

УДК 656.073

Математическая модель выкладки товаров с вложенной категоризацией на полочном пространстве торговой сети

Черняховская Екатерина Сергеевна — канд. наук по менеджменту и качеству, преподаватель. Научные интересы: оптимизация, программирование, распределение полочного пространства.
E-mail: kateryna.czerniachowska@ue.wroc.pl

Вроцлавский университет экономики и бизнеса, Польша, 53-345, Вроцлав, ул. Командорская, 118-120

Для цитирования: Черняховская Е. С. Математическая модель выкладки товаров с вложенной категоризацией на полочном пространстве торговой сети // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2025. № 1 (41). С. 56–64. DOI: 10.20295/2413-2527-2025-141-56-64

Аннотация. *Представлено исследование математической модели максимизации прибыли от продаж при соблюдении ограничений на размещение товаров на полках с позиции ретейлера. Цель: создание математической модели, оптимизирующей размещение товаров на доступном полочном пространстве магазина. Предлагаемая модель учитывает категоризацию товаров по группам и подгруппам. В частности, товары группируются в вертикальные категории по типам, а также в горизонтальные подгруппы по вложенным ценовым категориям. Обсуждение: рассматриваются преимущества и недостатки предложенной модели выкладки товаров. Практическая значимость: предложенная модель помогает улучшить эффективность использования торгового пространства, повысить доступность ключевых товаров и, как следствие, увеличить общие объемы продаж. Это исследование имеет большое значение для розничной торговой сети.*

Ключевые слова: математическое моделирование, оптимизация, распределение полочного пространства

1.2.2 — математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)

Введение

Категорийный менеджмент представляет собой важную и конкурентную область в розничной торговле. Его стратегии позволяют оптимизировать ассортимент товаров, обеспечивая клиентам доступ к необходимым товарам в подходящее время. С точки зрения ретейлера, категорийный менеджмент управляет объемом ассортимента, стратегиями ценообразования и продвижения. Визуальный мерчандайзинг и взаимодействие с потребителями являются ключевыми аспектами розничной торговли, признанными как исследователями, так и практиками [1–3]. Кроме того, эффективное управление категориями товаров помогает улучшить взаимо-

действие с поставщиками, что способствует более точному прогнозированию спроса и улучшению товарооборота. Важно отметить, что успешное применение категорийного менеджмента требует тесного сотрудничества всех подразделений компании, включая маркетинг, логистику и закупки, для достижения оптимального результата.

Соответствующая стратегия визуального мерчандайзинга играет критическую роль в стимулировании незапланированных покупок. Этот аспект включает в себя не только эстетическое оформление магазина, но и тактику размещения товаров, создание привлекательных витрин и точек привле-

чения внимания [4]. Правильное использование цветовых решений, освещения и пространственного зонирования помогает направить внимание покупателя на ключевые товары, создавая тем самым атмосферу, способствующую импульсным покупкам. Важную роль также играет сезонность и соответствие актуальным трендам, что позволяет ретейлерам оставаться конкурентоспособными и поддерживать интерес к продукции на протяжении всего года.

Хорошо спланированный визуальный мерчандайзинг может подтолкнуть покупателя к совершению дополнительных покупок, привлечь его внимание к продуктам, которые он не собирался приобретать изначально, и создать положительное впечатление о магазине в целом. Это особенно важно в условиях жесткой конкуренции, когда каждая возможность увеличить средний чек клиента имеет значимость для ретейлера. Создание эффективного уровня заинтересованности магазином среди покупателей является важным аспектом успешного визуального мерчандайзинга [5, 6]. Визуальный мерчандайзинг также способствует созданию позитивного эмоционального опыта у покупателей. В конечном итоге грамотное сочетание эстетики и функциональности способствует не только увеличению продаж, но и формированию лояльности к бренду, что становится важным конкурентным преимуществом на рынке.

