**ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ АСОРТИМЕНТОМ І ЗАПАСАМИ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ**

**Дейнека Богдан**

**ЗМІСТ**

ВСТУП…………………………………………………………………………3

РОЗДІЛ 1. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ УПРАВЛІННЯ АССОРТИМЕНТОМ І ЗАПАСАМИ У РОЗДРІБНІЙ ТОРГІВЛІ…………7

* 1. Аналіз ролі асортименту та запасів у роздрібній торгівлі…………7
	2. Аналіз наукових підходів управління асортиментом та товарними запасами у роздрібній торгівлі……………………………………….10
	3. Опис формальних методів управління асортиментом у роздрібній торгівлі та методів управління товарними запасами……………..20

РОЗДІЛ 2. ОПТИМІЗАЦІЯ АССОРТИМЕНТУ ТОВАРІВ У РОЗДРІБНІЙ ТОРГІВЛІ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕННОСТІ…………………………...32

2.1. Постановка задачі визначення оптимального асортименту товарів у торгових організаціях………………………………………………………32

2.2. Приклад розв'язання задач методами знаходження оптимального асортименту товарів………………………………………………………..40

2.3. Управління запасами товарів на основі теорії масового обслуговування……………………………………………………………..61

РОЗДІЛ 3. ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ЗАВДАННЯХ УПРАВЛІННЯ АССОРТИМЕНТОМ І ТОВАРНИМИ ЗАПАСАМИ…...65

3.1. Математичне та алгоритмічне забезпечення підтримки прийняття рішень у задачі управління асортиментом та запасами…………………65

3.2. Інформаційно-логічна модель завдання управління асортиментом та товарними запасами………………………………………………………..84

ВИСНОВКИ…………………………………………………………………88

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…………………………………...90

ВСТУП

В даний час у зв'язку з розвитком ринкових відносин і виникненням різних форм власності, роздрібна торгівля, як і вся торгова галузь в цілому, стає самостійною сферою діяльності людей, коли кожне торгове підприємство працює на основі повної самоокупності. Це значно підвищує зацікавленість торгових підприємств у ефективності своєї діяльності.

У конкурентній боротьбі торгові підприємства прагнуть забезпечити близькість своїх товарів до споживача, високий рівень обслуговування і якість товарів, що пред'являються. Але ефект від виконаної роботи часто перекреслюється неправильно сформованим асортиментом товарів і неправильно вибудуваною стратегією управління товарними запасами, що призводить до збільшення часу звернення товарів, збільшення витрат на зберігання запасів, скорочення прибутку торгових підприємств.

У умовах функціонування однією з найважливіших напрямів підвищення ефективності роздрібної торгівлі стає завдання значного вдосконалення управління асортиментом і товарними запасами – їх оптимізація з урахуванням математичних моделей, що пов'язують показники ефективності торгових підприємств із наявними ресурсами.

У той же час, звертає на себе увагу недостатня розробленість теорії та методології управління асортиментом і запасами товарів в умовах імовірнісного характеру попиту на товари. Немає надійних методик визначення найкращого асортименту товарів, їх обсягів, розмірів партій постачання товарів, особливо в умовах невизначеності, без яких торгове підприємство не може стабільно функціонувати в умовах ринку.

Доцільність проведення такого роду дослідження для підприємств роздрібної торгівлі з багатономенклатурним асортиментом обумовлено вимогами скорочення часу обороту товарів, зменшення витрат на створення і зберігання запасів в умовах задоволення попиту покупців і отримання високого прибутку. Крім того, в умовах, коли роздрібна торгівля впливає практично на всі галузі народного господарства, розробка методів та алгоритмів управління процесом формування асортименту та обсягів товарних запасів та їх планування стає найважливішою частиною проблеми підвищення ефективності економіки країни в цілому.

Вивченню питань формування системи управління товарним асортиментом, її впливу на майбутній розвиток та конкурентні позиції торговельного підприємства присвячені праці багатьох зарубіжних вчених-економістів, зокрема Н. Каллена, Б. Бермана, Дж. Еванса, М. Саллівана, Д. Едкока, Л. Вейтца, В. Снегірьової, Ф. Панкратова, Г. Серьогіної, О. Бузукової та ін. Проте, існуючі розробки здебільшого носять описовий характер або стосуються організаційно-технічних заходів з формування товарного асортименту. Теоретичні аспекти та методичний інструментарій формування товарного асортименту торговельного підприємства фрагментарно розглядалися вітчизняними вченими А.А. Мазаракі, Н.М. Ушаковою, Л.О. Лігоненко, Л.В. Балабановою, А. В. Трояном, ін.

Проте досі управління асортиментом товарів у роздрібній торгівлі розглядалося вітчизняними та зарубіжними дослідниками окремо від завдання управління товарними запасами.

Хоча, очевидно, що система управління товарними запасами тісно пов'язана з асортиментною політикою торгової організації, що надає як прямий, так і опосередкований вплив на загальні фінансові результати торговельного підприємства.

Все вище перераховане становить актуальність досліджень в області управління асортиментом і товарними запасами, а також необхідність вироблення механізмів їх оптимізації.

**Метою кваліфікованої** **роботи** є підвищення ефективності функціонування підприємств роздрібної торгівлі за рахунок вдосконалення методів і моделей визначення оптимального асортименту і найкращої стратегії управління товарними запасами, які враховують імовірнісний характер попиту і легко реалізуються на ЕОМ.

Актуальність дослідження визначила постановку та вирішення наступних завдань:

- Визначити роль і місце асортименту та товарних запасів у діяльності підприємств роздрібної торгівлі;

- дати оцінку існуючих методів складання асортименту та управління запасами та перспектив їх застосування для підприємств роздрібної торгівлі з багатономенклатурним асортиментом;

- розробити систему взаємопов'язаних моделей знаходження оптимального асортименту товарів та оптимізації управління товарними запасами для різних умов функціонування торгових підприємств, здатні ефективно функціонувати в умовах невизначеності і великої динаміки ринку;

**Наукова новизна полягає:** Отримані аналітичні та наближені вирази для обчислення параметрів системи масового обслуговування товарними запасами дозволили сформувати критерії оптимальності, поставити завдання управління товарними запасами і знайти оптимальні стратегії управління.

Наведені моделі та алгоритми підтримки прийняття рішень, необхідні для практичної реалізації розроблених в роботі методів і моделей. Показано, що одним з визначальних умов при розробці системи управління асортиментом і товарними запасами є автоматизація процесів підтримки прийняття рішень, що дозволяє мінімізувати трудомісткість обробки даних і негативний вплив людського фактора

**Методи досліджень.** Результати кваліфікаційної роботи отримані на інформаційно-логічній моделі підтримки прийняття рішень, яка графічно відображає логічну структуру рішення завдання управління асортиментом і товарними запасами.

**Апробація роботи.** Основні результати роботи доповідалися на ІІІ Міжнародній науково-практична конференції «Сучасні наукові дослідження: досягнення, інновації та перспективи розвитку» (29-31 серпня 2021 р.) MDPC Publishing, Берлін, Німеччина. 2021.

**Структура і обсяг роботи.** Робота складається з вступу, трьох розділів і короткого викладу основних результатів, містить 98 сторінок машинописного тексту, у тому числі 12 малюнків і 12 таблиць, список літератури зі 68 найменувань.

РОЗДІЛ 1. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ УПРАВЛІННЯ АССОРТИМЕНТОМ І ЗАПАСАМИ У РОЗДРІБНІЙ ТОРГІВЛІ

* 1. *Аналіз ролі асортименту та запасів у роздрібній торгівлі*

Асортимент товарів - це вся сукупність товарів, що реалізуються торговим підприємством, що включає перелік видів та співвідношення різних видів товарів у торговому підприємстві, що відрізняються за окремими ознаками [13].

Широкий асортимент дозволяє задовольнити потреби різних купівельних сегментів по одному виду товарів і в запропонованому діапазоні цін, а також стимулювати здійснення покупок в одному місці. Однак одночасно він вимагає вкладення ресурсів та знань у різні категорії товарів.

Асортимент – це номенклатура товарів. Номенклатура буквально означає перелік найменувань. Продавець може пропонувати покупцям товари одного чи багатьох виробників, залучаючи номенклатури товарів кожного виробника у повному обсязі чи частково. Номенклатура може мати укрупнений характер. Так, в універсальному магазині можуть продаватися товари побутової та електронної техніки, чоловічий, жіночий і дитячий одяг і т.п. Фактично – це асортиментні групи, а номенклатура є перелік асортиментних груп.

Традиційно під управлінням асортиментом (товарно-асортиментною політикою) розуміється діяльність з знаходження номенклатури товарів і товарних груп, які користуються найбільшим попитом на ринку і забезпечують економічну ефективність діяльності торгових підприємств в цілому [27].

Основними цілями формування асортименту в торгових організаціях є:

1) задоволення запиту споживачів;

2) оптимізація економічних показників діяльності підприємництва.

Управління товарним асортиментом є найважливішою функцією в діяльності кожного торгового підприємства. Неоптимальна структура асортименту призводить до скорочення прибули, втраті своїх ключових позицій на ринку, і до зниження економічної стабільності підприємства.

Планування асортименту товарів є «точкою старту» для розробки інших планів: фінансовий, план по управлінню персоналом, по логістиці та т.д. Тому ефективність функціонування підприємства багато що залежить від використовуваних підходів планування товарного асортименту.

Товарні запаси в роздрібній торгівлі уявляють собою товари різних названих, що знаходяться «службовців у каналах сфери звернення, для продажу і для задоволення потреб споживачів» [2,19]. Любий товар відноситься до товарним запасам ввести до моменту продажу.

У роздрібній торгівлі товарні запаси «грають роль багатоаспектного фактора, впливаючи на кінцеві результати діяльності будь-якого підприємства чи фірми, забезпечуючи стійкість їх функціонування в умовах конкурентної середовища. Товарні запаси є важливим елементом ресурсного потенціалу торгового підприємства, складовою важливою частиною його активів. Для забезпечення неперервності процесу звернення товарів необхідно, щоб частину товарних ресурсів постійно знаходилась в стані товарного запасу» [9, 17].

Формування товарних запасів пов'язано з значними фінансовими витратами торгового підприємства, а їх загальна кількість говорить про економічні можливості підприємств. Тому структура і рівень товарних запасів показують стан «здоров'я» будь-якого підприємства, фірми.

У ринкових умовах торгові підприємства змушені йти на створення товарних запасів. Крім того, запас направлень на забезпечення непереривності звернення товарів між черговим поповненням запасів.

Наступним важливим фактором є можливість збільшення продажів об'єктів та прибутку для обліку деякого запасу товарів, які можна запропонувати споживачу. Навіть регулярно при нерегулярному виробництві товарний запас дозволить забезпечити потребу товару.

За наявності великої кількості товарів у підприємства відкривається можливість отримання додаткового прибутку за рахунок зниження оптової ціни. Саме запас товарів забезпечує це перевага.

Необхідність створення запасів пов'язано також з умовами транспортних товарів. Багато товарів не вигідно транспортувати малими партіями, тому найчастіше доставку товарних запасів здійснюють у великих кількостях. Крім того, товарний запас гарантує стабільність функціонування підприємств у разі виникнення перебоїв у поставках.

Таким чином, навіть при виявленні випадкових чи непередбачених факторів, пов'язаних із зміною покупців, порушенням термінів постачання товару, наявності фінансових для поповнення товарів – запас є гарантією непереривності товарного звернення.

У той же час збиток товарного запасу може стати джерелом чистих втрат. Залишкові запаси призводять до заморожування оборотних засобів, товарного потенціалу, збільшення запасів, пов'язаних із зберіганням, страховкою або описом товарів за дотриманням граничного строку придатності, зниження ефективності використання матеріальних ресурсів.

Таким чином, правильне планування та управління товарними запасами стає життєво необхідним для успішного функціонування торгових підприємств.

Очевидно, що для ефективного функціонування торговельного підприємства стає необхідним науковий підхід до управління товарними запасами, що дозволяє знаходити оптимальні структуру та рівень товарних запасів у мінливих умовах, пов'язаних з «турбулентністю» ринку, і забезпечувати торговому підприємству прибуток і рентабельність.

* 1. *Аналіз наукових підходів управління асортиментом та товарними запасами у роздрібній торгівлі*

За наявності на оптових базах двох видів товарообігів: зовнішнього та внутрішньо-системного співробітники складу були зацікавлені, в першу чергу, у перевиконанні плану зовнішнього товарообігу. Намагаючись якнайшвидше реалізувати наявну продукцію, віддавали її в магазини часто в кількостях, що перевищують зазначені в заявках, що призводило до затоварювання товару в одних магазинах і дефіциту в інших.

У роздрібній торгівлі замовлення на товари встановлював завідувач магазином, у своїй номенклатуру і кількість товарів він визначав найчастіше інтуїтивно, з досвіду своєї роботи.

Товари доставлялися до магазинів двома шляхами: централізовано чи децентралізовано. За наявності достатньої кількості автомашин на оптовій базі доставка товарів здійснювалася централізовано. Вона дозволяла складу швидко, регулярно і ритмічно постачати магазини необхідними товарами. За централізованої доставки товарів покращувалося обслуговування населення, оскільки завідувач магазином не виїжджав за товаром. Це особливо важливо було для магазинів сільської місцевості, де виїзд завідувача товару фактично приводив до закриття магазину цього дня. Зосередження транспорту на оптових базах і вищий рівень централізації доставки товарів вважалася найбільш доцільною формою постачання підприємств роздрібної торгівлі.

Але не на всіх складах кількість автомашин була достатньою, щоб у повному обсязі забезпечити доставку товарів до магазинів. Тому практикувалась і децентралізована доставка з використанням транспорту магазинів та інших установ.

Досвід впровадження методів управління асортиментом та товарними запасами на основі математичних методів та моделей був надзвичайно малий. В умовах планової (директивної) економіки методи управління асортиментом та товарними запасами у роздрібній торгівлі не мали шансів на практичне застосування з низки причин. Робота торгових підприємств і закупівельних організацій була орієнтована насамперед те що, щоб рівень товарів не відхилявся від встановленого нормативу, особливо у його перевищення. У прискоренні оборотності товарів був зацікавленості з низьких витрат за зберігання та утримання складських приміщень, і навіть низької ставки за кредитами закупівлю товарів.

Основним критерієм ефективності роботи торговельного підприємства була якість обслуговування поза зв'язком з економічною ефективністю діяльності підприємства. В умовах планової економіки торгові підприємства не могли впливати на асортимент, на співвідношення між оптовими та роздрібними цінами (між цінами закупівлі та цінами реалізації), на час та розмір партії постачання. Ціни встановлювалися директивно, регламентація взаємин між торговим підприємством та промисловістю не забезпечувала багатоваріантності.

Перехід від централізованого управління економікою до ринкових умов господарювання зруйнував державну систему управління підприємствами та з її елементів: систему управління асортиментом і запасами, основу якого становило нормування запасів.

В умовах відсутності централізованого розподілу товарів у підприємств роздрібної торгівлі з'явилася можливість самостійного планування асортименту та товарних запасів, необхідних для здійснення торгових операцій, отримання відповідного фінансового результату, підвищення надійності функціонування підприємств. Змінилася інфраструктура та оптової торгівлі, немає тепер оптовиків-монополістів, на базі колишніх оптових баз утворилися численні акціонерні товариства та комерційні структури, що призвело до багатоваріантності у завданнях формування асортименту та поповнення товарними запасами. У підприємств роздрібної торгівлі, на відміну системи нормованого забезпечення товарами, з'явилася можливість самостійно вибирати постачальників, встановлювати ціну товар, віддавати перевагу тим чи іншим формам і методам управління.

Розглядаючи діючу в ринкових умовах систему управління асортиментом та товарними запасами, слід зауважити, що діяльність торгових підприємств стає досить еластичною та багатоваріантною та зводиться до наступного:

- можливість вибору джерел і форм товарного забезпечення, необхідні формування запасу, тобто товари можуть бути децентралізовано за прямими договорами в оптових торгових організаціях, зарубіжних фірмах, через товарні біржі, торговельні дома;

- самостійність у розробці та здійсненні певної політики в галузі формування асортименту, орієнтованої на попит за одночасної мінімізації власних витрат;

- можливість самостійно встановлювати ціни на реалізовані товари;

- Здійснення самостійної політики в галузі ресурсозбереження і скорочення витрат;

- прагнення до досягнення максимально можливої ​​оборотності товарів та коштів, вкладених у них з метою збільшення прибутку;

- оперативність реагування системи управління запасами на вимоги ринку загалом і індивідуальні потреби окремих покупців та його платоспроможність.

У сучасних умовах прийняття економічно обґрунтованих рішень вимагає глибокого знання кон'юнктури торгівлі, тобто умов діяльності підприємств і організацій, що склалися в певний час, викликаних коливаннями попиту та пропозиції.

У той самий час, як свідчить господарська практика, торгові підприємства рідко використовують сучасні методи управління асортиментом і запасами: одні підприємства приділяють увагу лише постачанням, інші пошукам вигідних постачальників товарів, більшість роздрібних підприємств лише підтримують певну кількість товарних запасів стосовно товарообігу. Більшість операцій, пов'язаних із формуванням асортименту та управлінням запасами, як правило, виконуються вручну. ЕОМ для обробки даних у магазинах роздрібної торгівлі, особливо в так званих «біля будинку», використовуються рідко. Співробітники магазинів, зазвичай, не знайомі зі складними математичними обчисленнями. Ці обставини накладають додаткові обмеження розробки систем управління запасами у роздрібній торгівлі.

