

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра економічної кібернетики та інформатики

КОНДРАТЮК Юрій Іванович

**Інформаційна система управління
термінально-складськими комплексами в
транспортно-логістичних системах./Information
system for managing terminal and warehouse
complexes in transport and logistics systems.**

спеціальність: 124 - Системний аналіз
освітньо-професійна програма - Системний аналіз


Кваліфікаційна робота

RESUME

Виконав студент групи САМ-21
Ю. І. Кондратюк



Науковий керівник:
Пасічник Р.М.



Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту:

"22" 11 2022 р.

Завідувач кафедри

Л. М. Буяк

ТЕРНОПІЛЬ - 2022

ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНИЙ АПАРАТ ПРИНЯТТЯ СИСТЕМНИХ РЕШЕНЬ ПЛАНУВАННЯ, ОРГАНІЗАЦІЇ І УПРАВЛІННЯ ТЕРМІНАЛЬНО-СКЛАДНИМИ КОМПЛЕКСАМИ В ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМАХ.....	8
1.1. Концепція аналітичної моделі управління в транспортно-логістичній системі як підсистемі інтелектуальної транспортної системи.....	8
1.2. Розробка системи критеріїв управління термінально-складськими комплексами в транспортно-логістичних системах.....	18
1.3. Застосування методів вирішення багатокритеріальних транспортних завдань, заснованих на суб'єктивних оцінках або критеріях.....	26
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МЕТОДІВ І МОДЕЛЕЙ ПЛАНУВАННЯ, ОРГАНІЗАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ ТЕРМІНАЛЬНО-СКЛАДНИМИ КОМПЛЕКСАМИ В ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНІЙ СИСТЕМІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	32
2.1. Формування підходів до моделювання процесів планування, організації та управління вантажопотоками в транспортно-логістичних системах.....	32
2.2. Розробка застосування моделей цифрових технологій в управлінні параметрами вантажних перевезень і транспортно-складського обслуговування.....	37
2.3. Аналітичне обґрунтування перехідних станів в кількісні оцінки транспортно-логістичної системи.....	42
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВОЇ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖПОТОКАМИ У ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНІЙ СИСТЕМІ ЗАХІДНОЇ УКРАЇНИ.....	47
3.1. Загальна методика проведення експериментальних досліджень застосування цифрової об'єктно-орієнтованої моделі управління вантажопотоками у транспортно-логістичних системах	47

3.2. Раціоналізація параметрів перевезень та транспортно-складського обслуговування вантажів у транспортно-логістичній системі Західної України.....	56
3.3 Оцінка економічної ефективності застосування цифрової об'єктно-орієнтованої моделі управління вантажопотоками у транспортно-логістичній системі Західної України.....	69
ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	78
ДОДАТКИ.....	83

ВСТУП

Актуальність дослідження. Необхідність якісного розвитку системи управління транспортно-складськими комплексами (ТСК) у транспортно-логістичних системах (ТЛС) аргументується поруч із істотними обставинами, що затрудняють ефективне товаропостачання по Україні та її регіонах, а саме: відсутністю єдиної скоординованої стратегії розвитку окремих видів транспорту та забезпечення її термінально-складської інфраструктури; вичерпані можливості пропускної здатності інфраструктури існуючих автомобільних транспортно-логістичних мереж, що призводить до збільшення часу на транспортування та обробку вантажів; спостерігається значне збереження в розвитку автомобільних ТЛС різних регіонів України. Незважаючи на успішну, в цілому, реалізацію програми «Транспортна стратегія України на період до 2030 року» системні перетворення в стаціонарних ТЛС відбуваються повільно і часто без застосування науково-методологічного обґрунтування.

Сучасні моделі формування ТЛС, відповідним світовим аналогам, розуміють тенденцію поділу на інфраструктурну та координаційну складову, інтегровану в єдину інтелектуальну транспортну систему (ІТС). Аналіз статистичних даних, отриманих у ряді країн, показує, що частка товаро перевезень може складати близько 25% від ВВАП, а до 30% усіх логістичних витрат надходить на долю транспортування вантажів. ВАПроведення елементів ІТС підвищує продуктивність праці не тільки в сфері звернення продукції, але і в сфері її виробництва. При цьому, якщо річна загальна продуктивність праці збільшується в середньому на 5...6%, то половина цього збільшення досягається за рахунок оптимізації в транспортній сфері. Невід'ємною частиною ТЛС сьогодні є ТСК як суб'єкт системи – перетворювач матеріального потоку вантажів у ТЛС від виробників сировини та матеріали до поставки кінцевому споживачеві готової продукції.

