

УДК 656.073

Математическая модель выкладки товаров на полочном пространстве торговой сети с наличием расширяемых и сужаемых сегментов для определенных видов товаров

Черняховская
Екатерина
Сергеевна

— PhD, преподаватель Вроцлавского университета экономики и бизнеса.
E-mail: kateryna.czerniachowska@ue.wroc.pl

Вроцлавский университет экономики и бизнеса, Вроцлав, Республика Польша

Для цитирования: Черняховская Е. С. Математическая модель выкладки товаров на полочном пространстве торговой сети с наличием расширяемых и сужаемых сегментов для определенных видов товаров // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2024. № 2 (38). С. 20–29. DOI: 10.20295/2413-2527-2024-238-20-29

Аннотация. Целью исследования является разработка математической модели выкладки товара на доступном полочном пространстве магазина. Рассмотрены категории товаров (местные, повседневного спроса), которые должны располагаться в определенных сегментах полок. Характерной особенностью модели является возможность расширения и сужения данных сегментов в зависимости от количества ассортимента или сезонных изменений спроса на товар. Цель ретейлера — максимизация прибыли со сбыта товаров при выполнении ограничений на размещение товаров на полках. В обсуждении даются достоинства и недостатки приведенной модели выкладки товара. Исследование имеет важное значение для розничной торговой сети.

Ключевые слова: математическое моделирование, оптимизация, распределение места на полках.

Введение

Полочное пространство — это дефицитный ресурс, которым ретейлер должен управлять в розничной торговой сети. Поэтому практические и рациональные мерчандайзинговые решения, а также эффективное управление ограниченным полочным пространством имеют ключевое значение [1]. Оптимизация полочного пространства в магазине позволяет увеличить продажи за счет более эффективного размещения популярных и высокомаржинальных товаров. Тщательно продуманная выкладка товаров не только привлекает внимание покупателей, но и улучшает их опыт покупок, делая поиск нужных товаров проще и быстрее. Это, в свою очередь, способствует увеличению среднего чека и повышению общей лояльности клиентов к магазину.

На предприятиях розничной торговли решения о распределении полочных площадей принимают на двух уровнях:

1. Определение количества полочного пространства для категории товаров.
2. Определение количества полочного пространства для отдельно взятого товара в пределах каждой товарной категории [2].

Классическим инструментом планирования полочного пространства является планограмма. Она представляет собой иллюстрацию полок, показывающую, где на полке будет физически выставлен товар и какое количество этого товара будет на полке. При создании планограммы ретейлеру необходимо тщательно спланировать расположение товаров, количество видимых покупателям

товаров (фейсингов), количество товаров, уложенных позади и над каждым рядом фейсингов, стиль упаковки, а также возможную ориентацию (лицом, боком, верхом, низом) и т. д. [3–4].

Использование данных о покупательском поведении помогает определить наиболее перспективные места для выкладки товаров, привлекая внимание клиентов и стимулируя импульсные покупки. Анализируя маршруты передвижения покупателей и точки их внимания, ретейлеры могут размещать товары, обеспечивая их максимальную заметность. Это не только увеличивает вероятность спонтанных покупок, но и позволяет оптимально использовать полочное пространство, способствуя росту продаж и улучшению общей эффективности магазина. Технологии автоматизации и алгоритмы машинного обучения становятся неотъемлемой частью управления полочным пространством, повышая его эффективность и снижая затраты на ручное регулирование.

Постановка задачи

Описываемая задача ранее была опубликована в [5–7]. Пусть будет: S — количество полок; P — количество товаров; i — индекс полки; $i = 1, \dots, S$; j — индекс товара; $j = 1, \dots, P$; g — индекс сегмента полки, $g = 1, \dots, V_i$, m — индекс сегмента и индекс типа товара, $m = 1, \dots, 5$ ($m = 1$ — местный сегмент/товар; $m = 2$ — сегмент/товар повседневного спроса; $m = 3$ — сегмент/товар в центральной части полки; $m = 4$ — сегмент/товар в начале аллеи; $m = 5$ — сегмент/товар в конце аллеи); n — индекс размера сегмента полки, $n = \{1, 2\}$; левая ($n = 1$) и правая ($n = 2$) граница; r — индекс подмножества; $r = 1, \dots, 3$ ($r = 1$ — подмножество A , подмножество перед специальным сегментом на полке, $r = 2$ — подмножество C , подмножество внутри специального сегмента на полке, $r = 3$ — подмножество B , подмножество после специального сегмента на полке).