На предприятиях розничной торговли решения о распределении полочного пространства принимаются на двух уровнях: 1) определение общего объема полочного пространства, выделенного для каждой товарной категории; 2) распределение этого пространства между отдельными товарами внутри каждой категории [7].

Исследование покупательского поведения позволяет точно определить, где находятся ключевые точки привлечения внимания в магазине, что существенно повышает эффективность размещения товаров. Анализ данных о поведении покупателей позволяет оптимизировать локацию и дизайн витрин, превращая их в эффективные инструменты для привлечения внимания и стимулирования импульсивных покупок.

Постановка задачи

Описываемая задача ранее была опубликована в [8, 9]. В исследовании используются следующие переменные и параметры. Нижние индексы обозначают собственно индексы переменных, а верхние индексы обозначают описания переменных. Параметры и индексы следующие: K — количество категорий; G — количество подкатегорий; S — количество полок; P — количество товаров; k — индекс категории; g — индекс подкатегории; i — индекс полки; j — индекс товара. Параметры категории k : m_k — минимальный размер категории, процент от длины полки; t_k — максимальный допуск по размеру категории между полками. Параметры полки i : s_i^l — длина; s_i^d — глубина; s_i^h — высота; s_i^b — допустимая масса товаров. Параметры товара j : p_j^w — ширина; p_j^d — глубина; p_j^h — высота; p_j^b — масса; p_j^s — лимит поставки; p_j^n — прибыль; p_j^k — категория; p_j^g — подкатегория; p_j^v — коэффициент вложенности, $p_j^v < 1$, если $p_j^v = 0$, товар не может быть вложен друг в друга; p_j^c — кластер; f_j^{\min} , f_j^{\max} — минимальное и максимальное количество фейсингов; c_j^{\min} , c_j^{\max} — минимальное и максимальное количество каппингов на одну группу фейсингов; n_j^{\min} , n_j^{\max} — минимальное и максимальное количество нестингов в одном фейсинге; s_j^{\min} , s_j^{\max} — минимальное и максимальное количество полок для размещения товара; p_j^{o1} — бинарный параметр прямого положения; p_j^{o2} — бинарный параметр бокового положения.

$$p_j^{o1} = \begin{cases} 1, & \text{если прямое положение товара } j \text{ допустимо} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases},$$

$$p_j^{o2} = \begin{cases} 1, & \text{если боковое положение товара } j \text{ допустимо} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}.$$

Переменные задачи:

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

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

$$y_{ij}^{o1} = \begin{cases} 1, & \text{если товар } j \text{ поставлен} \\ & \text{на полку } i \text{ в прямом положении} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases};$$

$$y_{ij}^{02} = \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ если товар } j \text{ поставлен} \\ \text{на полку } i \text{ в боковом положении} \\ 0, \text{ в противном случае} \end{array} \right\}.$$

Проблему можно сформулировать следующим образом. Некоторое количество товаров P распределены по K категориям и G ценовым подкатегориям, которые затем размещаются на S полках на планеграмме. На каждой планеграмме определено минимальное пространство, занимаемое категорией, что делает ее визуально привлекательной для покупателей. Категории товаров вертикальные. Ценовые подкатегории горизонтальные, т. е. товары могут быть размещены на полках большей или равной заданной ценовой подкатегории, но не могут быть размещены на полке более низкой ценовой подкатегории. Данное правило можно объяснить следующим образом: более дорогие товары (в более высокой ценовой подкатегории) располагаются на более высоких полках (на уровне глаз); более дешевые товары могут располагаться как на нижних полках, так и на верхних. Однако более дорогие товары не могут располагаться на менее выгодных, менее заметных полках. Одна из ключевых задач — это оптимизация использования доступного пространства, чтобы каждый товар был представлен на наиболее выгодном месте, соответствующем его ценовой категории. Для этого можно использовать методы категорийного менеджмента, где важно учитывать как стратегическое распределение товаров, так и психологию покупателя. Необходимо определить количество места на полках для каждой категории товаров, определив количество единиц каждого товара, максимизируя прибыль ретейлеров. Следовательно, задача оптимизации размещения товаров на полках должна быть направлена на увеличение прибыли, при этом учитывая ограничения по пространству и ценовым категориям.