Тому вирішення актуальних завдань, що виникають в результаті розвитку і перетворення ТЛС, без наявності науково-обґрунтованої методології, враховуючи ТСК як обов'язковий елемент транспортного циклу, неможливо.

Розробка методології управління ТСК в ТЛС для доставки і транзитного переміщення вантажів, основою якої є вироблення раціональних рішень щодо формування єдиного комплексу взаємодії експлантатів транспортної інфраструктури – автотранспортних підприємств (АТП) і ТСК, в даний час є однією з проблем транспортно-логістичного обслуговування в Тернополі, Тернопільській області та Україні загалом.

Вагомий внесок в сучасне розуміння та розвиток організації і управління транспортною логістикою внесли Б.А. Анікін, В.Г. Банько, А.В. Булах, А.М. Гаджинський, А.Г. Кальченко, Т.В. Косарева, Є.В. Крикавський, Я.Ю. Лозовий, Л.Б. Миротіна, О.А. Новиков, М.А. Окландер, В.І. Перебийніс, Б.В. Шабов та інші. В час стрімких змін суспільного розвитку вимагає перегляду система оцінювання ефективності транспортної логістичної діяльності.

Наукові роботи цих авторів склали базу для запропонованого дослідження. В них однократно відзначається, що існуючі показники оцінки роботи не дозволяють відповісти на питання, наскільки автомобільний транспорт задовольняє потреби підприємств і населення в перевезеннях, і що функціонування транспортних систем в Україні відрізняється великими витратами. При цьому не враховується: висока ступінь динаміки, непереривна зміна стану процесу; можливе зміна складу елементів, зміна циклів окремих процесів середовища перевезення вантажів за часом і в залежності від умов експлуатації. Можна сказати, що до цих пір транспортні системи не розглядалися як динамічні системи, що функціонують в умовах недостатності інформації або неозначеного стану середовища і потрібні для оцінки їх ефективності застосування методів багатокритеріального динамічного програмування.

Традиційно основою для планування, організації та управління процесами товарооборотом в ТЛС було отримання інформації про стан об'єктів ТЛС на основі обробки статистичних даних за попередні періоди. На сучасному етапі розвитку цифрових технологій відбувається якісний перехід у можливості збору і застосування інформації в цифровому форматі про стан процесів в динаміці їх розвитку.

Зокрема, широке впровадження засобів автоматичної ідентифікації вантажів – штрихового кодування та радіочастотної ідентифікації (RFID), дозволяє передавати та отримувати інформацію в режимі «он-лайн». Нові можливості застосування цифрових технологій в транспортних процесах зобов'язують формувати нові науково-методичні підходи до розробки аналітичних засобів управління ТСК в ТЛС і реалізовувати їх у вигляді цифрових моделей управління (ЦМУ) ТЛС, як підсистема ІТС.

Метою дослідження – розробка методології планування, організації та управління термінально-складськими комплексами в транспортно-логістичних системах, як механізм отримання оптимальних рішень, що забезпечують підвищення ефективності при транспортуванні та складуванні вантажів і реалізованих на базі цифрових технологій.

Можна констатувати, що розробка методології планування, організації та управління термінально-складськими комплексами в транспортно-логістичних системах на базі науково-методичного підходу оптимізації взаємодії об'єктів транспортно-логістичної інфраструктури створює додаткові перспективи скорочення витрат при формуванні та русі матеріальних потоків вантажів в Україні та її регіонах. **Основою даного підходу є розробка науково-технологічних рішень, що забезпечують підвищення ефективності управління ТСК в ТЛС.** Очевидно, що для реалізації процесу оптимізації формування вантажних потоків у ТЛС, як підсистеми ІТС на базі цифрових технологій, тому необхідна розробка відповідного математичного апарату, адаптованого під **поставлені завдання:**

1. Аргументувати методологію раціоналізації процесів взаємодії об'єктів у ТЛС можливо на базі багатокритеріального підходу для визначення параметрів вантажних автомобільних перевезень (ВАП) і транспортно-складського обслуговування (ТСО), як для складних технічних систем формування вантажопотоків.