Параметры полки i , используемые в модели: s_i^l — длина; s_i^h — высота; s_i^b — грузоподъемность полки; s_i^{bh} — полка для крупногабаритных товаров; s_i^{fm} — полка на нижнем уровне (быстро сбываемые товары); s_i^{be} — полка на уровне глаз (брендовые товары).

Параметры сегмента полки i : V_i — количество сегментов на полке; $v_i^w = s_i^l/V_i$ — ширина сегмента; s^{lc} — индекс полки, где выделен местный сегмент, $s^{lc} = \{1, \dots, S\}$; v^{lc} — индекс местного сегмента на полке $i = s^{lc}$, $v^{lc} = \{1, \dots, V_i\}$; s^v — индекс полки, где находится сегмент для товаров повседневного спроса, $s^v = \{1, \dots, S\}$; v^v — индекс сегмента товаров повседневного спроса на полке $i = s^v$, $v^v = \{1, \dots, V_i\}$; z_{mn} — левая ($n = 1$) и правая ($n = 2$) горизонтальные координаты границы сегмента типа m .

Левая и правая координаты отрезков вычисляются следующим образом:

$z_{11} = (v^{lc} - 1) \cdot v_i^w$, $z_{12} = v^{lc} \cdot v_i^w$ — для местного сегмента;

$z_{21} = (v^v - 1) \cdot v_i^w$, $z_{22} = v^v \cdot v_i^w$ — для сегмента товаров повседневного спроса;

$z_{31} = v_i^w$, $z_{32} = s_i^l - v_i^w$ — для сегментов в средней части полок;

$z_{41} = 0$, $z_{42} = v_i^w$ — для сегмента возле начала аллеи;

$z_{51} = s_i^l - v_i^w$, $z_{52} = s_i^l$ — для сегмента в конце аллеи.

Параметры товара, используемые в модели: p_j^w — ширина; p_j^h — высота; p_j^b — масса; p_j^s — лимит поставки; p_j^u — прибыль; p_j^n — коэффициент вложенности, $p_j^n < 1$ или $p_j^n = 0$, если товар не может быть вложен; f_j^{min} — минимальное количество фейсингов; f_j^{max} — максимальное количество фейсингов; c_j^{min} — минимальное количество каппингов на одну группу фейсингов; c_j^{max} — максимальное количество каппингов на одну группу фейсингов; n_j^{min} — минимальное количество нестингов в одном фейсинге; n_j^{max} — максимальное количество нестингов в одном фейсинге; s_j^{min} — минимальное количество полок для размещения товара; s_j^{max} — максимальное количество полок для размещения товара; $[p_j^h/p_j^w]$ — необходимое количество фейсингов для поддержки каппингов, положенных над ними; p_j^{bh} — товар должен быть размещен на полке для крупногабаритных товаров; p_j^{fm} — товар должен быть размещен на более низком уровне из-за частоты его покупки, цены или функций; p_j^{be} — товар должен быть размещен на уровне глаз из-за его бренда или цены; p_j^{af} , p_j^{al} — товар должен быть размещен рядом с началом/концом аллеи в виду направления движения покупателей,

цены, сезонных характеристик или акций; p_j^c — товар должен располагаться в средней части полки (не возле прохода); p_j^{lc} — местный товар, должен быть размещен в сегменте для местных товаров; p_j^v — товар повседневного спроса, должен быть размещен в сегменте для товаров повседневного спроса.

Переменные решения:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если товар } j \text{ положен на полку } i \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

f_{ij} — количество фейсингов товара; c_{ij} — количество каппингов товара; n_{ij} — количество нестингов (вложений) товара.

$$y_{mijr}^{ABC} = \begin{cases} 1, & \text{если товар } j \text{ принадлежит множеству } r \\ & \text{типа } m \text{ на полке } i \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Существует набор товаров P , которые должны быть размещены на S полках на планеграмме, на которой каждая полка разделена на V_i сегментов без фиксированной границы между ними. Это позволяет увеличивать или уменьшать сегмент. Цель ретейлера — максимизировать общую прибыль после размещения товаров на планеграмме. На планеграмме сегмент полки может быть выделен рядом с началом или концом аллеики или в средней части. На планеграмме также имеется два сегмента специального назначения, которые можно выделить в любой части полки — местные товары и товары повседневного спроса.

