

УДК 656.073

Особенности модели выкладки товаров с иерархической категоризацией на полочном пространстве магазинов и складов

Черняховская
Екатерина
Сергеевна

— кандидат наук, 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. Особенности модели выкладки товаров с иерархической категоризацией на полочном пространстве магазинов и складов // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2026. № 2 (46). С. 100–108. DOI: 10.20295/2413-2527-2026-246-100-108

Аннотация. Эффективная складская логистика является основополагающим фактором в поддержании ассортимента товаров на полках магазина и склада. Надежная система управления складом позволяет своевременно пополнять запасы и избежать дефицита популярных товаров. Кроме того, оптимизация складских процессов способствует снижению затрат и повышению общей эффективности розничной торговли. **Цель:** построение и анализ математической модели выкладки товаров с иерархической категоризацией товаров на складском стеллаже и на стеллаже розничного магазина. Максимизация прибыли со стеллажа представлена как целевая функция. **Результаты:** сформулированы следующие категории ограничений: ограничения на полку, ограничения на расположение на нескольких полках, ограничения на товар, ограничения на положение, ограничения на категории и подкатегории. Приводятся особенности, достоинства и недостатки иерархической категоризации товаров. Делается сравнение иерархической категоризации товаров на складах и в обычных магазинах. **Практическая значимость:** задача оптимального размещения товаров на полках имеет важное значение для складской логистики и для розничных продаж, так как помогает улучшить процесс комплектования, доставки заказов, а также видимость товаров на полках. Понимание этих аспектов позволяет складам и дистрибьюторам эффективно управлять запасами, повышать прибыль и снижать затраты, обеспечивая высокую скорость и точность выполнения заказов, увеличивать частоту покупок.

Ключевые слова: математическое моделирование, оптимизация, распределение полочного пространства, складская логистика, категоризация товаров

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

Введение

От того, как организована складская логистика, напрямую зависит, появятся ли нужные товары в магазинах вовремя. Если запасы пополняются своевременно, магазины не сталкиваются с нехваткой популярных товаров. В свою очередь, это повышает лояльность покупателей [1, 2]. Когда складские процессы автоматизируются и опира-

ются на аналитику, становится проще предсказывать спрос и сокращать расходы. Когда склады и магазины работают слаженно, товары приходят без задержек и быстрее доходят до полок. Следовательно, улучшаются доступность и разнообразие ассортимента. Все это влияет на рост продаж и привлечение клиентов.

Эффективность розничной торговли зависит от производительности цепочки поставок [3]. Внедрение современных технологий автоматизации в распределительных центрах позволяет ускорить сборку и обработку заказов. Сокращение времени доставки повышает уровень удовлетворенности клиентов и укрепляет их лояльность. Компании, активно внедряющие инновации в логистические процессы, становятся более конкурентоспособными на рынке.

Место на полках всегда ограничено, поэтому за ним приходится следить и использовать с максимальной отдачей. Основные цели розничного продавца: увеличение прибыли, снижение расходов, повышение удовлетворенности клиентов.

Различают две ключевые проблемы: выбор ассортимента и распределение полочного пространства. Первая заключается в определении того, какие товары должны быть представлены на ограниченном пространстве, вторая — в организации их фактического размещения на полках и определении оптимального количества единиц каждой позиции [4, 5].

Если грамотно управлять выкладкой, магазин сможет и заработать больше, и снизить свои расходы. Решения о размещении товаров должны опираться на анализ спроса и прибыльности каждой позиции. Хорошо продуманная выкладка делает востребованные товары заметнее и удобнее для покупателя, что улучшает его впечатление от магазина.

Хорошо известно, если соседние товары логично дополняют друг друга, покупатели чаще берут их вместе, что повышает продажи. Так, установлено, что вертикальное расположение товаров приблизительно в два раза эффективнее влияет на производительность магазина, чем горизонтальное [6]. В [7] изучалась связь расстояния между продуктами на полке и их продажами, а также влияние размера полочного пространства на продажи с учетом расположения товаров на полках. Для этой цели была создана методика, основанная на ассоциативных правилах. В соответствии с выводами, сделанными в [8], продажи больше всего зависят от того, на каком уровне на-

ходится товар, а вот размер самой полки влияет слабее — главное, чтобы запас не опускался ниже минимума.