Методи управління асортиментом поділяються на два рівні, на якому здійснюється процес управління – стратегічний та тактичний. Стратегічний рівень пов'язані з вибором стратегії управління асортиментом залежно від ринкової ситуації. Тактичний рівень пов'язаний з вибором цілком певних асортиментних найменувань на основі попиту та економічних показників щодо кожного найменування [7].

В якості наступної ознаки класифікації використовуються фактори, що впливають на асортимент. До них належать: фактори, зумовлені ринком; фактори, що залежать від можливостей та ресурсів підприємства. Залежно від обраного та вибирається метод керування асортиментом. Так, маркетологи відповідають за аналіз ринку, а за управління ресурсами підприємства та аналіз його результативності – планово-фінансова служба. На основі запропонованих ознаках класифікації методи управління асортиментом товарів, послуг, продукції можна розділити на два великі класи: маркетингові методи та моделі та планово-фінансові оптимізаційні моделі [57].

Сьогодні відомо багато маркетингових методів роботи зі способів формування номенклатури товарів (сукупність прийомів, що застосовуються в галузі управління асортиментом). Ці методи дозволяють аналізувати рівень прибутку, внесок товару в результат роботи підприємства, стабільність продажів, час існування продукту та ринку, обсяг ринку та швидкість обсягу продажів, ринкова привабливість та ефективність асортименту, час знаходження товару на ринку [27].

На рис. 1.1 показано класифікацію маркетингових методів управління асортиментом.



Одним з найпоширеніших прийомів з формування асортименту є принцип Парето, запропонований у 1906 [10]. Особливості застосування принципу Парето з метою управління асортиментом різноманітні. У загальному вигляді стосовно торгівлі це правило свідчить: «20 відсотків найменувань товарів приносить вісімдесят відсотків прибутку та, навпаки, вісімдесят відсотків асортименту товарів приносить лише двадцять відсотків прибутку». На основі такого поділу, можуть бути виділені товари, що приносять 80% прибутку і група товарів, що приносять решту 20% прибутку.

Наступним інструментом роботи з асортиментом є з'явився наприкінці 40-х років минулого століття ABC-аналіз, який ґрунтується на принципі Парето [10, 56].

Відповідно до цього підходу вся номенклатура товарів поділяється на три групи товарів - А, В і С, які відрізняються за ступенем важливості і вкладу в загальний прибуток або оборот магазину: товари групи А - самі значущі товари, які приносять 50 % прибутку чи обороту; товари групи В – середні за значимістю, які приносять ще 30% прибутку чи обороту; нарешті товари групи С - інші товари, що приносять 20% прибутку або обороту, що залишилися.

Очевидно, що для забезпечення ефективності магазину необхідно в першу чергу контролювати наявність в асортименті товару групи А. По відношенню до товарів групи B контроль може бути поточним, а стосовно товарів групи С - лише періодичним.

Наступним інструментом є XYZ-аналіз, що дозволяє аналізувати і прогнозувати ефективність продажів всіх найменувань товарів, коливання попиту на товари та обсяг споживання ресурсів магазину. Цей прийом зазвичай застосовується для ранжування і групування асортиментних позицій за ступенем прогнозованості обсягу попиту або оборотності товару [10, 22].

XYZ-аналіз багато в чому повторює АВС-анализ і ґрунтується на тому ж принципі Парето: товари поділяються на три групи - X, Y, Z, виходячи із значущості того чи іншого найменування. Чим вищий попит на товар і чим більший внесок у прибуток забезпечує той чи інший товар, тим важливіше ним управляти.

Перевага матриць, за допомогою яких задається асортимент, полягає в тому, що вони наочно демонструють процес формування варіантів асортиментної номенклатури. У той же час процес створення матриць є суб'єктивним процесом, схильний до суб'єктивних впливів, крім того матриці істотно обмежені через обмежену кількість змінних.

Призначення наступної групи методів дозволяє формувати товарний асортимент, насамперед, виходячи з цілей підприємства, а не тільки щодо зовнішнього середовища. До цієї групи належать матриці BCG [30, 44], A.D. Little [32], Hofer/Schendel [32, 29], GE/McKinsey [20], Shell/DPM [28].

Матриця BCG вперше була запропонована Бостонською консалтинговою групою наприкінці 60-х років минулого сторіччя. Основними ознаками даної матриці є динаміка зростання попиту товари, частка товару даної фірми над ринком у спільній частці товарів (ставлення товарів фірми до товарів конкурентів), обсяг вкладень у виробництво товарів, обсяг прибуток від продажу товарів тощо. У побудованій матриці BCG виділяються чотири основні групи товарів, залежно від попадання кожного конкретного товару в той чи інший квадрант матриці: «дійні корови», «зірки», «собаки» і «дикі кішки». Для кожної з отриманих груп товарів формулюється власна стратегія [30, 44].

Матриця GE була запропонована корпорацією General Electric спільно з консалтинговою фірмою McKinsey & C на початку 70-х років XX століття. Матриця GE формувалася на основі двох критеріїв: привабливість товару та ефективність асортименту [20]. Головною особливістю побудованої матриці було те, що в ній вперше для порівняння враховувалися не тільки конкретні фактори, такі як прибуток або обсяг продажу, а й такі показники як волатильність ринку, рівень технології, якість персоналу підприємства і т.д.

Наступною моделлю групи стратегічних методів стала концепція на основі життєвого циклу товару (ЖЦТ). Ця концепція була запропонована маркетологом Теодором Левітом в 1965 р. Відповідно до неї будь-який товар проходить певні стадії розвитку, починаючи з його виробництва, впровадження на ринок, сталого зростання, морального старіння та спаду [29, 31]. Виходячи з того, на якій стадії розвитку або життєвого циклу знаходиться товар і формується стратегія управління та збуту товару.

У роботі [8] показано, що формування асортименту можна здійснювати на основі аналізу коефіцієнта рангової кореляції структури асортименту. У процесі рангового аналізу кожному виду виробу (товару, послуги) присвоюють ранг відповідно до його питомої ваги в загальному об’єкт, а також ранги рентабельності. Невелике відхилення рангів вказує на раціональний асортимент у господарському відношенні. Рівень раціональності асортименту оцінюється коефіцієнтом кореляції рангів випуску і рангу рентабельності.

Ряд методів формування асортименту побудовані на основі вивчення конкурентоспроможності товару [30]. Тут слід зазначити такі моделі, як модель Розенберга, модель з ідеальною точкою, модель адекватності ринку.

Модель Розенберга побудована на споживчій оцінці товару з урахуванням його корисності для кінцевого споживача та його запитів.

На відміну від моделі Розенберга в моделі з ідеальною точкою враховується ще одна компонента або характеристика продукту, звана ідеальною з точки зору покупця продукту.

У моделі адекватності товару ринку кожному за найменування товарів формуються показники, що характеризують забезпеченість ринку даним товаром, потреба у випуску, витрачені виробництва товару ресурси. Далі на основі розробленого коефіцієнта адекватності ринку розраховуються три показники: побажання споживачів, побажання фірми та її виробничі ресурси. Чим більша відмінність коефіцієнта адекватності від нормативного значення, тим більша невідповідність даної асортиментної позиції ринку.

Узагальнюючи огляд маркетингових методів управління асортиментом можна назвати основні проблеми цієї групи методів.

По-перше, загальним недоліком всіх перелічених вище моделей формування товарного асортименту і те, що вони багато в чому будуються на суб'єктивних даних, і дозволяють сформувати асортимент найчастіше інтуїтивно, а чи не з урахуванням використання наукових методів.

По-друге, дані моделі не враховують взаємозв'язок ресурсів підприємства та сформованого асортименту товарів.

У зв'язку з цим особливе місце серед методів та моделей формування асортименту товарів займають математичні методи, що характеризуються практичною спрямованістю.

Розрізняють детерміновані та імовірнісні (стохастичні) моделі. Особливе місце серед детермінованих оптимізаційних моделей займають моделі задачі лінійного програмування (ЛП). Моделі завдання лінійного програмування застосовують для вирішення широкого кола завдань торгової практики, як-от планування товарообігу; організація раціональних закупівель продуктів харчування (завдання про суміші); заміна торгового обладнання; визначення асортименту товарів для торгової бази в силу обмежену площу зберігання; встановлення раціонального режиму роботи і т.д. [13, 14, 39].

Незважаючи на різноманітність моделей асортиментного завдання, всі їх загальному вигляді можна звести до наступного.

При заданих обсягах ресурсів (праці, витрати обігу, площі торгових залів, поставок товарних запасів та відомих нормативах витрат потрібно знайти такі - обсяги товарообігу товару товарної групи , при яких прибуток підприємства досягає максимуму або:

 (1.1)

Де – - торгова знижка, ціна та витратоємність товару товарної групи відповідно; – кількість груп товарів; – число найменувань товару у групі .

Формула (1.1) вирішується при обмеженнях, що пов'язують обсяги ресурсів та нормативи витрат, наступного виду:

 (1.2)

Де, - норматив витрат витрат торговельного підприємства на одиницю товару -ї групи товарів за статті витрат; - величина витрат по статті витрат звернення.

Існують і інші постановки задачі знаходження оптимального асортименту [76]:

* при заданій плановій величині прибутку та виконанні умов (1.2) визначити асортимент та обсяги товарообігу, що максимізують його обсяг Q:

 (1.3)

 (1.4)

Моделі у постановці задачі (1.1), (1.2) та (1.3), (1.4) знаходять широке практичне застосування у випадках, коли попит є регулярним, наприклад, на продукцію у промисловому виробництві. Якщо ж структура попиту не задана або попит є випадковою величиною, як у роздрібній торгівлі, то за обставин, що склалися, максимум обсягів товарообігу, наприклад, у постановці (1.3), (1.4) може бути отриманий за рахунок «вигідних» підприємству, але не користуються попитом товарів. Така ситуація мала місце в умовах планової економіки, коли підприємства перевиконували план товарообігу, але були затоварені продукцією, що не користується попитом. Крім того, практика показує, що асортимент товарів, сформований з припущення про детермінованість попиту, як правило, має невисоку ефективність щодо нульової ймовірності виконання плану через випадкові відхилення фактичного попиту на товари від запланованих значень.

Сформулюємо завдання «про похідний ранець» [62]. Потрібно визначити кількість та типи запасного обладнання для атомного підводного човна, які слід взяти на борт на час патрулювання. Передбачається, що час патрулювання відомий розподіл обсягу вимог (попиту) на запасне устаткування. Об'єм відсіків для зберігання запасного обладнання на підводному човні обмежений. Завдання зводиться до мінімізації середніх витрат, що з дефіцитом запасних частин.

У порівнянні з детермінованими моделями використовувати імовірнісні (стохастичні) моделі значно складніше. По-перше, виникають труднощі концептуального характеру, пов'язані з інтерпретацією самого поняття «ймовірність» та визначення критерію оптимальності. По-друге, з'являються додаткові труднощі, зумовлені особливостями математичного апарату, що використовується для вирішення стохастичних завдань. З іншого боку, в стохастичних моделях цільові функції, зазвичай, є нелінійними, і, отже, завдання оптимізації носить складніший характер.

* 1. *Опис формальних методів управління асортиментом у роздрібній торгівлі та методів управління товарними запасами*

Зародження математичної теорії управління запасами відноситься до початку минулого сторіччя. Перші системи управління запасами були розроблені стосовно запасних частин промислових підприємств [27, 32]. При розробці систем передбачалося, що попит продукції відомий з достатнім ступенем точності.

Перша математична модель, що оптимізує витрати була передставлена ​​у роботі Ф. Харріса [27]. Якщо інтенсивність реалізації продукції дорівнює од/рік, обсяг партії продукції, що постачається одномоментно для поповнення запасу - , витрати на випуск продукції - , собівартість однієї одиниці продукції – дол., а стратегія управління у тому, щоб на кожен вкладений у запаси долар на рік отримувати віддачі доларів, тоді економічний розмір замовлення дорівнює:

 (1.5)

Харріс показав, що помилки в оцінці будь-якого з параметрів, що входять до формули (1.5), не будуть серйозно впливати на ефективність практичного використання формули. Якщо фактично замовлений обсяг продукції знаходиться в межах , то загальні річні витрати будуть менш ніж на 6% перевищувати мінімальне значення. Це з тим, що у околиці точки оптимуму крива загальних витрат досить полога [39].

Перша книга, що містить систематизований виклад найпростіших моделей управління запасами з'явилася 1931 року [61].

Інтерес до цієї теми не згасає досі. Теорія управління запасами зародилася як галузь математики та переросла в практично значну проблему на рівні як математики та економіки в цілому, так і рамках кожної конкретної бізнес-одиниці.

Всі дослідження в галузі теорії управління запасами можна поділити на два основні напрямки.

Перший напрямок – економетричний [29], основна ідея якого зводиться до виробничих та нормативних компонентів запасів, які підраховуються у припущенні детермінованості попиту та процесу постачання. Цей напрямок досліджень має, більшою мірою, практичний характер. Для виявлення основних тенденцій використовуються методи економічного аналізу: індексний, ланцюгових підстановок, графічний та інші [37]. Наприклад, прийнято вважати, що ефективний товарообіг буде забезпечений товарними запасами достатньою мірою, якщо запланувати збільшення товарних запасів у розмірі, що дорівнює кореню квадратному темпи зростання купівельного попиту (товарообігу) [19]. Загалом ці тенденції можна висловити співвідношенням:

, (1.6)

Де, - темп зростання запасів; про – темпи зростання товарообігу.

Так, якщо передбачається збільшення попиту на будь-який товар чи групу товарів, то прогнозований запас цих товарів має зрости на величину, що дорівнює кореню квадратному з темпу зростання товарообігу даного товару чи групи товарів.

За допомогою методу, заснованого на співвідношенні темпів зростання товарообігу та товарних запасів розраховується товарообіг та інші показники діяльності торгових підприємств.

Або ще один підхід до прогнозування товарних запасів у рамках цього напряму [59]. Відповідно до [17] частка приросту товарообігу визначається за такою формулою:

 (1.7)

Де, – частка приросту товарообігу з допомогою інтенсивного чинника; – відсоток приросту суми товарних запасів; – відсоток приросту товарообігу.

Звідки відсоток приросту суми товарних запасів виражається наступним чином за формулою:

 (1.8)

Так, якщо передбачається наступного року забезпечити певний відсоток приросту товарообігу за рахунок прискорення оборотності коштів, вкладених у товарні запаси, то знаючи темп приросту товарообігу можна розрахувати темпи приросту суми товарних запасів на майбутній період.

У другому, теоретико-управлінському напрямі, що став переважним, немає різниці між детермінованими і стохастичними складовими запасів. Основне місце в теоретико-управлінському підході стали займати економіко-математичні моделі, прийоми математичної статистики та методи кібернетики.

Визначальним фактором у завданнях управління запасами є попит на запаси. У випадках, коли попит на запас (товар) в одиницю часу достовірно відомий, застосовуються детерміновані моделі управління запасами.

Найбільш відомим виразом для визначення товарних запасів у умовах відомого попиту є формула Вілсона [11, 39]:

 (1.9)

де – попит товару на горизонті управління; – витрати на виконання замовлення; – Витрати зберігання одиниці товару на горизонті управління.

Дійсно, якщо – витрати на виконання замовлення, а – розмір партії замовленого товару, то витрати виконання замовлення для одиницю товару становлять . Загальні витрати виконання замовлення на горизонті управління становлять (де – число замовлень на горизонті управління). Вочевидь, що зі збільшенням розміру партії витрати виконання замовлення зменшуються.

Якщо – витрати на зберігання одиниці товару на горизонті управління, то за постійної інтенсивності попиту товари загальні витрати на зберігання запасів товарів на горизонті управління становитимуть . З останньої формули видно, що зі збільшенням розміру партії загальні витрати зберігання лінійно зростають.

Оптимальним числом замовлень є число , що мінімізує вираз:

 (1.11)

Звідки:

 (1.12)

У точці екстремуму – мінімум, оскільки друга похідна позитивна. Формула Вілсона придатна лише для ідеального випадку, коли попит на товари заздалегідь відомий, рівень запасів зменшується з постійною інтенсивністю, і як він досягає нуля, негайно надходить нова партія товарів розміром . Такого на практиці управління товарними запасами зазвичай не зустрічається. У торгових організаціях доводиться регулярно стикатися з проблемами затримки часу між замовленням партії та моментом його подання. Крім того, фактичний попит на товари часто не збігається з прогнозованим, виникає дефіцит товару або має місце затоварення торгових організацій.

Крім того, формула Вілсон не враховує втрати, пов'язані з дефіцитом запасів. Проте формула Вілсона лягла основою визначення товарних запасів у низці робіт вітчизняних і зарубіжних дослідників [13, 49]. Так, у роботі [13] наводиться модель управління запасами з багатономенклатурним замовленням на основі модифікації формули Вілсона. Модель має припущення, властиві однопродуктовій моделі, що накладає багато обмежень практичного характеру, без яких достовірність розрахунків за даною формулою викликає сумніви.

Проте очевидно, що у завданнях управління товарним запасом не можна точно передбачити попит на товари. Отже, детерміновані моделі управління запасами у разі втрачають визначеність. Деякі фахівці [11] намагалися адаптувати детерміновану модель управління запасами для обліку імовірнісної природи попиту, використовуючи наближені методи, засновані на існуванні постійного буферного резерву протягом планового періоду. Розмір резерву встановлюється таким чином, щоб ймовірність виснаження запасу протягом періоду поповнення запасу (інтервалу часу між моментом розміщення замовлення та його постачанням) не перевищувала наперед заданої величини.

Стало очевидним, що для ефективного управління запасами та визначення оптимальних стратегій управління запасами необхідно враховувати ймовірнісну природу попиту. Однією з перших імовірнісних моделей управління запасами стала модель Дж. Хедлі та Т. Уайтіна [12].