Фейсинг — основная видимая единица товара. Одни товары могут быть размещены поверх фейсинга в боковом положении — это каппинг (рис. 1, а). Другие товары могут быть размещены внутри фейсинга — это нестинг (рис. 1, б). Коэффициент вложенности для товаров равен $p_j^n < 1$, в противном случае $p_j^n = 0$. Выражение $[p_j^h / p_j^n]$ указывает необходимое количество фейсингов, чтоб можно было положить на них каппинги. Минимальное c_j^{min} и максимальное c_j^{max} количество каппингов на фейсинг, а также минимальное n_j^{min} и максимальное n_j^{max} количество нестингов на фейсинг означает, может ли товар быть вложен один в другой. Величи-

на c_j^{max} ограничивает количество каппингов, которые можно разместить сверху, чтобы фейсинги снизу не деформировались, а каппинги сверху не падали с полки. Величина n_j^{max} ограничивает количество нестингов, которые можно поместить внутри само-го нижнего фейсинга на полке, чтобы нижний товар не деформировался. Общее количество фейсингов изделия является суммой единиц фейсингов f_{ij} , каппингов c_{ij} и нестингов n_{ij} товара.

На рис. 2, а показано распределение сегментов полок на планеграмме. На рис. 2, б показаны возможности расширения и сужения сегментов. Если товар должен быть помещен в сегмент, его центр должен находиться внутри сегмента, ограниченно-го значениями $[z_{m1}; z_{m1}]$. На рис. 2, б показаны возможности расширения сегмента в начале аллеики и сужения сегмента в конце аллеики. Сегмент для повседневных товаров расширен. Кроме того, на рис. 2, б показан сегмент полки без товаров, расположенных в конце аллеики. Такие случаи могут возникать и с другими типами товаров, такими как местные товары или товары повседневного спроса, в начале аллеики, если товаров не хватает или они размещены на других полках.

Для размещения товаров в сегментах необходимо разделить их на 3 подмножества. A — подмножество товаров, размещенных перед определенным сегментом на полке; B — подмножество товаров, размещенных после определенного сегмента на полке; C — подмножество товаров, размещенных внутри определенного сегмента и помеченных как специфические (местные, товары повседневного спроса, центральная часть полки, первый и последний сегменты). Для решения этой задачи ретейлеру необходимо найти количество фейсингов f_{ij} , каппингов c_{ij} и нестингов n_{ij} товара j , размещенного на полке i , с учетом следующих категорий ограничений: ограничения на полки, ограничения на тип полок, ограничения на товар и ограничения на сегменты полок. Затем товар j должен быть отнесен к определенному типу подмножества m (местный, повседневного спроса, центральная часть полки, в начале или в конце аллеики) подмножества r (то есть до (A), после (B) или внутри (C) конкретного подмножества) на полке $i y_{mijr}^{ABC}$.