2. Розробити ієрархічну структуру транспортної галузі з елементами автомобільних ТЛС, як підсистеми ІТС з динамічними характеристиками.

3. Розглянути цикл транспортного процесу як дискретний стан динамічної системи ТЛС в ТСК, що функціонує в умовах недостатності інформації про стан досліджуваної середовища.

4. Розробити модель управління та планування роботи ТСК в ТЛС, засновану на отриманні оптимальних траєкторій переміщення партій вантажів, як багатокритеріальний аналог принципу динамічного програмування.

5. Розробити аналітичний апарат управління та організації ТСК в ТЛС на основі інтеграції в завдання динамічного програмування методів зняття невизначеності на базі теорії ігор.

6. Розробити методику досягнення динамічного балансу між величинами пропускних здатностей ТСК і вантажопотоків у вигляді аналітичної моделі визначення раціональної траєкторії перевезень партій вантажів у ТЛС.

7. Розробити систему організації технологічного процесу переміщення вантажів із застосуванням радіочастотної ідентифікації та алгоритмів автоматизованої обробки отриманої інформації.

8. Зробити економічну оцінку ефективності застосування методології планування, організації та управління ТСК в ТЛС при проектуванні систем вантажоперевезення в Західному регіоні України.

Виконавши вище зазначені завдання ми отримаємо таке **практичне значення нашого дослідження:**

1. Цифрові моделі управління формуванням раціональних рішень управління термінально-складськими комплексами в транспортно-логістичних системах у вигляді методики, що дозволяє формувати конкретні орієнтовані графіки та визначати оптимальні траєкторії для перевезення партій вантажів у ТЛС.

2. В залежності від змін очікуваного накопиченого збільшення максимального математичного ефекту в ТЛС; діаграми зміни розподілу вантажопотоків в оптимізованому ТЛС; діаграми розподілу об'ємів перевезень та вантажообороту по кожному об'єкту ТЛС. Дані результати досліджень можуть бути використані при формуванні алгоритмів і створенні програмного

забезпечення системи управління процесами в існуючих і проєктованих автомобільних транспортних системах для забезпечення і прогнозування ефективності і безпечного транспортування та складування вантажів, як інтеграційних процесів у підсистемі ІТС.

Об'єкт дослідження – автомобільна транспортно-логістична система, як складна система взаємодії суб'єктів транспортування та складування вантажів, що раціоналізує процес розподілу вантажопотоків між комплексами їх виробництва та споживання.

Предмет дослідження – наукові методи планування, організації та управління ТСК і ВАП в ТЛС, засновані на теорії прийняття рішень, реалізовані на різних етапах переміщення і складування вантажів в системі.

Наукова новина дослідження полягає в розробленні моделі функціонування ТСК в автомобільних транспортних системах для Західного регіону України, яка заснована на багатокритеріальному аналогу принципу динамічного програмування, при цьому технологія синтезу повних сукупностей ефективних оцінок забезпечується визначенням ефективної оцінки «оптимального рішення Паретто».

Апробація результатів. Основні положення та результати кваліфікаційної роботи доповідалися на 15 міжнародній конференції у Ванкувері: Proceeding of XV International Scientific and Practical Conference October 12-14, 2022[9]

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, списку використаних джерел із 53 найменувань. Робота висвітлена на 82 сторінок основного тексту, що включає 10 таблиць та 6 форм, 27 рисунки та Додатки. У додатках наведені матеріали, що відображають рівень використання практичного результату дослідження.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНИЙ АПАРАТ ПРИНЯТТЯ СИСТЕМНИХ РЕШЕНЬ ПЛАНУВАННЯ, ОРГАНІЗАЦІЇ І УПРАВЛІННЯ ТЕРМІНАЛЬНО-СКЛАДНИМИ КОМПЛЕКСАМИ В ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМАХ

1.1. Концепція аналітичної моделі управління в транспортно-логістичній системі як підсистемі інтелектуальної транспортної систем

Відмінною рисою перевізних систем чи комплексів на автомобільному транспорті є здатність вибирати напрямок діяльності, відповідальність яку може бути розподілена між компонентами системи з урахуванням управління її функціями: підготовка вантажу до перевезення, навантаження, транспортування тощо.

