

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної роботи бакалавра

на тему «Оптимізаційна модель процесу виконання заказів для роботи
фулфілмент-операторів»

Виконав:

студент 3 курсу, групи ТТ-19ск _____ Р.Т. Швайковник
(шифр групи) (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент _____ В.О.Сістук
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри:

д.т.н., професор _____ Ю.А. Монастирський
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (прізвище та ініціали)

Кривий Ріг – 2022 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Галузь знань: 27 – «Транспорт»

Спеціальність: 275 – «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
автомобільного транспорту

_____/_____
_____”_____ 2022 р _____./

ЗАВДАННЯ

НА ВИПУСКНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Швайковнику Роману Тарасовичу

1. Тема Оптимізаційна модель процесу виконання заказів для роботи фулфілмент-операторів

керівник проекту Сістук В.О., к.т.н., доцент

затверджені наказом університету від 27.04.2022 року №280с

2. Строк подання студентом роботи для перевірки на плагіат 16.06.2022

3. Вихідні дані до роботи: Загальні відомості про українських фулфілмент-операторів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Теоретичні засади фулфілменту 2. Оптимізаційна модель процесу виконання заказів 3. Моделювання економічної складової фулфілменту 4. Охорона праці при виконанні замовлень.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)

Графіки та діаграми по результатам досліджень у вигляді презентації в програмі Microsoft Office Power Point, на компакт диску з шістьма екземплярами роздруковки презентації для членів ДЕКу.

6. Дата видачі завдання 27.04.2022.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1	Теоретичні засади фулфілменту	27.04-5.05	
2	Оптимізаційна модель процесу виконання заказів	5.05 – 12.05	
3	Моделювання економічної складової фулфілменту	12.05-15.05	
4	Охорона праці при виконанні замовлень	15.05-16.05	
5	Оформлення пояснювальної записки та презентації	16.05-26.05	

Студент

(підпис)

Р.Т. Швайковник

Керівник роботи

(підпис)

В.О. Сістук

РЕФЕРАТ

У роботі представлена оптимізаційна модель процесу виконання заказів, яка відрізняється можливостями планування виробництва та постачання фулфілмент-операторів з мінімізацією затримки, викликаной накопиченням замовлень.

1. Розглянуті теоретичні засади фулфілменту: основні поняття, проблеми, які виникають при неефективних процесах виконання замовлень, основні моделі виконання заказів.

2. Розроблена та описана модель, яка дозволяє визначити оптимальний час початку виробництва та розподілу товарів для індивідуальних клієнтів. Проаналізовано та наведено приклади математичної моделі для мінімізації максимальної затримки у виконанні замовлень клієнта, мінімізації загальної затримки та мінімізації витрат на логістику через ці затримки.

3. Розроблена економіко-математична модель фулфілменту із визначенням взаємодії попиту на продажі відповідно до розташування фулфілмент-операторів. Математичний апарат моделі складається із:

- математичного опису мережі розподілу,
- функції витрат споживачів,
- рівняння витрат в області i в режимі k по відношенню до офлайн-продажів,
- формули сукупного доходу для фулфілмент-операторів,
- логіт-моделі попиту, яка дозволяє прогнозувати кількість замовлень, які надходять із відповідної області i ,
- матриці потоків замовлень,
- функції вартості фулфілменту.

4. Представлена економіко-математична модель дозволяє рівномірно покращити швидкість доставки для різних споживачів продукції через визначення фіксованого ефекту ξ_{kt} на рівні режиму доставки.

Зміст

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФУЛФІЛМЕНТУ	8
1.1 Основні поняття	8
1.2.Проблеми, які виникають при неефективних процесах виконання замовлень	12
1.3. Моделі виконання замовлень.....	15
1.4.Шляхи оптимізації процесу виконання замовлень для роздрібних продавців.....	20
РОЗДІЛ 2. ОПТИМІЗАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВИКОНАННЯ ЗАКАЗІВ	22
2.1 Основні положення моделі	22
2.2. Припущення моделі	24
2.3 Інструменти оптимізаційної моделі	25
2.4. Розв'язання задачі та аналіз результатів	28
2.5. Висновки до розділу 2	31
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ФУЛФІЛМЕНТУ	32
3.1 Моделювання мережі розподілу.....	32
3.2 Моделювання функції попиту і доходу	33
3.3. Моделювання потоку замовлень	36
3.4. Моделювання функції вартості фулфілменту.....	39
3.5. Висновки до розділу 3	42
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВИКОНАННІ ЗАМОВЛЕНЬ	44
4.1. Важливість визначення показників охорони праці	44
4.2. Шляхи підвищення безпеки праці у центрах розподілу	46
ВИСНОВКИ.....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	50

ВСТУП

Актуальність теми. Підприємства, які займаються ланцюгами поставок постійно працюють над скороченням часу, необхідного для доставки замовлень додому споживача або до торгівельних точок, коли планують свою стратегію фулфілменту. Більшість 3-PL операторів намагаються запропонувати доставку на наступний день і навіть у той же день, що доводить важливість фулфілменту. Відповідно до проведених опитувань, 25% покупців залишають своє замовлення через неочікувані витрати на доставку, додані до замовлення безпосередньо перед його оформленням, 74% онлайн-покупців стверджують, що безкоштовна доставка є одним із найважливіших факторів під час оформлення замовлення, 94% вжили певних заходів, щоб отримати безкоштовну доставку. Ці статистичні дані показують важливість успішного виконання замовлення для того, щоб витрати на доставку були низькими або повністю безкоштовними.

Успішна стратегія виконання замовлень в електронній комерції є обов'язковою для отримання конкурентної переваги. 63% онлайн-покупців називають причиною скасування замовлення надмірну вартість доставки. Для інтернет-магазинів у ланцюжку поставок середня вартість виконання замовлення за допомогою задіяння центрів фулфілменту становить 70% від середньої вартості замовлення. Успішне виконання замовлень відбувається лише тоді, коли склади компанії електронної комерції та центри розподілу здатні спростити виконання замовлень і знизити рівень своїх запасів і витрат. У зв'язку з цим, розробка моделі процесу виконання заказів, яка б дозволила фулфілмент-операторам зменшити час виконання заказів, та відповідно, оптимізувати витрати на операційну діяльність, є актуальним завданням.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є розробка моделі планування виробництва та постачання фулфілмент-операторів з оптимізацією затримки, викликані накопиченням замовлень.

Основні задачі дослідження:

1. Проаналізувати переваги та недоліки сучасних моделей виконання замовлень.

2. Розробити оптимізаційну модель, яка дозволяє визначити оптимальний час початку виробництва та розподілу товарів для індивідуальних клієнтів.

3. Розробити економіко-математичну модель фулфілменту із визначенням взаємодії попиту на продажі відповідно до розташування фулфілмент-операторів.

Об'єкт дослідження – процес виконання заказів фулфілмент-операторами.

Предмет дослідження – математичні залежності для описання процесу виконання заказів.

Методи дослідження. Математичний аналіз, лінійне програмування, алгебра матриць, логіт-моделі, синтез, узагальнення, теорія графів.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблена оптимізаційна модель виконання заказів може бути використана при плануванні реальних графіків виробництва та доставки в залежності від кількості клієнтів, термінів доставки та виготовлення продукції.

Структура і обсяг роботи. Робота складається з реферату, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 17 найменувань. Загальний обсяг роботи – 51 с, включаючи 7 рисунків та 1 таблицю.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФУЛФІЛМЕНТУ

1.1 Основні поняття

Електронна комерція є однією з найбільш швидкозростаючих галузей у всьому світі. Світові обсяги продаж в електронній комерції в 2019 році склали 3,53 трлн. доларів США і, як очікується, зростуть до 6,54 трлн. доларів США до кінця 2022 року [7]. Незважаючи на те, що пандемія COVID-19 викликала кризу у багатьох галузях економіки у всьому світі, для сектору електронної комерції вона дала подальший різкий стрибок для зростання.

На етапі покупки роздрібний продавець електронної комерції взаємодіє з клієнтами через свій веб-сайт, відповідні додатки для продаж, різні платформи соціальних мереж. Інтегрована технологія забезпечує таку взаємодію на кожному етапі, від початкового перегляду продуктів до процесу оформлення замовлення через кошик для покупок. Але як тільки клієнт вирішує купити продукт, шлях переходить до етапу після покупки, починаючи з виконання замовлення.

У найпростішому випадку виконання замовлення (англ. “fulfillment” або просто “фулфілмент”) – це весь процес, який відбувається від моменту, коли клієнт замовляє та здійснює покупку, до моменту, коли йому доставляють цей продукт. Це процес, якому може сприяти сам роздрібний продавець, або він може бути переданий сторонньому постачальнику логістики (3PL) або спеціалізованій компанії з виконання замовлень. Це, мабуть, найважливіший процес для будь-якого роздрібного продавця електронної комерції [11].

Плавний і інтегрований процес виконання замовлення найкраще підходить для всіх залучених сторін (роздрібного продавця, клієнта, 3PL тощо). Найефективніший процес виконання замовлення також передбачає використання технологій на кожному етапі, від покупки клієнтом до кінцевої доставки. У цьому процесі є шість основних кроків:

1. Прийом товару.

Плани виконання замовлень потрібно розпочати ще до того, як клієнти навіть додадуть товари до своїх кошиків. Роздрібний продавець повинен або зберігати запаси на своєму складі, або відправити товар обраному партнеру з виконання замовлень.

Кількість кожного продукту на складі або відправлення в якості запасів буде залежати від очікуваного та прогнозованого попиту. Для деяких продуктів це може бути продиктовано сезонними коливаннями. Для інших може бути постійно високий попит.

Спосіб роздрібного продавця або постачальника 3PL з отримання товарів може дещо відрізнятися, але більшість буде дотримуватися стандартного шаблону на цьому етапі:

Товар отримано. Персонал підраховує елементи, щоб переконатися, що цифри та описи відповідають наданим деталям.

Товар перевіряється на предмет пошкоджень під час транспортування.