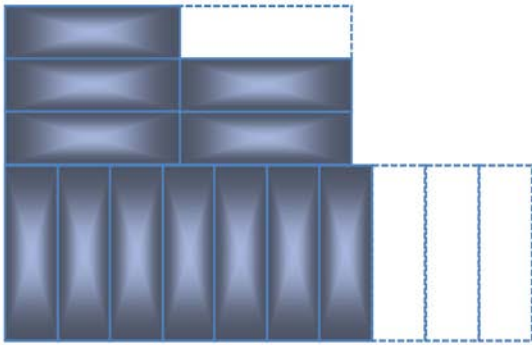


Рис. 1, а. Каппинг

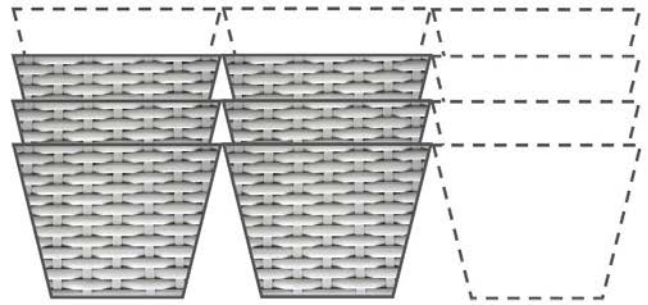


Рис. 1, б. Нестинг

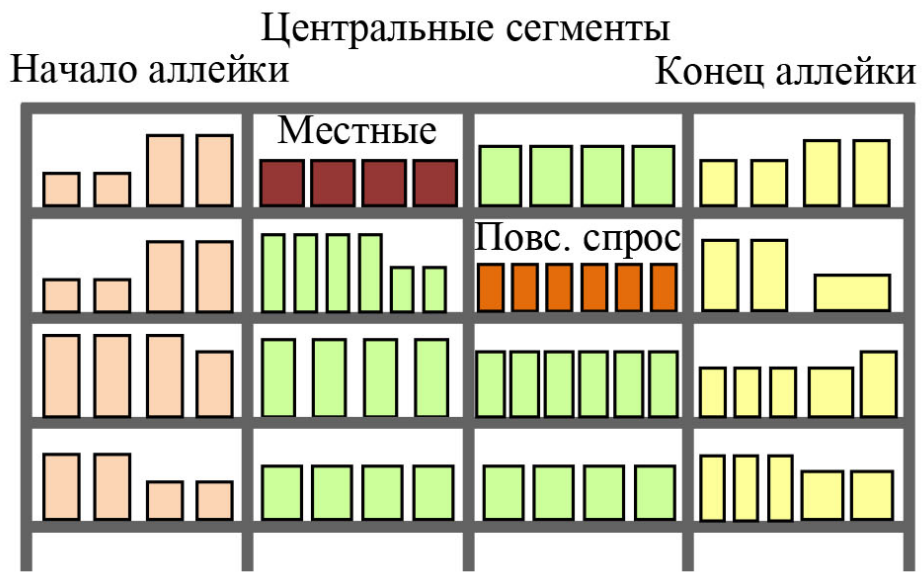


Рис 2, а. Сегменты полок на планеграмме

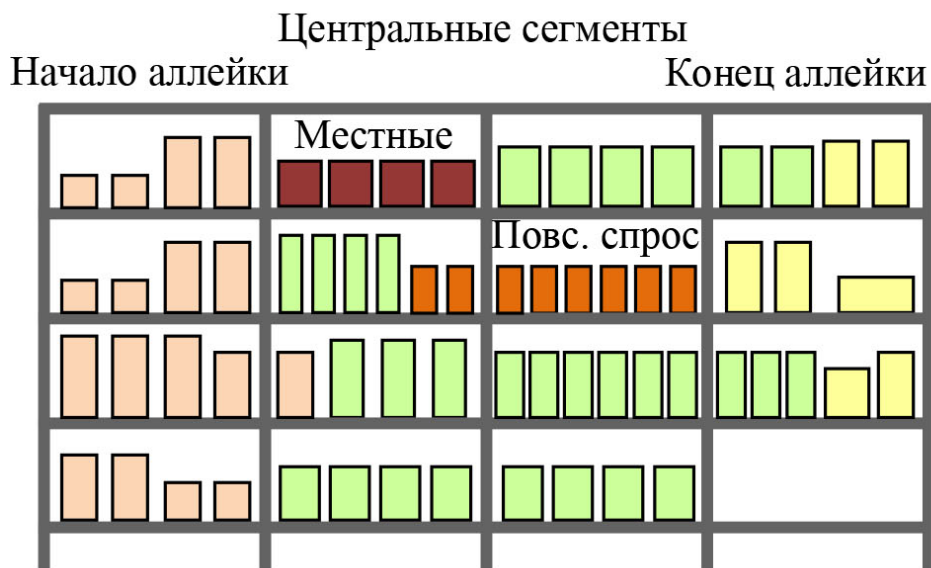


Рис. 2, б. Расширение и сужение сегментов полок на планеграмме

Критериальная функция — максимизация прибыли:

$$\max \sum_{j=1}^P \sum_{i=1}^S x_{ij} p_j^u (f_{ij} + c_{ij} + n_{ij}). \quad (1)$$

1. Ограничения по полке.

Общая высота товара, каппинга (рис. 1, а) и нестинга (рис. 1, б) не выше высоты полки:

$$\forall (i,j) [x_{ij} (p_j^h + \left[\frac{c_{ij} x_{ij}}{\max\left(\left[\frac{f_{ij} p_j^w}{p_j^h}, 1\right]\right)} \cdot p_j^w + \left[\frac{n_{ij} x_{ij}}{\max(f_{ij}, 1)} \right] \cdot p_j^h p_j^n) \leq s_i^h]. \quad (2)$$

Выражение $\frac{x_{ij}}{\max(f_{ij}, 1)}$ означает обход деления 0, если товар не поставлен на полку.

Масса товаров на полке:

$$\forall (i) [\sum_{j=1}^P (f_{ij} + c_{ij} + n_{ij}) p_j^b \leq s_i^b]. \quad (3)$$

Длина полки:

$$\forall (i) [\sum_{j=1}^P f_{ij} p_j^w \leq s_i^l]. \quad (4)$$

2. Ограничения по типу полки.