Ця модель дозволяє визначити оптимальні значення точки замовлення і обсягу замовлення з урахуванням випадкового характеру попиту під час виконання замовлення з мінімізації суми трьох видів витрат: витрат за оформлення замовлення , витрат на зберігання запасу на складі , та втрат від дефіциту продукції . Загальні витрати системи управління запасами одиницю часу ,, що розраховуються за цією моделлю, мають вигляд:

(1.13)

 (1.14)

, (1.15)

 (1.16)

де – витрати на оформлення замовлення, ден.од./партію;

 – математичне очікування інтенсивності попиту за одиницю часу, нат.ед.;

 – розмір замовлення за, нат.од.;

 – витрати на зберігання одиниці виробленої продукції на складі в одиницю часу, ден.од.;

 - точка замовлення, нат.од.;

 – значення інтенсивності попиту за час виконання замовлення, натуральних одиниць;

 – математичне очікування інтенсивності попиту під час виконання замовлення, натуральних одиниць;

 – середній розмір дефіциту продукції в циклі, натуральних одиниць, що визначається як:

, (1.17)

де – щільність ймовірності інтенсивності попиту під час виконання замовлення, частки од.; – максимальне теоретичне значення інтенсивності попиту за одиницю часу, нат.од.

Одним із завдань практичної реалізації цієї моделі є обчислення середнього розміру дефіциту продукції в циклі для різних варіантів розподілу інтенсивності попиту під час виконання замовлення.

Проблема полягає в тому, що точне значення можна отримати тільки для простих теоретичних законів розподілу, які мають точну аналітичний запис функції розподілу. Наприклад, для таких як рівномірний чи експоненційний закони. У разі складніших теоретичних розподілів інтенсивності попиту (нормального, логнормального і т.п.), які мають не менше поширення на практиці, значення дефіциту продукції в циклі аналітичним методом може бути розраховано лише приблизно [33].

Якщо ж інтенсивність попиту продукцію відповідає відомим теоретичним законам і характеризується емпіричним розподілом, то застосування формули (1.17) без додаткових перетворень взагалі неможливо.

Імовірнісні моделі управління запасами отримали поширення в роботах Дж. Букана та Е. Кенінгсберга [11], Г. Вагнера [13], А. Кофмана-на [22], Н. Прабху [37], Т. Сааті [95] , Хемді А. Таха [15], Ф. Хенссменна [35], Дж. Шрайбфедера [3], В.А. Лотоцького та А.С. Мандель [29], В.А. Саковича [17], А.А. Первозванського [22], Г.В. Рубальського [30], Ю.І. Рижикова [13], Н.Д. Фасоляк [19], Г.І. Феклісова [31].

Ці імовірнісні моделі досить різноманітні, вони розрізняються як складом витрат, що враховуються (з урахуванням або без урахування дефіциту, інфляції, знижок, втрат від псування товару, природних втрат, податків на запаси тощо), так і умовами застосування (наприклад, з втратами незадоволених вимог або без їх втрат, з періодичним або безперервним контролем рівня запасів) та складом визначених змінних, таких як розмір замовлення, точка замовлення, інтервал між поставками. У той самий час аналіз робіт показує, що, зазвичай, моделі враховують випадковий характер лише однією з найважливіших характеристик системи управління запасами – інтенсивності попиту продукцію, поширюються лише однією продукт чи товар, є статичними.

Однак суттєве обмеження до практичного застосування однопродуктових моделей до практичного застосування для випадку багатономенклатурних запасів відоме і полягає в їх непридатності для вирішення завдань синтезу стратегій управління в умовах випадкового попиту та поставок [14]. Первозванський А.А. [12] доводить оптимальність дворівневих стратегій (для двох товарів). Однак він і попереджає, що навіть у будь-якому окремому випадку практичне застосування даного класу стратегій вкрай утруднене методологічними та обчислювальними труднощами.

У сучасних наукових працях [12, 16, 37, 51] також відсутнє доступне широкому користувачеві рішення цього завдання. В окремих джерелах [12, 37] незважаючи на те, що при визначенні параметрів управління запасами виробляється облік випадкового характеру попиту (у тому числі і за складними законами розподілу), однак поставлено завдання його задоволення з певним ступенем ймовірності за рахунок страхового запасу.

Заслуговує на увагу і дослідження, проведене в [16, 47], в якому для різних стратегій управління запасами розроблені аналітичні формули розрахунку оптимальних значень точки та розміру замовлення, що враховують нестохастичну невизначеність у даних та засновані на інтервальному завданні значень попиту. Однак, такий підхід не дозволяє врахувати ймовірність прийняття випадковою величиною (інтенсивністю попиту чи постачання) різних значень із заданого інтервалу, а отже, його застосування виправдане лише в умовах відсутності цієї інформації, наприклад, на стадії проектування об'єкта. Для реально ж існуючих систем, щодо яких можливий збір статистичної інформації, у разі неможливості підбору теоретичного закону, який досить точно характеризує розподіл випадкових параметрів моделі управління запасами, на наш погляд, замість інтервального способу завдання можливих значень цих параметрів доцільно використовувати їх емпіричні розподіли [33] .

Також завдання управління запасами вирішується при випадковому попиті (у тому числі і для нормального закону розподілу попиту) методом імітаційного моделювання. Багато труднощів у сфері управління запасами усуваються під час використання імітаційного моделювання, значно спрощується отримання рішення, проте авторами не наводяться математичні висловлювання і закономірності для розрахунку оптимальних значень параметрів системи управління запасами, рішення носять приватний характер, що перешкоджає широкому практичному застосуванню в реальних умовах господарювання.

У роботах [11, 54] ситуації управління запасами розглядаються як завдання масового обслуговування – не тільки в тому сенсі, що покупці можуть простоювати в черзі за товарами, а й у тому сенсі, що товари, які чекають на клієнтів, також утворюють черги . Якщо клієнтів немає, то запаси товарів збільшуються. Якщо немає черги товарів (немає запасів), покупці не обслуговуються.

Ситуації масового обслуговування (або аналогічні їм) зустрічаються також під час розгляду питань забезпечення запасними частинами, наприклад, літаків чи вантажних автомобілів. Є кілька діючих механізмів (наприклад, двигунів), кілька запасних двигунів і майстерня для ремонту несправних двигунів. Потік запасного обладнання можна розглядати як ситуацію масового обслуговування, коли двигуни очікують на ремонт, запасні механізми очікують використання, а автомобілі чекають справні запасні двигуни.

Таким чином, велика кількість завдань управління запасами можна проаналізувати за допомогою теорії масового обслуговування або пов'язаних із нею процесів. Поруч із іншими питаннями можна розглядати створення запасів проміжних продуктів, необхідні роботи виробничої лінії, і навіть управління запасами громіздких чи дорогих предметів у магазині роздрібної торгівлі.

Якщо класифікувати дослідження в галузі управління запасами за типами та видами моделей та методів для їх вирішення можна побачити такі тенденції:

- Використання методів математичного програмування в управлінні запасами [2, 5, 8, 13, 14, 24];

- розвиток стохастичних моделей та статистичних методів управління запасами [6, 13, 33, 42, 62];

- поширення адаптивного підходу та методів управління за неповними даними [11, 24];

- Використання методів теорії ігор в управлінні запасами [16];

- Дослідження багатономенклатурних систем управління запасами з корелованим попитом [6,17];

- Вивчення замкнутих за попитом систем управління запасами [11];

- розвиток методів імітаційного моделювання для аналізу та оптимізації систем управління запасами [16, 34, 38];

- Забезпечення запасами за допомогою завдання масового обслуговування [11, 28, 43, 57].

Крім математичних моделей розроблялися і стратегії управління запасами. Популярність отримали стратегії з фіксованим розміром замовлення, з фіксованим інтервалом між замовленнями, з двома контрольними розмірами запасів та з фіксованим періодом між замовленнями, з двома контрольними розмірами запасів без фіксованого періоду між замовленнями та «точно в строк» ​​[11].

При стратегії з фіксованим розміром замовлення розмір кожної партії постійний, а кожне нове постачання здійснюється з різною періодичністю. Заявка на постачання нової партії здійснюється при досягненні критичного рівня запасу, який називається «точкою замовлення». Регульованими змінними за такої стратегії є «точка замовлення» і обсяг партії замовлення.

Стратегія з фіксованим розміром замовлення ефективна для важливих та відповідальних запасів та передбачає посилений контроль за наявністю запасів, при якому може бути забезпечена швидша відповідь на можливість вичерпання запасу. Як брак цієї стратегії часто називається вимога обов'язкового обліку запасів на складі, з тим, щоб вчасно зробити замовлення і не упустити критичний рівень запасів.

Для стратегій із фіксованою періодичністю замовлення товар замовляється через рівний інтервал часу, а обсяг запасу коригується за рахунок зміни розміру партії. Розмір партії товару вважається рівним різниці між встановленим максимальним рівнем запасу, до якого проводиться поповнення, та реальним його обсягом у момент замовлення. Регульованими змінними в даній системі є плановий (максимальний) рівень запасу та період між замовленнями, який називається періодом планування.

Перевагою такої стратегії є відсутність вимоги постійного обліку запасу, а недоліком – необхідність робити замовлення маленькими партіями, а за надто інтенсивного попиту можливий дефіцит запасу до наступного моменту замовлення.

У стратегії з двома контрольними розмірами запасів та з фіксованим періодом між замовленнями розмір запасів контролюється як зверху, так і знизу. Регульованими змінними у цій стратегії є максимальний рівень запасів і нижній рівень замовлення. При зниженні запасу до точки замовлення до закінчення фіксованого періоду між замовленнями можлива нова заявка на поповнення. А в іншому ця стратегія повторює стратегію з фіксованим періодом замовлення.

Стратегія з двома контрольними розмірами запасів без фіксованого періоду замовлення - замовлення надходить у момент, коли обсяг запасу досягає точку замовлення. Фіксування інтервалу часу між замовленнями та розміром партії в цій системі не проводиться.

При стратегії «точно вчасно» (Just in Time, JIT) замовлення товарів складає тривалий період заздалегідь з фіксованим розмірів запасу кожної партії і чітким графіком поставки. Запаси створюються лише з конкретні дні реалізації.

Слід зазначити, що всі перелічені стратегії управління запасами використовуються лише для простих моделей і мало придатні для керування складними системами з багатономенклатурним асортиментом. По-перше, вони розроблені для умов, які важко досягти в роздрібній торгівлі: постійний темп споживання запасів, фіксований інтервал часу, необхідний виконання замовлення заповнення запасів, фіксована затримка часу виконання замовлення заповнення запасів. По-друге, розглянуті стратегії управління запасами спрямовані лише управління запасами, але не враховують асортимент.

Завершуючи огляд теоретико-управлінського підходу до управління запасами, слід зазначити, що це напрям, більшою мірою, має теоретичний характер. Безпосередня практична застосування більшості отриманих теоретичних результатів залишається під питанням.

Однак у масових додатках стосовно управління запасами, особливо у багатономенклатурних системах, використовуються дуже рідко.

У умовах все більшої актуальності набувають моделі об'єктів управління, з одного боку відбивають вплив випадкових чинників на прийняті управлінські рішення і які враховують багато номенклатурність асортименту товарів, з другого боку, легко реалізовані практично.

**РОЗДІЛ 2. ОПТИМІЗАЦІЯ АССОРТИМЕНТУ ТОВАРІВ У РОЗДРІБНІЙ ТОРГІВЛІ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕННОСТІ**

2.1. *Постановка задачі визначення оптимального асортименту товарів у торгових організаціях*

Найважливіше значення у боротьбі споживача у роздрібній торгівлі набувають якість товару і рівень обслуговування, діапазон пропонованих послуг. Але найбільш актуальним та важливим в умовах жорсткої конкурентної боротьби стає правильно спланований асортимент товарів. Тому найважливішого значення в сучасних умовах набувають методи формування найбільш оптимального за номенклатурою асортименту товарів.

Огляд робіт, проведений у першому розділі, показав, що в більшості торгових організацій при формуванні асортименту товарів використовується найпростіший принцип планування «від досягнутого рівня», коли структура та обсяги роздрібного товарообігу встановлюється на основі плану попереднього періоду з деяким коригуванням по всіх чи окремих групах. товарів. Причому коригування здійснюється управлінським персоналом найчастіше «вручну» без строгих формалізованих обґрунтувань. У тих випадках, коли планування асортименту організації торгівлі здійснюється на основі математичної моделі, що сполучає основні показники діяльності організації з товарообігом, споживчим попитом і ресурсами, які має торгове підприємство, в основному використовуються економетричні моделі або моделі з детермінованим попитом на товар.

У цій роботі математичну модель завдання перебування оптимального асортименту товарів у торгових організаціях будуватимемо виходячи з того, що попит на товари є випадковою величиною, і в якій реалізована ймовірнісна оцінка ефективності асортименту товарів.

Перейдемо безпосередньо до складання математичної моделі завдання.

Раціональним асортиментом торгового підприємства можна вважати такий асортимент, при якому номенклатура наявних товарів максимально задовольняє реальні потреби споживачів у різних сегментах ринку, тобто виконує запити всіх споживачів, відповідає вимогам працюючих регламентів, забезпечує економічну ефективність торгового підприємства.

Очевидно, що для нормального функціонування торговельного підприємства необхідно, щоб його дохід від продажу товарів не тільки покривав всі поточні витрати на зберігання та реалізації товарів, але і приносив прибуток. Інакше торгова організація не забезпечить свій ефективний розвиток, а значить і своє призначення щодо своєчасного забезпечення населення товарами. Отже, з безлічі варіантів структури товарних запасів необхідно визначити такі обсяг і асортимент товарів, які при ефективному використанні наявних ресурсів забезпечили б задовільний попит населення і приносили торговій організації максимальний прибуток.

Асортимент торгового підприємства має такі особливості, які називаються властивостями асортименту:

* підрозділ на групи, підгрупи та далі за заданими ознаками;
* додавання нових та вилучення старих товарів з обігу на ринку;
* вибір товарів залежно від різних факторів;
* заміна товару одного на інший;
* необхідність підтримки певного набору товарів.

Позначимо через обсяг -го товару або товарної групи (у натуральному вираженні), а через попит на -й товар чи товарну групу (Кількість-го товару, який бажають придбати покупці).

Нехай попит є випадковою величиною із відомим законом розподілу.

Використання апарату теорії ймовірностей для опису попиту зручний спосіб інтегрального уявлення (у вигляді формули) як частинних відомостей про досліджуваний процес, так і часткових прогалин у наших знання про нього. Встановлюючи вигляд і задаючи параметри розподілу ймовірностей для опису попиту (такі, як середнє значення для пуасонівського розподілу або середнє значення та середньоквадратичне відхилення для нормального розподілу і т.п.), ми тим самим стверджуємо, що нам відомі відносні ймовірності попиту. Таким чином, задаючи той чи інший закон імовірнісного розподілу, ми даємо компактне представлення того ступеня невизначеності щодо майбутнього попиту на товар чи групу товарів.

Приймемо припущення, що змінні та безперервні. Також приймемо припущення, що попит на різні товари або групи товарів взаємно незалежних. Навіть у тих випадках, коли це припущення суворо не дотримується, воно є цілком адекватним наближенням до реальності та може бути основою для розробки математичної моделі знаходження раціонального асортименту продуктів [13].

Оскільки формування товарних запасів проводиться з використанням теорії ймовірності, можна говорити лише про ймовірнісну оцінку очікуваного прибутку. Знайдемо вираз для очікуваного прибутку.

Вочевидь, що організація не доотримає доходу, якщо у ній виявиться достатньої кількості товарів, бажаних покупцями. Торгова організація зазнає втрат і у разі, якщо кількість товарів перевищить попит на горизонті планування. Ці втрати складаються із витрат на їх придбання, зберігання, розпродаж за зниженими цінами та списання у разі досягнення терміну придатності.

Тоді можна вважати, що очікуваний прибуток від продажу товару дорівнює очікуваного доходу мінус витрати торговельного підприємства, мінус очікувана втрата.

У цьому випадку прибуток торгової організації від продажу -го товару складе:

 (2.1)

де, - роздрібна ціна -го товару.

При включенні до асортименту-го товару торгове підприємство втрачає прибуток обсягом:

 (2.2)

Де, - втрата прибутку через відсутність однієї одиниці -го товару.

Товари, що залишилися на кінець планового періоду і для яких не минув термін зберігання, продаються зі знижкою на суму:

 (2.3)

Де, - торгова знижка на -й товар.

Тоді очікуваний прибуток від продажу j-го товару дорівнюватиме очікуваному доходу від продажу -го товару мінус витрати обігу -го товару, мінус очікувана втрата, плюс очікуваний дохід від продажу -го товару за зниженими цінами.

Позначимо через густину розподілу випадкової змінної попиту . Тоді очікуваний прибуток від продажу -го товару визначається як:

 (2.4)

де – витратоємність -го товару, включаючи витрати на його закупівлю.

Очікуваний прибуток торгової організації від усіх товарів складі:

 (2.5)

Тоді завдання знаходження оптимального асортименту товарів для випадку, коли попит на них є випадковою величиною. У знаходженні таких:

 (2.6)

за яких критерій оптимальності (2.5) досягає максимуму.

Звідси видно, що у змінні накладаються низку обмежень, пов'язаних, передусім, із витратоємністю товарів.

Недоліки, пов'язані з господарської діяльності організації торгівлі, грають визначальну роль під час виборів асортименту товарів та його запасів. Існують такі основні типи витрат, пов'язані з реалізацією товарів:

* Придбання товарів;
* Зміст товарів до реалізації;
* Витрати дефіциту товарів.

Витрати придбання товарів можна розділити на частини. Перша є сумою, яку слід сплатити постачальнику товару.

