0,9 можно судить о высокой объясняющей способности построенных регрессионных моделей.

Сформируем регрессионные модели переменных издержек и потерь ритейлера, которые он несет в процессе закупки и реализации товаров. В статьи переменных издержек ритейлера входят транспортные затраты, затраты на хранение, обработку и комплектацию заказов. Помимо издержек в процессе реализации товаров ритейлер несет еще и потери, в связи с чем объем закупки q отличается от объема продаж Q . Потери происходят по причине утери товарных единиц в процессе транспортировки или реализации, точечных краж со стороны персонала или покупателей, а также списаний по сроку годности.

Предположим линейный вид регрессионных моделей. При отсутствии объема закупки товаров ($q = 0$), ритейлер не несет издержек, связанных с реализацией товаров ($C(q) = 0$), и не несет потерь ($L(q) = 0$).

$$C(q) = c_v q$$

$$L(q) = l_v q$$

где $C(q)$ – общие издержки ритейлера; c_v – удельные издержки ритейлера; $L(q)$ – потери ритейлера; l_v – удельные потери ритейлера; q – объем закупки.

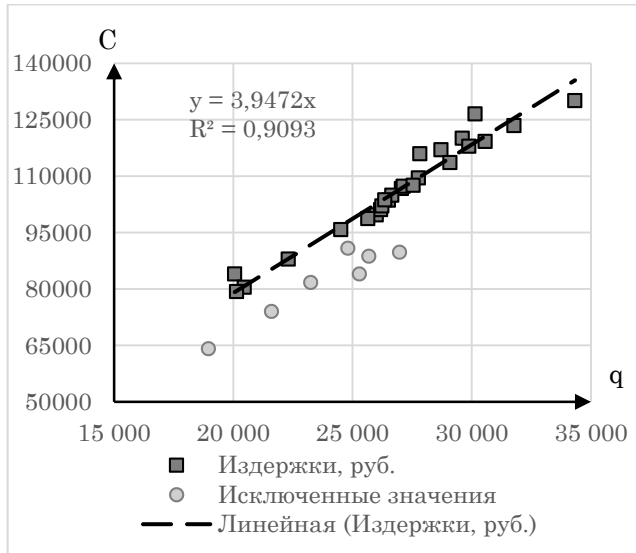


Рисунок 4 – Тренд издержек товарной группы «Деликатесы»

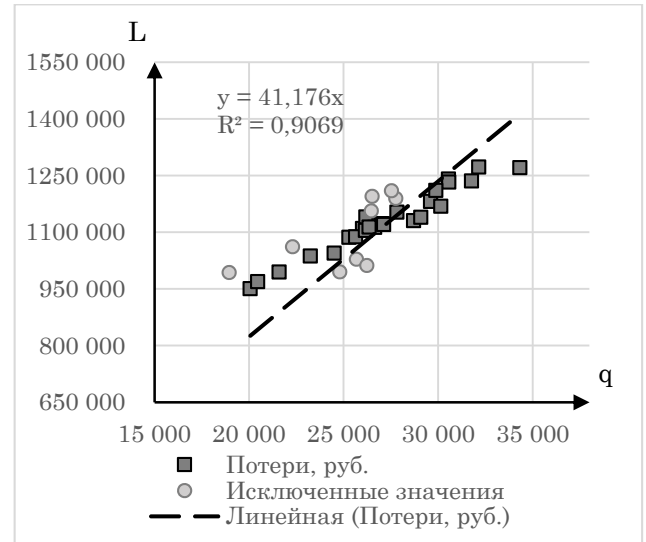


Рисунок 5 – Тренд потерь товарной группы «Деликатесы»

На рис. 4-5 показаны фактические значения издержек и потерь, а также кривые сформированных в процессоре Excel регрессионных моделей:

$$C(q) = 3,947q$$

$$L(q) = 41,176q$$

На основе сформированных регрессионных моделей выведем формулу прибыли унифицированной торговой точки, реализующей некоторое количество товарных групп, сгруппировав показатели по двум блокам: функции по изучаемому ассортименту ($i = 1$) и постоянные по ассортименту, не являющемуся объектом исследования ($i = \{n + 1; m\}$).

$$\pi = \sum_{i=1}^n p_i(Q_i)Q_i + \sum_{i=n+1}^m p_i Q_i - \left(1 - \frac{r_b}{100\%}\right) \left(\sum_{i=1}^n w_i(q_i)q_i + \sum_{i=n+1}^m w_i q_i \right) - \sum_{i=1}^n C_i(q_i) - \sum_{i=n+1}^m C_i - \sum_{i=1}^n L_i(q_i) - \sum_{i=1}^m L_i - G \rightarrow \max, \quad (2)$$