Одиниці зберігання запасів (SKU) додаються до програмного забезпечення для управління запасами або програмного забезпечення для управління складом. У разі нового продукту номери SKU записуються та перевіряються. Штрих-коди та автоматизація часто допомагають на цьому етапі.

2. Зберігання.

Після отримання товару його переміщують на відповідне сховище. Це може бути стандартне зберігання (на піддонах, полицях або в контейнерах), або це може бути спеціалізоване зберігання, якщо товари є продуктами холодного ланцюга або мають інші специфічні вимоги.

Інвентар потрібно не тільки правильно зберігати, але й ефективно організувати. Такі фактори, як термін придатності або оборотність запасів (забезпечення переміщення старих запасів перед новими), мають вирішальне значення. Для часткового досягнення цього необхідне використання ефективної системи управління запасами або складом. Часто варто віддавати перевагу предметам із високим попитом, коли справа доходить до доступності.

3. Пікірування.

Як тільки замовлення буде розміщено в мережі Інтернет, і дана інформація буде передана співробітникам складу або центру виконання (у разі наявності), процес виконання стає активнішим.

У більшості випадків програмне забезпечення для управління складом (WMS) визначає, де знаходяться товари, а також скільки артикулів і одиниць кожного з них пов'язано з кожним замовленням.

Збиральник або група комплектування на складах або у 3PL вибирають предмети відповідно до пакувальної накладної з товарами, кількістю та місцями зберігання. Якщо використовується ефективно програмне забезпечення WMS, система оновлюватиметься в режимі реального часу, щоб відзначити кількість артикулів, вилучених із місця зберігання.

4. Упаковка.

Після вилучення товару зі зберігання його переміщують в зону пакування. Пакувальні матеріали підбираються для захисту товару та досягнення найменшої практичної ваги. Деякі 3PL стягують плату за пакувальні матеріали, а інші пропонують стандартну упаковку безкоштовно. У деяких випадках може знадобитися спеціальна або індивідуальна упаковка, що, ймовірно, спричинить додаткові витрати.

Спеціалізована упаковка може включати бульбашкову плівку для крихких предметів, картонні коробки, листівки з бульбашками тощо. Також може знадобитися спеціальна упаковка для деяких міжнародних поставок. На цьому етапі на упаковку також буде нанесено маркування та додані пакувальні листи. Це включатиме адресу доставки та всі необхідні етикетки для міжнародної доставки.

5. Доставка

Це може бути складним, але важливим кроком. Близько 75% клієнтів очікують на безкоштовну доставку при покупці в Інтернеті навіть на товари з низькою ціною. Ваш партнер 3PL може забезпечувати доставку, але, швидше за все, співпрацюватимете з перевізниками для доставки ваших продуктів. Це

може залежати від обслуговування в той же день або від найдешевшого варіанту.

Роздрібний продавець пропонує різні варіанти доставки. Стандартна доставка може бути безкоштовною, але за прискорену доставку може стягуватися додаткова плата. Більшість постачальників послуг із виконання послуг використовуватимуть логічну систему доставки, щоб визначити найкращих перевізників, які відповідають будь-яким вимогам щодо доставки ваших товарів. Або, якщо ви займаєтеся виконанням на дому, вам потрібно буде зробити подібні розрахунки, щоб спростити процес доставки для кожного замовлення.

6. Повернення.

Політика повернення електронної комерції відіграє велику роль у прийнятті клієнтами рішення про покупку. Насправді, понад 60% потенційних клієнтів дивляться на політику повернення, перш ніж зробити покупку. Повернення за додаткову плату або складний процес повернення може відштовхнути клієнтів.

Налаштування ефективної системи обміну та повернення має бути частиною ваших початкових переговорів зі службою виконання замовлень. Вам також потрібно переконатися, що ваша команда складу або постачальники 3PL можуть ефективно обробляти процеси повернення.

Коли товар повертається для обміну або повернення коштів, його необхідно швидко, але ретельно перевірити, щоб переконатися, що він доречний для поповнення запасів, і миттєво оновлювати інвентар для перепродажу. Якщо продукт у доброму стані, його потрібно направити в оптимальне місце зберігання.

1.2. Проблеми, які виникають при неефективних процесах виконання замовлень

1. Неправильно виконані замовлення.

Неправильно заповнені замовлення зазвичай виникають через людську помилку. Проста помилка під час введення контрольного номера товару може призвести до того, що буде обраний та відправлений неправильний товар. Або це може бути навіть помилка під час вибору замовлення зі складу. Якою б не була основна причина, це помилка, яка може призвести як мінімум до засмучення клієнта [11, 16].

Автоматизуючи більше завдань для виконання замовлення, стає менше місця для помилок. Використання системи управління запасами та відповідного програмного забезпечення дозволяє автоматизувати якомога більшу частину процесу виконання, щоб усунути людські помилки.

Ще один корисний спосіб зменшити кількість помилок – це встановити суворий процес контролю якості. Наприклад, керівники складів повинні переглянути та затвердити комплектування замовлень високої вартості. Навіть із програмним забезпеченням для автоматизованого виконання замовлень повинні бути встановлені правила для виняткових замовлень, які будуть перевірені людьми, перш ніж надсилати їх клієнтам.

2. Вичерпання запасів і ризику перепродажу.

Якщо бізнес-процеси не досягають позначки, коли справа доходить до ефективності, виникає відставання від обсягу замовлень, які потрібно обробити.

Запаси не будуть вчасно розподілені та зарезервовані для замовлень, рівні запасів не оновлюватимуться у каналах продажів, і продавець, ймовірно, перепродасть наявні запаси.

Вирішення проблем із перепродажем все ще залишається однією з основних причин, чому підприємства розглядають програмне забезпечення

для роздрібних операцій, , але це одна з найпростіших проблем, яку можна подолати, коли дана технологія буде впроваджена.

3. Відсутність масштабованості та зростання доходів.

Занадто багато часу та ресурсів, витрачених на неефективне виконання замовлень, також означають менше часу для зосередження на стратегічних ініціативах, які сприятимуть підвищенню трафіку, пізнаваності бренду та, зрештою, продажам і прибутку.

4. Неправильно керовані піки замовлення на продаж.

Сезон відпусток, швидкі розпродажі та безпрецедентна популярність товарів мають силу створити або зруйнувати бізнес. При правильному підході тимчасові покупці можуть стати лояльними довгостроковими клієнтами; однак неправильне керування піками замовлень на продаж може зашкодити бізнесу.

Можливість успішно впоратися з піками продажів полягає в ефективності основної діяльності, тому замовлення потрібно обробляти лише за винятком.

5. Повільний час доставки.

Якщо виконувати всі замовлення вручну, це буде неефективно, не залишається надії на дотримання очікувань клієнту щодо отримання замовлення протягом 48 годин, особливо якщо обробленню підлягають сотні замовлень на день!

Цей повільний час доставки також може негативно вплинути на рейтинги продавців на онлайн-ринках, які вимагають швидкої доставки та якісного обслуговування клієнтів.

6. Незадоволені клієнти та негативні відгуки.

Перепродажі, вичерпання запасів, брак часу, витрачений на стратегію продаж, неправильно організовані піки продажів і повільний час на доставку, можуть «засмутити» клієнтів.

Оскільки клієнти зараз частіше, ніж будь-коли, залишають негативні відгуки після поганого досвіду, бізнес повинен вирішити ці проблеми коли мова йде про підхід, орієнтований на клієнтів.

7. Багатоканальне виконання замовлень стає майже неможливим.

Виконувати замовлення вручну лише на одному каналі досить складно. Однак багатоканальне виконання на різних платформах електронної комерції, онлайн-ринках і офлайн-каналах додає зовсім новий рівень складності. З кількома точками дотику є більше можливостей для затримок, людських помилок і вузьких місць – є ризик втратити контроль над бізнесом.

Необхідною стає наявність централізованого перегляду замовлень, миттєвих оновлень запасів у всіх каналах, можливо, навіть ініційованих кількома складами, а також свободу звітування про те, які канали працюють краще за інші.

Це лише деякі з проблем, з якими можна зіткнутись без ефективного процесу виконання замовлення; щоб вирішити дану проблему.

8. Глобальна доставка.

Робота в Інтернеті дає доступ до клієнтів по всьому світу. Однак обслуговування світового ринку ставить перед собою власний набір проблем для виконання замовлень. Зазвичай доставка займає значно більше часу, за винятком випадків, коли використовується преміальний і дорогий сервіс авіап перевезення. Роздрібні продавці повинні знати, що в деяких країнах є менш розвинена поштова система, що може викликати проблеми, що може обмежити доставку в деякі країни. Як би там не було, необхідно уточнювати, скільки буде коштувати глобальна доставка, і в які часові рамки можна працювати. Необхідно з'ясувати, як міжнародна доставка впливає на повернення та обмін.

9. Комунікації.

Наявність ефективних комунікацій на кожному етапі процесу роздрібної торгівлі до виконання є невід'ємною частиною ведення хорошого

бізнесу в електронній комерції. Це, звичайно, включає в себе те, як продавець спілкується з клієнтами через різні портали та платформи.

Однак для виконання замовлень також важливо забезпечити чітке та постійне спілкування з вашими постачальниками, постачальниками логістики та залученими клієнтами. Це означає, що будь-які проблеми позначаються та вирішуються до того, як вони стануть серйозними проблемами, а очікування клієнтів встановлені на належному рівні.

1.3. Моделі виконання замовлень

Існує ряд різних стратегій і моделей виконання замовлень. Компанії повинні вибирати ті моделі, які відповідають їхній бізнес-моделі, а також потребам клієнтів. Також завжди буде розгляд бюджету; яка модель найкраще відповідає поточним бюджетним обмеженням [3, 5, 8, 14].

1. Внутрішня модель виконання замовлень.

Дана модель підходить як для самих маленьких, так і для найбільших і найвідоміших компаній. Це включає в себе обробку всього процесу виконання замовлень електронної комерції самостійно.