Вона являє собою вартість товару, що поставляється.

Друга частина витрат відноситься до витрат на оформлення та здійснення поставок. Вона включає витрати на інформаційну систему замовника та діловодство, зарплату відповідним працівникам тощо.

Якщо вартість транспортування товарів сплачено постачальником, то вона включається до його вартості. Крім того, існують витрати прийому товарів, пов'язані з необхідністю його розпакування, розфасовки, контролю наявності та якості.

До витрат утримання товарів у торгових організаціях до реалізації ставляться страховка, податки, псування, списання, орендна плата використання площі під службові приміщення та торговельні зали, вартість використаної електроенергії, опалення, кондиціювання, оплата охорони та ін.

Витрати дефіциту товарів у момент надходження запиту від споживача оцінити дуже важко. Можна досить точно оцінити втрату доходів від непроданого товару через його відсутність, але оцінити втрати через можливого «догляду» покупця до іншого продавця, тобто. Втрати від продажу у майбутньому інших товарів у зв'язку з втратою інтересу та переваг споживачів проблематично.

Очевидно, що завжди існує варіант такої товарної структури запасу, тобто асортименту товарів та його обсягів у якому сумарні витрати мінімальні. Пошук такого асортименту є основним завданням управління діяльністю торговельного підприємства

Нехай – закупівельна ціна -го товару, а – загальний обсяг фінансових коштів на придбання товарів торговим підприємством Тоді сумарна ціна всіх товарів не повинна перевищувати всієї суми фінансових коштів , тобто:

На змінні накладається ряд обмежень, пов'язаних із витратоємністю продуктів.

Нехай - норматив витрат вирахувань на одиницю -го товару по -й статті витрат, – величина витрат по -й статті вирахувань. Тоді допустимі обмеження вирахувань можна подати у вигляді:

 (2.8)

Для приведення виразів (2.8) до канонічної форми вводяться врівноважуючі змінні , що характеризують величини невикористаної частини ресурсу і умови (2.8) набудуть вигляду:

 (2.9)

У тих випадках, коли торгове підприємство потребує додаткових ресурсів, пов'язаних, наприклад, з наймом нових співробітників, придбанням додаткового обладнання, збільшенням комунальних платежів, оренди тощо, в модель завдання вводяться додаткові умови щодо наявності та використання коштів на ці цілі. Тоді умови (2.8) набудуть вигляду:

У виразах (2.10) врівноважуючі змінні характеризують додаткову величину ресурсу понад наявний фонд, необхідну для забезпечення нормального режиму роботи торговельного підприємства.

Для цього висловлювання (2.10) необхідно доповнити умовою щодо наявності та використання коштів на ці цілі:

 (2.11)

де – кошти, призначені збільшення обсягів ресурсів; - Фінансові вкладення на одиницю збільшення ресурсів .

Умова (2.11) може бути подана в дещо іншому вигляді, якщо власних коштів недостатньо:

 (2.12)

Тут шукана змінна характеризуватиме потребу в позикових коштах. Додамо ще позначення: – норматив витрат обсягу зберігання складі або розміщення в торговому залі (м2) на одиницю -го товару, а V – загальний обсяг під зберігання та розміщення товарів у торгових залах та складах організації торгівлі. Тоді сумарний обсяг всіх товарів не повинен перевищувати , тобто:

 (2.13)

У ряді випадків, у вихідних умовах може бути задано фіксоване значення для того чи іншого товару:

 (2.14)

Де, – число найменувань товарів, котрим встановлено фіксований товарообіг.

Мають місце випадки, коли при формуванні асортименту товарів необхідно враховувати співвідношення між товарообігом тих чи інших товарів.

Так, наприклад, якщо між товарообігом -го та -го товару є співвідношення , то математично це може бути записано у вигляді виразу:

 (2.15)

або, що те саме, у розв'язному вигляді:

 (2.16)

В інших випадках можуть бути задані нижні або верхні порогові значення обсягів товару. Остаточно, завдання знаходження оптимального асортименту товарів у торговій організації полягає у знаходженні таких:

 (2.17)

за яких критерій оптимальності (2.5) досягає максимуму та виконуються обмеження (2.6) – (2.17).

Завдання знаходження оптимальної структури товарних запасів (2.5) -(2.17) сформульована як завдання нелінійного програмування з нелінійною цільовою функцією і лінійними обмеженнями. Застосування моделі спирається на можливість розгляду асортименту у розчленованій формі з урахуванням витрат усіх видів ресурсів та витрат у натуральному вираженні в зв'язки із включенням до асортименту кожної одиниці того чи іншого товару.

Кожен варіант асортименту характеризується набором цих витрат і утримань, які мають бути обрані так щоб були виконані необхідні обмеження – асортимент товарів відповідав вимогам, і щоб цільова функція досягала максимуму.

Незважаючи на те, що попит на товари апріорі є випадковою величиною на момент ухвалення рішення, апостеріорі, структура товару і пов'язана з нею ефективність цілком детерміновані, тобто. асортимент товару та його обсяги не можуть бути випадковими. Тому постановка завдання оптимізації (2.5) - (2.17) дозволяє знайти не випадковий, а цілком певний асортимент товарів, заснований тільки на апріорній інформації, що розташовується.

*2.2. Приклад розв'язання задач методами знаходження оптимального асортименту товарів*

Для завдання знаходження оптимального асортименту товарів мають бути встановлені розподіли ймовірностей попиту товари. Найбільшого поширення набули статистичні методи оцінки розподілів з урахуванням ретроспективних даних.

Для встановлення закону розподілу попиту на товари проведемо статистичне опрацювання вибірки даних на прикладі продажу низки лікарських засобів (ЛЗ) у м. Тернопіль Аптека «Подорожник».

У табл. 2.1 представлені дані продажу найпоширеніших ЛЗ за період січень 2019 – грудень 2020 року. У табл. 2.1 місяці пронумеровано з 1 до 24 (1 позначає січень 2019 р., а 24 – грудень 2020 р.).

На рис. 2.1 показані тимчасові ряди продажів, наприклад, перших трьох лікарських засобів зі списку табл. 2.1.

З малюнка видно, що попит на ЛЗ нестаціонарний, тимчасові ряди містять тренди, сезонну складову та випадкові фактори.

Число типів розподілів випадкової величини необмежене. Однак на практиці далеко не всі розподіли трапляються однаково часто.

Таблиця 2.1

Дані про продаж лікарських засобів

(січень 2019 – грудень 2020 р.)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Мі-сяць** | **Арбі-дол** | **Есен-ціале** | **Тера-флю** | **Ме-зим** | **Но-шпа** | **Аскорб. кисл.** | **Пара-цита-мол** | **Цит-ра-мон** | **Суп-рас-тин** | **Акт. Вугі-лля** | **Лі-некс** | **Сума-мед** |
| **1** | 27 | 31 | 55 | 161 | 63 | 186 | 145 | 261 | 122 | 208 | 46 | 13 |
| **2** | 45 | 29 | 72 | 126 | 48 | 296 | 172 | 204 | 119 | 142 | 69 | 12 |
| **3** | 39 | 14 | 72 | 112 | 57 | 168 | 285 | 319 | 145 | 237 | 65 | 13 |
| **4** | 14 | 18 | 37 | 118 | 46 | 125 | 143 | 236 | 131 | 287 | 36 | 17 |
| **5** | 14 | 18 | 37 | 158 | 52 | 138 | 206 | 265 | 104 | 275 | 36 | 5 |
|  **6** | 7 | 17 | 29 | 130 | 41 | 108 | 156 | 277 | 126 | 263 | 30 | 4 |
| **7** | 7 | 35 | 15 | 145 | 45 | 74 | 198 | 246 | 134 | 325 | 16 | 9 |
| **8** | 18 | 14 | 18 | 130 | 37 | 101 | 196 | 177 | 104 | 440 | 28 | 3 |
| **9** | 18 | 33 | 64 | 120 | 49 | 209 | 323 | 222 | 91 | 332 | 50 | 12 |
| **10** | 16 | 27 | 49 | 140 | 47 | 180 | 235 | 248 | 100 | 303 | 35 | 19 |
| **11** | 20 | 27 | 41 | 120 | 54 | 207 | 208 | 187 | 104 | 229 | 40 | 10 |
| **12** | 14 | 23 | 59 | 139 | 37 | 240 | 254 | 199 | 129 | 496 | 41 | 17 |
| **13** | 26 | 17 | 47 | 105 | 41 | 200 | 247 | 186 | 104 | 268 | 38 | 13 |
| **14** | 52 | 14 | 88 | 91 | 35 | 246 | 414 | 194 | 107 | 165 | 41 | 13 |
| **15** | 18 | 19 | 40 | 98 | 37 | 218 | 292 | 227 | 99 | 197 | 34 | 17 |
| **16** | 9 | 8 | 9 | 100 | 33 | 165 | 153 | 178 | 106 | 272 | 24 | 8 |
| **17** | 5 | 9 | 10 | 81 | 48 | 109 | 177 | 211 | 111 | 244 | 24 | 8 |
| **18** | 5 | 8 | 12 | 95 | 49 | 93 | 167 | 217 | 159 | 246 | 31 | 11 |
| **19** | 2 | 15 | 14 | 116 | 48 | 70 | 145 | 195 | 113 | 218 | 48 | 4 |
| **20** | 7 | 6 | 27 | 105 | 34 | 91 | 170 | 194 | 127 | 258 | 59 | 11 |
| **21** | 16 | 6 | 50 | 67 | 23 | 223 | 298 | 179 | 96 | 152 | 41 | 10 |
| **22** | 13 | 4 | 37 | 87 | 19 | 186 | 217 | 146 | 112 | 206 | 57 | 4 |
| **23** | 14 | 10 | 47 | 82 | 17 | 217 | 218 | 157 | 106 | 152 | 84 | 10 |
| **24** | 1 | 17 | 40 | 114 | 41 | 168 | 212 | 214 | 115 | 267 | 42 | 11 |



Рис. 2.1. Тимчасові ряди продажів лікарських засобів

Основні статистичні характеристики попиту на «арбідол», «ессенціале» та «терафлю» наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Основні статистичні характеристики попиту на ЛЗ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Характеристика** | **Арбідол** | **Есенціале** | **Терафлю** |
| Середнє | 17,65 | 17,47 | 40,39 |
| Стандартна помилка | 2,66 | 1,92 | 4,56 |
| Медіана | 14 | 17 | 40 |
| Мода | 14 | 14 | 37 |
| Стандартне відхилення | 12,80 | 9,22 | 21,88 |
| Дисперсія вибірки | 163,96 | 85,16 | 478,97 |
| Ексцес | 1,71 | -0,87 | -0,51 |
| Асиметричність | 1,41 | 0,42 | 0,30 |
| Інтервал | 50 | 71 | 39 |
| Мінімум | 2 | 4 | 9 |
| Максимум | 52 | 35 | 88 |

Як правило, постулюється один із добре відомих видів розподілу ймовірностей, і далі перевіряється гіпотеза про відповідність вибіркового розподілу даному розподілу [1, 19, 59].

Приймемо гіпотезу, що попит на зазначені ліки підпорядкований:

а) закону Пуассона;

б) нормальному закону розподілу.

Закон Пуассона виявився справедливим для багатьох випадків: для розподілу числа новонароджених, які з'являються в пологовому будинку за добу, числа заявок на товари роздрібної торгівлі, а також для багатьох інших випадків, коли ймовірність появи події не залежить від подій, що відбувалися раніше [11, 55].

Відмінна риса нормального закону з інших законів, у тому, що нормальний закон є граничним, якого прагнуть інші закони розподілу. Доведено, що сума досить великої кількості незалежних випадкових величин, підпорядкованих будь-яким законам розподілу, приблизно підпорядковується нормальному закону і це виконується тим точніше, чим більша кількість випадкових величин підсумовується. Практично всі, що мають місце в практиці, випадкові величини, такі, наприклад, як помилка вимірювань, точність стрільби, вміст домішок в речовинах і т.д., можуть бути представлені сумою величезної кількості випадкових факторів, викликаних різними причинами, що не залежать один від друга. Які б закони розподілу не описували б ці випадкові величини, всі ці розподіли у сумі підпорядковані закону, близькому до нормального [1, 13, 15, 62].

На рис. 2.2 показані гістограми вибіркових розподілу та теоретичні щільності розподілу ймовірностей для нормального закону та закону Пуассона.

Візуальне порівняння гістограм вибірок (рис. 2.2) із накладеними кривими щільності ймовірності нормального розподілу та розподілу Пуассона показало, що попит на ліки протягом двох календарних років неможливо точно описати за допомогою нормального закону розподілу чи розподілу Пуассона.

Перевірка відповідності, наприклад, попиту на «Арбідол» протягом двох років за критерієм Колмогорова *D*, у тому числі й іншим відомим розподілам (табл. 2.3) також показала, що описати попит на товари одним законом розподілу неможливо.

У табл. 2.4 продемонстровано суттєву відмінність статистичних характеристик попиту на ліки, наприклад, у зимові та літні місяці року.



Рис.2.2. Гістограми розподілу попиту на ЛЗ та теоретичні криві нормального розподілу та розподілу Пуассона

Таблиця 2.3

Зіставлення попиту на «Арбідол» з теоретичними розподілами за

критерію *D* для числа ступенів свободи, що дорівнює 24

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Розрахунковезначення *D* | Табличне значення *D* при  | Гіпотеза |
| 0,1 | 0,05 | 0,01 |
| Гіпотеза : Нормальний закон розподілу |
| 0,2202  | 0,264  | 0,294  | 0,356  | Не підтверджується |
| Гіпотеза : Експонентний розподіл |
| 0,2064  | 0,264  | 0,294  | 0,356  | Не підтверджується |
| Гіпотеза : Розподіл Ерланга |
| 0,1748  | 0,264  | 0,294  | 0,356  | Не підтверджується |
| Гіпотеза : Розподіл Релею |
| 0,234  | 0,264  | 0,294  | 0,356  | Не підтверджується |
| Гіпотеза : Розподіл Вейбулла |
| 0,2177  | 0,264  | 0,294  | 0,356  | Не підтверджується |

Таблиця 2.4

Основні статистичні характеристики попиту на «Арбідол»,

«Есенціале» та «Терафлю» у літні та зимові періоди часу

|  |  |
| --- | --- |
| **Характеристики**  | **Найменування лікарського засобу** |
| Арбідол  | Ессенціале | Терафлю |
| зима | літо | зима | літо | Зима  | літо |
| Середнє | 29,66  | 7,66 | 20,66 | 15,83 | 61,33 | 19,16 |
| Стандартна помилка | 6,44 | 2,21 | 3,43 | 4,20 | 6,53 | 2,91 |
| Медіана | 26,5 | 7 | 20 | 14,5 | 57 | 16,5 |
| Мода | 14 | 7 | - | - | 47 | - |
| Стандартне відхилення | 15,78 | 5,42 | 8,40 | 10,30 | 16,00 | 7,13 |
| Дисперсія вибірки | 249,06 | 29,46 | 70,66 | 106,16 | 256,26 | 50,96 |
| Ексцес | -1,45 | 2,81 | -1,85 | 2,94 | 0,19 | -1,73 |
| Асиметричність | 0,53 | 1,69 | 0,06 | 1,53 | 1,02 | 0,70 |
| Інтервал | 38 | 16 | 21 | 29 | 49 | 17 |
| Мінімум | 14 | 2 | 10 | 6 | 47 | 12 |
| Максимум | 52 | 18 | 31 | 35 | 88 | 29 |

Можна припустити, що розчленування ймовірнісних розподілів по всьому інтервалі часу на подинтервали, рівні, наприклад, горизонту управління товарними запасами, дозволить досить точно апроксимувати дані продажів тим чи іншим законом розподілу.

Так, аналіз розподілу попиту на лікарські засоби окремо для зимових та літніх місяців року показує, що попит можна апроксимувати досить точно, і за допомогою нормального розподілу та розподілу Пуассона.

На рис. 2.3 показані функції розподілу попиту на «Арбідол» у літні місяці року, а також криві нормального розподілу та розподілу Пуассона.

Візуальне порівняння експериментального розподілу із нормальним законом та законом Пуассона показує, що попит на ліки в літні місяці досить точно апроксимується зазначеними розподілами.

Порівняння графіків дуже зручно своєю наочністю, проте не є досить суворим через відсутність надійної кількісної оцінки.

Перевірити відповідність вибіркового розподілу нормальному закону крім візуального методу можна за коефіцієнтами асиметрії та ексцесу та за критеріями Колмогорова, омега-квадрат та хі-квадрат [88].



Рис.2.3. Функції розподілу попиту на «Арбідол» у літні місяці

роки та криві нормального розподілу та розподілу Пуассона

Для нормального закону розподілу асиметрія та ексцес рівні нулю [88]. Але оскільки асиметрія та ексцес, як і всі вибіркові параметри є випадковими величинами і тому навіть для нормального розподілу можуть відрізнятися від нуля.

Якщо вибіркові асиметрія та ексцес задовольняють нерівності, то:

 (2.18)

де, і – дисперсії асиметрії та ексцесу, то спостережуване розподіл можна вважати нормальним.

Дисперсії асиметрії та ексцесу розраховуються як:

(2.19)

Де, - обсяг досліджуваної вибірки.

Перевіримо на нормальність попит на «арбідол», «ессенціале» та «терафлю» у літні та зимові періоди часу за обчисленими показниками асиметрії та ексцесу (табл. 2.4).

Оскільки для всіх ЛЗ обсяг вибірки дорівнює шести, дисперсії асиметрії та ексцесу однакові Тоді а

Вибіркові асиметрія та ексцес для «арбідолу», «ессенціале» та «трафлю» в літні та зимові періоди часу задовольняють нерівностям (2.18), отже, можна прийняти гіпотезу про те, що попит на лікарські кошти у літні та зимові місяці року підпорядковується нормальному закону розподілу.