В табл. 1 описаны правила расположения товаров на полках в соответствии с описанным способом. Товары из категории А и подкатегории 1 могут быть размещены на полках категорий А, Б, В, а также в подкатегориях 1, 2 и 3. Однако товары из категории В и подкатегории 3 не могут быть раз-

мещены на полках, предназначенных для других категорий и подкатегорий, так как это самые дорогие товары. Товар Б2 можно разместить на полках Б2, Б3, В2 и В3.

На рис. 1 показаны категории товаров на полках с разными ценовыми подкатегориями. Граница вертикальных категорий может быть гибкой или фиксированной. Параметры границы категории устанавливаются коэффициентом m_k (процент от длины полки) и коэффициентом t_k (процент от длины полки). Этот коэффициент позволяет контролировать, чтобы каждая категория товаров занимала соответствующую ей долю пространства, обеспечивая гармоничное и визуально привлекательное распределение. Важно, чтобы товары были размещены таким образом, чтобы они были легкодоступны для покупателей и создавали ощущение целостности и порядка на полке, что способствует улучшению покупательского опыта и увеличению вероятности покупки.

Таблица 1

Правила распределения товаров по категориям и ценовым подкатегориям

Категория	Подкатегория	А			Б			В		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
А	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	2		•	•		•	•		•	•
	3			•			•			•
Б	1				•	•	•	•	•	•
	2					•	•		•	•
	3						•			•
В	1							•	•	•
	2								•	•
	3									•

	А		Б		В	
3	А2	А3	Б1	Б3	В2	В3
2	А2		Б1	Б2	В1	В2
1	А1		Б1		В1	

Рис. 1. Вертикальные категории и горизонтальные подкатегории товаров: гибкая граница между категориями А и Б; фиксированная граница между категориями Б и В

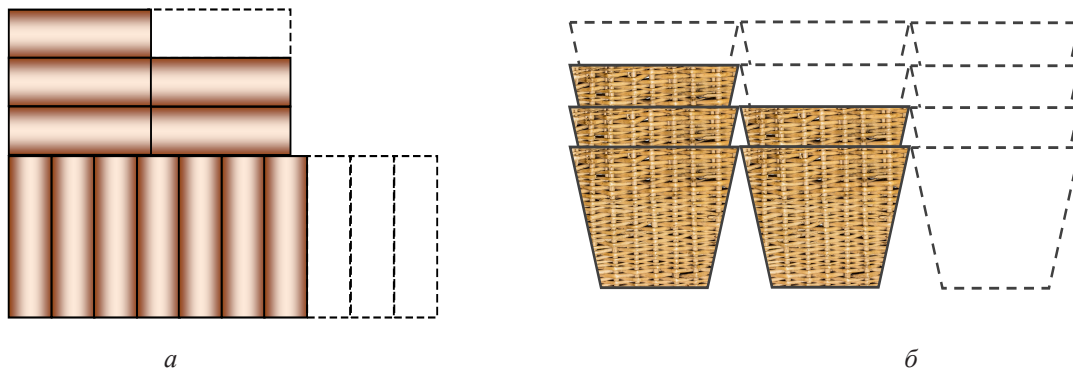


Рис. 2. Выкладка товаров: а — каппинг; б — нестинг

Товар может быть размещен на полке лицевой стороной (ширина p_j^w как линейный параметр ширины) или боковой стороной под углом 90 градусов (глубина p_j^d принимается за ширину товара). Товары с одинаковыми характеристиками, функциями или вкусами могут быть сгруппированы в кластеры для создания определенного эффекта замещения и должны быть размещены на одной полке. При отсутствии определенного товара клиент может легко выбрать аналогичный товар другого бренда.