Для дуже невеликої операції обсяги замовлень можуть бути настільки низькими, що виконання замовлень аутсорсингу не є економічно ефективним. Такі фірми можуть надсилати лише кілька товарів щотижня за допомогою перевізників. Найбільші компанії, тим часом, люблять контролювати процес від кінця до кінця.

Для великих компаній електронної комерції послуги з виконання замовлень є не лише внутрішніми, але й пропонують послуги з виконання замовлень невеликим роздрібним продавцям.

Переваги моделі.

Абсолютний контроль: Внутрішнє виконання забезпечує величезну перевагу абсолютного контролю. Продавець має повне та прозоре уявлення

про те, як саме виконується виконання, і можете змінити будь-яку частину свого процесу, як вважаєте за потрібне.

Нижчі початкові витрати: з можливістю зберігати предмети вдома на початку роботи та заощадити гроші, які в іншому випадку були б витрачені на сторонні послуги, виконання внутрішніх робіт часто призводить до зниження початкових витрат.

Доступність: якщо десь є достатньо місця для інвентарю та пакувального обладнання, кожен може виконувати свої замовлення з дому. Зробити цей маршрут переміщення товарів на ринок повністю доступним.

Недоліки моделі.

Модель забирає багато часу: пакування та доставка замовлень самостійно займає дуже багато часу; час, який краще витратити на продажі та маркетингові ініціативи.

Довгострокові витрати: хоча початкові витрати з цією моделлю доставки значно нижчі, у довгостроковій перспективі це може стати дорогим, оскільки вам доведеться розглянути додаткові вимоги до складу та персоналу, як тільки бізнес досягне більших обсягів замовлень.

2. Виконання замовлень третьою стороною (3PL).

Завдяки цій системі виконання замовлення організація електронної комерції передає процес виконання замовлення на аутсорсинг спеціалізованому постачальнику. Вони можуть вирішити це зробити, оскільки у них просто немає місця для зберігання запасів, або тому, що вони хочуть зосередитися на інших сферах свого бізнесу, наприклад, обслуговуванні клієнтів або пошуку нових продуктів.

Постачальники 3PL охоплюють усі аспекти процесу виконання, починаючи від початкового отримання товарів у складі та їх складування до комплектування, пакування та відправлення товару після замовлення. У більшості випадків 3PL також запроваджують політику повернення або обміну, щоб забезпечити оптимізований шлях клієнта від початку до кінця.

Недоліки моделі.

Економія часу: заощаджується час, який інакше б витрачався на пакування та доставку замовлень. Натомість цей заощаджений час можна використати для покращення діяльності.

Досвід: хороші постачальники 3PL мають багатий досвід, коли справа доходить до процесу виконання замовлень, гарантуючи, що ваші клієнти отримують замовлення швидко та ефективно.

Вибір: сьогодні на вибір є ряд компаній 3PL. Можна вирішити, який з них краще підходить для індивідуальних потреб і бюджету.

Ціни на переговорах: 3PL працюватимуть з низкою роздрібних продавців, що означає, що вони часто можуть домовитися про знижки на доставку та кур'єрські ставки через величезний обсяг замовлень, які вони обробляють.

Зменшення початкових витрат: оскільки відбувається економія витрат на складські приміщення та персонал, можна покласти ці гроші на пошук хорошого постачальника послуг 3PL.

Недоліки.

Відсутність контролю: стає менше вибору, коли справа доходить до того, як саме доставляють замовлення. Наприклад, вибраний постачальник 3PL може мати власний парк транспортних засобів або він може мати хорошу угоду з більшим перевізником. Можна обговорити, щоб доставка замовлень була, але все ще використовувався склад сторонніх розробників і досвід виконання, але в кінцевому підсумку можна заплатити за це надбавку.

Ризики якості: 3PL володіє та контролює остаточною передачею вартості клієнтам; так чи інакше сильно впливаючи на рівень задоволеності клієнтів.

3. Amazon Logistics

Зараз Amazon пропонує власну версію 3PL – відправляються запаси в Amazon Logistics, і замовлення будуть відправлені за допомогою власного парку транспортних засобів Amazon, переважно на базі підрядників.

Однією з найбільших переваг передачі виконання на аутсорсинг Amazon Logistics є швидкість, з якою Amazon може доставити замовлення вашим клієнтам, наприклад, доставка в той же день.

Потрібно буде мати відповідне страхування бізнесу та підтримувати свою гру обслуговування клієнтів на місці. Це вимоги, встановлені безпосередньо Amazon Logistics. Amazon має на меті гарантувати, що продавці надають найкраще обслуговування клієнтів, і якщо не встановити всі прапорці, можна вилучити магазин із Amazon Logistics як продавця.

4. Дропшипінг.

Виконання дропшипінга передбачає пересилання замовлень і відправок у вигляді запиту постачальнику або виробнику. Потім вони будуть відповідати за відправку товарів вашим клієнтам від імені магазину, як правило, за його брендом, тому клієнт не знає, що магазин навіть використовував компанію дропшипінг.

Як дропшипер укладає угоду з одним або кількома оптовими продавцями, щоб продукти надсилалися безпосередньо клієнтам під час розміщення замовлень.

Це усуває низку ризиків для бізнесу, оскільки магазин не тримає продукти і не повинен так уважно стежити за рівнем запасів. Однак можна заплатити за свою продукцію більше, ніж у типовій оптовій угоді.

Переваги.

Найнижчі накладні витрати: продавцю не потрібно буде зберігати товари, підтримувати процес відправлення та команду або навіть платити за інвентар наперед. Ці гроші можна використати для розвитку інших сфер бізнесу.

Зменшує ризик: оскільки магазин не тримає запаси самостійно, не потрібно буде постійно контролювати рівень запасів або турбуватися про крадіжки запасів або перепродажі — це відповідальність дропшипера.

Свобода: оскільки магазин не купує і не зберігає запаси самостійно, є менший ризик у тестуванні нових продуктів з клієнтами, щоб побачити, як

вони працюють. Це дає можливість пробувати нові речі та потенційно збільшити дохід, якщо нові елементи будуть працювати добре.

Доступність: знайшовши дропшипінгові компанії, з якими можна працювати, можна легко налаштуватися на них, що зробить цей шлях виходу на ринок повністю доступним.

Масштабованість: зазвичай, якщо продажі подвоюються, виконується подвоєна робота. Але в бізнесі дропшипінгу саме постачальники несуть тягар збільшення обсягів та обробки замовлень, а це означає, що немає перешкод для розвитку бізнесу.

Недоліки.

Нижча націнка. Постачальники часто стягують надбавку за використання бренду на своїх упаковках, а це означає, що спочатку, можливо, доведеться знизити прибуток. Тобто до тих пір, поки не буде створена аудиторія лояльних клієнтів, які будуть не проти платити більше за свої товари.

Задоволеність клієнтів: зв'язок з вашими постачальниками для вирішення питань обслуговування клієнтів – це не тільки багато додаткової роботи, але й може викликати подальше незадоволення клієнтів.

Різні витрати. Працюючи з кількома постачальниками, може бути важко відстежувати, скільки стягує кожна компанія, а отже, скільки продавець має повинні стягувати зі своїх клієнтів.

5. Гібридна модель.

Як і в багатьох інших випадках, рішення для виконання одного замовлення не завжди може бути найкращим. Будь-яка компанія може вибрати гібридний варіант (той, який поєднує два або більше варіантів вище), оскільки він краще відповідає типу продуктів, які вони продають, або цільовій аудиторії. Ця модель добре працює там, де є різноманітний ланцюг поставок.

Наприклад, меблева компанія продає свою продукцію лише в Інтернеті. Вони виявили, що більша частина їхнього попиту надходить із радіусу 30 км від їхньої бази. Але близько 25% попиту припадає на віддалені території. Вони

вирішують зберігати виконання місцевих замовлень у домі, але передають державне виконання на 3PL. Вони також можуть продавати аксесуари разом зі своїми основними товарними лініями. Ці предмети можна вибрати для відправлення для більшої ефективності виконання.

1.4.Шляхи оптимізації процесу виконання замовлень для роздрібних продавців

Будь-який інтернет-продавець хоче, щоб його робочий процес і процес виконання замовлень працювали на оптимальному рівні в будь-який час. Подібно до того, як технології відіграють важливу роль у продажах і маркетингу, такі ж процеси відбуваються і у сфері фулфілменту.

Знання, яку технологію використовувати, як окремі системи, частину платформи «все в одному», або навіть у партнерстві з постачальником послуг, може допомогти оптимізувати весь процес. Ось кілька прикладів технічних рішень, які варто розглянути:

1. Система управління замовленнями (OMS). Не має значення, чи є модель бізнесу B2B чи B2C [16], відповідний OMS допомагає компанії прискорити обробку замовлень і зменшити помилки як у виконанні, так і в закупівлі. Зазвичай він поставляється з функціями керування запасами, які оновлюють кілька каналів продажів, використовуючи правильні рівні запасів.

2. Система управління запасами (IMS). Відстеження запасів за допомогою систем управління запасами та складом є основоположним для успіху електронної комерції. Для знадобиться програмне забезпечення, яке може інтегрувати та легко обмінюватися інформацією з будь-якими постачальниками 3PL.

3. Електронний обмін даними (EDI). Коли компанія працює в партнерстві з постачальником послуг з виконання замовлень, між ними буде потрібно багато електронних даних для передачі. Найкращий спосіб зробити це за допомогою системи EDI. Воан може відстежувати всі відповідні дані,

щоб обидві відповідні сторони мали до них доступ. У вашому центрі виконання, ймовірно, буде введено кінцевий EDI.

4. Управління закупівлями та постачальниками. Хороша система управління закупівлями та постачальниками може покращити процес поповнення, допомогти зробити повторне замовлення в потрібний час і вибрати найбільш підходящого постачальника. Це гарантує, що у ритейлера буде необхідна кількість товарів, щоб задовольнити попит клієнтів.

5. POS. Для роздрібних продавців магазинів зручно мати POS-систему, яку можна під'єднати до каналів електронної комерції. Це дає змогу мати актуальну інформацію про запаси та замовлення на продаж як в онлайн, так і в автономному каналі.