Продажи растут, когда товары расставлены на полках с учетом того, как именно покупатели смотрят и выбирают продукты. Особенно важным является вертикальное размещение на уровне глаз покупателей, поскольку такое положение привлекает внимание к товару и стимулирует импульсные покупки.

Исследования показывают: когда выкладку подстраивают под реальные привычки покупателей, магазины лучше отвечают их ожиданиям. Размещение наиболее востребованных товаров на уровне глаз покупателей способствует более легкому их обнаружению и повышает вероятность покупки.

При этом сильнее всего на продажи влияет именно вертикальное размещение товара, а не то, где он стоит по горизонтали [6, 9–12]. В [9] определены четыре вертикальных уровня полок: уровень шляпы, уровень глаз, уровень руки и уровень колена. Товары на уровне глаз сразу притягивают взгляд покупателя, поэтому магазины продают их лучше [13]. В связи с этим, чтобы получить более высокую выручку, розничные торговцы должны размещать продукты на уровне глаз.

Итог простой: если учитывать, как покупатели осматривают полки, и располагать товары на удобных уровнях, магазин сможет увеличить продажи и улучшить впечатление от покупки. В итоге продуманная выкладка, особенно с учетом высоты полок, помогает увеличить продажи и средний чек.

Постановка задачи

Предлагаемая в статье модель отличается от существующих тем, что вводит иерархический способ распределения товаров на полках, при котором выделены главные категории, а подкатегории товаров можно расположить горизонтально, вертикально, квадратными или прямоугольными блоками на нескольких полках. Так, в [14] приводится одновременная категоризация товаров по вертикали и по горизонтали с присвоением нескольких меток каждому товару. В [15] приводится вложенная

категоризация товаров, в [16, 17] — категоризация товаров по нескольким горизонтальным уровням.

Параметры и индексы, используемые в модели:

- S — количество полок;
- P — количество товаров;
- K — количество категорий;
- G — количество иерархических подкатегорий;
- i, a, b — индекс полки, $i, a, b = 1, \dots, S$;
- j, q — индекс товара, $j, q = 1, \dots, P$;
- k — индекс категории, $k = 1, \dots, K$;
- g — индекс подкатегории, $g = 1, \dots, G$;
- r — индекс положения,

$$r = \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ горизонтально} \\ 2, \text{ вертикально} \\ 3, \text{ лицом вверх или вниз} \end{array} \right\}.$$

Параметры полки i :

- s_i^l — длина;
- s_i^h — высота;
- s_i^d — глубина.

Параметры товара j :

- p_j^w — ширина;
- p_j^h — высота;
- p_j^d — глубина;
- p_j^u — прибыль;
- p_j^k — категория;
- p_j^g — подкатегория;
- p_j^s — лимит поставки;
- f_j^{\min} — минимальное количество единиц товара;

вара;

- f_j^{\max} — максимальное количество единиц товара;

вара;

- s_j^{\min} — минимальное количество полок, на которых можно разместить товар;

которых можно разместить товар;

- s_j^{\max} — максимальное количество полок, на которых можно разместить товар;
- p_{jr}^w — параметр ширины в зависимости от положения,

$$p_{jr}^w = \left\{ \begin{array}{l} p_j^w, \text{ если } r = 1, \text{ ширина при} \\ \text{горизонтальном положении} \\ p_j^d, \text{ если } r = 2, \text{ глубина при вертикальном} \\ \text{положении} \\ p_j^h, \text{ если } r = 3, \text{ высота при положении} \\ \text{лицом вверх или вниз} \end{array} \right\},$$

- p_{jr}^o — бинарный параметр положения,

$$p_{jr}^o = \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ если определенное положение допустимо} \\ 0, \text{ в противном случае} \end{array} \right\}.$$

Параметры категории k и подкатегории g :

- c_k^m — минимальная ширина категории в процентах;
- c_k^t — допуск ширины категории на разных полках в процентах;
- c_g^t — допуск ширины подкатегории на разных полках в процентах.

Переменные задачи:

$$x_{ijr} = \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ если товар } j \text{ положен на полку } i \\ \text{в положении } r \\ 0, \text{ в противном случае} \end{array} \right\} —$$

бинарная переменная расположения товара на полке;

- f_{ijr} — количество единиц товара j на полке i в положении r .