где i – номер товарной группы; n – количество исследуемых товарных групп; m – общее количество товарных групп в магазине; $\sum_{i=1}^n p_i(Q_i)Q_i$ – выручка по ассортименту, который является объектом изучения; $p_i(Q_i) = A Q_i^B$ – тренд продажной цены i -ой группы товаров; r_b – процент ретро-бонуса, который платят поставщики ритейлеру; $\sum_{i=1}^n w_i(q_i)q_i$ – себестоимость ассортимента, который является объектом изучения;

$w_i(q_i) = aq_i^B$ – тренд закупочной цены i -ой группы товаров; $\sum_{i=1}^n C_i(q_i)$ – издержки от реализации ассортимента, который является объектом изучения; $C_i(q_i) = c_v q_i$ – тренд переменных издержек i -ой группы товаров; $\sum_{i=1}^n L_i(q_i)$ – потери ассортимента товаров, который является объектом изучения; $L_i(q_i) = c_v q_i$ – тренд потерь i -ой группы товаров; G – постоянные издержки магазина, равные определенному проценту g от выручки сети.

$$G = \frac{g}{100\%} * \sum_{i=1}^m p_i Q_i. \quad (3)$$

Преобразуем функцию прибыли с учетом сформированных регрессионных моделей:

$$\begin{aligned} \pi = & \sum_{i=1}^n A Q_i^{B+1} + \sum_{i=n+1}^m p_i Q_i - \left(1 - \frac{r_b}{100\%}\right) \left(\sum_{i=1}^n a q_i^{b+1} + \sum_{i=n+1}^m w_i q_i \right) - \\ & - \sum_{i=1}^n c_v q_i - \sum_{i=n+1}^m C_i - \sum_{i=1}^n l_v q_i - \sum_{i=n+1}^m L_i - \\ & - \frac{g}{100\%} * (\sum_{i=1}^n A Q_i^{B+1} + \sum_{i=n+1}^m p_i Q_i) \rightarrow \max. \end{aligned} \quad (4)$$

В данной модели две переменные: количество поставленных товаров q и количество проданных товаров Q . Они не равны, так как часть товаров списывается, а также существуют остатки товарных единиц, которые могут продаться в следующий отчетный период. Найдем зависимость этих двух переменных:

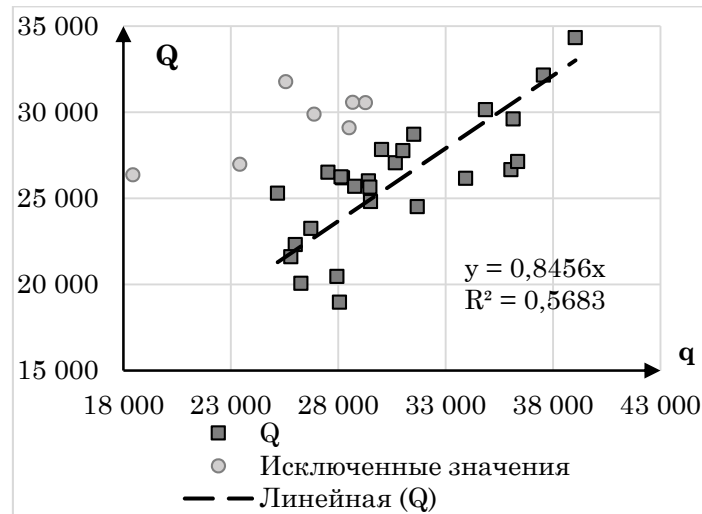


Рисунок 6 – Функция зависимости объема продаж от объема закупки

$$Q(q) = 0,846q. \quad (5)$$

Для товарной группы «Деликатесы» модель прибыли унифицированного магазина выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \pi = & 25710 * (0,846q)^{0,621} + \sum_{i=n+1}^m 0,846p_i q_i - \left(1 - \frac{r_b}{100\%}\right) (1225,6q^{0,886} + \\ & \sum_{i=n+1}^m w_i q_i) - 3,947q - \sum_{i=n+1}^m C_i - 41,176q - \sum_{i=1}^m L_i - \frac{g}{100\%} * (25710 * (0,846q)^{0,621} + \\ & \sum_{i=n+1}^m 0,846p_i q_i) \rightarrow \max. \end{aligned} \quad (6)$$