Одним із найсуворіших і найнадійніших критеріїв згоди є критерій Пірсона або хі-квадрат Пірсона [88]:

 (2.20)

де - Число інтервалів групування даних спостережень; – число «попадань» спостережень у -й інтервал; – найбільш імовірне число попадань у -й інтервал.

Перевіримо на нормальність за допомогою критерію , наприклад, попит на арбідол у літні місяці року.

Зведемо дані про попит та частоту продажів «арбідолу» в літні місяці у табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Дані спостережень

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Щомісячний попит,  | 0-6 | 7-12 | 13-18 |
| Частота продажів,  | 2 | 3 | 1 |

Сформулюємо основну гіпотезу : попит на «арбідол» у літній період підпорядковується нормальному закону розподілу, тобто. .

Альтернативна гіпотеза , - попит не підкоряється нормальному закону розподілу.

По таблиці критичних значень – розподіл рівня значимості , і числу ступенів свободи знаходимо квантиль =3,8.

Обчислимо оцінки математичного очікування і середньоквадратичного відхилення нормального закону розподілу.

Середнє арифметичне дорівнює:

Середньоквадратичне відхилення:

Тоді функція нормального розподілу матиме вигляд:

Теоретичні частоти обчислимо за такою формулою:

при цьому найменше значення дробу замінюємо на «», а найбільше на «».

Так,

=1,87

Для розрахунку критерію складемо табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Розрахункові дані

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Щомісячнийпопит,  | Частота продажів,  | Теоретичнічастоти,  |  |  |
| 0-6 | 2 | 1,87 | 0,017 | 0,009 |
| 7-12 | 3 | 2,80 | 0,040 | 0,014 |
| 13-18 | 1 | 0,98 | 0,0004 | 0,0004 |

Сума значень із останнього стовпця дає підсумкове . Так як менше =3,8, то підстав відхилення нульової гіпотези немає. Відтак попит на «арбідол» у літні місяці року підпорядковується нормальному закону розподілу.

Надалі для знаходження оптимального асортименту товарів у постановці (2.5) – (2.17) для кожного періоду планування будемо використовувати нормальний закон розподілу, по-перше, тому що попит на товари залежить від величезної кількості незалежних випадкових доданків з різними законами розподілу, сумарний вплив яких прагне нормальному закону. По-друге, тому що оцінки результатів спостережень, здебільшого, будуються виходячи з нормальності спостережуваних явищ.

*Метод кусково-лінійної апроксимації задачі нелінійного програмування*

Особливістю завдання (2.5) – (2.17) є те, що вона містить нелінійну цільову функцію (2.5) та лінійні обмеження (2.6) – (2.17), що відносить її до класу завдань нелінійного програмування.

На жаль, завдання нелінійного програмування завжди вирішуються. Значно складніше, ніж завдання лінійного програмування, – ефективні обчислювальні прийоми розроблені на вирішення лише небагатьох типів завдань. У той же час, існує велика різноманітність практичних ситуацій, коли задачу нелінійного програмування можна звести до задачі лінійного програмування.

До класу завдань нелінійного програмування, вивченого найбільш грунтовано, ставляться завдання з лінійними обмеженнями та нелінійною цільової функції. Причому ефективні обчислювальні методи розроблені лише у випадках, коли цільова функція має певні властивості. Два з них мають особливий інтерес [13].

У першому випадку цільова функція може бути записана як сума лінійної та квадратичної форм, так що:

 (2.21)

Такі нелінійні задачі називають завдання квадратичного програмування. У другому випадку цільова функція може бути записана як сума функцій, кожна з яких є лише однією змінною, тобто.

 (2.22)

Якщо цільова функція може бути записана у формі (2.22), вона називається сепарабельною.

Метод кусково-лінійної апроксимації застосуємо до завдань, у яких усі нелінійні функції сепарабельні. Ідея полягає у побудові завдання на умовний оптимум, що є лінійною апроксимацією вихідного завдання.

Для простоти викладу розглянемо довільну неперервну функцію однієї змінної, визначеної на інтервалі .

Функція може, наприклад, мати вигляд, показаний на рис. 2.4.



Рис.2.4. Кусково-лінійна апроксимація функції

Виберемо на інтервалі точок так, що . Обчислимо кожної точки величину . З'єднаємо попарно точки і , відрізками прямих. Отримаємо, таким чином, шматково-лінійну функцію, яка апроксимує функцію на інтервалі .

Цю кусково-лінійну функцію позначимо через Така апроксимація може бути виконана з будь-якою точністю за рахунок вибору точок .

Далі знайдемо аналітичний запис кусково-лінійної функції . Якщо лежить в інтервалі , ми апроксимуємо наступною функцією :

Відмітимо, що будь-яке значення в інтервалі можна подати у вигляді: за рахунок вибору деякого Звідси та вираз (2.23) може бути переписано у вигляді: . Якщо прийняти , а , можна стверджувати, що при фіксованому , існують єдинні значення і такі що:

 (2.24)

Насправді для будь-якого , , можна записати:

 (2.25)

 (2.26)

 (2.27)

Якщо позитивним може бути або одне або максимум два сусідніх та . Для , вираженого за допомогою (2.25), функція , що має вигляд (2.26), є аналітичним виразом ламаної, зображеної на рис.2.4.

Оскільки будь-яку безперервну функцію можна наблизити ламаною, отже, будь-яку безперервну функцію можна описати виразами (2.25) - (2.27).

Повернемося до задачі нелінійного програмування. Нехай потрібно знайти максимальне значення задачі наступного виду:

 (2.28)

 (2.29)

Тут передбачається, що цільова функція та всі функції обмеження є сепарабельними. Щоб знайти розв'язання задачі (2.28), (2.29) функції та замінимо кусково-лінійними функціями. Замінимо, таким чином та , завдання (2.28), (2.29) наступним завданням:

 (2.30)

 (2.31)

Завдання (2.30), (2.31) називатимемо наближеним завданням для завдання (2.28), (2.29).

Допустимо, що визначено – максимальне значення, яке може приймати змінна . Розіб'ємо на під інтервалів за допомогою точок , так Тоді функції та можна записати у вигляді:

 (2.32)

 (2.33)

де,

, (2.34)

 (2.35)

пам'ятаючи, що для даного позитивними можуть бути одне , або як максимум два сусідні та .

Підставляючи тепер у (2.30) вирази функцій (2.32), а у (2.31) функції відповідно до (2.33) переходимо до наступної форми наближеної задачі зі змінними замість :

 (2.36)

 (2.37)

В результаті наближена задача у формі (2.36), (2.37) стає завданням лінійного програмування, яка може бути вирішена симплексним методом. Знайдені в результаті розв'язання задачі (2.36), (2.37) значення використовуються для визначення наближених значень відповідно до співвідношення (2.34).

Вочевидь, що з апроксимації розмірність завдання зростає, але оскільки як метод рішення використовується симплексний метод. Цей алгоритм має значну практичну цінність.

Щоб продемонструвати використання методу апроксимації знайдемо рішення наступного завдання нелінійного програмування:

І цільова функція та обмеження є сепарабельними, тобто. Можуть бути записані у вигляді. Цільову функцію можна записати як , де , , обмеження як та .

 Зауважимо, що і не можуть мати значення більше 2. Припустимо, що точки ми вибрали рівновіддаленими з інтервалом 0,25. Звідси для кожного буде дев'ять . Тоді наближене завдання із 18 змінними набуде наступного вигляду:

Значення функцій та представлені в табл.2.8.

Таблиця 2.8

Значення функцій та

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  або  |  |  |  |  |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,25 | 1,1250 | 0,4375 | 0,1875 | 0,2500 |
| 0,50 | 0,5000 | 0,7500 | 0,7500 | 0,5000 |
| 0,75 | 1,1250 | 0,9375 | 1,6875 | 0,7500 |
| 1,00 | 2,000 | 1,0000 | 3,0000 | 1,0000 |
| 1,25 | 3,1250 | 0,9375 | 4,6875 | 1,2500 |
| 1,50 | 4,5000 | 0,7500 | 6,7500 | 1,5000 |
| 1,75 | 6,1250 | 0,4375 | 9,1875 | 1,7500 |
| 2,00 | 8,000 | 0 | 12,0000 | 2,0000 |

Представимо докладно наближену задачу:

Наближена задача є завданням лінійного програмування, її рішення є симплексним методом лінійного програмування.

Максимум завдання становить . Він досягається в точці =0, =0, , Оптимальні значення та визначаються відповідно до (2.34) як Оптимальне значення вихідної задачі . Видно, що вирішення наближеного завдання виявилося дуже близьким до точного. Апроксимація може бути зроблена ще точнішою за рахунок дрібнішого дроблення інтервалів для і .

Вочевидь, що з апроксимації розмірність завдання зростає, але оскільки як метод вирішення використовується симплексний метод лінійного програмування даний алгоритм ефективний для вирішення задач великий розмірності, дозволяє знайти глобальний оптимум завдання та має значну практичну цінність для розробки автоматизованої системи управління товарним запасом у торгових організаціях.

Розглянемо розв'язання нелінійної оптимізаційної задачі за допомогою наближеної задачі лінійного програмування. Очікуваний прибуток від продажу трьох лікарських засобів:

виходить підсумовуванням , тобто. є сепарабельною і може бути записана як Необхідно знайти такі невід'ємні значення змінних , та , при яких виконується обмеження:

Зауважимо, що , та не можуть набувати значення більше 860, 1500 та 600 відповідно. Нехай точки є рівновіддаленими один від одного з інтервалом 10. Звідси для буде 87 змінних , для - 151 змінних і для - 61 змінних :

Тоді наближене завдання із 299 змінними прийме наступний вигляд:

Значення і відповідні їм значення функцій приблизно ній задачі представлені в табл.2.9.

Таблиця 2.9

Значення функцій

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| 0 | -21000 | 0 | -2400 | 0 | 600 |
| 10 | -19990 | 10 | -23430 | 10 | 1100 |
| 20 | -18980 | 20 | -22860 | 20 | 1620 |
| 30 | -17970 | 30 | -22290 | 30 | 2130 |
| 40 | -16960 | 40 | -21720 | 40 | 2640 |
| 50 | -15950 | 50 | -21150 | 50 | 3150 |
| 60 | -14940 | 60 | -20580 | 60 | 3659 |
| 70 | -13940 | 70 | -20010 | 70 | 4168 |
| 80 | -12930 | 80 | -19449 | 80 | 4674 |
| 90 | -11920 | 90 | -18870 | 90 | 5174 |
| 100 | -10920 | 100 | -18300 | 100 | 5664 |
| 110 | -9915 | 110 | -17730 | 110 | 6132 |
| 120 | -8917 | 120 | -17160 | 120 | 6568 |
| 130 | -7922 | 130 | -16590 | 130 | 6953 |
| 140 | -6923 | 140 | -16020 | 140 | 7275 |
| 150 | -5952 | 150 | -15450 | 150 | 7520 |
| 160 | -4980 | 160 | -14880 | 160 | 7685 |
| 170 | -4018 | 170 | -14310 | 170 | 7773 |
| 180 | -3073 | 180 | -13740 | 180 | 7798 |
| 190 | -2145 | 190 | -13170 | 190 | 7772 |
| 200 | -1237 | 200 | -12600 | 200 | 7714 |
| 210 | -354,152 | 210 | -12030 | 210 | 7634 |
| 220 | 500,154 | 220 | -11460 | 220 | 7544 |
| 230 | 1322 | 230 | -10890 | 230 | 7448 |
| 240 | 2107 | 240 | -10320 | 240 | 7349 |
| 250 | 2851 | 250 | -9754 | 250 | 7250 |
| 260 | 3551 | 260 | -9185 | 260 | 7150 |
| 270 | 4204 | 270 | -8617 | 270 | 7050 |
| 280 | 4806 | 280 | -8049 | 280 | 6950 |
| 290 | 5356 | 290 | -7481 | 290 | 6850 |
| 300 | 5853 | 300 | -6915 | 300 | 6750 |
| 310 | 6296 | 310 | -6349 | 310 | 6650 |
| 320 | 6686 | 320 | -5784 | 320 | 6550 |
| 330 | 7024 | 330 | -5221 | 330 | 6450 |
| 340 | 7311 | 340 | -4659 | 340 | 6350 |
| 350 | 7551 | 350 | -4100 | 350 | 6250 |
| 360 | 7747 | 360 | -3542 | 360 | 6150 |
| 370 | 7902 | 370 | -2987 | 370 | 6050 |
| 380 | 8020 | 380 | -2436 | 380 | 5950 |
| 390 | 8106 | 390 | -1888 | 390 | 5850 |
| 400 | 8163 | 400 | -1345 | 400 | 5750 |
| 410 | 8195 | 410 | -806,93 | 410 | 5650 |
| 420 | 8207 | 420 | -274,526 | 420 | 5550 |
| 430 | 8201 | 430 | 251,29 | 430 | 5450 |
| 440 | 8180 | 440 | 769,668 | 440 | 5350 |
| 450 | 8148 | 450 | 1280 | 450 | 5250 |
| 460 | 8107 | 460 | 1780 | 460 | 5150 |
| 470 | 8058 | 470 | 2271 | 470 | 5050 |
| 480 | 8003 | 480 | 2750 | 480 | 4950 |
| 490 | 7945 | 490 | 3217 | 490 | 4850 |
| 500 | 7883 | 500 | 3671 | 500 | 4750 |
| 510 | 7818 | 510 | 4110 | 510 | 4650 |
| 520 | 7752 | 520 | 4534 | 520 | 4550 |
| 530 | 7685 | 530 | 4942 | 530 | 4450 |
| 540 | 7617 | 540 | 5232 | 540 | 4350 |
| 550 | 7548 | 550 | 5705 | 550 | 4250 |
| 560 | 7479 | 560 | 6059 | 560 | 4150 |
| 570 | 7409 | 570 | 6394 | 570 | 4050 |
| 580 | 7359 | 580 | 6709 | 580 | 3950 |
| 590 | 7270 | 590 | 7005 | 590 | 3850 |
| 600 | 7200 | 600 | 7280 | 600 | 370 |
| 610 | 7130 | 610 | 7535 |  |  |
| 620 | 7060 | 620 | 7769 |  |  |
| 630 | 6990 | 630 | 7984 |  |  |
| 640 | 6920 | 640 | 8179 |  |  |
| 650 | 6850 | 650 | 8355 |  |  |
| 660 | 6780 | 660 | 8512 |  |  |
| 670 | 6710 | 670 | 8652 |  |  |
| 680 | 6640 | 680 | 8774 |  |  |
| 690 | 6570 | 690 | 8880 |  |  |
| 700 | 6500 | 700 | 8971 |  |  |
| 710 | 6430 | 710 | 9047 |  |  |
| 720 | 6360 | 720 | 9110 |  |  |
| 730 | 6290 | 730 | 9161 |  |  |
| 740 | 6220 | 740 | 9200 |  |  |
| 750 | 6150 | 750 | 9230 |  |  |
| 760 | 6080 | 760 | 9250 |  |  |
| 770 | 6010 | 770 | 9261 |  |  |
| 780 | 5940 | 780 | 9265 |  |  |
| 790 | 5870 | 790 | 9263 |  |  |
| 800 | 5800 | 800 | 9255 |  |  |
| 810 | 5730 | 810 | 9242 |  |  |
| 820 | 5660 | 820 | 9224 |  |  |
| 830 | 5590 | 830 | 9203 |  |  |
| 840 | 5520 | 840 | 9178 |  |  |
| 850 | 5450 | 850 | 9150 |  |  |
| 860 | 5380 | 860 | 9121 |  |  |
|  |  | 870 | 8985 |  |  |
|  |  | 880 | 9056 |  |  |
|  |  | 890 | 9021 |  |  |
|  |  | 900 | 8985 |  |  |
|  |  | 910 | 8949 |  |  |
|  |  | 920 | 8911 |  |  |
|  |  | 930 | 8873 |  |  |
|  |  | 940 | 8835 |  |  |
|  |  | 950 | 8796 |  |  |
|  |  | 960 | 8757 |  |  |
|  |  | 970 | 8718 |  |  |
|  |  | 980 | 8678 |  |  |
|  |  | 990 | 8639 |  |  |
|  |  | 1000 | 8599 |  |  |
|  |  | 1010 | 8559 |  |  |
|  |  | 1020 | 8520 |  |  |
|  |  | 1030 | 8480 |  |  |
|  |  | 1040 | 8440 |  |  |
|  |  | 1050 | 8360 |  |  |
|  |  | 1060 | 8360 |  |  |
|  |  | 1070 | 8230 |  |  |
|  |  | 1080 | 8280 |  |  |
|  |  | 1090 | 8240 |  |  |
|  |  | 1100 | 8160 |  |  |
|  |  | 1110 | 8120 |  |  |
|  |  | 1120 | 8080 |  |  |
|  |  | 1130 | 8040 |  |  |
|  |  | 1140 | 8000 |  |  |
|  |  | 1150 | 7960 |  |  |
|  |  | 1160 | 7920 |  |  |
|  |  | 1170 | 7880 |  |  |
|  |  | 1180 | 7840 |  |  |
|  |  | 1190 | 7840 |  |  |
|  |  | 1200 | 7800 |  |  |
|  |  | 1210 | 7760 |  |  |
|  |  | 1220 | 7720 |  |  |
|  |  | 1230 | 7680 |  |  |
|  |  | 1240 | 7720 |  |  |
|  |  | 1250 | 7600 |  |  |
|  |  | 1260 | 7560 |  |  |
|  |  | 1270 | 7520 |  |  |
|  |  | 1280 | 7480 |  |  |
|  |  | 1290 | 7440 |  |  |
|  |  | 1300 | 7400 |  |  |
|  |  | 1310 | 7360 |  |  |
|  |  | 1320 | 7320 |  |  |
|  |  | 1330 | 7280 |  |  |
|  |  | 1340 | 7240 |  |  |
|  |  | 1350 | 7200 |  |  |
|  |  | 1360 | 7160 |  |  |
|  |  | 1370 | 7120 |  |  |
|  |  | 1380 | 7080 |  |  |
|  |  | 1390 | 7040 |  |  |
|  |  | 1400 | 7000 |  |  |
|  |  | 1410 | 6960 |  |  |
|  |  | 1420 | 6920 |  |  |
|  |  | 1430 | 6880 |  |  |
|  |  | 1440 | 6840 |  |  |
|  |  | 1450 | 6800 |  |  |
|  |  | 1460 | 6760 |  |  |
|  |  | 1470 | 6720 |  |  |
|  |  | 1480 | 6680 |  |  |
|  |  | 1490 | 6640 |  |  |
|  |  | 1500 | 6600 |  |  |

Максимум задачі становить . Він досягається при , Видно, що вирішення наближеного завдання виявилося досить близьким до точного.