6. Доставка. Якщо виконання заказів здійснюється на дому, необхідно вибрати оптимальні рішення щодо доставки. У деяких випадках це може означати найдешевше, а в інших – найшвидше. Використання ефективної логічної системи допомагає визначити найкращі витрати на доставку та рішення для потреб компанії.

7. Аналітика та звітність. Більшість процесів і систем з часом потребують налаштувань і коригування. Використання якісних програм аналітики та звітності може допомогти визначити як можливості, так і негативні фактори у робочому процесі.

Універсальна цифрова операційна платформа для роздрібної торгівлі: інтелектуальна система роздрібної торгівлі зазвичай матиме всі основні функції в одному місці. Це дозволяє прискорити процес виконання замовлення, автоматизуючи всі трудомісткі завдання. З'являється можливість автоматично оновити багатоканальні рівні запасів і облікові дані, щойно товари надходять із дверей.

РОЗДІЛ 2. ОПТИМІЗАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВИКОНАННЯ ЗАКАЗІВ

2.1 Основні положення моделі

Всі рішення, прийняті щодо поточних бізнес-процесів, у тому числі, у моделях фулфілменту, представлених у попередньому розділі, пов'язані із відповідними наслідками з точки зору прибутків і збитків. Тому перед постає задача аналізу ситуації, знаходження критеріїв вибору рішення і пошуку оптимальних рішень. Корисними є методи, які використовуються для розв'язання задач за допомогою спеціалізованих комп'ютерних програм. У дослідженні операцій це означає вибір одного з модулів оптимізаційного пакету [6].

Детальний аналіз проблеми вирішення дає змогу виділити її складові.

Процес прийняття рішення складається з наступних дій:

- визначення мети або завдань, щодо яких будуть прийняті рішення,
- визначення цілей та підзадач, які сприяють досягненню мети.

Часткові завдання називаються змінними рішеннями і є результатом пріоритетів особи, яка приймає рішення,

- визначення переваг особи, яка приймає рішення, у здійсненні цільових змінних рішення за допомогою певного відношення між ними у формі функції цілі,

- визначення параметрів, що описують технологічні та організаційні умови діяльності всередині виробничої системи. Параметри зазвичай визначаються на основі інженерних або статистичних методів,

- збирати дані з описом параметрів та їх перевірку,
- визначення залежності змінних рішень, що описують технологічні та організаційні умови діяльності у вигляді меж балансу,

- перевірка моделі шляхом її спрощення або синтезу шляхом усунення непотрібних обмежень та змінних,

- перевірка повноти та правильності набору даних для їх зміни, що не впливають на модельне рішення і забезпечують їх стабільність.

Інструментом оптимізації виконання замовлень є модель, яка використовується на підприємствах, що працюють на основі принципу Just In Time (точно в термін). Вони не мають власних складів і виробляють товар відразу після отримання замовлень від клієнтів. Представлено наступне дослідження застосування моделі в компанії з виробництва та розповсюдження меблів у місті Кривий Ріг, яка свого часу мала накопичення замовлень від п'яти клієнтів одночасно. Застосування пропонованих заходів дозволять уникнути тривалих затримок впровадження виробництва і доставка клієнту, також зменшує витрати, пов'язані з можливим виникненням затримок.

Метою аналізу є планування виробництва та постачання з метою мінімізації затримки внаслідок кумуляції замовлень. Таким чином компанія може:

- мінімізувати повну затримку, що підвищить рівень обслуговування клієнтів,
- мінімізувати максимальну затримку, щоб визначити, наскільки вона відповідає своєчасності постачання та покращення вміння визначати час реального виконання контракту,
- мінімізувати витрати, що виникають у результаті затримок виробництва та доставки, які тягнуть за собою понесення збитків, необхідність сплати договірної неустойки або надання знижки.

Аналіз буде здійснюватися на основі лінійного програмування з функціями призначення. Виробництво та транспорт можна розглядати як виконання ряду завдань на двох автомобілях, послідовність яких строго визначена. Призначення моделі – вирівнювання завдань у часі для мінімізації відхилень від встановлених вимог.

2.2. Припущення моделі

В результаті ряду досліджень, для побудови математичної моделі були прийняті припущення про терміни виготовлення, доставки та вартості затримки замовлень для окремих клієнтів меблевої компанії.

Табл.2.1

Вихідні дані моделі

Номер споживача, j	Час виготовлення, год.	Час доставки, год.	Час для виконання замовлення, год.	Вартість затримки замовлення, грн./год.
1	18	14	72	140
2	12	16	48	110
3	12	5	48	150
4	8	21	72	250
5	10	16	48	93

Розрахунки для трьох варіантів проводяться аналогічним чином. Вони відрізняються один від одного за цільовою функцією та необхідністю внесення незначних змін до умови обмеження цільової функції у другому випадку.

Лінійне програмування засноване на функції індивідуального призначення, що визначає, який розмір програми вважати у якості змінних, і додавання обмежувальних умов.

На момент аналізу доступні наступні параметри:

- $t_{j,1}$ – час виготовлення продукції для замовника j , ($j=1,2,\dots,n$),
- $t_{j,2}$ – час доставки замовнику j ,
- d_j – необхідний час виконання замовлення

Були визначені такі змінні:

- x_j – момент початку виробництва продукції для замовника j ,
- y_j – момент початку доставки товару замовнику j ,

- x_{ij} – двійкова змінна дорівнює 1, коли виробництво замовника j пізніше ніж виробництво замовника i і 0 інакше,
- u_{ij} – двійкова змінна дорівнює 1, коли доставка клієнту j пізніше доставки замовнику i та 0 в іншому випадку,
- X_{ij} – змінні виробництва матриці,
- Y_{ij} – матриця змінних розподілу,
- F_{j+} – перевищення загального часу виготовлення та доставки замовнику j щодо необхідного часу виконання замовлення,
- F_{j-} – скорочення загального час виробництва та доставки замовнику j щодо необхідного часу виконання замовлення,
- K_1 – логістичні витрати через затримки загального часу виробництва та доставки замовнику j у відношенні до необхідного часу виконання замовлення.

2.3 Інструменти оптимізаційної моделі

Для реалізації математичної моделі використовується інструмент Solver програми MS Excel.

Під час побудови моделі змінні комірки виділяються у вигляді матриці, в якій поява числа «1» в рядку означає, що клієнт має перевагу над тим клієнтом, який позначений номером стовпця (рис.2.1., рис.2.2 – змінні позначено сірим фоном). Це означає, що якщо в описаному рядку x_1 в стовпці x_3 стоїть цифра 1, замовник замовляє 1 перед попереднім заказом замовлення споживачу 3 (рис.2.2).

9									
10	M	1000			x1	x2	x3	x4	x5
11					0	0	0	0	0
12									
13				Xij					
14	x1	0			0	0	0	0	0
15	x2	0			1	0	0	0	0
16	x3	0			1	1	0	0	0
17	x4	0			1	1	1	0	0
18	x5	0			1	1	1	1	0
19									
20					y1	y2	y3	y4	y5
21					0	0	0	0	0
22									
23				Yij					
24	y1	0			0	0	0	0	0
25	y2	0			1	0	0	0	0
26	y3	0			1	1	0	0	0
27	y4	0			1	1	1	0	0
28	y5	0			1	1	1	1	0
29									

Рис.2.1. Матриця замовлень до оптимізації

9									
10	M	1000			x1	x2	x3	x4	x5
11					22	0	64	42	10
12									
13				Xij					
14	x1	22			0	0	1	1	0
15	x2	0			1	0	1	1	1
16	x3	64			0	0	0	0	0
17	x4	42			0	0	1	0	0
18	x5	9.99999999			1	0	1	1	0
19									
20					y1	y2	y3	y4	y5
21					44	12	72	60	28
22									
23				Yij					
24	y1	44			0	0	1	1	0
25	y2	12			1	0	1	1	1
26	y3	72			0	0	0	0	0
27	y4	60			0	0	1	0	0
28	y5	28			1	0	1	1	0

Рис.2.2 Матриця замовлень після оптимізації

Для першого варіанту, за якого мінімізується загальна затримка, цільова функція та умови обмеження будуть мати вигляд:

$$\sum_{j=1}^n F_j^+ \rightarrow \min,$$

$$x_i - x_j + M \cdot x_{ij} \leq M - t_{i1}$$

$$y_i - y + M \cdot y_{ij} \leq M - t_{i2},$$

$$x_{ij} + x_{ji} = 1,$$

$$y_{ij} + y_{ji} = 1,$$

$$y_i - x_j \geq t_{j1},$$

$$y_i - F_j^+ + F_j^- = d_j - t_{j2},$$

$$x_j, y_j, F_j^+, F_j^- \geq 0,$$

$$x_{ij}, y_{ij} \in \{0,1\}$$

де $i=1,2,\dots, n$,

$j=1,2,\dots, n$

$i \neq j$

Для другого варіанту, де розраховується мінімальне значення максимальної затримки, умови обмеження такі ж, як у першому варіанті, а цільова функція має вигляд:

$$F_{max} = \max\{F_j^+\} \rightarrow \min$$

Для вирішення цієї задачі призначення цільової функції не є завданням лінійного програмування і вимагає лінеаризації. Тому була введена додаткова змінна, що відображає максимальну затримку:

$$z = \max\{F_j^+\}$$

Після перетворення обмежувальних умов і цільової функції можна використовувати лінійне програмування, еквівалентне задачі, цільова функція якої описується рівнянням вище.

Для цього вводиться набір обмежень з однією додатковою умовою:

$$F_j^+ \leq z$$

і перевизначена цільова функція:

$$z \rightarrow \min.$$

У третьому варіанті лише зміна цільової функції та обмежувальних умов приймаються як для першого випадку.

$$\sum_{j=1}^n K_i \rightarrow \min$$

2.4. Розв'язання задачі та аналіз результатів

Після вирішення алгоритму за допомогою Solver були отримані наступні результати.

Для першого варіанту (рис.2.3).