В данном исследовании задача оптимизации полочного пространства на стеллаже с иерархической категоризацией товаров представлена таким образом, что стеллаж визуально разделен на вертикальные категории, что облегчает поиск товаров на стеллаже. В пределах каждой категории стеллаж разделен на вертикальные, горизонтальные или блочные подкатегории. Такое расположение помогает осуществлять поиск товаров в пределах главной категории.

На рисунке представлен пример расположения товаров с иерархической категоризацией на стеллаже с двумя вертикальными категориями. В категории А иерархические подкатегории товаров располагаются вертикально. Товары одной подкатегории располагаются на всех полках, однако граница между подкатегориями заметна. Гибкость границы между подкатегориями контролируется параметром c_g^t , а гибкость границ между категориями, ввиду чего категории также становятся визуально отделяемыми друг от друга на стеллаже, контролируется параметром c_k^t . В категории Б товары могут располагаться горизонтальными и вертикальными рядами, а также прямоугольными блоками на нескольких полках. Товары подкатегории Б1.1 и Б3.2 располагаются квадратными блоками на двух полках. Товары подкатегории Б2.1 поставлены обособленно на полке. Товары подкатегории

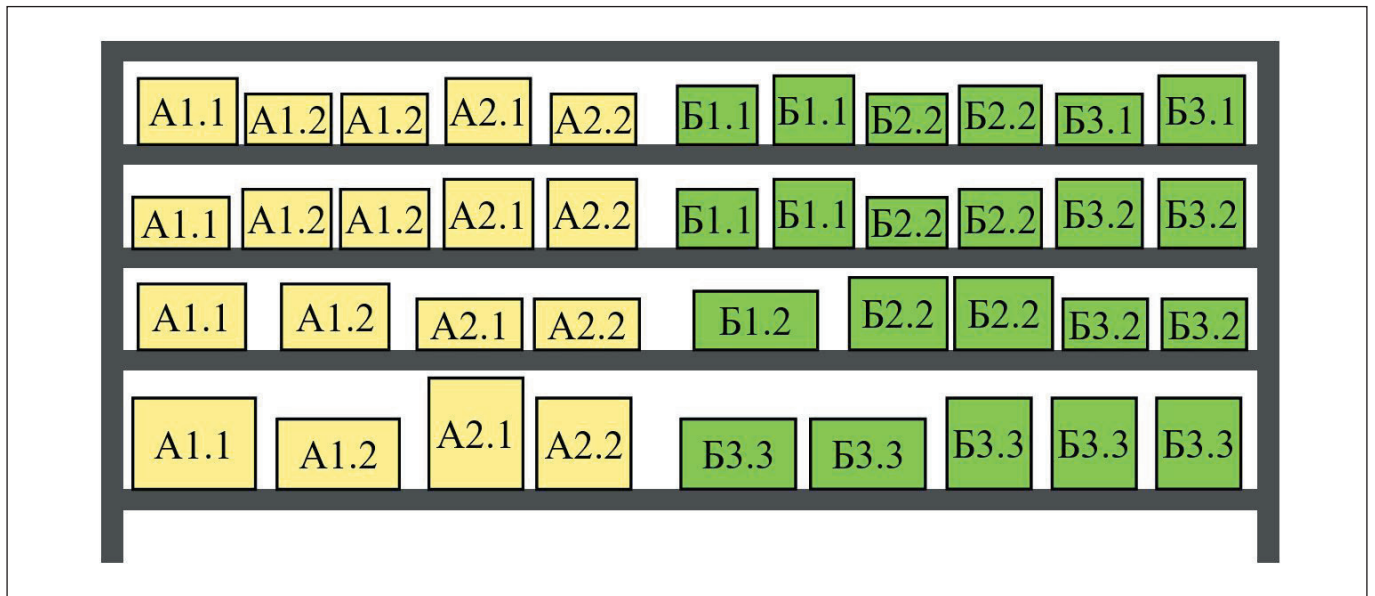


Рисунок. Стеллаж с иерархической категоризацией товаров

Б2.2 располагаются вертикальными блоками на трех полках. Товары подкатегории Б3.1 и Б3.3 располагаются горизонтальными блоками на одной полке. Отсутствует подкатегория Б2.1, зато в категории Б3 имеется целых три уровня, а не два, как в остальных, то есть количество подкатегорий в каждой категории может варьироваться.