Малогабаритный товар не может быть размещен на полке для крупногабаритных товаров:

$$\forall (j : p_j^{bh} = 0) \forall (i : s_i^{bh} = 1) [x_{ij} = 0]. \quad (5)$$

Крупногабаритный товар не может быть размещен на полке для малогабаритных товаров:

$$\forall (j : p_j^{bh} = 1) \forall (i : s_i^{bh} = 0) [x_{ij} = 0]. \quad (6)$$

Определенный товар должен быть размещен на уровне глаз, другие товары также могут быть размещены на уровне глаз:

$$\forall (j : p_j^{be} = 1) \forall (i : s_i^{be} = 0) [x_{ij} = 0]. \quad (7)$$

Товар должен быть размещен на нижней полке для быстро сбываемых товаров, другие товары также могут быть размещены на этом уровне при наличии места на полке:

$$\forall (j : p_j^{fm} = 1) \forall (i : s_i^{fm} = 0) [x_{ij} = 0]. \quad (8)$$

Местные товары не могут быть размещены в других сегментах полок, кроме как в соответствующем сегменте:

$$\forall (j : p_j^{lc} = 1) \forall (i : i \neq s^{lc}) [x_{ij} = 0]. \quad (9)$$

Товары повседневного спроса не могут быть размещены в других сегментах полок, кроме как в соответствующем сегменте:

$$\forall (j : p_j^v = 1) \forall (i : i \neq s^v) [x_{ij} = 0]. \quad (10)$$

3. Ограничения на товар.

Минимальное и максимальное количество полок:

$$\forall (j) [s_j^{min} \leq \sum_{i=1}^S x_{ij} \leq s_j^{max}]. \quad (11)$$

4. Лимит поставки.

$$\forall (j) [\sum_{i=1}^S (f_{ij} + c_{ij} + n_{ij}) \leq p_j^s]. \quad (12)$$

Минимальное и максимальное количество фейсингов:

$$\forall (j) [f_j^{min} \leq \sum_{i=1}^S f_{ij} \leq f_j^{max}]. \quad (13)$$

Минимальное и максимальное количество каппингов:

$$\forall (i,j) [c_j^{min} \leq c_{ij} \leq c_j^{max} \cdot \left[\frac{f_{ij} p_j^w}{p_j^h} \right]]. \quad (14)$$

Минимальное и максимальное количество нестингов:

$$\forall (i,j) [n_j^{min} \leq n_{ij} \leq n_j^{max} f_{ij}]. \quad (15)$$

5. Ограничения на сегменты полки:

Обычный товар относится к подмножеству A или B , если он размещен на полке:

$$\forall(m,i)\forall(j : p_j^{lc} = 0, p_j^v = 0, p_j^c = 0, p_j^{af} = 0, p_j^{al} = 0)[(y_{mij1}^{ABC} + y_{mij3}^{ABC} = x_{ij}) \wedge (y_{mij2}^{ABC} = 0)]. \quad (16)$$

Специальный товар относится к подмножеству C , если он размещен на полке:

$$\forall(m,i)\forall(j : p_j^{lc} = 1, p_j^v = 1, p_j^c = 1, p_j^{af} = 1, p_j^{al} = 1)[(y_{mij1}^{ABC} = 0) \wedge (y_{mij2}^{ABC} = x_{ij}) \wedge (y_{mij3}^{ABC} = 0)]. \quad (17)$$

Обычный товар на полке для местных товаров относится к подмножеству A или B , если он размещен на полке:

$$\forall(m)\forall(i : i = s^{lc})\forall(j : p_j^{lc} = 0)[(y_{mij1}^{ABC} + y_{mij3}^{ABC} = x_{ij}) \wedge (y_{mij2}^{ABC} = 0)]. \quad (18)$$

Местный товар на полке для местных товаров относится к подмножеству C , если он размещен на полке:

$$\forall(m)\forall(i : i = s^{lc})\forall(j : p_j^{lc} = 1)[(y_{mij1}^{ABC} = 0) \wedge (y_{mij2}^{ABC} = 1) \wedge (y_{mij3}^{ABC} = 0)]. \quad (19)$$

Обычный товар на полке товаров повседневного спроса относится к подмножеству A или B , если он размещен на полке:

$$\forall(m)\forall(i : i = s^v)\forall(j : p_j^v = 0)[(y_{mij1}^{ABC} + y_{mij3}^{ABC} = x_{ij}) \wedge (y_{mij2}^{ABC} = 0)]. \quad (20)$$