10	M	1000			x1	x2	x3	x4	x5	
11					12		52	70	32	0
12										
13				Xij						
14	x1	12			0	1	1	1	1	0
15	x2	52			0	0	1	0	0	0
16	x3	70			0	0	0	0	0	0
17	x4	32			0	1	1	0	0	0
18	x5	0			1	1	1	1	1	0
19										
20					y1	y2	y3	y4	y5	
21					32	62	78	50	16	
22										
23				Yij						
24	y1	32			0	1	1	1	1	0
25	y2	62			0	0	1	0	0	0
26	y3	78			0	0	0	0	0	0
27	y4	50			0	1	1	0	0	0
28	y5	16			1	1	1	1	1	0
29										
30										
31					SUMA	50				
32										

Рис.2.3. Рішення задачі лінійного програмування для першого варіанту

Виходячи з отриманих результатів було встановлено, що товар, замовлений споживачем 1 повинен бути виготовлений до товару для клієнтів 2, 3 і 4. Про це свідчить значення «1» у першому рядку (споживач 1) матриці X_{ij} відповідно у стовпцях 2, 3 і 4 (другий, третій і четвертий споживачі). Аналогічне міркування проводиться і для інших клієнтів. нарешті, із

запропонованої матриці можна прочитати наступний порядок виготовлення: споживач 5, 1, 4, 2 і 3.

На рис.2.3 також показані сформовані програмою змінні X_j , на основі яких ми можемо визначити точний момент початку виробництва для індивідуальних клієнтів. Для п'ятого клієнта слід почати негайно (час 0), для першого – через 12 годин, для четвертого клієнта – через 32 години, для другого клієнта – через 52 години і для третього – через 70 годин. Таким же чином можна визначити початок доставки, який повинен починатись для першого клієнта після 32 годин, для другого – через 62 години, для третього – через 78 годин, для четвертого – через 50 годин і для п'ятого – через 16 годин.

Програма Solver, яка мінімізує загальну затримку, генерує затримки, створені для кожного з клієнтів (рис.2.4).

	L+	L-
	0	0
	6	0
	30	0
	14	0
	0	16
SUMA	50	

Рис.2.4. Визначення затримки у замовленнях до конкретного клієнта

З рисунка вище виходить, що затримки виконання замовлення для клієнтів 1-5 будуть дорівнювати 0, 6, 30, 14 і 0 годин відповідно, що становить 50 годин.

Для другого варіанту (рис.2.5).

Результати лінійного програмування зчитуються так само, як і в першому варіанті. У цьому випадку споживачі будуть обслуговуватися в порядку 2, 5, 1, 4 і 3. Затримки замовлення для клієнтів 1-5 будуть по черзі 12, 0, 24, 24 і 0 годин відповідно. Початок виробництва для другого споживача має бути негайним (0 годин), для п'ятого – через 10 годин, для першого – через 22 години, для четвертого – через 42 години та для третього – через 64 години.

2.5. Рішення задачі лінійного програмування для другого варі

6. Рішення задачі лінійного програмування для третього варіанту

Слід зробити висновок, що клієнти будуть підтримуватися

Затримки обробки замовлень (рис.2.7) для клієнтів 1-5 дорівнюють 0.

становить 900 грн. Початок виробництва слід прийняти: для третього клієнту відразу (0 годин), для першого - через 8 годин, для четвертого – через 30 годин, для другого – через 48 годин і для п'ятого – через 58 годин. Розподіл меблів повинен відповідати першому замовнику через 32 години з моменту виконання замовлень, для другого – через 60 годин, для третього – через 8 годин, для четвертого – через 48 годин і для п'ятого – через 76 годин.

КІ	L+	L-	
0	0	0	0
120	4	0	0
0	0	40	0
120	12	0	0
660	44	0	0
SUMA	900		

Рис.2.7. Затримка виконання замовлень для окремих клієнтів та супутні витрати для третього варіанту

2.5. Висновки до розділу 2

У роботі представлено інструмент для оптимізації процесу фулфілменту. З цією метою було створено та описана модель, яка дозволяє визначити оптимальний час початку виробництва та розподілу товарів для індивідуальних клієнтів. Проаналізовано та наведено приклади створення математичної моделі для мінімізації максимальної затримки у виконанні замовлень клієнта, мінімізації загальної затримки та мінімізації витрат на логістику через ці затримки. Модель оптимізації фулфілменту є корисним інструментом, який можна використовувати при плануванні графіків виробництва та доставки в разі виконання замовлення. Додатковою перевагою інструменту є той факт, що він може бути використаний для вирішення завдань різного характеру в залежності від обмежувальних умов, а також кількості клієнтів, термінів доставки та виготовлення продукції, виконання замовлення.

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ФУЛФІЛМЕНТУ

3.1 Моделювання мережі розподілу

Використовуємо наступні позначення для опису мережі розподілу у системі фулфілменту. Об'єкти у мережі розподілу індексуються за $j = 1, \dots, n$ і повністю описуються вхідним роком (a_j), потужністю (k_j), розташуванням (l_j) і типом ($m_j = \{FC, SC\}$). Індекс j представляє унікальну етикетку, прикріплену до кожного об'єкта. Припускаємо, що розташування вибираються з кінцевої множини можливих місць, $l = 1, \dots, L$. Відповідно до взаємного розташування об'єктів, які ми спостерігаємо в даних, кожне місце l може вмістити кілька центрів замовлень і до одного сортувального центру. Таким чином, використовуємо l для опису як кластера, так і його розташування. Використовуємо $n_t = \sum_{j=1}^n l \cdot (a_j \leq t)$ для позначення кількості активних об'єктів за період t . Також $K_u = \sum_{j=1}^n l \cdot (a_j \leq t)$ визначає ємність кластера фулфілмента l за період t .

Припускаємо, що площа і тип кожного об'єкта фіксуються так, що мережа розподілу розвивається з часом на основі відкриття нових об'єктів. У підсумку за період t , вибрана така послідовність рішень відкриття $a = \{a_1, \dots, a_n\}$ у вигляді матриці $n_t \times 3$.

$$N_t(a) = \{(k_j, l_j, m_j)\}, a_j \leq t \quad (3.1)$$

Використовуємо a^0 , n_t^0 і N_t^0 для позначення спостережуваної послідовності рішень щодо входу та спостережуваної кількості діючих об'єктів та характеристики цих об'єктів за період t .

3.2 Моделювання функції попиту і доходу

Використовуємо репрезентативну агентську структуру для прогнозування замовлень і доходів як функції будови мережі та податків з продажу. Споживачі розташовуються в густонаселеному центрі відповідної адміністративної області, яку індексуємо $i = 1, \dots, I$. Вони розподіляють свій роздрібний бюджет B_i між звичайними роздрібними продавцями ($k = 0$) і трьома онлайн-магазинами ($k = 1, 2, 3$).

Переваги для кожного режиму відображають відмінності у податковому ризику. Податкове законодавство передбачає, що розподіл податку з продажів не відрізняється в різних областях країни протягом року.

Розглядаємо y як індекс якості, припускаючи, що гранична корисність споживання різновиду ω залежить від відокремленої функції y і вподобань споживача і до різноманітності в момент часу t , α_{ikt} . Припускаємо, що в онлайн режимі замовленню підлягає один сорт товару.

Функція витрат споживачів визначається:

$$E_{ikt} = \int a_{ikt} \cdot y \cdot p_{ikt} \cdot (y)^{1-g} \cdot P_{it}^{g-1} \cdot B_{it} \cdot dF_{kt}(y) \quad (3.2)$$

$p_{ikt} \cdot (y)$ – ціна товару y з урахуванням податку в режимі k дорівнює $p_{ikt}(y)(1 + \tau_{ikt})$, де p_{ikt} – ціна без оподаткування, а τ_{ikt} — податок з продажів, який сплачує резидент області i за покупки в режимі k .

Рівняння 3.2 дозволяє нам побудувати логарифмічну лінійну функцію, що описує витрати в області i в режимі k відносно офлайн-торгівлі:

$$\begin{aligned} E_{ikt}^- = \ln e_{ikt} - \ln e_{i0t} = & \ln(a_{ikt}) - \ln(a_{i0t}) + (1 - y) \cdot (\ln(p_{kt}) - \\ & \ln(p_{i0t})) + (1 - y) \cdot (\ln(1 + \tau_{ikt}) - \ln(1 + \tau_{i0t})) + \ln\left(\int y^{2-g} dF_{kt}(y)\right) = \varepsilon_{kt} + \\ & \lambda_k \cdot L_{it} + \gamma_k \cdot C_{it} + \varepsilon_i + \Delta\varepsilon_{ct} + (1 - y) \cdot \Delta\tau_{ikt} + \varepsilon_{ikt} \end{aligned} \quad (3.3)$$

де ξ_{kt} , як фіксований ефект за рік моделювання, фіксує детермінанти витрат на рівні режиму, в т.ч. сукупну якість і різноманітність – останній доданок у

другому рядку рівняння (3.3). Вектор L_{it} містить демографічні дані репрезентативного домогосподарства, а C_{it} містить змінні, які визначають рівень локальної оффлайн-конкуренції. Наступні дві складові представляють неспостережувані відносні переваги для покупок в Інтернеті. Припускаємо, що ці переваги складаються з інваріантного часу на рівні області, компонент, ξ_i , і часовий тренд, який фіксує зміни в уподобаннях на рівні населення області, $\Delta\xi_{ct}$.

Оскільки ми не спостерігаємо цін на офлайн-варіант продажів, змінювані у часі елементи керування та фіксовані ефекти повинні враховувати коливання цін на рівні області та часових рядів у стандартних роздрібних продавців у області i . $\Delta\tau_{ikt}$ – це різниця в ставках податку з продажу між режимом k та офлайн торгівлею. Останнє, модель залишкової ξ_{ikt} включає змінні в часі щодо готовності споживачів платити за три режими роздрібною торгівлі відносно офлайн-варіанту, а також похибку вимірювання часток витрат.