Для решения поставленной задачи дистрибьютор должен определить полки для размещения товара, количество каждого товара на полке, а также положение товара на полке, учитывая разного рода ограничения: ограничения на полку, ограничения на расположение на нескольких полках, ограничения на товар, ограничения на положение, ограничения на категории и подкатегории. Целью размещения товаров на стеллаже является максимизация общей прибыли от использования стеллажного пространства.

В данной задаче используются следующие переменные:

- x_{ijr} — товар j размещен на полке i в положении r ;
- f_{ijr} — количество единиц товара j на полке i в положении r .

Проблему можно сформулировать как

$$\max \sum_{j=1}^P \sum_{i=1}^S \sum_{r=1}^R p_j^u f_{ijr}$$

при следующих ограничениях:

1. Ограничения по полке:
 - длина полки — $\forall(i) [\sum_{j=1}^P \sum_{r=1}^R p_{jr}^w f_{ijr} \leq s_i^w]$;
 - глубина полки в зависимости от положения товара — $\forall(i, j, p_{jr}^d > s_i^d) [f_{ijr} = 0]$;
 - высота полки в зависимости от положения товара — $\forall(i, j, p_{jr}^h > s_i^h) [f_{ijr} = 0]$.
2. Ограничения на расположение товара на нескольких полках:
 - минимальное и максимальное количество полок — $\forall(j) [s_j^{\min} \leq \sum_{i=1}^S \sum_{r=1}^R x_{ijr} \leq s_j^{\max}]$;
 - одинаковое количество единиц одного и того же товара на каждой полке ($\lceil \cdot \rceil$ — округленное значение до ближайшего целого вверх) —

$$\forall(i, j) \left[\sum_{r=1}^R x_{ijr} \leq \left\lceil \frac{\sum_{a=1}^S \sum_{r=1}^R f_{ajr}}{\sum_{a=1}^S \sum_{r=1}^R x_{ajr}} \right\rceil \right];$$

- при расположении подкатегории товара на нескольких полках ее можно поставить только на подряд идущей полке —

$$\forall(g) \forall(j, q : p_j^g = p_q^g, j, q = 1, \dots, P)$$

$$\forall(a, b : |a - b| \neq 1 \wedge a < b, a, b = 1, \dots, S)$$

$$\left[\sum_{r=1}^R x_{ajr} + \sum_{r=1}^R x_{bqr} \leq 1 \right].$$

3. Ограничения на товар:

- минимальное и максимальное количество единиц товара — $\forall(i, j)[x_{ijr} \leq \sum_{r=1}^R f_{ijr} \leq f_j^{\max}]$;
- лимит поставки, если один и тот же товар размещен на нескольких полках, — $\forall(j)[\sum_{i=1}^S \sum_{r=1}^R f_{ijr} \leq p_j^s]$;
- товар поставлен на полку — $\forall(i, j, r)[f_{ijr} \leq x_{ijr} f_j^{\max}]$.

4. Ограничения на положение товара:

- определенное положение товара допустимо — $\forall(i, j, r)[x_{ijr} \leq p_{jr}^o]$;
- допустимо только одно положение для конкретного товара — $\forall(i, j)[\sum_{r=1}^R x_{ijr} \leq 1]$.

5. Ограничения на категории и подкатегории:

- минимальная ширина категории, если категория должна быть на стеллаже, —
- $\forall(i, k)[(\sum_{j=1}^P \sum_{r=1}^R p_{jr}^w f_{ijr} \geq [s_i \cdot c_k^m]) \vee (\sum_{j=1}^P \sum_{r=1}^R f_{ijr} = 0)]$;
- допуск по ширине категории на разных полках —

$$\forall(k, s)[(\sum_{j=1}^P \sum_{r=1}^R p_{jr}^w f_{ijr} \geq \frac{\sum_{a=1}^S \sum_{j=1}^P \sum_{r=1}^R p_{jr}^w f_{ijr}}{\sum_{a=1}^S \min(\sum_{j=1}^P \sum_{r=1}^R x_{ijr}, 1)} \cdot (1 - c_k^l) \wedge \wedge \sum_{j=1}^P \sum_{r=1}^R p_{jr}^w f_{ijr} \leq \frac{\sum_{a=1}^S \sum_{j=1}^P \sum_{r=1}^R p_{jr}^w f_{ijr}}{\sum_{a=1}^S \min(\sum_{j=1}^P \sum_{r=1}^R x_{ijr}, 1)} \times \times (1 + c_k^l) \vee (\sum_{j=1}^P \sum_{r=1}^R f_{ijr} = 0)];$$