Товары повседневного спроса на соответствующей полке относятся к подмножеству C , если они размещены на полке:

$$\forall(m)\forall(i : i = s^v)\forall(j : p_j^v = 1)[(y_{mij1}^{ABC} = 0) \wedge (y_{mij2}^{ABC} = 1) \wedge (y_{mij3}^{ABC} = 0)]. \quad (21)$$

Размер сегментов центральной части полки:

$$\begin{aligned} & \forall(m : z_{m1} > 0 \wedge z_{m2} < s_i^l)\forall(i) \\ & [((\sum_{j=1}^P y_{mij1}^{ABC} f_{ij} p_j^w + \frac{\sum_{j=1}^P y_{mij2}^{ABC} f_{ij} p_j^w}{2} \leq z_{m1}) \wedge (\sum_{j=1}^P y_{mij3}^{ABC} f_{ij} p_j^w \leq s_i^l - (z_{m1} + \frac{\sum_{j=1}^P y_{mij2}^{ABC} f_{ij} p_j^w}{2}))) \vee \\ & \vee ((\sum_{j=1}^P y_{mij1}^{ABC} f_{ij} p_j^w + \frac{\sum_{j=1}^P y_{mij2}^{ABC} f_{ij} p_j^w}{2} \geq z_{m1}) \wedge (\sum_{j=1}^P y_{mij1}^{ABC} f_{ij} p_j^w + \frac{\sum_{j=1}^P y_{mij2}^{ABC} f_{ij} p_j^w}{2} \leq z_{m2}) \wedge \\ & \wedge (\sum_{j=1}^P y_{mij3}^{ABC} f_{ij} p_j^w \leq s_i^l - \max(\sum_{j=1}^P y_{mij1}^{ABC} f_{ij} p_j^w + \sum_{j=1}^P y_{mij2}^{ABC} f_{ij} p_j^w, z_{m1} + \frac{\sum_{j=1}^P y_{mij2}^{ABC} f_{ij} p_j^w}{2})))] \end{aligned} \quad (22)$$

Первая часть ограничения представляет случай, когда на полке слишком много свободного места, вторая часть представляет случай частого расположения товаров, когда полка почти полностью заполнена. Определенные товары (подмножество C) размещаются внутри определенного сегмента полки таким образом, чтобы центр каждого товара находился в границах конкретного сегмента.

Таким образом, товары из этого подмножества могут выходить за границы сегмента не более чем на $\sum_{j=1}^P y_{mij2}^{ABC} f_{ij} p_j^w / 2$. Следовательно, максимальная ширина специального сегмента имеет следующие координаты: $[z_{m1} - \sum_{j=1}^P y_{mij2}^{ABC} f_{ij} p_j^w / 2; z_{m2} + \sum_{j=1}^P y_{mij2}^{ABC} f_{ij} p_j^w / 2]$. Остальные товары распределяются по подмножествам A и B . Правила сужения и расширения этих сегментов аналогичны случаям с подмножеством C .

Размер сегментов в начале аллеи:

$$\forall(m : z_{m1} = 0) \forall(i) [(\sum_{j=1}^P y_{mij2}^{ABC} f_{ij} p_j^w \leq \frac{3}{2} \cdot z_{m2}) \wedge (\sum_{r=1}^3 \sum_{j=1}^P y_{mijr}^{ABC} f_{ij} p_j^w \leq s_i^l)]. \quad (23)$$

Размер сегментов в конце аллеи:

$$\forall(m : z_{m2} = s_i^l) \forall(i) [(\sum_{j=1}^P y_{mij2}^{ABC} f_{ij} p_j^w \leq \frac{3}{2} \cdot (s_i^l - z_{m1})) \wedge (\sum_{r=1}^3 \sum_{j=1}^P y_{mijr}^{ABC} f_{ij} p_j^w \leq s_i^l)]. \quad (24)$$

Ограничение и написаны для обозначения начала и конца аллеи (первый и последний сегменты). Общая ширина товаров, отнесенных к 3 подмножествам, не должна превышать длину полки. Расширение первого сегмента допустимо до $\frac{3}{2} \cdot z_{m2}$, его максимальная ширина равна максимальной ширине последнего сегмента $\frac{3}{2} \cdot [s_i^l - z_{m1}]$. Это гарантирует, что центр товара будет находиться внутри крайних сегментов.