Використовуємо споживчі витрати, щоб отримати сукупний дохід для фулфілмент-операторів, або режим 1, за вирахуванням податків, які передаються державним та місцевим податковим органам шляхом підсумовування по місцях:

$$R_t(N_t) = \sum_i M_{it} \cdot \frac{e_{ilt}}{1+\tau_{ilt}(N_i)} \quad (3.4)$$

де M_{it} – кількість домогосподарств. Так само кількість замовлень, що надходять із області i дається:

$$Q_{it}(N_i) = \sum_i M_{it} \cdot \frac{e_{ilt}}{1+\tau_{ilt}(N_i) \cdot p_t} \quad (3.5)$$

де p_t – середня ціна товарів до оподаткування.

Приймаємо такі припущення щодо ціноутворення та розподілу замовлень серед третіх сторін і прямих продаж.

1. Кожен товар у доступний у кожній області i , і його ціна не змінюється в різних областях.

2. Ціна товару y до оподаткування встановлюється на конкурентній основі та континуумом 3PL-продавців відповідно до логарифмічної функції

$$\ln p_{kt}(y) = p_{kt} + \ln y \quad (3.6)$$

3. Продавець отримує змінний прибуток відповідно до загальних угод про розподіл прибутку з виробником.

4. Продажі третіх сторін не підлягають оподаткуванню та мають постійну частку ринку в різних місцях споживачів.

Припущення 1 показує, що продавець не використовує просторову цінову дискримінацію на своїй інтернет-платформі і що така дискримінація не поширена на інших платформах; таким чином ціна з урахуванням податку фіксується виключно через різницю в податках з продажу та зміну ціни з часом у періоді обстежень.

Припущення 2 дозволяє нам розглядати ціни як незалежні від конфігурації мережі. Враховується той факт, що на інтернет-платформі активна велика кількість продавців, які продають продукти, які є в наявності від багатьох інших онлайн- та офлайн-роздрібних продавців.

Припущення 3 переважно для зручності, оскільки інформація про характеристики продуктів та умови договору між продавцем та постачальниками є обмеженою.

Припущення 1 щодо загального формулювання розподілу доходу разом із припущенням 4 дозволяє нам записати дохід за вирахуванням вартості проданої продукції як лінійну функцію валового доходу:

$$\text{ЧД} = R_t N_t \cdot \mu_t \quad (3.7)$$

де μ_t позначає середню надбавку, яку продавець заробляє на прямих продажах, $\mu_{\text{п}}$ і на продажах третьої сторони, $\mu_{\text{з}}$, зважений за внеском кожного каналу в замовлення:

$$\mu_t = s_t^3 \cdot \mu_t^3 + (1 - s_t^3) \cdot \mu_{\text{тп}} \quad (3.8)$$

Припущення 4 передбачає, що споживачі завжди можуть знайти неоподаткованого 3PL-продавця, що дозволяє визначити вплив 3PL продавців на місцеві зобов'язання з податку з продажів. Як наслідок, ставка податку з продажів для кожного режиму визначається як:

$$\tau_{ikt} = \begin{cases} (1 - s_t^3) \cdot l_{i1t}, & \text{якщо } k = 1 \text{ (базовий варіант)} \\ \tau_{it} & \text{якщо } k = 0, 2 \text{ (онлайн та офлайн рітейл з оподаткуванням)} \\ 0, & \text{якщо } k = 3 \text{ (онлайн рітейл без оподаткування)} \end{cases}$$

де τ_{it} – ставка податку з продажу в області i та році t , а l_{i1t} – це індикаторна змінна, що дорівнює одиниці, якщо фулфілмент-оператор відповідає за податок з продажів у області i в році t . При оцінці моделі попиту ми використовуємо принцип фізичної присутності фулфілмент-оператора та встановлений графік зниження податку з продажів для визначення поточної ставки податку.

3.3. Моделювання потоку замовлень

Модель попиту дозволяє прогнозувати кількість замовлень, які надходять із відповідної області i . Використовуємо просту логіт-модель для призначення даної кількості замовлень у фулфілмент-операторах в залежності від доступності товарів, відстані між ними та області розташування фулфілмент-оператора. Логіт-модель повертає потік замовлень у мережі, які ми використовуємо для визначення змінних операційних витрат фулфілменту.

Припустимо, що існують відмінності в кожному фулфілмент центрі, однак із певною вірогідністю їх немає в наявності. Для моделювання доступності товару у відповідному центрі продажу використовуємо підхід, який говорить про існує бінарна змінна із вірогідністю, що продукт доступний, яка описується:

$$\theta_t(K_{it}) = 1 - \exp\left(-\varphi \frac{K_{it}}{V_t}\right) \quad (3.9)$$

Ймовірність доступності товару збільшується із збільшенням пропускної потужності фулфілменту, однак при цьому зменшується різноманітність товарів, доступних у продавця за період t . Таким чином, з рівняння (3.9) випливає, що збільшення різноманітності призводить до вищої ймовірності нестачі запасів, надаючи продавцю стимул до збільшення кількості/пропускної спроможності фулфілмент центрів.

Ми виключаємо можливість нестачі товарів в мережі та припускаємо, що замовлення обробляються за найближчим активним фулфілмент-центром з наявними запасами. Це веде до матриці походження-призначення $\Omega(N_t)$ розмірністю $L \times I$ де, у світлі великої кількості замовлень, елемент (l, i) , $\Omega_{l,i}$, визначає частку замовлень із області i , які виконуються за місцем розташування l . Оскільки $\varphi \rightarrow \infty$, ймовірність того, що найближчий активний фулфілмент-центр виконає задане замовлення наближається до одного.

За умови, що замовлення призначаються області l , ми припускаємо, що вони розподілені по всіх окремих центрах фулфілменту, які утворюють область l , пропорційно розміру об'єкта k_j .

Підсумовуємо частку замовлень із області i , які направляються через центр сортування у області l матрицею $L \times I \Omega_{sc}(N_t)$. Елемент (l, i) Ω_{sc} дорівнює сумі порядку замовлень з домогосподарства в області i , у відсотках, які заповнені областю l' , $\Omega'_{l',i}$, що знаходиться в межах 25 км від сортувального

центру l , за умови, що область потрапляє в зону постачання сортувального центру 150 км.

Використовуємо ці припущення, щоб передбачити кількість замовлень, оброблених об'єктом j за період t як функцію параметра доступності φ , сукупної різноманітності товарів, яку передбачає продавець та мережі:

$$g_{jt}(\varphi) = \begin{cases} \sum Q_{it}(N_t) \Omega_{l,t}(N_t) \frac{k_j}{K_{lt}} (a_j \leq t), & \text{якщо } m_j = FC \\ Q_{it}(N_t) \Omega_{l,t}^s(N_t) \frac{k_j}{K_{lt}} (a_j \leq t), & \text{якщо } m_j = SC \end{cases} \quad (3.10)$$

Докладніше про матриці потоків замовлень. Оскільки заклади незалежно розподілені між місцями призначення, матриця походження-призначення (O-D) набуває такого вигляду:

$$\Omega_{l,t}^u(N_t) = \left[\prod_{l'/d_{i,l'} > d_{i,l}} (1 - \varphi_t(K_{l't})) \right] \cdot \varphi_t(K_{lt}) \quad (3.11)$$

де d_{il} – відстань між областю i та місцем l .

Вищенаведена матриця може призвести до невиконаних рядків (тобто сума стовпців менша за одиницю), тому сформуємо умовну матрицю ймовірності виконання замовлення:

$$\Omega_{l,t}(N_t) = \frac{\Omega_{l,t}^u(N_t)}{\sum_{l'} \Omega_{l',t}^u(N_t)} \quad (3.12)$$

і використовувати її для прогнозування обсягу замовлень у фулфілмент-центрі, розташованому в області l

$$q_{it} = \sum_i Q_{it}(N_t) \Omega_{l,t}(N_t) \frac{k_j}{K_{lt}} \quad \text{якщо } m_j = FC$$

Частка замовлень з області i , оброблена сортувальним центром в області l , визначається

$$\Omega_{l,t}^s(N_t) = \left| (d_{i,l} \leq 150) \sum_{l'=1}^L Q_{it}(N_t) \right| (d_{i,l'} \leq 25)$$

де $d_{i,l'}$ – відстань між центром l та центром l' . Обсяг замовлень, який обробляється сортувальним центром, розташованим в l

$$q_{it} = \sum_i Q_{it}(N_t) \Omega_{l,t}^s(N_t), \text{ якщо } m_j = SC$$

3.4. Моделювання функції вартості фулфілменту

Вартість виконання замовлень складається з трьох компонентів: (i) витрати на доставку, (ii) витрати на оплату праці при обробці замовлення та (iii) постійні витрати на основні засоби, що складаються з орендної плати та витрат на перевантаження.

Почнемо з вартості доставки, яка складається з двох компонентів. По-перше, це «вартість відстані», яка вважається лінійною функцією відстані доставки. По-друге, замовлення, які маршрутизує продавець через власні центри сортування, так звані «вертикально інтегровані центри», тягнуть за собою постійне зниження вартості доставки на замовлення порівняно з неінтегрованими замовленнями.

Це призводить до такої загальносистемної функції вартості доставки:

$$C_t(N_t) = \theta_d \cdot \left(\sum_l \sum_i Q_{it}(N_t) \Omega_{l,t}^s(N_t) d_{il} \right) + \theta_{vi} \cdot \left(\sum_j q_{jl} (m_j = SC) \right) \quad (3.13)$$

$$C_t(N_t) = \theta_d \cdot D_t(N_t) + \theta_{vi} \cdot Q_t^{vi} N_t$$

де d_{il} – це відстань доставки в кілометрах від області i до центру l і загалом, відповідно, а $Q_{tvi}(N_t)$ – обсяг вертикально інтегрованих замовлень. Якщо $\theta_d > 0$, продавець може знизити вартість доставки для певної області, відкриваючи

центри повноцінного обслуговування нових локацій, скорочуючи відстань до найближчого скупчення, або за рахунок розширення ємності найближчого центру, тим самим збільшуючи ймовірність доступності продукту в найближчому центрі.