- допуск по ширине подкатегории на разных полках ($[]$ — округленное значение) —

$$\forall(g, s)[(\sum_{j=1}^P \sum_{r=1}^R p_{jr}^w f_{ijr} \geq$$

$$\geq \frac{\sum_{a=1}^S \sum_{j=1}^P \sum_{r=1}^R p_{jr}^w f_{ijr}}{\sum_{a=1}^S \min(\sum_{j=1}^P \sum_{r=1}^R x_{ijr}, 1)} \cdot (1 - c_g^l) \wedge$$

$$\wedge \sum_{j=1}^P \sum_{r=1}^R p_{jr}^w f_{ijr} \leq \frac{\sum_{a=1}^S \sum_{j=1}^P \sum_{r=1}^R p_{jr}^w f_{ijr}}{\sum_{a=1}^S \min(\sum_{j=1}^P \sum_{r=1}^R x_{ijr}, 1)} \times$$

$$\times (1 + c_g^l) \vee (\sum_{j=1}^P \sum_{r=1}^R f_{ijr} = 0)].$$

6. Ограничение отношений:

- соотношение единиц товара и длины полки — $\forall(i, j, r)[\frac{s_i^l x_{ijr}}{p_{jr}^w} \geq f_{ijr}]$.

7. Переменные решения:

- товар размещен на полке — $\forall(i, j, r)[x_{ijr} \in \{0, 1\}]$;
- количество единиц товара на полке — $\forall(i, j, r)[f_{ijr} = \{f_j^{\min} \dots f_j^{\max}\}]$.

Дискуссия

Практика организации товаров по иерархическим категориям применима как в магазинах, так и на складах. Обычно речь идет о разделении ассортимента на крупные группы, подгруппы и, при необходимости, более мелкие подгруппы. Такой подход облегчает поиск нужных товаров, позволяет лучше контролировать запасы и рационально использовать полочное пространство.

Однако важно понимать: эффективность системы сильно зависит не только от самой структуры, но и от того, насколько сотрудники соблюдают правила ее использования. Иногда даже продуманная схема теряет смысл без регулярного контроля и корректировки под изменения ассортимента.

Основные достоинства:

1. Упрощенная навигация. Для покупателей магазинов наличие категорий облегчает ориен-

тирование, особенно если речь идет о большом ассортименте. В этом случае покупатель быстрее находит нужный товар. На складе такая система помогает сотрудникам быстрее ориентироваться в ячейках и уменьшает количество ошибок при сборке заказов.

2. Рациональное использование пространства. Разделение товаров по группам позволяет компактнее размещать их на полках, избегая пустующих мест или чрезмерного нагромождения. На складах логично распределенные ячейки повышают вместимость стеллажей и упрощают работу с крупными партиями продукции.

3. Контроль запасов. Структурированная выкладка облегчает отслеживание остатков и сроков годности. Особенно это заметно в магазинах, где важно предотвратить дефицит или переполнение полок. На складах такая система снижает количество ошибок при инвентаризации и делает учет более точным.

4. Стимулирование продаж. Размещение взаимосвязанных товаров рядом часто приводит к незапланированным покупкам. Например, покупатели охотнее берут вместе сопутствующие продукты, если они расположены поблизости. А это очень важно для повышения оборота.

5. Снижение времени на сборку заказов. На складе товары, которые часто входят в одни и те же заказы, располагаются рядом. Это заметно ускоряет процесс комплектования и повышает производительность сборщиков.

6. Обучение персонала. Новым сотрудникам проще освоиться в логичной системе, а в периоды пиковой нагрузки можно быстрее привлечь работников из других отделов без снижения эффективности или длительного обучения.

Основные недостатки:

1. Ограниченная гибкость. Любые изменения ассортимента или перераспределение позиций требуют пересмотра всей структуры. Иногда это затрудняет оперативное реагирование на новые потребности или неожиданный спрос.

2. Сложности при расширении ассортимента. С увеличением числа товаров поддержание иерархии становится более трудоемким. Введение

новых позиций может нарушить устоявшуюся логику, что усложняет навигацию.

3. Начальные затраты. Создание и внедрение структуры требует времени и ресурсов: проектирование, обучение персонала, перестройка пространства. Тем не менее при правильной реализации вложения окупаются за счет сокращения ошибок и повышения эффективности.