*2.3. Управління запасами товарів на основі теорії масового обслуговування*

Коли питання з асортиментом вирішено, тобто встановлено які товари чи групи товарів слід тримати у організації торгівлі та яких обсягах, необхідно виробити стратегію замовлень. Тобто визначити, в який момент та яку кількість замовляти товару.

Огляд робіт у першому розділі показав, що багато ситуацій управління запасами можна розглядати, як задачі масового обслуговування – у тому сенсі, що покупці можуть простояти у черзі по товари, а й у тому сенсі, що товари, які очікують покупців, також утворюють черги.

Якщо покупців немає, то запаси товарів збільшуються. Якщо немає черги товарів (немає запасів), утворюється дефіцит, тому що покупці не обслуговуються. Якщо в якості вимог і заявок у системі масового обслуговування враховувати запасні товари, а обслуговуючі обладнання – покупців товарів, то знаючи інтенсивність прибуття покупців, можна визначити оптимальну інтенсивність надходження товарів в умовах тих чи інших обмежень.

Хоча не можна точно передбачити, якою буде довжина черги товарів (обсяг запасних товарів) у будь-який заданий момент часу, все ж деякі властивості черг можна передбачити навіть у тому випадку, коли інтенсивність надходження вимог і інтенсивність обслуговування зазнають значних коливань.

Теорія масового обслуговування є відомим розділом дослідження операцій і була розроблена для того, щоб створювати моделі для прогнозування станів системи, яка призначена забезпечити обслуговування за випадковими запитами [12, 20, 37].

Перші дослідження систем масового обслуговування належать А.К. Ерлангу, який ще в 1909 році опублікував роботу «Теорія ймовірностей та телефонні розмови», в якій досліджував проблему навантаження телефонних станцій Він дійшов висновку, що робота телефонних станцій характеризується: 1) законом розподілу Пуассона для вхідного випадкового потоку запитів; 2) експоненційним законом розподілу для довільного часу обслуговування [16].

Робота по застосуванню цієї теорії була продовжена Моліною в 1927 в роботі «Додаток теорії ймовірностей до проблем телефонного зв'язку», де він розвинув ідеї Ерланга. Подальші дослідження в цій галузі були проведені Колмогоровим у 1931 р. року у його роботі «Про проблему очікування». Згодом безліч завдань було поставлено та вирішено сучасними дослідниками.

Було помічено, що нормальний розподіл, який добре узгоджується з досвідченими даними про надходження запитів, добре апроксимується розподілом Пуассона, тому не дивно часта поява останнього як відповідний розподіл для опису вхідних потоків у систему масового обслуговування [11, 15,55].

Пуасонівський потік має місце тоді, коли виконуються такі два припущення:

1. Загальна кількість надходжень протягом даного інтервалу часу не залежить від кількості надходжень, які мали місце на початок цього інтервалу.

2. Для будь-якого інтервалу ймовірність того, що станеться точно одне надходження, дорівнює , де є постійна величина, що являє собою середній темп надходжень (кількість надходжень за одиницю часу) вхідного потоку. Звідси випливає, що є середня довжина інтервалу між двома послідовними надходженнями.

Систему масового обслуговування можна описати за допомогою таких характеристик:

1) розподіл вхідного потоку або розподіл числа вимог, що надходять в обслуговуючий пристрій;

2) число каналів, тривалості обслуговування яких можна охарактеризувати деякою функцією розподілу;

3) дисципліна черги, тобто порядок вибору клієнтів обслуговування.

Зазвичай у більшості випадків обслуговування проводиться за принципом «першим прибув першим обслуженим», проте можливі й інші дисципліни черги.

З інших порядків обслуговування можна назвати випадковий вибір клієнтів для обслуговування (як у телефонних системах), обслуговування клієнтів на основі призначення пріоритету (як у багатьох військових системах) або одночасне обслуговування групи клієнтів (як у деяких телефонних комутаційних системах та в медичних клініках).

Одна річ – знайти оптимальну стратегію управління однопродуктовими запасами, але зовсім інша – намагатися шукати такі стратегії для десятків тисяч найменувань товарів. Діяльність пропонується застосувати однаковий підхід всім найменувань товарів.

Розглянемо тепер керування запасами множиною товарів.

Нехай торгове підприємство здійснює управління запасами різних товарів.

Нехай – роздрібна ціна -го товару, – закупівельна ціна -го товару, – витрати зберігання одиниці товару. Якщо попит на товар на горизонті управління складає , то кількість замовлень в режимі дорівнюватиме .

Тоді прибуток на горизонті управління товарними запасами становитиме:

Або

 (2.38)

Так,як:

 (2.39)

Очевидно, що максимум (2.38) досягається тоді, коли функцій максимальні кожна окремо, оскільки ці функції незалежні одна від інший. Отже, максимум визначається за умов:

 (2.40)

Завдача управління запасами множиною товарів було розглянуто без обмежень. Спроби знайти оптимальні стратегії управління багато продуктовими запасами з урахуванням обмежень можуть бути занадто дорогими [22]. У роботі [42] доведено оптимальність дворівневих стратегій (для двох товарів). Однак для трьох і більше товарів практичне застосування даного класу стратегій украй утруднено методологічними та обчислювальними труднощами.

На щастя, зазначені обмеження не є такими жорсткими, щоб їх треба було явно вводити. Найбільш важливими є обмеження фінансових витрат на постачання. Однак вони були враховані при вирішенні задачі оптимізації асортименту товарів, тому в задачі оптимізації поставок не беруть участі, що суттєво спрощує вирішення завдання.

**РОЗДІЛ 3. ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ЗАВДАННЯХ УПРАВЛІННЯ АССОРТИМЕНТОМ І ТОВАРНИМИ ЗАПАСАМИ**

*3.1. Математичне та алгоритмічне забезпечення підтримки прийняття рішень у задачі управління асортиментом та запасами*

Завдання управління асортиментом товарів та товарними запасами на основі розроблених у кваліфікаційній роботі математичних моделей складне через високу розмірність визначених змінних, наявності величезної кількості ідентифікованих параметрів моделей та обмежень. Очевидно, що впоратися із завданням такої розмірності можна лише за допомогою комп'ютерних автоматизованих систем прийняття рішень.

Автоматизація управління асортиментом товарів хороших і товарними запасами дозволяє як знизити тимчасові витрати співробітників торгових підприємств на обробку інформації, а й скоротити кількість помилкових рішень з допомогою зменшення впливу людського чинника [21, 59]. Останнім часом набули великого поширення системи підтримки прийняття рішень (СППР), які допомагають людині у завданнях вибору [9].

Система підтримки прийняття рішень – це діалогова автоматизована система, яка використовує правила прийняття рішень та відповідні математичні моделі з базами даних, а також інтерактивний комп'ютерний процес розробки рішення. На відміну від автоматизованих систем управління підприємствами (АСУП) СППР, крім традиційних методів обробки інформації та знаходження управлінь за допомогою оптимізаційних математичних моделей орієнтуються і на вирішення слабоформалізованих завдань.

Головною особливістю систем підтримки прийняття рішень є новий спосіб взаємодії людини і комп'ютера у виробленні управлінських рішень. Ухвалення рішення відбувається в результаті ітераційного процесу, учасниками якого є:

- система підтримки прийняття рішень як обчислювальна ланка та об'єкт управління;

- особа, яка приймає рішення (ЛПР) як керуюча ланка, роль якої задати вхідні дані та оцінити отримані результати обчислень.

На рис. 3.1 показаний процес вироблення рішень з допомогою СППР.



Рис.3.1. Процес вироблення рішень як ітераційний процес

СППР призначена для вирішення завдань вибору з великої кількості варіантів (альтернатив) найкращого варіанта, як на основі розв'язання оптимізаційних завдань, так і на підставі попередніх підрахунків ЛПР.

Основу СППР складають комплекс взаємопов'язаних математичних моделей з відповідною алгоритмічною та інформаційною підтримкою розрахунків та досліджень, інтелектуальні та експертні системи, що включають досвід вирішення завдань управління та забезпечують участь експертів у процесі вироблення раціональних рішень.

Структура системи підтримки прийняття рішень, а також функції складових її блоків показано на рис. 3.2.

До складу СППР входять три основні компоненти: база даних, база моделей та програмна підсистема управління, що складається: із системи управління базою даних (СУБД), системи управління базою моделей (СУБМ) та системи управління інтерфейсом.



Рис.3.2. Основні компоненти системи підтримки прийняття рішень

База даних виконує роль інформаційного сховища, яка використовується безпосередньо для обчислень математичних моделей. Основні дані надходять з інформаційної системи операційного рівня.

База моделей містить математичний опис процесу чи об'єкта. Моделі при використанні певних алгоритмів сприяють знаходженню корисної інформації для прийняття правильних рішень, оскільки ґрунтуються на математичній інтерпретації проблеми. Застосування моделей забезпечує здійснення аналізу у СППР.

У системах підтримки прийняття рішень база моделей може включати тактичні, стратегічні та оперативні математичні моделі.

Стратегічні моделі використовуються на верхньому рівні управління для знаходження планів виробництва та розвитку організації з урахуванням наявних ресурсів, політики придбання та використання цих ресурсів. Такі моделі можуть бути, у тому числі, корисними прогнозуванням політики конкурентів при виборі варіантів розміщення підприємств і тощо. Характерною є значна широта охоплення, безліч змінних, подання даних у стиснутій агрегованій формі. І, як правило, горизонт планування вимірюється у роках.

Тактичні моделі використовуються на середньому рівні управління для розподілу та контролю використання наявних ресурсів. Так, наприклад, у завданнях управління торговими підприємствами тактичні моделі застосовуються для фінансового планування, планування асортименту товарів та продажу нових товарів, побудови схем компонування торгових залів та складських приміщень тощо. Найчастіше ці моделі застосовують до підрозділів підприємства (наприклад, до системи виробництва та збуту, складського господарства) і можуть також включати агреговані показники. Для тактичних моделей тимчасовий обрій становить від одного місяця до року.

Оперативні моделі служать для прийняття рішень на нижньому рівні управління з обрієм, що обчислюється днями та тижнями. У торгових організаціях застосування цих моделей включають управління товарними запасами, ведення дебіторських рахунків та кредитних розрахунків.

Програмна підсистема управління забезпечує взаємодію СУБД та СУБМ та діалог з користувачем. Удосконалення підсистеми управління СППР визначається прогресом у розвитку кожного із зазначених компонентів.

Головною перевагою СППР є висока адаптивність, що забезпечує можливість пристосовуватися до особливостей математичного, інформаційного, алгоритмічного, технічного та програмного забезпечення, а також вимог користувача.

Сформулюємо основні вимоги до СППР при управлінні асортиментом товарів та товарними запасами. СППР має забезпечувати:

- класифікацію та розподіл товарів за групами;

- прогноз попиту товари та інтенсивності поставок товарів на основі ретроспективних даних про збут і час виконання заказів;

- на підставі прогнозів попиту на товари та інтенсивності поповнення запасів, витрат на виконання замовлень, зберігання, закупівельної ціни та з урахуванням залишку товарних запасів на момент прийняття рішень система повинна пропонувати ЛПР найбільш відповідний асортимент товарів, план закупівель та стратегії поповнення товарних запасів. запасів, виходячи з максимуму прибутку торгового підприємства.

Поставлені у попередніх розділах завдання оптимізації асортименту товарів та управління товарними запасами мають високу розмірність. Так, наприклад, асортимент навіть невеликого універсаму включає кілька тисяч найменувань товарів. Знаходження оптимального асортименту товарів за випадкового попиту на товари для такого універсаму з урахуванням лінеаризації нелінійного оптимізаційного завдання визначення асортименту призводить до задачі з сотнями тисяч змінних. Незважаючи на те, що для задачі лінійного програмування розроблено ефективні алгоритми знаходження оптимального рішення, зниження розмірності задачі дозволяє значно підвищити ефективність управління асортиментом і товарними запасами.

Важливим інструментом зниження розмірності задачі оптимізації асортименту та практичного вирішення задачі управління товарними запасами є так званий ABC-аналіз [10, 36]. Як було зазначено у першому розділі основу ABC-аналізу лежить принцип Парето, за яким 20 % асортиментних позицій приносять 80 % прибутку [10, 36].

Суть ABC-аналізу полягає в тому, щоб розбити все безліч товарів на кілька груп (як правило, три) так, щоб до групи A увійшло відносно невелику кількість найбільш значущих з точки зору прибутку товарів, до групи B - менш значущі товари, і , нарешті, у групу C – всі товари. Хорошим результатом розбиття на групи прийнято вважати той, при якому в групі А виявляється не більше 10% товарів з часткою прибутку від продажів до 80%, в групу B включається 15-30% товарів з часткою прибутку до 15%, а в групу C – решта 65-80 % найменувань товарів та їхня частка у загальному прибутку від 5 до 15 %.

Знаходження хорошого рішення ABC-аналізу надає вирішальне значення у досягненні ефективності автоматизованих систем управління асортиментом та товарними запасами.

Для вирішення завдання АВС-класифікації товарів застосовуються різні методи – від суто емпіричних до добре формалізованих (кластеризація, автоматична класифікація та ін.) [58].

Ми вважаємо, що у завданнях управління асортиментом, і зокрема, класифікації товарів за групами, вирішальне слово має залишатися за людиною.

Найбільш простим у реалізації АВС-класифікації за участю ЛПР є диференціальний метод [50]. При використанні диференціального методу кордону між групами A, B та C визначаються у декілька етапів. На першому етапі розраховується річна сума видатків (доходів) по всій номенклатурі товарів, на другому етапі розраховуються середні витрати (доходи) однією позицію номенклатури товарів.

На третьому етапі здійснюється поділ на групи. До групи А включають товари, витрати (доходи) на які у 6 і більше разів перевищують середнє значення, групу С – товари, витрати (доходи) на які менші за середнє значення у 2 і більше разів, інші позиції входять до групи В [7].

Як приклад наведемо таблицю результатів, отриманих при розбиття диференціальним методом лікарських препаратів, м. Тернопіль «Аптека «Подорожник» у період з січня 2019 року по грудень 2020 року.

Таблиця 3.1

Результати АВС-аналізу диференціальним методом

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Група** | **Кількість найменувань у групі** | **Розподіл по групах, %** | **Розподіл за доходами від продажу, %** |
| **А** | 123 | 6,86 | 51,45 |
| **В** | 402 | 22,43 | 25,64 |
| **С** | 1267 | 70,71 | 22,91 |
| **Всього:** | 1792 | 100 | 100 |

З табл. 3.1 видно, що або 123 найменування лікарських коштів приносить понад половину доходів від продажів. Група В (22,43% або 402 найменування) забезпечує трохи більше 25% доходів; група С (70,71% або 1792 найменувань) забезпечує майже 23% доходу.

Очевидно, що вибір співвідношень між середніми значеннями витрат (доходів) за групами товарів підбирається ЛПР з урахуванням його пріоритетів і асортиментної політики, що проводиться торговим підприємством.

ABC-аналіз дозволяє підвищити ефективність управління асортиментом та запасами. Групі А віддаються пріоритетна увага, потім закуповуються товари групи В, і потім – С. Або у зв'язку з високою розмірністю завдання управління асортиментом та товарними запасами, а також через те, що основний прибуток приносять товари груп А і В, достатньо завдання управління асортиментом та товарними запасами на основі розроблених у даній роботі математичних моделей вирішувати лише для товарів груп А та В.

Для товарів групи С не слід застосовувати ускладнені процедури управління.

Для знаходження оптимального асортименту та найкращої стратегії управління товарними запасами необхідно ідентифікувати низку параметрів, що входять до моделі. Це параметри:

* прогноз попиту товари;
* прогноз інтенсивності поповнення товарних запасів.

Ефективність системи управління асортиментом і товарними запасами значною мірою залежить від можливості дати з прийнятною точністю прогноз попиту товари.

Обидві моделі, розроблені у попередніх розділі безпосередньо пов'язані з прогнозуванням попиту. У моделі завдання знаходження асортименту товарів потрібно знати середній попит та середньоквадратичне відхилення для кожного товару, а для моделі управління запасами для кожного товару - інтенсивність попиту та інтенсивність поповнення запасів .

Розглянемо випадок, коли прогноз попиту на товари та інтенсивність поповнення запасів здійснюються виключно на основі даних передісторії.

Майже завжди є дані про збут товару, які можна використовувати як дані попиту. Передбачається, що збут є досить точним показником попиту і що у разі дефіциту не відбувається настільки великої втрати збуту, що дані про збут перестають відповідати даним про попит.