Якщо $\theta_{vi} < 0$, витрати на доставку можна ще зменшити, якщо розташувати центр сортування поблизу існуючого фулфілмент центру. Це створює взаємодоповнюваність у виборі центру сортування та місця розташування закладу фулфілменту. Щільність мережі та вертикальна інтеграція відображають ідею, що продавець може знизити вартість доставки за рахунок зменшення її залежності від незалежних перевізників або за рахунок зниження відстані, яку повинні подолати вантажовідправники, що, у свою чергу, дозволяє продавцю чинити понижувальний тиск за домовленими тарифами або шляхом сортування товару власними силами.

Витрати праці на обробку замовлень моделюємо за допомогою функції Кобба-Дугласа [], в результаті чого отримуємо наступні функції попиту на робочу силу для кожного типу об'єктів:

$$L_{jt}(N_t) = A_{mj}q_{jt}(\varphi^\varepsilon) \quad (3.14)$$

де $q_{jt}(\varphi)$ задається рівнянням (3.14), A_{mj} – продуктивність об'єкту типу m_j . Загальні витрати на працю отримуються шляхом агрегування витрат за всіма об'єктами:

$$C_t(N_t) = \sum_j \sum_l \beta_{lt} L_{jt}(N_t) l(l_j = l) \quad (3.15)$$

де β_{lt} – річна заробітна плата в області l . Важливо, якщо $\varepsilon < 1$ технологія виробництва демонструє економію на масштабі. Тому, окрім розміщення об'єктів у районах із низькою заробітною платою, продавець може знизити вартість робочої сили за рахунок концентрації повноцінних можливостей у кожному центрі фулфілменту.

Постійні витрати на експлуатацію мережі N_t визначаються як:

$$F_t(N_t) = \sum_j \sum_l k_j \cdot (r_{lt} + k) = C_t^r(N_t) + \sum_i \sum_l k_j \quad (3.16)$$

C_t^r – це фіксована вартість площі, яка масштабується зі ставкою оренди r_{lt} . Параметр k визначає, як збільшується фіксована вартість квадратного метра при збільшенні щільності населення місця l . Такі витрати відображають або перевантаження, або помилку вимірювання орендних ставок, і те й інше ймовірно, більш виражені для великих об'єктів.

Об'єднання доходів і різних компонентів витрат дає уявлення про поточні доходи фулфілмент-оператора, пов'язані з мережею відповідних центрів N_t

$$\omega(N_t) = \mu_t \cdot R_t(N_t) - C_t(N_t) - L_{jt}(N_t) - F_t(N_t) \quad (3.17)$$

Цікавим стає розуміння торгівлі, пов'язаної з вибором місця розташування кожного нового об'єкту, що залежить від кількості та характеристик об'єктів, що будуються щороку. Характеризуємо розширення мережі як результат рішення проблеми умовної динамічної оптимізації з ідеальним передбаченням:

$$F(a) = \max \sum_{i=0} \beta_t \omega(N_t) \quad (3.18)$$

$$\sum_j 1(a_j = t) = n_t^0 - n_{t-1}^0 \quad (3.20)$$

де $\beta = 0,95$ – це коефіцієнт дисконтування, а $n_t^0 - n_{t-1}^0$ – кількість відкритих закладів, що спостерігається в період t . Рішення цієї проблеми, яке описує оптимальне розгортання мережі, за виявленої переваги задається a_0 .

3.5. Висновки до розділу 3

У роботі представлена економіко-математична модель фулфілменту із визначенням взаємодії попиту на продажі із розташуванням фулфілмент-операторів (центрів). Конфігурація мережі доставки, у тому числі, відстані від споживачів товару до найближчих центрів фулфілменту формує їх готовність до даного наближення якомога швидше. Натомість представлена модель дозволяє рівномірно покращити швидкість доставки в різних місцях через фіксований ефект ξ_{kt} на рівні режиму. Відносно короткий вимір часових рядів отриманих даних не дозволяє самостійно визначити, як витрати змінюються залежно від сукупного розміру мережі N_t . При оцінці функції витрат враховуються усереднені переваги для продавця. Зміни, на які ми покладаємося при оцінці, впливають лише на розташування окремого об'єкта торгівлі в певному році, але не змінюють загального розміру дистриб'юторської мережі. Аналогічно, альтернативні варіанти мережі розглядаються як невеликі відхилення поточної мережі, що свідчить про те, що малоймовірно, що продавець або конкуренти будуть корегувати якість, ціни або сукупний асортимент, усі з яких підраховуються у відповідь в ξ_{kt} .

У моделі також допускається, що продавець має ідеальне передбачення щодо майбутнього попиту та умов постачання, припущення, яке є загальним для подібних досліджень. На практиці, звичайно, важко представляти точні очікування компанії щодо умов попиту та пропозиції для певної вибірки замовлень. В оцінці внеску в доставку та загальні витрати на рішення щодо розгортання мережі компанії, використовується лише оптимальність термінів відкриття кожного об'єкта протягом періоду досліджень, обрання місця доставки та їх загальної кількості в кінці відповідної вибірки. Ринкові умови після вибірки, наприклад, вихід або розширення конкуренції електронної комерції, що може призвести до стримування проникнення вибраного розміру та конфігурації розподільної мережі, таким чином, не впливають на загальну оцінку фулфілменту. Друга перевага використання оптимальності термінів

відкриття об'єктів, а не оптимальності кількості об'єктів, полягає в тому, що з'являється можливість знехтувати неспостереженими непотрібними витратами або вигодами на відкриття об'єктів, за умови, що вони однакові для всіх об'єктів. Таким чином, абстрагуємося від місця розташування – конкретні неспостережувані невідповідні витрати на відкриття точки доставки.

Моделювання фулфілменту показало переваги вертикальної інтеграції на сортування, роблячи вартість доставки залежною від того, чи відбувається доставка через внутрішній сортувальний центр. Хоча цього не було досліджено окремо, переваги від використання технології внутрішнього сортування, виникають за двох причин. Існує економічний ефект від фулфілменту в обхід вантажовідправників, які мають значну ринкову владу. Репутаційні занепокоєння продавця внаслідок затримки доставки викликають у компанії побоювання щодо інвестицій у власну мережу.

Дані про попит і мережу також недостатньо деталізовані, щоб розрізняти види товарів. Зроблено припущення, що ємність виробничого кластера фулфілменту впливає лише на ймовірність доступності продукту, а не на асортимент продукції в окремому кластері. Таким чином, залежно від можливостей фулфілмент-оператора, усі кластери несуть у собі певний асортимент продукції.

У міру підвищення продуктивності фулфілменту через, наприклад, автоматизацію, можна переоцінити важливість ефекту масштабу для нього. При цьому з боку конкурентів фулфілмент-оператора, як правило, практично відсутня детальна інформація про розташування їх розподільних засобів. З боку попиту, зазвичай зростає конкуренція у режимах доставки, що може бути загальносистемного покращення надійності доставки та/або її швидкості через інвестиції в мережу у відповідь на загальний розмір мережі.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВИКОНАННІ ЗАМОВЛЕНЬ

4.1. Важливість визначення показників охорони праці

Усі бізнес-процеси повинні мати визначену ключову продуктивність, яка контролюється та вимірюється, а також відповідати вимогам охорони праці. Такий підхід дозволяє проводити активне вимірювання провідних показники безпеки з метою постійного вдосконалення технологічного процесу. Основні цілі реалізації заходів з охорони праці полягають у зниженні ризику (ймовірності виникнення) і зменшення наслідків небажаних подій.

Найчастіше спостерігаються лише небажані події (травми, професійні захворювання, летальні випадки, захворювання), які вимірюються з усіма їх характеристиками, такими як втрачені робочі години та інші витрати, як продуктивність гігієни та безпеки праці. Однак дана продуктивність охоплює набагато ширшу область, наприклад, планування, здійснення ключових навчальних та навчальних заходів, участь керівництва у сфері охорони праці, культура безпеки, культура діалогу між учасниками системи охорони праці (роботодавець, профспілка, робітники), управління людськими ресурсами та подібне. Охорона праці є невід'ємною частиною виконання кожного робочого процесу і організаційної структури бізнес-системи в цілому. Сучасний бізнес і бізнес управління процесами має тенденцію до стандартизації всіх процедур, а також процедур, пов'язаних з професійною безпекою. Такий підхід дозволяє створити додаткову вартість, конкурентоспроможність і продуктивність бізнес-системи.

Підвищення ефективності та результативності управління системи охорони праці означає зменшення кількості небажаних подій і всіх витрат, пов'язаних з небажаними подіями, такими як нещасні випадки та травми на виробництві, смертельні випадки, аварії у навколишньому середовищі, скидання небезпечних речовин, утворення небезпечних відходів, споживання енергії, виробничі небезпеки та всі інші негативні наслідки.

Ефективна система охорони праці є одним із показників успішної діяльності організації як цілого, і підвищення рівня ефективності цієї системи сприяє досягненню бізнес-цілей.

Ключовими показниками гігієни та безпеки праці є числові показники, які повинні забезпечити керівництво бізнес-системи інформацією про те, що сталося за попередній період і які проблеми та труднощі є у забезпеченні гігієни та безпеки праці. На основі цієї інформації, відповідна бізнес-система коригує свою реакцію на зміни гігієни праці та безпеки. Для вимірювання прогресу використовуються ключові показники безпеки праці, певні цілі охорони здоров'я та безпеки або моніторинг тенденцій, пов'язаних з діяльністю організації бізнесу. Індикатори надають інформацію про те, що відбувається навколо бізнес-системи, наскільки вона конкурентна з точки зору охорони праці. Визначені основні показники безпеки праці підлягають змінам і може бути змінені. Деякі показники будуть виключені з моніторингу, а нові будуть включені залежно від заявлених потреб та умов у гігієні праці та системи безпеки. Ключові показники орієнтовані не тільки на минуле, а й на майбутнє і, в першу чергу, на профілактику. З позиції успішності системи охорони праці в бізнес-системі, профілактика є домінуючою метою.