4. Риск мертвых зон. Некоторые товары могут оказаться в местах с низкой проходимостью, что сказывается на продажах. На складе труднодоступные позиции замедляют сборку и создают дополнительную нагрузку для сотрудников.

5. Сезонные товары и акции. Временное размещение сезонной продукции или акционных товаров может нарушить постоянную структуру. Это требует дополнительного планирования и временного перераспределения зон хранения или торгового пространства.

Методы организации ассортимента

Подходы к классификации зависят от задач, объема ассортимента и особенностей работы персонала и покупателей:

1. Общие методы: деление на крупные группы (например, продукты питания, электроника, косметика), иерархия с подгруппами, сортировка по размеру и весу, размещение по принципу FIFO для скоропортящихся товаров.

2. Складские методы: алфавитная сортировка, сортировка по артикулу, по частоте использования — востребованные товары располагаются ближе к зоне отгрузки.

3. Магазинные методы: бренды, целевая аудитория, ценовые категории, назначение, сезонность, алфавит (например, для книжных магазинов).

Выбор подхода зависит от специфики ассортимента и логистики. Часто приходится искать баланс между удобством для покупателей и эффективностью использования пространства.

Заключение

В настоящем исследовании представлена математическая модель выкладки товаров на стеллаже с применением иерархической категоризации товаров.

Данная модель позволяет организовать товары на полках таким образом, что формируются главные вертикальные категории, а в их пределах подкатегории товаров можно расположить горизонтально, вертикально, квадратными или прямоугольными блоками на нескольких полках. Иерархические подкатегории, как и категории, визуальны заметны на полках стеллажа.

Иерархическая категоризация позволяет формировать вертикальные категории и подкатегории, которые могут располагаться горизонтально, вертикально или блоками. На складах это ускоряет сборку и повышает точность учета, а в магазинах помогает рационально использовать пространство, улучшать визуальное восприятие ассортимента и стимулировать сопутствующие покупки.

При этом система требует регулярного контроля и адаптации под изменения ассортимента. С правильной поддержкой она остается одним из основных инструментов управления запасами

и организации выкладки, повышая удобство для покупателей и эффективность работы персонала.

Описываемая в исследовании модель может применяться как на складских стеллажах, так и на торговом оборудовании в магазинах. В дискуссии делается акцент на достоинствах и недостатках иерархической категоризации товаров, приводится сравнение иерархической категоризации товаров на складах и в обычных магазинах.

Предложенный подход способствует оптимизации управления запасами и организации процесса комплектования заказов на складах и в дистрибутивных центрах. В свою очередь, в магазинах он позволяет эффективно использовать принципы мерчандайзинга при оптимизации полочного пространства. Представленная модель также помогает улучшить видимость и доступность товаров для клиентов, повысить уровень их удовлетворенности при совершении покупок в магазине.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Yu M., de Koster R. B. M. The Impact of Order Batching and Picking Area Zoning on Order Picking System Performance // *European Journal of Operational Research*. 2009. Vol. 198, iss. 2. Pp. 480–490. DOI: 10.1016/j.ejor.2008.09.011
2. *Facilities Planning*. Fourth Edition / J. A. Tompkins [et al.]. Hoboken (NJ): Wiley, 2010. 864 p.
3. Bhattacharjya J., Ellison A., Tripathi S. An Exploration of Logistics-Related Customer Service Provision on Twitter: The Case of e-Retailers // *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*. 2016. Vol. 46, iss. 6–7. Pp. 659–680. DOI: 10.1108/IJPDLM-01-2015-0007
4. Hansen P., Heinsbroek H. Product Selection and Space Allocation in Supermarkets // *European Journal of Operational Research*. 1979. Vol. 3, iss. 6. Pp. 474–484. DOI: 10.1016/0377-2217(79)90030-4
5. Landa-Silva D., Marikar F., Le K. Heuristic Approach for Automated Shelf Space Allocation // SAC09: Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing (Honolulu, HI, USA, 08–12 March 2009). New York: Association for Computing Machinery, 2009. Pp. 922–928. DOI: 10.1145/1529282.1529482
6. Hansen J. M., Raut S., Swami S. Retail Shelf Allocation: A Comparative Analysis of Heuristic and Meta-Heuristic Approaches // *Journal of Retailing*. 2010. Vol. 86, iss. 1. Pp. 94–105. DOI: 10.1016/j.jretai.2010.01.004
7. Chen Y.-L., Chen J.-M., Tung C.-W. A Data Mining Approach for Retail Knowledge Discovery with Consideration of the Effect of Shelf-Space Adjacency on Sales // *Decision Support Systems*. 2006. Vol. 42, iss. 3. Pp. 1503–1520. DOI: 10.1016/j.dss.2005.12.004
8. Drèze X., Hoch S. J. Purk, M. E. Shelf Management and Space Elasticity // *Journal of Retailing*. 1994. Vol. 70, iss. 4. Pp. 301–326. DOI: 10.1016/0022-4359(94)90002-7
9. Ebster C., Garaus M. *Store Design and Visual Merchandising: Creating Store Space That Encourages Buying*. New York: Business Expert Press, 2011. 150 p.
10. Elbers T. The Effects of In-Store Layout and Shelf Designs on Consumer Behavior. 2016. 22 p. URL: <http://edepot.wur.nl/369091> (дата обращения: 16.03.2025).
11. Valenzuela A., Raghubir P., Mitakakis C. Shelf Space Schemas: Myth or Reality? // *Journal of Business Research*. 2013. Vol. 66, iss. 7. Pp. 881–888. DOI: 10.1016/j.jbusres.2011.12.006