Дослідження показало, що використання тільки однієї моделі для прогнозування попиту товари не виправдано. Так, для товарів, збут яких за минулий період не зазнавав значних сезонних коливань, можна застосувати найпростіші моделі прогнозування. Якщо ж збут значно змінюється у часі, спостерігаються помітні коливання збуту взалежності від пори року, то потрібні інші моделі прогнозування.

Найбільш широке застосування отримали процедури, засновані на методі найменших квадратів та на експоненційному згладжуванні.

Оскільки нами прийнято припущення, що результати спостережень над вихідний зміною y (збутом товару) є незалежними нормально розподілені випадкові величини ми можемо знайти залежність математичного очікування попиту товари від часу спостережень . Така залежність називається регресійною залежністю. Приклад кривої регресії наведено на рис.3.3.

На рис. 3.3 для кожного значення показано щільність розподілу випадкової величини попиту . Ясно, що крива регресії повинна проходити поблизу даних спостережень. Точніше значення попиту , що знаходиться за моделлю за умови, що вхідна координата приймала значення ( – порядковий номер періоду спостереження), повинні бути близькі до значень збуту , отриманим зі спостережень при тих же значеннях .



Рис. 3.3. Щільність розподілу ймовірності та крива регресії

Для опису попиту товарів з широкою номенклатурою, що налічує кілька тисяч найменувань, розглядалися відомі уявлення: лінійні, поліноміальні, статечні та експонентні.

У СППР, що розробляється, для прогнозування попиту на «несезонні» товари була обрана лінійна модель виду:

 (3.1)

для якої розрахунок коефіцієнтів проводиться за формулами, отриманими методом найменших квадратів:

 (3.2)

 (3.3)

Де, – фактичні дані збуту товару, – тимчасові періоди часу, – кількість спостережень, .

Рівняння (3.1) дозволяє обчислювати прогнозований попит протягом

 -го періоду, використовуючи дані спостережень за періоди .

Середня відносна помилка прогнозної моделі розраховується за формулі:

де - значення збуту, отримані за прогнозною моделлю.

На рис. 3.4 представлені дані збуту лікарського засобу «Цитрамон» та значення, обчислені за прогнозною моделлю (3.1).



Рис. 3.4. Дані реалізації лікарського засобу «Цитрамон»

Середня відносна помилка апроксимації лінійною моделлю даних продажів лікарського засобу «Цитрамон» становила 10,43%.

Лінійні прогнозні моделі, побудовані для 50 «несезонних» лікарських засобів із групи А та В, випадково обраних з асортименту муніципального унітарного підприємства м. Тернопіль Аптека «Подорожник», показали гарну апроксимацію даних спостережень. Це підтверджувалося розрахунками середньої відносної помилки моделі за формулою (3.4). Так, чисельні значення відносної помилки для лінійної моделі не перевищували 20%.

Часто практично величина збуту залежить від пори року. Так, наприклад, природно очікувати зростання продажів взимку, і, навпаки, спад продажів влітку противірусних, протикашльових, імуностимулюючих препаратів. Тому облік сезонного чинника також впливає вибір моделі прогнозування.

Найбільш ефективні способи прогнозування ґрунтуються на поширенні даних про попередній збут на найближче майбутнє з використанням моделі часового ряду (ряд значення збуту за послідовні однакові проміжки часу). При цьому передбачається, що тимчасовий ряд збуту складається з таких складових:

1. Середній збут за одиницю часу певний момент.

2. Несезонна зміна середнього збуту (тренд) у послідовних проміжках часу.

3. Сезонні коливання збуту щодо лінії тренду.

4. Випадкові коливання щодо моделі, що враховує тренд сезонні коливання.

Використання моделі «тимчасового ряду» як схема прогнозування нескладно. Якщо з даних про попередній збут можна виділити тренд та сезонну складову та поширити їх на майбутнє, то джерелом помилок прогнозування залишаться лише випадкові коливання попиту. Основне завдання полягає в тому, щоб виділити ці складові з наявних даних про попередній збут. Крім того, бажано, щоб обчислення були наскільки можна простими і досить точними.

Зазвичай тренд апроксимують рівнянням прямої за допомогою методу найменших квадратів, де – величина попиту, передбачена за допомогою ліній регресії для будь-якого часу .

На рис. 3.5 показані дані збуту аскорбінової кислоти та модель тренду, що описує основну тенденцію у збуті за період із січня 2019 року по грудень 2020 року. у м. Тернопіль аптека «Подорожник».



Рис. 3.5. Збут аскорбінової кислоти та модель тренду продажів

Видалимо з тимчасового ряду збуту тренд, а безперервну функцію, що складається лише з сезонної та випадкової складових, апроксимуємо за допомогою методів гармонійного аналізу періодичних функцій, які ґрунтуються на тому, що будь-яку безперервну функцію можна уявити лінійною комбінацією косинусів та синусів.

Якщо функція є безперервною функцією з періодом , тоді функцію можна представити, як ряд Фур'є:

 (3.1)

Де, – порядковий номер гармоніки. Коефіцієнти визначаються формулами:

 (3.2)

 (3.3)

 (3.4)

Аргументи тригонометричних функцій і можна трактувати як частоти , які визначаються відповідним номером гармоніки, тобто:

Під апроксимацією функції ряд Фур'є розуміють нову функцію , отриману підсумовуванням кінцевого числа членів ряду (3.1), кількість яких позначимо , тобто:

 (3.5)

Оскільки при побудові моделей попиту маємо справу з дискретними значеннями збуту, тобто значеннями змінних, виміряних окремі моменти часу, застосуємо методи гармонійного аналізу з допомогою рядів Фур'є для дискретних значень змінних.

У цьому випадку інтеграли у виразах (3.2) – (3.4) замінюються квадратурними формулами:

 (3.6)

 (3.7)

 (3.8)

де – число вимірів змінної у часовій ряду; – дискретні значення змінної в моменти часу .

Дві останні формули набувають вигляду:

 (3.9)

 (3.10)

Оскільки , оскільки період часу дорівнює , де – інтервал між вимірами.

Величини характеризують вклад -ї гармоніки в функцію . Залежність величини від номера гармоніки характеризує спектральний склад функції . Великі значення величини визначають частоти на яких зосереджена основна «енергія» функція .

Досвідчені дані збуту, розрахункові значення збуту за моделлю тренду, дослідні дані за вирахуванням тренду та значення коефіцієнтів ряду Фур'є для ряду гармонік наведено згідно виразами (3.6) та (3.9), (3.10) маємо:

;

Легко підрахувати, що нульова гармоніка не впливає на функцію, а друга гармоніка робить найвищий внесок . Спектр інших розрахованих гармонік становить відповідно:

Тому, для опису сезонної складової приймемо функцію , що містить лише значущі гармоніки з номерами 1, 2, 3 та 4:

Остаточно модель тимчасового ряду збуту аскорбінової кислоти набуде вигляду:

На рис. 3.6 показано дані про збут та розрахункові за моделлю значення збуту аскорбінової кислоти, у тому числі прогнозні значення збуту на наступний календарний рік.



Рис.3.6. Досвідчені дані та розрахункові за моделлю значення збуту аскорбінової кислоти

Середня відносна помилка апроксимації отриманої моделлю даних продажів аскорбінової кислоти становила 8,72%.

Задовільний збіг розрахункових величин з досвідченими даними досягнуто з використанням чотирьох гармонік. Однак у багатьох випадках може бути необхідним застосування значно більшої кількості гармонік.

Очевидно, що розкладання функцій на гармонійні складові, обчислення спектру гармонік є досить трудомісткою процедурою. Тому такі розрахунки слід проводити ЕОМ.

Вибір часового інтервалу (обсяг статистики) для прогнозування попиту залишається за ЛПР. З практики відомо, чим довше часовий ряд, тим більша ймовірність збігу прогнозу з фактичними даними, проте при великій кількості номенклатурних позицій, а також досить малому життєвому циклі сучасних товарів часто доводиться робити прогнози за даними з короткою передісторією.

Для виділення з номенклатурного списку сезонних та несезонних товарів використовувався коефіцієнт кореляції між річними циклами.

За статистичними даними продажу кожного товару визначався коефіцієнт кореляції між 12-ти місячними циклами [10]:

 (3.11)

де – чисельні значення місячних продажів в одному з 12-ти місячному циклі; – чисельні значення місячних продажів у іншому 12-ти місячному циклі; , де – кількість річних циклів.

Остаточно коефіцієнт сезонності перебуває як:

 (3.12)

Щоб встановити критерій сезонності для всіх лікарських засобів коштів проводилася статистична обробка 60 найменувань ЛЗ.

У табл. 3.2 та 3.3. наведено значення коефіцієнтів сезонності для ряду лікарських засобів з імовірною сезонною та несезонною варіативністю відповідно.

Як бачимо з таб. 3.2 чисельні значення коефіцієнтів сезонності для лікарських засобів, віднесених до сезонної категорії, коливалися від 0,48 до 0,83.

Межі довірчого інтервалу для сезонних ЛЗ були представлені у вигляді , де Тоді при до сезонних ЛЗ могли бути віднесені кошти з.

Таблиця 3.2

Значення коефіцієнтів сезонності для деяких сезонних ЛЗ,

реалізованих в м. Тернопіль аптека «Подорожник»

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№****п/п** | **Найменування лікарського засобу** | **Фармакотерапевтична група** | **Коефіцієнт сезонності** |
| 1 | Ремантадин | Противіруснезасіб | 0,83 |
| 2 | Аспірин | Нестероїдний протизапальний засіб | 0,82 |
| 3 | Коделак | Протикашльовийзасіб | 0,81 |
| 4 | Піносол | Протиконгестивнезасіб | 0,80 |
| 5 | Вітрум | Вітаміний засіб | 0,79 |
| 6 | Фервекс | Жарознижувальнийзасіб | 0,76 |
| 7 | Ереспал | БронхолітичнийЗасіб | 0,73 |
| 8 | Біопарокс | Антибіотикполіпептидний | 0,72 |
| 9 | Пектусин | ВідхаркувальнийЗасіб | 0,65 |
| 10 | Арбідол | ПротивіруснийЗасіб | 0,62 |
| 11 | Бромгексин | ВідхаркувальнийЗасіб | 0,61 |
| 12 | Парацетомол | АнальгетичнийЗасіб | 0,60 |
| 13 | Каметон | АнтисептичнийЗасіб | 0,57 |
| 14 | Центрум | ВітаміннийЗасіб | 0,55 |
| 15 | Мезим форте | Травний ферментний засіб | 0,22 |
| Статистичні дані повибірці () |  | 0,652,090,110,23 |

Таблиця 3.3

Значення коефіцієнтів сезонності для деяких несезонних ЛЗ, реалізованих в м. Тернопіль аптека «Подорожник»

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№****п/п** | **Найменування лікарського засобу** | **Фармакотерапевтична група** | **Коефіцієнт сезонності** |
| 1 | Амбросан | Муколітичний засіб | 0,41 |
| 2 | Супрастин | Н1-гістамінових рецепторів антагоніст | 0,26 |
| 3 | Пірацетам | Ноотропний засіб | 0,20 |
| 4 | Трихопол | Протимікробний та протипротозойнийЗасіб | 0,19 |
| 5 | Еслівер форте | Гепатопротекторний засіб | 0,15 |
| 6 | Мірамістин | Протимікробний та протипротозойнийЗасіб | 0,14 |
| 7 | Есенціале форте | ГепатопротекторнийЗасіб | 0,12 |
| 8 | Престаріум  | АПФБлокатор | 0,11 |
| 9 | Поліжинакс | Антибіотик комбінований | 0,10 |
| 10 | Хондроксид | Регенерації тканин стимулятор | 0,09 |
| 11 | Вугілля активоване | Ентеросорбуючий засіб | 0,06 |
| 12 | Пенталгін | Анальгетичний засіб | -0,03 |
| 13 | Сульфацил натрію | Протимікробний засіб | -0,05 |
| 14 | Аріфон | Діуретичний засіб | -0,17 |
| 15 | Сорбіфер дурулес | Гемопоезастимулятор | -0,21 |
| **Статистичні дані по****вибірці ()** |  | 0,072,030,160,33 |

Із таб. 3.3 видно, що мінімальне чисельне значення коефіцієнта сезонності для лікарських засобів, віднесених до несезонної категорії становило -0,21, а максимальне – 0,43.

Межі довірчого інтервалу для несезонних ЛЗ були представлені у вигляді де . Так, при до несезонних ЛЗ можуть бути віднесені засоби з

Порівняльний аналіз двох таблиць дозволив встановити чисельне значення критерію сезонності для дослідженої вибірки лише на рівні, що дорівнює 0,41.

Для того, щоб встановити критерій сезонності для всіх найменувань лікарських засобів, визначалася середня помилка вибірки :

 (3.13)

Тоді при

 (3.14)

Або в кінцевому вигляді:

Нерівність (3.15) означає, що з ймовірністю 95% всі найменування лікарських засобів з коефіцієнтом сезонності більшим, ніж 0,49 можна віднести до сезонних товарів, а з коефіцієнтом, меншим 0,33 – до несезонних товарів.

У тому випадку, коли немає достатньо повної інформації про минулі значення збуту (у тому числі, коли на ринок виводяться нові товари для яких немає передісторії збуту), показники попиту задаються ЛПР.

Найбільш доцільним інструментом прогнозування попиту на нові товари є експертно-статистичний підхід в основі якого проводиться порівняння нового товару з наявними аналогами.

Суть методу аналогів полягає в тому, що до вирішення проблеми прогнозування підключаються експерти і участь експертів у її рішенні базується на виділенні ними аналогів для прогнозованого процесу з об'єктів, що раніше спостерігалися. Передбачається, що у раніше спостерігалися процесах є досить представницька статистична інформація, яка може бути використана поряд з дуже обмеженою інформацією, що стосується безпосередньо прогнозованого процесу.

Якщо статистичної інформації про збут товарів, як правило, достатньо, то інформації про інтенсивність поповнення запасів і часу виконання замовлень, найчастіше відсутні.

Багато в чому це з тим, що виконання замовлення складається з багатьох складових, облік яких скрутний:

* часу на формування та розміщення у постачальника замовлення на поповнення з моменту виявлення необхідності в поповненні;
* часу, необхідного постачальнику для того, щоб підготувати постачання та відвантажити на адресу торгового підприємства;
* часу, необхідного для транспортування товару до складу магазину;
* часу, необхідного для того, щоб вивантажити товар, прийняти його на склад та підготувати до продажу чи використання;
* часу виконання формальних процедур, типу митної очистки і сертифікації, якщо торгове підприємство працює з іноземним поставщиком.

І тут можна грубо оцінити максимальне і мінімальне часи поставок, а обчислення показника інтенсивності поповнення запасів тієї чи іншої товару використовувати середнє значення часу поставки. Огляд робіт показує, що припущення про сталість часу постачання дає досить добрі результати в умовах відсутності даних [12].

*3.2. Інформаційно-логічна модель завдання управління асортиментом та товарними запасами*

Запропонований у кваліфікаційній роботі підхід до управління асортиментом та товарними запасами може бути продемонстрований за допомогою інформаційно-логічної моделі підтримки прийняття рішень, що графічно відображає логічну структуру вирішення досліджуваного завдання (рис.3.7).

Інформаційно-логічна модель ілюструє всі модулі підтримки прийняття рішень, а також їх взаємини між собою.



Рис.3.7. Інформаційно-логічна модель підтримки прийняття рішень під час управління асортиментом та запасами

Загалом, інформаційно-логічна модель управління асортиментом та товарними запасами складається із шести основних модулів. До основних модулів відносяться:

- модуль підготовки та первинної обробки даних спостережень;

- модуль визначення прогнозу попиту товар;

- модуль визначення оптимального асортименту товарів;

- модуль визначення оптимальної стратегії управління товарними запасами;

- модуль товарного АВС-аналізу;

- Модуль оцінки економічної ефективності.

План-графік продажів створюється на основі інформації про замовлення та попит споживачів, стан ресурсів торгового підприємства, контракти на постачання товарів та виконання послуг зовнішніми партнерами.

Крім того, у план-графік вносяться коригувальні впливи за принципом зворотного зв'язку, що залежать від неузгодженостей між поточними та прогнозованими показниками в управлінні асортиментом та товарними запасами.

План-графік є динамічним і періодично оновлюваним. Плановий обрій може змінюватися в широких межах – від кількох тижнів до року та більше. З план-графіка встановлюється планова номенклатура товарів.

Модуль підготовки та первинної обробки даних призначений для підготовки вихідних даних для подальших розрахунків. На цьому етапі проводиться фільтрація статистичних даних та виключення аномальних значень, а також поповнення вихідних часових рядів відсутніми даними.

До основних моментів при побудові прогнозних моделей для часових рядів продажів належить вирішення питань, пов'язаних із визначенням основної тенденції розвитку часових рядів та оцінкою сезонності продажів товарів.

У зв'язку з цим у модулі підготовки та первинної обробки даних, крім первинної обробки часових рядів для кожного товару оцінюється можливість подальшого прогнозування за допомогою оцінювання сезонності товарів.

У модулі визначення прогнозу попиту товари визначаються параметри розподілів попиту товари (математичні очікування і стандартні відхилення). Шукані прогнозні значення параметрів розподілів перебувають у двох видах прогнозних моделей: одна «сезонних», інша для «несезонних» товарів.

Модуль визначення оптимального асортименту товарів призначений для знаходження таких найменувань товарів з планової номенклатури та їх обсягів при яких очікуваний прибуток торговельного підприємства досягає максимального значення.