В зависимости от упаковки товары могут быть поставлены один на другой либо вложены один в другой. Фейсинг — основная единица товара, его видимая часть. Каппинг — это положение товара боком вверх фейсинга того же товара (рис. 2, а). Нестинг — размещение товара внутри фейсинга (рис. 2, б). Коэффициент вложенности для товаров, которые допускают возможность быть вложенными, $p_j^n < 1$, в противном случае $p_j^n = 0$.

Для товаров в прямом положении количество фейсингов в одной группе каппингов равно $\lceil p_j^h / p_j^w \rceil \lceil p_j^h / p_j^d \rceil$. Пример можно объяснить следующим образом. Если на полке размещено слишком много коробок на верхнем ряду фейсингов, то это может привести к повреждению нижних коробок или падению верхних с полки. В случае с корзинами, если их слишком много внутри нижней, она может быть деформирована из-за нагрузки. Для тарелок опасность заключается в том, что они могут упасть и разбиться, если их размещение будет неустойчивым. Общее количество товара на полке определяется суммой фейсингов, каппингов и нестингов. В этом исследовании рассматривает-

ся только верхний ряд фейсингов с каппингами и нестингами, при этом вертикальное размещение фейсингов не рассматривается.

В задаче требуется определить количество фейсингов f_{ij} , каппингов c_{ij} и нестингов n_{ij} товара j , размещенного на полке i , с учетом 4 классов ограничений: ограничения на полку, ограничения на товар, ограничения на расположение на нескольких полках, ограничения на категорию, чтобы максимизировать общую прибыль ретейлера.

Нелинейная целочисленная модель может быть сформулирована так:

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

1. Ограничения на полку:

- длина полки: $\forall(i) \left[\sum_{j=1}^P f_{ij} (y_{ij}^{o1} p_j^w + y_{ij}^{o2} p_j^d) \leq s_i^l \right];$

- высота полки:

$$\forall(i, j) \left[x_{ij} p_j^h + \frac{c_{ij} x_{ij}}{\max\left(\frac{f_{ij} (y_{ij}^{o1} p_j^w + y_{ij}^{o2} p_j^d)}{p_j^h}, 1 \right)} \right] \times$$

$$\times \left(y_{ij}^{o1} p_j^w + y_{ij}^{o2} p_j^d \right) + \left[\frac{n_{ij} x_{ij}}{\max(f_{ij}, 1)} \right] p_j^h p_j^n \leq s_i^h;$$

- глубина полки: $\forall(i, j) [x_{ij} (y_{ij}^{o1} p_j^d + y_{ij}^{o2} p_j^w) \leq s_i^d];$

- масса товаров на полке:

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

2. Ограничения на товар:

- минимальное и максимальное количество полок:

$$\forall(j) \left[s_j^{\min} \leq \sum_{i=1}^S x_{ij} \leq s_j^{\max} \right];$$

- лимит поставки: $\forall(j) \left[\sum_{i=1}^S (f_{ij} + c_{ij} + n_{ij}) \leq p_j^s \right];$

- минимальное и максимальное количество

фейсингов: $\forall(j) \left[f_j^{\min} \leq \sum_{i=1}^S f_{ij} \leq f_j^{\max} \right];$

- минимальное и максимальное количество

каппингов:

$$\forall(i, j) \left[c_j^{\min} \leq c_{ij} \leq c_j^{\max} \left[\frac{f_{ij}(y_{ij}^{o1} p_j^w + y_{ij}^{o2} p_j^d)}{p_j^h} \right] \right];$$

- минимальное и максимальное количество не-

стингов: $\forall(i, j) [n_j^{\min} \leq n_{ij} \leq n_j^{\max} f_{ij}];$

- для товара допускается либо каппинг, либо нестинг, либо ни то ни другое: $\forall(i, j) [c_{ij} n_{ij} = 0].$

3. Ограничения на расположение товаров на нескольких полках:

- товар может быть расположен только в одном положении (прямое или боковое): $\forall(i, j) [y_{ij}^{o1} y_{ij}^{o2} = 0],$

$$\forall(i, j) [y_{ij}^{o1} + y_{ij}^{o2} = 1];$$

- товар должен быть расположен в одном и том же положении на всех полках:

$$\forall(j) \left[\max_{i=1, \dots, S} (y_{ij}^{o1}) \neq \max_{i=1, \dots, S} (y_{ij}^{o2}) \right];$$

- прямое положение допустимо: $\forall(i, j) [y_{ij}^{o1} \leq p_j^{o1}];$

- боковое положение допустимо: $\forall(i, j) [y_{ij}^{o2} \leq p_j^{o2}];$

- товар может быть расположен только на непосредственно прилегающей полке:

$$\forall(j) \forall(a, b: |a - b| \neq 1 \wedge a < b, a, b = 1, \dots, S) [x_{aj} x_{bj} = 0];$$

- товары из одного кластера находятся на одной полке:

$$\forall(i) \forall(a, b: p_a^l = p_b^l, a, b = 1, \dots, P) [x_{ia} = x_{ib}].$$

Ограничение одинакового положения товара на всех полках, а также размещения товара на непосредственно прилегающей полке необходимо для создания визуальных блоков товаров на полках.

4. Ограничения на категорию:

- минимальный размер категории:

$$\forall(i, k) \left[\sum_{\substack{j=1, \\ p_j^k=k}}^P f_{ij} (y_{ij}^{o1} p_j^w + y_{ij}^{o2} p_j^d) \geq [s_i^l m_k] \vee \sum_{\substack{j=1, \\ p_j^k=k}}^P f_{ij} = 0 \right];$$

- допуск категории при расположении товаров на разных полках:

$$\forall(k) \left[\max_{i=1, \dots, S} \left(\sum_{\substack{j=1, \\ p_j^k=k}}^P f_{ij} (y_{ij}^{o1} p_j^w + y_{ij}^{o2} p_j^d) \right) - \min_{i=1, \dots, S} \left(\sum_{\substack{j=1, \\ p_j^k=k}}^P f_{ij} (y_{ij}^{o1} p_j^w + y_{ij}^{o2} p_j^d) \right) \leq \left[\max_{i=1, \dots, S} (s_i^l) t_k \right] \right];$$

- правило расположения товаров определенных ценовых подкатегорий на полках:

$$\forall(i, j) [x_{ij} \leq \min(\max(s_i^g - p_j^g, 0), 1)].$$

Выражение $\left[\max_{i=1, \dots, S} (s_i^l) t_k \right] = \left[\max_{i=1, \dots, S} (s_i^l) t_k + 0,5 \right]$ означает округленное значение.

5. Ограничения отношений:

- соотношение единиц товара:

$$\forall(i, j) \left[x_{ij} s_i^l \left(\frac{y_{ij}^{o1}}{p_j^w} + \frac{y_{ij}^{o2}}{p_j^d} \right) \geq f_{ij} \right];$$

- соотношение единиц товара и положения:

$$\forall(i, j) [x_{ij} \leq f_{ij} (y_{ij}^{o1} + y_{ij}^{o2})];$$

- соотношение каппингов:

$$\forall(i, j) \left[c_{ij} \leq x_{ij} c_j^{\max} \left[\frac{f_{ij} (y_{ij}^{o1} p_j^w + y_{ij}^{o2} p_j^d)}{p_j^h} \right] \right];$$

- соотношение нестингов: $\forall(i, j) [n_{ij} \leq x_{ij} n_j^{\max} f_{ij}].$

6. Переменные решения:

- товар размещен на полке: $x_{ij} \in \{0, 1\};$

- количество фейсингов товара на полке: $f_{ij} = \{f_j^{\min} \dots f_j^{\max}\};$

- количество каппингов товара на полке:

$$c_{ij} = \left\{ c_j^{\min} \dots c_j^{\max} \left[\frac{f_{ij} (y_{ij}^{o1} p_j^w + y_{ij}^{o2} p_j^d)}{p_j^h} \right] \right\};$$

- количество нестингов товара на полке:

- прямое положение товара: $y_{ij}^{o1} \in \{0, 1\};$

- боковое положение товара: $y_{ij}^{o2} \in \{0, 1\}.$

Обсуждение

Организация полочного пространства магазинов играет ключевую роль в привлечении внимания покупателей и увеличении продаж. Эффективная расстановка товаров на полках способствует упрощению поиска нужных товаров и стимулирует импульсные покупки. Важно учитывать покупательские предпочтения и поведение при размещении товаров, чтобы оптимизировать их доступность и привлекательность. Современные методы, такие как аналитика данных и планограммы, помогают оптимизировать выкладку товаров и улучшить общих покупательский опыт.

Эффективная организация полочного пространства магазинов способствует улучшению управления запасами. Четкое распределение товаров по категориям и подкатегориям упрощает инвентаризацию и пополнение запасов. Это позволяет более точно прогнозировать потребности клиентов и минимизировать риск дефицита или излишков товаров.

Приведенный способ выкладки товаров с вертикальной категоризацией товаров по типам и вложенной горизонтальной категоризацией товаров по ценовым группам имеет следующие достоинства:

1. Удобство для покупателей. Покупатели могут быстрее находить нужные товары благодаря логичной иерархии, где категории и подкатегории товаров четко структурированы. Упрощение просмотра полок клиентами магазина способствует улучшению покупательского опыта, что может повысить лояльность клиентов. Удобное расположение товаров, близость соответствующих категорий товаров формирует положительный покупательский опыт.

2. Повышение продаж. Благодаря вертикальной категоризации товаров сопутствующие категории товаров можно разместить рядом, что стимулирует импульсные покупки. Например, паста рядом с соусами и специями.

3. Оптимизация полочного пространства. Более эффективное использование полочного пространства позволяет разместить больше товаров на доступной торговой поверхности полок, что потенциально увеличивает объем продаж.

4. Эффективность управления ассортиментом. При инвентаризации четкая структура категоризации товаров помогает персоналу быстрее находить и подсчитывать товары, что снижает вероятность ошибок. Кроме того, становится легче отслеживать и анализировать данные с продаж в различных категориях, что помогает в принятии обоснованных управленческих решений.

Среди недостатков приведенной в исследовании модели выкладки товаров на полки в магазине можно выделить следующие:

1. Трудоемкость. Создание и поддержание сложной вложенной структуры требует значительных временных и трудовых затрат.

2. Потребность в обучении персонала. Персоналу может потребоваться дополнительное обучение для правильного размещения товаров в соответствии с заданным принципом категоризации товаров.

3. Эстетический аспект при перегруженности полок. Полки, перегруженные товарами и информацией о категориях, могут выглядеть неопрятно и отпугивать покупателей.

4. Сложность в реорганизации. Перестановка товаров одной категории требует также перестановки товаров в сопутствующей категории, что в рамках существующей иерархии может потребовать значительных усилий и времени.

Использование вложенной категоризации товаров в выкладке на полочном пространстве торговой сети имеет свои плюсы и минусы. Успех такой системы зависит от баланса между удобством для покупателей, целей ретейлеров и сложностью ее реализации и поддержания. Преимущества вложенной категоризации включают улучшение организации товаров и упрощение поиска нужных позиций для покупателей, что способствует повышению удобства и удовлетворенности. Однако она также может создавать сложности в управлении пространством и потребовать значительных усилий для постоянного обновления и поддержания актуальности выкладки, особенно в условиях динамично меняющихся ассортиментов.

Заключение

Эффективное использование полочного пространства для оптимального размещения ключевых товаров включает анализ предпочтений не только покупателей, но и ретейлеров. Учитывая интересы обеих сторон, можно разработать стратегию выкладки, которая увеличит продажи и удовлетворит спрос. Важно также принять во внимание сезонные колебания спроса и адаптировать выкладку под текущие тренды. Совместное использование данных о покупательских предпочтениях и стратегий ретейлеров помогает максимизировать эффективность торговых площадей.