12. Wongkitrungrueng A., Valenzuela A., Sen S. The Cake Looks Yummy on the Shelf up There: The Interactive Effect of Retail Shelf Position and Consumers' Personal Sense of Power on Indulgent Choice // *Journal of Retailing*. 2018. Vol. 94, iss. 3. Pp. 280–295. DOI: 10.1016/j.jretai.2018.07.001
13. Wright B. L. More Sales, Less Effort — Part 1: The Elements of Visual Merchandising // *20/20 Magazine*. 2013. Vol. 40, iss. 13. Pp. 105–108.
14. Czerniachowska K., Lutosławski K., Fojcik M. Heuristics for Shelf Space Allocation Problem with Vertical and Horizontal Product Categorization // *Procedia Computer Science*. 2022. Vol. 207. Pp. 195–204. DOI: 10.1016/j.procs.2022.09.052
15. 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
16. Czerniachowska K., Hernes M. Simulated Annealing Hyper-Heuristic for a Shelf Space Allocation on Symmetrical Planograms Problem // *Symmetry*. 2021. Vol. 13, iss. 7. Art. no. 1182. 25 p. DOI: 10.3390/sym13071182
17. Czerniachowska K. A Genetic Algorithm for the Retail Shelf Space Allocation Problem with Virtual Segments // *OPSEARCH*. 2022. Vol. 59, iss. 1. Pp. 364–412. DOI: 10.1007/s12597-021-00551-3

Дата поступления: 30.03.2026

Решение о публикации: 25.05.2026

Hierarchical Shelf Space Allocation Model Characteristics in Stores and Warehouses

Ekaterina S. Cherniakhovskaia — PhD, 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. Hierarchical Shelf Space Allocation Model Characteristics in Stores and Warehouses, *Intellectual Technologies in Transport*, 2026, no. 2 (46), pp. 100–108. DOI: 10.20295/2413-2527-2026-246-100-108. (In Russian)

Abstract. *Efficient warehouse logistics is fundamental to maintaining a well-stocked product range on store shelves and in warehouses. A reliable warehouse management system enables timely replenishment and avoids stockouts of popular products. Furthermore, optimization of warehouse processes helps reduce costs and improve overall retail efficiency. Purpose: to present and analyze a mathematical model for product display with hierarchical categorization on warehouse shelves and retail store shelves. Maximizing shelf profit is the objective function. Results: the following constraint categories are formulated: shelf constraints, multi-shelf placement constraints, product constraints, position constraints, and category and subcategory constraints. The characteristics, advantages and disadvantages of hierarchical categorization of products are considered. A comparison is made between hierarchical product categorization in warehouses and traditional stores. Practical significance: optimal shelf placement is crucial for warehouse logistics and retail sales, as it helps improve order picking, delivery, and shelf visibility. Understanding these aspects allows warehouses and distributors to effectively manage inventory, increase profits, and reduce costs, ensuring high speed and accuracy of order fulfillment and increasing purchase frequency.*