Модуль визначення оптимальної стратегії управління товарними запасами призначений для знаходження критичних рівнів запасів для кожного товару, а також оптимальних розмірів партій на поповнення, при яких прибуток від товарів максимальний.

Економічний результат від управління асортиментом та товарними запасами оцінюється у модулі оцінки економічної ефективності. Вихідними змінними даного модуля є вартісні показники, такі як сумарний прибуток і прибуток від продажу окремих найменувань товарів, сумарні витрати та витрати за кожним видом товарів, очікувані втрати від дефіциту товарів, кількість залишків товарів.

На підставі аналізу економічних показників від реалізованого варіанта управління асортиментом та товарними запасами визначаються межі груп товарів за допомогою АВС-аналізу, а також вносяться корективи у план-графік функціонування торговельного підприємства.

Запропонована інформаційно-логічна модель підтримки прийняття рішень під час управління асортиментом та товарними запасами є базовою. Розроблені в даній дисертаційній роботі математичні моделі та підходи до оптимізації асортименту товарів та стратегій поповнення товарних запасів можуть стати основою систем підтримки прийняття рішень при управлінні асортиментом та товарними запасами.

ВИСНОВКИ

Дане дослідження дозволило вирішити важливе науково-практичне завдання підвищення ефективності управління асортиментом та товарними запасами у роздрібній торгівлі за допомогою розроблених математичних моделей та алгоритмів, що їх реалізують.

Основні висновки та результати кваліфікацыйної полягають у наступному:

1. Проведено системний аналіз завдання управління асортиментом та товарними запасами у роздрібній торгівлі та існуючих формалізованих методів планування та управління асортиментом та товарними запасами. Виявлено відсутність інструментарію вирішення поставленої задачі в умовах невизначеності попиту на товари, або коли попит описується складними теоретичними та емпіричними розподілами ймовірності доступного широкому користувачу.

2. Поставлено двоетапне завдання управління асортиментом та товарними запасами, яке може бути конкретизовано наступним чином: на першому етапі визначаються асортимент та обсяги товарів, що забезпечують максимум прибутку торгового підприємства на горизонті управління, на другому етапі з урахуванням знайденого на попередньому етапі асортименту товарів та їх обсягів є оптимальна стратегія поповнення запасів на горизонті управління.

3. Розроблено математичну модель завдання визначення оптимального асортименту товарів у торгових організаціях при випадковому попиті на товар, у якій реалізовано імовірнісну оцінку ефективності асортименту товарів та їх запасів.

4. Показано, що попит на товари добре описується нормальним законом розподілу ймовірностей, оскільки залежить від великої кількості незалежних випадкових доданків з різними законами розподілу, сумарний вплив яких прагне нормального закону.

5. Поставлене завдання оптимізації асортименту товарів сформульовано у вигляді завдання нелінійного програмування з нелінійною сепарабельною цільовою функцією та лінійними обмеженнями. Запропоновано ефективний обчислювальний алгоритм, заснований на методі кусково-лінійної апроксимації нелінійної цільової функції, що дозволяє звести завдання нелінійного програмування до лінійного програмування, що легко реалізується на ЕОМ.

6. Для системи з безперервним поповненням товарних запасів знайдено точні аналітичні висловлювання для розрахунку ймовірностей дефіциту товарів та середньої кількості товарів у системі масового обслуговування. Для системи з поповненням запасів партіями знайдені наближені вирази для розрахунку ймовірностей дефіциту товарів та середньої кількості товарів у системі обслуговування.

Отримані аналітичні та наближені висловлювання для обчислення параметрів системи управління товарними запасами дозволили сформувати критерії оптимальності, поставити завдання управління товарними запасами та знайти оптимальні стратегії управління.

7. Розроблено моделі та алгоритми підтримки прийняття рішень при управлінні асортиментом та товарними запасами, що включають методи зниження розмірності завдання управління асортиментом та товарними запасами, оцінки сезонності товарів, моделі прогнозування попиту на товари за ретроспективними даними збуту товарів.

8. Розроблено інформаційно-логічну модель підтримки прийняття рішень, яка графічно відображає логічну структуру вирішення завдання управління асортиментом та товарними запасами, і яка може бути покладена в основу системи підтримки прийняття рішень під час управління асортиментом та товарними запасами у торгових організаціях.

9. Результати виконаних досліджень покладено в основу розроблення систем підтримки прийняття рішень щодо управління асортиментом та товарними запасами лікарняних аптек м. Тернопіль «Подорожник».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Баутов О.М. Формування та розрахунок оптимального асортименту при випадковому попиті // Маркетинг в Україні. 2017. №3. С.18-32.

2. Бєлєнов О.М., Бугаєва Т.М. Типологія методів управління асортиментом// Маркетинг. 2019. №1(1). С. 69-75.

3. Брітков В. Б. Методичний посібник за курсом «Системи підтримки прийняття рішень». К: Ленанд, 2019. 972 c.

5. Бузукова Є. А. Асортимент роздрібного магазину: методи аналізу та практичні поради. СПб.: Пітер, 2018. 176 с

6. Рубен P. Використання АВС-аналізу в маркетинговій сфері / P. Рубен, О.В. Боровиків // Маркетинг і реклама. ‒ 1999. ‒ № 1. ‒ С. 39‒45.

7. Пономарьова Ю.В. Логістика: навч. посіб. / Ю.В. Пономарьова. ‒ Київ: Центр навчальної літератури, 2003. ‒ 192 с.

8. Моделі і методи соціально-економічного прогнозування: підручник / В.М. Геєць, Т.С. Клебанова, О.І. Черняк та ін. – Харків: ІНЖЕК, 2008. – 396с.

9. Воронкова А.Е. Управлінські рішення в забезпеченні конкурентоспроможності підприємства: організаційний аспект: монографія / А.Е. Воронкова, Н.Г. Калюжна, В.І. Отенко. – Х.: ВД "ІНЖЕК", 2008. – 427 с.

10. Громовик Б.П. Управление товарным ассортиментом предприятия с помощью АВС и XYZ-анализа / Б.П. Громовик // Еженедельник аптека. – 2003. – № 6 (377). – С. 25–30

11. Дейнека Б. Дума Л.В. Інформаційна система управління асортиментом і запасами в умовах невизначеності - The 3 rd International scientific and practical conference “Modern scientific research: achievements, innovations and development prospects” (August 29-31, 2021) MDPC Publishing, Berlin, Germany. 2021. 403 p.

12. Лук’янець Т. І. Маркетингова політика комунікацій: Навч. посібник. 2-ге вид., доп. і перероб. К.: КНЕУ, 2011. 524 с.

13. Финансoвый мeнeджмeнт : учeбник ; пoд. рeд. А. М. Кoвалeвoй. М.: Инфра-М,2012

14. Баранoва И. В. Мeтoдичeскиe пoдхoды к oцeнкe логистической активнoсти и логистического пoтeнциала вуза // Нoвoсибирская иннoвациoннo-инвeстициoнная кoрпoрацiя «НOВИНКOР» [Eлeктрoнний рeсурс]. Рeжим дoступу: http://novinkor.com/ biblioteka/innoworld/71 innoactive.html

15. Закoн України «Прo логістичної дiяльнiсть» [Eлeктрoнний рeсурс]. – Рeжим дoступу : http:// zakon. rada.gov.ua/ cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=3715-17

16. Захарiн С. В. Управління товарними запасами/ С. В. Захарiн //Eкoнoмiка пiдприємств. 2006. № 16. с. 80-98.

17. Лoгвинeнкo Є. I. Визначeння характeристик для oпису дiяльнoстi логістичноактивних пiдприємств / Є. I. Лoгвинeнкo, O. М. Кузьмeнкo, М. В. Плeтньoв // Eкoнoмiка пiдприємств. 2010. № 38. с. 45-49.

18. Лук’янець Т. І. Маркетингова політика комунікацій: Навч. посібник. 2-ге вид., доп. і перероб. К.: КНЕУ, 2011. 524 с.

19.Бібліотека і доступність інформації у сучасному світі: електронні ресурси в науці, культурі та освіті [Електронний ресурс] : (Соціальні аспекти конкурентоспроможності національної економіки) / М.В. Семикіна. Конкуренція і конкурентоспроможність на ринку праці: методологія визначення // 2008/ с. 103. Режим доступу до журн.: 121 [http://dspace.nbuv.gov.ua:8080/dspace/bitstream/handle/123456789/8930/10- Semikina.pdf](http://dspace.nbuv.gov.ua:8080/dspace/bitstream/handle/123456789/8930/10-%20Semikina.pdf)

20. С.О. Інтегрований ABC-XYZ-QRS-аналіз товарних запасів торговельного підприємства / С.О. Єрмак // Розвиток наукової думки 2008: зб. матер. всеукр. наук.-практ. конф. Миколаїв: НУК, 2011. с. 105-108.

21. Степанов В.Г. Структурный АВС анализ ассортимента / В.Г. Степанов // Аудит и финансовый анализ. 2012. № 3. с. 205-214.

22. Про інтернет-бізнес в Україні та маркетинг Watcher [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://watcher.com.ua/2016/03/28/pronyknennyainternetu-v-ukrayini-vpershe-perevyschylo-60/>

23. Зайковская Г.Г. Решение проблемы оптимизации товарного запаса на предприятиях оптовой торговли с применением методов имитационного мо-делирования // Логистика. 2010. №4. С. 18-20.

24. Івашкевич В. Ю. Моделювання в управлінні матеріальними оборотними засобами комерційної організації: дис. канд. екон. наук: 08.00.13. М., 2006. 163 с.

25. Імітаційне моделювання в оперативному управлінні виробництвом/під ред. Соломатина Н.А. М: Машинобудування, 1973. 208 с.

26. Калінін Н.М. Розробка організаційної системи управління запасами в умовах багатономенклатурного виробництва: дис. канд. техн. наук: 05.02.22. М., 2009. 139 с.

27. Карлова М.Ю. Сучасний науковий підхід до проблеми управління неоднорідними матеріальними запасами торговельного підприємства // Питання сучасної науки та практики: Університет ім. В.І. Вернадського. 2011. №2(33). З. 252-257.

28. Мандель А.С., Семенов Д.А. Адаптивні алгоритми оцінки параметрів оптимальних стратегій управління запасами при обмеженому дефіциті // Автоматика та телемеханіка. 2008. №6. З 117-128.

29. Петренко С.В. Забезпечення оптимального управління запасами торгового підприємства при вирішенні проблеми планування асортименту за допомогою кластерного підходу // Перспективи науки. 2010. №5 (07). З. 120-123.

30. Пінігін Є.Б. Управління запасами на підприємствах оптової торгівлі: актуальність, структура, особливості // Прикладна інформатика. 2006. №6. З. 19-28.

31. Пінчук Ю. Управління запасами на основі показників обертання. Електрон. журн. // Фінансовий директор. 2008. №2. З. 39-43. Режим доступу: <http://www.intalev.ua/index.phd?id=23954/>.

32. Портер М. Конкурентна стратегія: Методика аналізу галузей та конкурентів. 2-ге вид. М: Альпіна Бізнес Букс, 2006. 454 с.

33. Прабху Н. Методи теорії масового обслуговування та управління запасами. М: Машинобудування, 1969. 356 с.

34. Пустельник Є.І. Статистичні методи аналізу та обробки спостережень. М.: Наука, Фізматліт, 1968. 288 з.

35. Рожков В.Г. Автоматизована система управління запасами товарно-матеріальних цінностей за умов стохастичного характеру споживання та обмеженого обсягу складських приміщень: дис. канд. техн. наук: 05.13.06. Орел, 2006. 171 с.

36. Рубальський Г. В. Управління запасами при випадковому попиті. М: Рад. радіо, 1977. 160 с.

37. Рубальський Г. В. Стохастична теорія управління запасами // Автоматика та телемеханіка. 2019. №2. З. 175-186.

38. Системний аналіз економіки та організації виробництва. Підручник для студентів вузів/За ред. С.А. Валуєва, В.М. Волковий. - Л.: Політехніка, 1991. 398 с.

39. Смагін В.І. Управління запасами за двома критеріями з урахуванням обмежень // Вісник ТГУ. 2006. № 290. C. 244-246.

40. Буров Є. В. Комп’ютерні мережі: підручник / Євген Вікторович Буров. — Львів: «Магнолія 2006», 2010. — 262 с. ISBN 966-8340-69-8

41. Ландэ Д. В., Снарский А. А., Безсуднов И. В. Интернетика: Навигация в сложных сетях: модели и алгоритмы. — M.:Либроком (Editorial URSS), 2009. — 264 с. ISBN=978-5-397-00497-8.

42. Комп’ютерні мережі: [навчальний посібник] / А. Г. Микитишин, М. М. Митник, П. Д. Стухляк, В. В. Пасічник. — Львів: «Магнолія 2006», 2013. — 256 с. ISBN 978-617-574-087-3

43. Горбань О.М., Бахрушин В.Є. Основі теорії систем та системного аналізу. - Запоріжжя, ГУ "ЗІДМУ", 2004, ISBN 966-8227-23-9

44. Майо Д. Самоучитель Microsoft Visual Studio 2010 = Microsoft Visual Studio 2010: A Beginner’s Guide (A Beginners Guide). — C.: «БХВПетербург», 2010. — С. 464. — ISBN 978-5-9775-0609-0

45.Алекс Макки Введение в .NET 4.0 и Visual Studio 2010 для профессионалов = Introducing .NET 4.0: with Visual Studio 2010. — М.: «Вильямс», 2010. — С. 416. — ISBN 978-5-8459-1639-6

46.Кен Хендерсон Професійне керівництво з SQL Server: структура та реалізація. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. — С. 1056. ISBN 5- 8459-0912-0

47.Чураков Михаил. Муравьиные алгоритмы [Електронний ресурс] / Михаил Чураков,Андрей Якушев. // Режим доступу: http://rain.ifmo.ru/cat/data/theory/unsorted/ant-algo-2006/article.pdf.

48.Бормашов Д. А. “Кластерный анализ текстов”: Дипломная работа [Електронний ресурс] /Д. А. Бормашов. Режим доступу: http://inf.tsu.ru/library/DiplomaWorks/CompScience/2006/bormashov/diplom. pdf.

49.Чубукова И.А. Data Mining БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернетуниверситет информационных технологий - ИНТУИТ.ру, 2006.

50.Дюк В.А., Самойленко А.П. Data Mining: учебный курс. – СПб.: Питер, 2001.

51.Барсегян А. А., Куприянов М. С., Степаненко В. В., Холод И. И. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 336 с.

52. Дивак М. П., Шпінталь М.Я., Козак О.Л., Струбицька І.П., Спільчук В.М., Піговський Ю.Р. Методичні рекомендації до виконання дипломної роботи освітньо кваліфікаційного рівня «бакалавр» студентам усіх форм навчання для напряму підготовки 6.050103 – «Програмна інженерія» // Тернопіль : ФОП Шпак П.П. - 2013. - 54 с

53. Alfano G., Saba P., Surracco H. Top size control in fine mineral grinding. Proc. XX Int. Miner. Process. Congr. Aachen, 1997. V2. р.337-344.

54. Christoph B., Luhmann J., Klein R. Partikelmess techniken im Vergleich –Untersuchungen zur Korngrossenbestimmung toniger Rohstoffe. Ziegelind Int. 2000. №6. р.38-45.

55. Heiskanen K., Morsky P., Knuutinen T. Autogenos grinding parameter estimation. Int. Pcoc. Miner. Process. Congr. Aachen, 1997.V.2. p. 299-306.

56. Hyotyniemi H., Ylinen R. Modelling of visual flotation froth data. Automation in mining, mineral and metal processing. 1998. №1. p. 309-314.

57. Itavuo, P., Vilkko, M., Jaatinen, A., Viilo, K. Dynamic modeling and simulation of cone crushing circuits. Minerals Engineering. 2013. № 43. р. 29–35.

58. Jayson T., Carl D., Gianni B., 2007. A machine vision approach to on-line estimation of run-of-mine ore composition on conveyor belts. Minerals Engineering. 2011. №20, р. 1129–1144.

59. Lindqvist, M. Energy considerations in compressive and impact crushing of rock. Minerals Engineering. 2008. vol. 21, № 9. p. 631 – 641.

60. Spenser S.J., Suterland D.N. Stereological correction of mineral liberation grade distributions. Proc. XXI Int. Miner. Process. Congr. Rome, 2000. p. 45-67.

61. Tumidajski T. Certain aspects of the analysis of particle size distributions of grained materials. Arch Mining. Sci. 1997. №2. р.305-318.

62. Zelin Zhang, Jianguo Yang, Dongyang Dou. A surface probability model for estimation of size distribution on a conveyor belt. Physicochemical Problems of Mineral Processing. 2014. №50. p.591−605.

63. Zhang Z, Yang J, Ding L, Zhao Y. Estimation of coal particle size distribution by image segmentation. Int J Min Sci Technol. 2012. №22. р. 739–44.

64. Фролов С.В., Елизаров И.А., Лоскутов С.А. Реализация нечеткого импульсного регулятора // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2006. – № 1. – С. 23–25.

65. Панько М.А., Аракелян Э.К. Особенности нечетких алгоритмов регулирования в сравнении с классическими // Теплоэнергетика. – 2001. – № 10. – С. 39–42

66. Christopher M. Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Costs and Improving Services. UK: Pitman Publishing, 1992. -273 p.

67. Gunter H.-O., Tempelmeier H. Produktion und Logistik. Berlin; Heidelberg; New York; London; Paris; Tokyo; Hong Kong; Barcelona; Budapest; Springer, 1994. - 302 p.

68. Iurchenko M., Marchenko N. Model of determining the optimal supply time of Products/Iurchenko M.//Scientific bulletin of Polissia.-2018.-Vol. 13.-№1.-P.60-63