Сгруппировав слагаемые по двум ранее описанным блокам, получим модель прибыли в данном виде:

$$\begin{aligned} \pi = & \left(1 - \frac{g}{100\%}\right) (23173,89q^{0,621} + \sum_{i=n+1}^m 0,846p_i q_i) - \left(1 - \frac{r_b}{100\%}\right) (1225,6q^{0,886} + \\ & \sum_{i=n+1}^m w_i q_i) - 45,123q - (\sum_{i=n+1}^m C_i + \sum_{i=1}^m L_i) \rightarrow \max. \end{aligned} \quad (7)$$

Таким образом, были исследованы ценовые тренды $w(q)$ и $p(Q)$ для группы товаров «Деликатесы» по статистическим данным с 2022 по 2024 год, сформированы регрессионные модели переменных издержек и потерь ритейлера, которые он несет в процессе закупки и реализации товаров, а также найдена зависимость количества проданных товаров Q от количества поставленных товаров q , в результате сформирована модель максимизации прибыли ритейлера в заданных условиях. Данная модель зависимости прибыли унифицированного магазина от объ-

ема закупки исследуемой товарной группы позволит найти оптимальный объем закупки выбранного ассортимента для достижения максимальной прибыли магазина.

Список литературы

1. Гераськин М.И., Гришанов Г.М. Экономико-математическое моделирование современных промышленных комплексов // Самара, Россия: Издательство СамНЦ РАН – 2016. – 194с.
2. Иванов С. П., Петрова Л. Н. Оптимизация системы распределения в розничной торговой сети // Логистика. 2023. С. 45–58.
3. Яковлев А. Н. Балансовые модели управления товарными ресурсами в распределительном центре розничной сети // Логистика и управление цепями поставок. 2021. № 1(102). С. 33–44.
4. Гераськин М.И., Моисеева К.С. Анализ тенденций спроса и издержек операторов телекоммуникационного рынка России // Прикладная математика и вопросы управления. – 2023. – С. 157-174
5. Новикова Е. Д. Методы анализа больших данных для формирования ассортиментной матрицы в ритейле // Бизнес-информатика. 2021. № 3(57). С. 67–79.
6. Лебедев П. С. Модели ценообразования в условиях динамической конкуренции на рынке FMCG // Российский журнал менеджмента. 2023. Т. 21. № 1. С. 89–104.
7. Морозов В. И. Алгоритмы принятия решений для ассортиментного менеджмента на основе методов машинного обучения // Искусственный интеллект и принятие решений. 2024. № 1. С. 22–35.
8. Козлов А. В. Стохастические модели управления товарными запасами в условиях нестабильного спроса // Экономика и математические методы. 2022. Т. 58. Вып. 4. С. 112–125.
9. Павлов Д. Е. Применение теории очередей для оптимизации количества касс в торговом зале // Экономика и математические методы. 2023. Т. 59. Выпуск 2. С. 88–99.
10. Дмитриева К. Р. Методы оптимизации товарного портфеля на основе анализа вклада в маржинальную прибыль // Финансовый менеджмент. 2020. № 6. С. 77–85.
11. Антонов С. С. Анализ эффективности промо-акций с использованием панельных данных // Прикладная эконометрика. 2023. Т. 69. С. 101–120.
12. Борисова О. М. Моделирование операционной деятельности ритейлера как производственной системы // Экономический анализ: теория и практика. 2022. Т. 21. № 12(519). С. 2312–2330.

13. Фролова Г. А. Эконометрический анализ факторов прибыльности магазинов // Финансы и бизнес. 2022. № 2. С. 134–150.

14. Орлова И. Т. Регрессионные модели для прогнозирования продаж с учетом сезонности и локации // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2021. № 6. С. 89–105.

15. Гераськин, М.И. Моделирование прибыли ритейлера продовольственных товаров // Перспективы, организационные формы и эффективность развития сотрудничества российских и зарубежных ВУЗов – 2019. – с.152 – 157.

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF PROFIT FOR THE ASSORTMENT OF PRODUCTS OF THE MAGNIT RETAIL CHAIN

D.A. Kuznetsova

*Samara University,
Samara, Russian Federation*

Abstract. The article investigates the problem of profit optimization for a standardized retail outlet within a network, formed by a given set of product groups. The solution employs a regression analysis framework: based on historical data, regression models are constructed to approximate price trends, cost dynamics, and the volume of retail losses. The model construction is implemented using the algorithms of the trendline addition method in Microsoft Excel. As a result, a mathematical model of the profit objective function, dependent on the sales volume for each product group, is obtained. Determining the optimal procurement volume as the optimization point of this function allows for the calculation of the maximum achievable profit within the given market conditions.

Keywords: store profit, mathematical model, sales volume, assortment optimization.