Keywords: *mathematical modelling, optimization, shelf space allocation, warehouse logistics, product categorization*

REFERENCES

1. Yu M., de Koster R. B. M. The Impact of Order Batching and Picking Area Zoning on Order Picking System Performance, *European Journal of Operational Research*, 2009, vol. 198, iss. 2, pp. 480–490. DOI: 10.1016/j.ejor.2008.09.011
2. Tompkins J. A., et al. Facilities Planning. Fourth Edition. Hoboken (NJ), Wiley, 2010, 864 p.
3. Bhattacharjya J., Ellison A., Tripathi S. An Exploration of Logistics-Related Customer Service Provision on Twitter: The Case of e-Retailers, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 2016, vol. 46, iss. 6–7, pp. 659–680. DOI: 10.1108/IJPDLM-01-2015-0007
4. Hansen P., Heinsbroek H. Product Selection and Space Allocation in Supermarkets, *European Journal of Operational Research*, 1979, vol. 3, iss. 6, pp. 474–484. DOI: 10.1016/0377-2217(79)90030-4
5. Landa-Silva D., Marikar F., Le K. Heuristic Approach for Automated Shelf Space Allocation, *SAC09: Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing*, Honolulu, HI, USA, March 08–12, 2009. New York, Association for Computing Machinery, 2009, pp. 922–928. DOI: 10.1145/1529282.1529482
6. Hansen J. M., Raut S., Swami S. Retail Shelf Allocation: A Comparative Analysis of Heuristic and Meta-Heuristic Approaches, *Journal of Retailing*, 2010, vol. 86, iss. 1, pp. 94–105. DOI: 10.1016/j.jretai.2010.01.004
7. Chen Y.-L., Chen J.-M., Tung C.-W. A Data Mining Approach for Retail Knowledge Discovery with Consideration of the Effect of Shelf-Space Adjacency on Sales, *Decision Support Systems*, 2006, vol. 42, iss. 3, pp. 1503–1520. DOI: 10.1016/j.dss.2005.12.004
8. Drèze X., Hoch S. J. Purk, M. E. Shelf Management and Space Elasticity, *Journal of Retailing*, 1994, vol. 70, iss. 4, pp. 301–326. DOI: 10.1016/0022-4359(94)90002-7
9. Ebster C., Garaus M. Store Design and Visual Merchandising: Creating Store Space That Encourages Buying. New York, Business Expert Press, 2011, 150 p.
10. Elbers T. The Effects of In-Store Layout and Shelf Designs on Consumer Behavior. 2016, 22 p. Available at: <http://edepot.wur.nl/369091> (accessed: March 16, 2025).
11. Valenzuela A., Raghubir P., Mitakakis C. Shelf Space Schemas: Myth or Reality?, *Journal of Business Research*, 2013, vol. 66, iss. 7, pp. 881–888. DOI: 10.1016/j.jbusres.2011.12.006
12. Wongkitrungrueng A., Valenzuela A., Sen S. The Cake Looks Yummy on the Shelf up There: The Interactive Effect of Retail Shelf Position and Consumers' Personal Sense of Power on Indulgent Choice, *Journal of Retailing*, 2018, vol. 94, iss. 3, pp. 280–295. DOI: 10.1016/j.jretai.2018.07.001
13. Wright B. L. More Sales, Less Effort — Part 1: The Elements of Visual Merchandising, *20/20 Magazine*, 2013, vol. 40, iss. 13, pp. 105–108.
14. Czerniachowska, K., Lutosławski K., Fojcik M. Heuristics for Shelf Space Allocation Problem with Vertical and Horizontal Product Categorization, *Procedia Computer Science*, 2022, vol. 207, pp. 195–204. DOI: 10.1016/j.procs.2022.09.052
15. 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
16. Czerniachowska K., Hernes M. Simulated Annealing Hyper-Heuristic for a Shelf Space Allocation on Symmetrical Planograms Problem, *Symmetry*, 2021, vol. 13, iss. 7, art. no. 1182, 25 p. DOI: 10.3390/sym13071182
17. Czerniachowska K. A Genetic Algorithm for the Retail Shelf Space Allocation Problem with Virtual Segments, *OPSEARCH*, 2022, vol. 59, iss. 1, pp. 364–412. DOI: 10.1007/s12597-021-00551-3

Received: March 30, 2026

Accepted: May 25, 2026