6. Ограничения отношений:

$$\forall(i,j) [x_{ij} \cdot \frac{s_i^l}{p_j^w} \geq f_{ij}], \quad (25)$$

$$\forall(i,j) [x_{ij} \leq f_{ij}], \quad (26)$$

$$\forall(i,j) [c_{ij} \leq x_{ij} \cdot c_j^{max} \cdot \left[f_{ij} \cdot \frac{p_j^w}{p_j^h} \right]], \quad (27)$$

$$\forall(i,j) [n_{ij} \leq x_{ij} \cdot n_j^{max} \cdot f_{ij}], \quad (28)$$

$$\forall(m,i,j) \left[\sum_{r=1}^3 y_{mijr}^{ABC} = x_{ij} \right]. \quad (29)$$

7. Переменные решения.

Товар размещен на полке:

$$x_{ij} \in \{0,1\} \forall(i,j). \quad (30)$$

Количество фейсингов товара на полке:

$$f_{ij} = \{f_j^{min} \dots f_j^{max}\} \forall(i,j). \quad (31)$$

Количество каппингов товара на полке:

$$c_{ij} = \{c_j^{min} \dots c_j^{max} \cdot [f_j^{max} \cdot p_j^w / p_j^h]\} \forall(i,j). \quad (32)$$

Количество нестингов товара на полке:

$$n_{ij} = \{n_j^{min} \dots n_j^{max}\} \forall(i,j). \quad (33)$$

Подмножество товара на полке:

$$y_{mijr}^{ABC} \in \{0,1\} \forall(m,i,j,r). \quad (34)$$

Обсуждение

Организация выкладки товаров на полочном пространстве в магазинах с выделением отдельных категорий товаров, которые должны быть размещены в определенных сегментах полок, приводит к лучшей видимости данных товаров, а следовательно, большей вероятности их покупки. Расширяемые и сужаемые сегменты полок дают возможность гибко адаптировать выкладку

в зависимости от сезонных изменений спроса и маркетинговых акций.

Приведенный способ выкладки товаров на полки с использованием расширяемых и сужаемых полочных сегментов имеет следующие достоинства:

1. Повышение продаж специальных товаров. Математическая модель позволяет выделить специальные товары и разместить их в отдельных сегментах, которые можно расширить или сузить, но месторасположение сегмента остается неизменным. Это привлекает внимание покупателей и способствует увеличению продаж в том числе уникальных товаров (местных, повседневного спроса), которые доступны только в данном магазине.

2. Оптимизация использования полочного пространства. Модель учитывает возможность сужения или расширения сегментов в зависимости от спроса на товары, что позволяет более эффективно использовать полочное пространство. Это особенно полезно в условиях ограниченного пространства в магазине.

3. Улучшение клиентского опыта. Расположение часто покупаемых товаров повседневного спроса в удобных для доступа местах способствует улучшению клиентского опыта, так как покупатели могут быстро найти необходимые товары.

4. Гибкость и адаптивность. Модель позволяет легко адаптировать выкладку товаров в зависимости от изменения спроса, сезонности или маркетинговых акций, что обеспечивает гибкость управления ассортиментом.

5. Стимулирование импульсных покупок. Стратегическое размещение специальных товаров в конкретных сегментах полки может стимулировать импульсные покупки, увеличивая общий объем продаж.

Несмотря на все достоинства, приведенный способ выкладки товаров может иметь и недостатки, среди которых можно выделить следующие:

1. Определенная сложность в реализации и управлении. Реализация такой модели требует

дополнительных ресурсов для анализа спроса, постоянного мониторинга продаж и корректировки выкладки, что может быть трудоемким и затратным процессом.

2. Сложности с обучением персонала. Персонал магазина может потребовать дополнительного обучения для правильного управления и адаптации полочных сегментов в соответствии с моделью, что требует времени и ресурсов.

Математическая модель выкладки товаров с использованием расширяемых и сужаемых полочных сегментов представляет собой инновационный подход к управлению ассортиментом, который имеет потенциал для значительного увеличения продаж и улучшения клиентского опыта. Однако для успешной реализации данной модели необходимо учитывать ее сложность, необходимость точного прогнозирования спроса и возможные риски, связанные с доступностью товаров и перегрузкой специальных сегментов.

Заключение

Грамотное использование полочного пространства включает в себя анализ покупательских маршрутов и предпочтений для максимизации доступности ключевых товаров. В данной работе приводится математическая модель организации выкладки товаров на полки в магазине. Характерной особенностью такой модели является наличие полочных сегментов без фиксированного размера, то есть сегменты на полках можно расширять и сужать в зависимости от наличия товарных категорий. Следующей особенностью модели является расстановка единиц товара на полке как фейсинг, нестинг и каппинг. Это позволяет сэкономить место при размещении большого количества товара на одной и той же торговой поверхности.