Профілактичні заходи включають заплановані або вжиті заходи в усіх робочих процесах роботодавця з метою запобігання або зменшення ризиків на роботі. Профілактичні заходи, робота і виробничі процедури, які застосовує роботодавець на основі оцінки ризику, повинні забезпечувати найвищий можливий рівень охорони праці працівників. Охорона праці повинна бути включена в усі робочі процеси роботодавця та на всіх рівнях організації та управління. У процесі організації робочого процесу і доручаючи роботу працівнику, роботодавець зобов'язаний враховувати всі здібності працівників, які можуть вплинути на захист його здоров'я та безпеки на роботі.

4.2. Шляхи підвищення безпеки праці у центрах розподілу

Працівники центру розподілу стикаються з різними ризиками, включаючи важке обладнання та сортувальну тару, роботу з електроприладами. Забезпечити безпеку цих працівників можна за допомогою практичних і простих у реалізації процесів.

Ефективна безпека на місці починається з оцінки існуючих ризиків і процедур безпеки. Хорошою відправною точкою є ретельна інструкція щодо визначення зон ризику та потенційних загроз. Звичайним кроком є запит на оцінку безпеки для всього об'єкта або окремих частин обладнання, наприклад промислових дверей. Це дозволяє менеджерам скористатися перевагами зовнішнього погляду на безпеку центру розподілу, допомагаючи точно визначити ризики та загрози, які інакше можна було б упустити.

Як тільки будуть визначені основні ризики, з якими стикаються працівники, менеджери можуть уточнювати політику безпеки та методи навчання свого центру. Навчання працівників ризикам, з якими вони стикаються, і тому, як залишатися в безпеці, використовуючи таку інформацію, як найкращі методи, стратегії ідентифікації ризиків, засоби індивідуального захисту та ефективну роботу з обладнанням, є важливим для забезпечення безпеки центру розподілу. Найкраще навчання буде індивідуальним для співробітників на основі їхньої ролі, наявних знань та обов'язків.

Не кожен засіб індивідуального захисту або захисне спорядження можуть забезпечити необхідний захист працівників. Наприклад, менеджери можуть захотіти інвестувати у ворота, щоб підвищити безпеку, коли вантажні автотранспортні засоби можуть в'їжджати або виїжджати із відповідної зони. Відповідний бар'єр слід вибирати на основі його рейтингу проникнення – типу стандартизованої оцінки, яка описує, скільки сили необхідно для того, щоб транспортний засіб зазнав пошкоджень. Низький бал означає, що бар'єр не може належним чином захистити працівників від небезпеки. Оцінка ризиків і

аудит безпеки допоможуть визначити, з якими загрозами можуть зіткнутися працівники, і рівень захисту, який їм може знадобитися.

Упаковка, палети та інші матеріали можуть значно ускладнити орієнтацію на складі. Ефективне ведення господарства часто є чудовим способом підвищення безпеки на робочому місці. Заохочення менеджерів і співробітників прибирати сміття, коли це можливо, допоможе очистити підлогу складу від сміття, зробить більшість завдань і роботу важкої техніки набагато безпечнішою. Менеджери також повинні стежити за іншими перешкодами, такими як вільні килимки, сміття або кабелі, розміщені на доріжках. Закріплення, зняття або накриття цих предметів допоможе забезпечити безпечну навігацію для співробітників, незалежно від того, чи ходять вони по об'єкту або керують важким обладнанням, як-от навантажувач.

Значну частину складських травм становлять скелетно-м'язові розлади, так звані травми від повторюваного навантаження. Вони викликані повторюваними, незручними рухами або тисненням на суглоби та м'язи працівника. Ергономіка робочого місця може допомогти знизити ризик розвитку таких захворювань, наприклад, підняття ваги з ніг, а не зі спини. Найкращі методи переміщення важких пакетів, роботи з механізмами протягом тривалого періоду або навіть переміщення на робочому місці можуть зменшити розвиток скелетно-м'язових розладів.

Навчання та обладнання можуть забезпечити захист навіть в тому випадку, якщо працівники вважають, що вони можуть не дотримуватись процедур безпеки або іншим чином працювати небезпечно. На робочому місці працівники з культурою безпеки розуміють, як їхні дії впливають на них самих і на оточуючих людей. Вони також знають про кроки роботодавця для покращення їхнього добробуту. Ці працівники, швидше за все, візьмуть на себе провідну роль у тому, щоб зробити об'єкт безпечнішим для роботи. Культура безпеки також гарантує, що обладнання правильно використовується, а працівники та керівники користуються перевагами наявних у них інструментів.

Часто прості коригування процедур безпеки та відповідності можуть убезпечити працівників розподільчого центру. Такі невеликі зміни, як запровадження нових стандартів безпеки, прибирання сміття та дотримання ергономічних правил роботи, можуть захистити співробітників від поширених ризиків. Більш ефективне навчання та постачання захисного обладнання можуть допомогти убезпечити працівників від більш серйозних ризиків, таких як важке обладнання, електрика та хімічні небезпеки.

ВИСНОВКИ

У роботі представлена оптимізаційна модель процесу виконання заказів, яка відрізняється можливостями планування виробництва та постачання фулфілмент-операторів з мінімізацією затримки, викликаній накопиченням замовлень.

4. Розглянуті теоретичні засади фулфілменту: основні поняття, проблеми, які виникають при неефективних процесах виконання замовлень, основні моделі виконання заказів.

5. Розроблена та описана модель, яка дозволяє визначити оптимальний час початку виробництва та розподілу товарів для індивідуальних клієнтів. Проаналізовано та наведено приклади математичної моделі для мінімізації максимальної затримки у виконанні замовлень клієнта, мінімізації загальної затримки та мінімізації витрат на логістику через ці затримки.

6. Розроблена економіко-математична модель фулфілменту із визначенням взаємодії попиту на продажі відповідно до розташування фулфілмент-операторів. Математичний апарат моделі складається із:

- математичного опису мережі розподілу,
- функції витрат споживачів,
- рівняння витрат в області i в режимі k по відношенню до офлайн-продажів,
- формули сукупного доходу для фулфілмент-операторів,
- логіт-моделі попиту, яка дозволяє прогнозувати кількість замовлень, які надходять із відповідної області i ,
- матриці потоків замовлень,
- функції вартості фулфілменту.

4. Представлена економіко-математична модель дозволяє рівномірно покращити швидкість доставки для різних споживачів продукції через визначення фіксованого ефекту ξ_{kt} на рівні режиму доставки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Caro, Felipe & Kök, A. & Martínez-de-Albéniz, Victor. (2019). The Future of Retail Operations. *Manufacturing & Service Operations Management*. 22. 10.1287/msom.2019.0824.
2. Croxton, Keely. (2003). The Order Fulfillment Process. *International Journal of Logistics Management*, The. 14. 19-32. 10.1108/09574090310806512.
3. Gallino, Santiago. (2013). *Empirical Studies In Retail Operations*.
4. Govindarajan, Aravind. (2019). *Essays on E-Commerce and Omnichannel Retail Operations*.
5. Yong-Wu Zhou, Xiong Zhang, Yuanguang Zhong, Bin Cao, T.C. Edwin Cheng, Dynamic pricing and cross-channel fulfillment for omnichannel retailing industry: An approximation policy and implications, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Volume 156, 2021.
6. Hübner, Alexander & Amorim, Pedro & Fransoo, Jan & Honhon, Dorothee & Kuhn, Heinrich & Albeniz, Victor & Robb, David. (2021). Digitalization and omnichannel retailing: Innovative OR approaches for retail operations. *European Journal of Operational Research*. 294. 10.1016/j.ejor.2021.04.049.
7. Hübner, Alexander & Hense, Jonas & Dethlefs, Christian. (2022). The revival of retail stores via omnichannel operations: A literature review and research framework. *European Journal of Operational Research*. 10.1016/j.ejor.2021.12.021.
8. Méndez-Suárez, Mariano & Monfort, Abel. (2021). Marketing Attribution in Omnichannel Retailing. 10.1007/978-3-030-76935-2_14.
9. Millstein, Mitchell & Bilir, Canser & Campbell, James. (2021). The Effect of Optimizing Warehouse Locations on Omnichannel Designs. *European Journal of Operational Research*. 10.1016/j.ejor.2021.10.061.
10. Kuhn, Heinrich & Schubert, Daniel & Holzapfel, Andreas. (2020). Integrated Order Batching and Vehicle Routing Operations in Grocery Retail – A

General Adaptive Large Neighborhood Search Algorithm. *European Journal of Operational Research*. 294. 10.1016/j.ejor.2020.03.075.

11. Nguyen, Dung & De Leeuw, Sander & Dullaert, Wout. (2017). Consumer Behaviour and Order Fulfilment in Online Retailing: A Systematic Review. *International Journal of Management Reviews*. 20. 10.1111/ijmr.12129.

12. Goedhart, Joost & Haijema, René & Akkerman, Renzo. (2021). Inventory rationing and replenishment for an omni-channel retailer. *Computers & Operations Research*. 140. 105647. 10.1016/j.cor.2021.105647.

13. Transchel, Sandra & Buisman, Marjolein & Haijema, René. (2021). Joint assortment and inventory optimization for vertically differentiated products under consumer-driven substitution. *European Journal of Operational Research*. 301. 10.1016/j.ejor.2021.09.041.

14. Wang, Juan & Zheng, Bowen & Liu, Hefu. (2020). Satisfying consumers all around: a multidisciplinary view of omnichannel retail. *Industrial Management & Data Systems*. ahead-of-print. 10.1108/IMDS-08-2020-0452.

15. Jiu, Song. (2022). Robust omnichannel retail operations with the implementation of ship-from-store. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 157. 102550. 10.1016/j.tre.2021.102550.

16. Yang, Daojian & Zhang, Xiujie. (2020). Omnichannel operations with ship-from-store. *Operations Research Letters*. 48. 10.1016/j.orl.2020.03.009.

17. Zhang, Juzhi & Xu, Qingyun & He, Yi. (2018). Omnichannel retail operations with consumer returns and order cancellation. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 118. 308-324. 10.1016/j.tre.2018.08.006.