В данной работе представлена математическая модель организации выкладки товаров на полках магазина. Характерной особенностью такой модели является вертикальная категоризация товаров, а также вложенная категоризация товаров по ценовым подкатегориям, что характеризует правила расположения товаров на полках в зависимости от их ценовой категории, прибыли, уникальности, заинтересованности в них ретейлеров. Следовательно, товарам на полке подбираются более выгодные месторасположения. Модель позволяет определить наилучшие зоны для размещения наиболее

прибыльных товаров. Это повышает вероятность привлечения внимания покупателей и увеличивает продажи. Кроме того, модель учитывает динамические изменения в спросе и сезонных предпочтениях, что позволяет гибко адаптировать выкладку товаров в реальном времени. Важным аспектом является также оптимизация ассортимента с учетом предпочтений целевой аудитории, что способствует повышению конверсии и удовлетворенности покупателей. Следующей особенностью модели является расположение товаров на полке в виде фейсинга, нестинга (внутри фейсинга) и каппинга (поверх фейсинга). Это позволяет экономить пространство, размещая большее количество товаров на той же торговой площади. Использование такой модели помогает ретейлерам не только максимизировать прибыль, но и эффективно управлять товарными запасами, минимизируя избыточные остатки и улучшая товарооборот.

Дальнейшие исследования будут направлены на создание алгоритмов категоризации товаров и выкладки товаров на полки, что требует комплексного подхода, включающего методы машинного обучения, анализ больших данных и оптимизационные техники.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Kerfoot S., Davies B., Ward P. Visual Merchandising and the Creation of Discernible Retail Brands // *International Journal of Retail and Distribution Management*. 2003. Vol. 31, Iss. 3. Pp. 143–152. DOI: 10.1108/09590550310465521.
2. Ebster C., Garaus M. *Store Design and Visual Merchandising: Creating Store Space That Encourages Buying*. New York (NY): Business Expert Press, 2011. 150 p.
3. Cant M. C., Hefer M. Y. Visual Merchandising Displays: Wasted Effort or Strategic Move? The Dilemma Faced by Apparel Retail Stores // *Journal of Applied Business Research*. 2012. Vol. 28, No. 6. Pp. 1489–1496. DOI: 10.19030/jabr.v28i6.7356.
4. Does In-Store Marketing Work? Effects of the Number and Position of Shelf Facings on Brand Attention and Evaluation at the Point of Purchase / P. Chandon, J. W. Hutchinson, E. T. Bradlow, S. H. Young // *Journal of Marketing*. 2009. Vol. 73, No. 6. Pp. 1–17. DOI: 10.1509/jmkg.73.6.1.
5. Mattila A. S., Wirtz J. The Role of Store Environmental Stimulation and Social Factors on Impulse Purchasing // *Journal of Services Marketing*. 2008. Vol. 22, No. 7. Pp. 562–567. DOI: 10.1108/08876040810909686.
6. The Influence of Multiple Store Environment Cues on Perceived Merchandise Value and Patronage Intentions / J. Baker, A. Parasuraman, D. Grewal, G. B. Voss // *Journal of Marketing*. 2002. Vol. 66, Iss. 2. Pp. 120–141. DOI: 10.1509/jmkg.66.2.120.18470.
7. Using Analytics to Enhance a Food Retailer's Shelf-Space Management / T. Bianchi-Aguiar, E. Silva, L. Guimarães [et al.] // *Interfaces*. 2016. Vol. 46, No. 5. Pp. 424–444. DOI: 10.1287/inte.2016.0859.

8. Czerniachowska K., Hernes M. A Heuristic Approach to Shelf Space Allocation Decision Support Including Facings, Capping, and Nesting // *Symmetry*. 2021. Vol. 13, Iss. 2. Art. No. 314. 19 p. DOI: 10.3390/sym13020314.

9. Czerniachowska K., Michalak K., Hernes M. Heuristics for the Shelf Space Allocation Problem // *OPSEARCH*. 2023. Vol. 60, Iss. 2. Pp. 835–869. DOI: 10.1007/s12597-023-00636-1.