Дальнейшие исследования будут направлены на создание алгоритмов прогноза спроса на различные категории товаров, что необходимо для обеспечения работоспособности приведенной модели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Zhang W., Rajaram K. Managing limited retail space for basic products: space sharing vs. space dedication // European Journal of Operational Research. 2017. Vol. 263. P. 768–781.
2. Bianchi-Aguiar T., Silva E., Guimarães L., et al. Using analytics to enhance a food retailer's shelf-space management // Interfaces. 2016. Vol. 46, no. 5. P. 424–444.
3. Bianchi-Aguiar T., Silva E., Guimarães L., et al. Allocating products on shelves under merchandising rules: Multi-level product families with display directions // Omega. 2018. Vol. 76. P. 47–62.
4. Reyes P. M., Frazier G. V. Goal programming model for grocery shelf space allocation // European Journal of Operational Research. 2007. Vol. 181, no. 2. P. 634–644.
5. Czerniachowska K. A. Genetic algorithm for the retail shelf space allocation problem with virtual segments // OPSEARCH. 2022. Vol. 59, no. 1. P. 364–412.
6. Czerniachowska K., Lutosławski K., Kozina A., et al. Shelf space allocation problem with horizontal shelf division // Procedia Computer Science. 2021. Vol. 192. P. 1550–1559.
7. Czerniachowska K., Wichniarek R. Shelf space allocation models in retail enterprise // Zarządzanie Przedsiębiorstwem. Enterprise Management. 2020. Vol. 23, no. 2. P. 11–15.

Дата поступления: 05.06.2024

Решение о публикации: 13.06.2024

Mathematical Model of Product Display on the Shelf Space of a Retail Chain with the Presence of Expandable and Contractible Segments for Definite Types of Products

Ekaterina S. Chernyakhovskaya — PhD in Management and Quality, Lecturer at the Wrocław University of Economics and Business. E-mail: kateryna.czerniachowska@ue.wroc.pl

Wrocław University of Economics and Business

For citation: Chernyakhovskaya E. S. Mathematical model of product display on the shelf space of a retail chain with the presence of expandable and contractible segments for definite types of products // Intelligent technologies on transport. 2024. No. 2 (38). P. 20–29. (In Russian). DOI: 10.20295/2413-2527-2024-238-20-29

Abstract. *The goal of the study is to develop a mathematical model for displaying products on the existing shelf space of a store. Categories of products (local, everyday demand products) that should be located in certain segments of shelves are considered. A characteristic feature of the model is the possibility of expanding and narrowing these segments depending on the number of assortments or seasonal changes in demand for products. The goal of the retailer is to maximize profits from the sale of products while complying with restrictions on the placement of products on shelves. The discussion gives the advantages and disadvantages of the given product display model. The study is important for retail chains.*

Keywords: *mathematical modelling, optimization, shelf space allocation.*

REFERENCES

1. Zhang W., Rajaram K. Managing limited retail space for basic products: space sharing vs. space dedication // *European Journal of Operational Research*. 2017. Vol. 263. P. 768–781.
2. Bianchi-Aguiar T., Silva E., Guimarães L., et al. Using analytics to enhance a food retailer's shelf-space management // *Interfaces*. 2016. Vol. 46, no. 5. P. 424–444.
3. Bianchi-Aguiar T., Silva E., Guimarães L., et al. Allocating products on shelves under merchandising rules: Multi-level product families with display directions // *Omega*. 2018. Vol. 76. P. 47–62.
4. Reyes P. M., Frazier G. V. Goal programming model for grocery shelf space allocation // *European Journal of Operational Research*. 2007. Vol. 181, no. 2. P. 634–644.
5. Czerniachowska K. A. Genetic algorithm for the retail shelf space allocation problem with virtual segments // *OPSEARCH*. 2022. Vol. 59, no. 1. P. 364–412.
6. Czerniachowska K., Lutosławski K., Kozina A., et al. Shelf space allocation problem with horizontal shelf division // *Procedia Computer Science*. 2021. Vol. 192. P. 1550–1559.
7. Czerniachowska K., Wichniarek R. Shelf space allocation models in retail enterprise // *Zarządzanie Przedsiębiorstwem. Enterprise Management*. 2020. Vol. 23, no. 2. P. 11–15.

Received: 05.06.2024

Accepted: 13.06.2024