Дата поступления: 23.01.2025

Решение о публикации: 18.02.2025

Mathematical Model for Product Category Assortment and Shelf Space Allocation Within a Retail Trade System

**Ekaterina S.
Cherniakhovskaia**

— PhD in Management and Quality Sciences, Lecturer. Research interests: optimization, programming, shelf space allocation. E-mail: kateryna.czerniachowska@ue.wroc.pl

Wroclaw University of Economics and Business, 118-120, Komandorska str., Wroclaw, 53-345, Poland

For citation: Cherniakhovskaia E. S. Mathematical Model for Product Category Assortment and Shelf Space Allocation Within a Retail Trade System. *Intellectual Technologies on Transport*, 2025, No. 1 (41), pp. 56–64. DOI: 10.20295/2413-2527-2025-141-56-64. (In Russian)

Abstract. *The research presents a mathematical model for maximizing sales profits while maintaining shelf space restrictions from the retailer's point of view. **Purpose:** to create a mathematical model for optimized product placement on the store shelves available. The proposed model takes into account the product categorization into groups and subgroups. In particular, products are grouped into vertical categories by type, as well as into horizontal ones by nested price. **Discussion:** the article examines the advantages and disadvantages of the proposed product display model. **Practical significance:** the development of such a model will help to improve the efficiency of using retail space, increase the availability of key products and, as a result, increase overall sales volumes. This study would be of great importance for retail chains.*

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

REFERENCES

1. Kerfoot S., Davies B., Ward P. Visual Merchandising and the Creation of Discernible Retail Brands, *International Journal of Retail and Distribution Management*, 2003, Vol. 31, Iss. 3, Pp. 143–152. DOI: 10.1108/09590550310465521.

2. Ebster C., Garaus M. Store Design and Visual Merchandising: Creating Store Space That Encourages Buying. New York (NY), Business Expert Press, 2011, 150 p.

3. Cant M. C., Hefer M. Y. Visual Merchandising Displays: Wasted Effort or Strategic Move? The Dilemma Faced by Apparel Retail Stores, *Journal of Applied Business Research*, 2012, Vol. 28, No. 6, Pp. 1489–1496. DOI: 10.19030/jabr.v28i6.7356.

4. Chandon P., Hutchinson J. W., Bradlow E. T., Young S. H. Does In-Store Marketing Work? Effects of the Number and Position of Shelf Facings on Brand Attention and Evaluation at the Point of Purchase, *Journal of Marketing*, 2009, Vol. 73, No. 6, Pp. 1–17. DOI: 10.1509/jmkg.73.6.1.

5. Mattila A. S., Wirtz J. The Role of Store Environmental Stimulation and Social Factors on Impulse Purchasing, *Journal of Services Marketing*, 2008, Vol. 22, No. 7, Pp. 562–567. DOI: 10.1108/08876040810909686.

6. Baker J., Parasuraman A., Grewal D., Voss G. B. The Influence of Multiple Store Environment Cues on Perceived Merchandise Value and Patronage Intentions, *Journal of Marketing*, 2002, Vol. 66, Iss. 2, Pp. 120–141. DOI: 10.1509/jmkg.66.2.120.18470.

7. 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, Pp. 424–444. DOI: 10.1287/inte.2016.0859.

8. Czerniachowska K., Hernes M. A Heuristic Approach to Shelf Space Allocation Decision Support Including Facings, Capping, and Nesting, *Symmetry*, 2021, Vol. 13, Iss. 2, Art. No. 314, 19 p. DOI: 10.3390/sym13020314.

9. Czerniachowska K., Michalak K., Hernes M. Heuristics for the Shelf Space Allocation Problem, *OPSEARCH*, 2023, Vol. 60, Iss. 2, Pp. 835–869. DOI: 10.1007/s12597-023-00636-1.

Received: 23.01.2025

Accepted: 18.02.2025