«Планування та організація, як елементи управління в структурі автотранспортної галузі, завжди повинні бути формалізовані таким чином, щоб досягти одночасного функціонування окремих, але взаємопов'язаних частин, що забезпечують вищу ефективність, ніж сумарна ефективність частин, взятих окремо»[29,32,36].

Системний підхід до перевізного процесу на автомобільному транспорті дозволяє об'єднати окремі частини роз'єданого процесу та досягти впорядкованості останнього. Складовими частинами кожної перевізної системи є окремі компоненти, що мають певні властивості, що виражаються у вигляді показників.

Ці показники найчастіше суперечливо впливають на функціонування автомобільної транспортної системи як перевізного комплексу загалом, її швидкодію, надійність, провізну можливість тощо. Дані протиріччя можуть негативно вливати на ефективність системи у разі невідповідності якості управління структурним змінам, обумовлених об'єктивною поступальною зміною зовнішнього середовища [37]. Природно, що ефективність системи певним чином може залежати від будь-якого з елементів системи, тобто ефективність перевізної системи залежить від вибору варіанта дій з множини можливих [28].

Ієрархічна структура цілей побудована на логічній основі, зверху вниз і має сім рівнів: господарський комплекс країни; міжгалузевий; галузевий; територіальний; перевізних комплексів; ланок; компонентів. Цілі кожного наступного рівня забезпечували виконання завдань, що стоять перед попереднім рівнем.

Єдиною метою кожного рівня декларується – максимальна продуктивність праці, але кожному рівні у цій ієрархії вона проявлялася по-своєму (як структури технічних, експлуатаційних чи економічних показників). Тобто кожному рівню притаманні його специфічні критерії ефективності, які нерідко не узгоджені між рівнями управління [24].

Логістична інфраструктура - це той механізм, що забезпечує органічну єдність та ефективне функціонування всіх матеріальних логістичних потоків. З погляду Є.В. Крикавського «логістична інфраструктура підприємства – це сукупність елементів, що виконують важливі логістичні завдання і забезпечують здійснення логістичних процесів». [3, с.52].

«При цьому під управлінням логістичною інфраструктурою підприємства Соколова О.Є. пропонує розуміти процес приведення інфраструктури підприємства до стану рівноваги або досягнення цілей по ефективному забезпеченню та обслуговуванню логістичних процесів та операцій на підприємстві» [4].

Існують деякі інші визначення, тобто інфраструктура, до якої відноситься логістична схема, як цілісна господарська система утворення, транспортування, збору, складування, сортування, сертифікації та ідентифікації, реалізації, утилізації та рециклінгу з елементами відповідного обслуговування, а саме інформаційного, маркетингового, транспортного, комерційного тощо називається логістичною інфраструктурою [5,с.139].

Логістична інфраструктура в виробничих системах виконує наступні функції:

- зберігання продукції в пристосованих складських приміщеннях;

- переміщення продукції, за допомогою спеціальних транспортних та маніпуляційних засобів;
- система пакування сировини та готової продукції;
- інформаційно-аналітичне забезпечення логістичних потоків.

«Для сучасного ринку логістичних послуг в Україні характерними є ряд тенденцій: - мінімізація витрат, пов'язаних з транспортуванням, зберіганням, переупакуванням, митним документооборотом призводить до актуалізації менеджменту та маркетингу що, своєю чергою, призвело до підвищення попиту на логістичні послуги та складську нерухомість;

- підвищення попиту на якісні логістичні послуги;
- зниження витрат виробників за рахунок логістики та строків між етапами виробництва та споживання.

При цьому негативними факторами, що впливають на розвиток ринку логістичних послуг є незадоволеність попитом на складські приміщення та недостатньо розвинена транспортна інфраструктура, а також нестача кваліфікованих кадрів у галузі логістики» [6, с. 198].

Недостатній рівень розвитку логістики, взагалі, та логістичної інфраструктури, зокрема, підтверджують і аналітичні матеріали Світового банку. «Ця інституція, сприяючи розвитку торгівлі та транспорту в Україні, досліджує питання транспортного, митного, логістичного та технологічного забезпечення зовнішньої торгівлі, виявлення сильних та слабких сторін середовища, в якому здійснюється логістична діяльність в Україні. Складовими елементами показника ефективності логістики (LPI) були діяльність митної служби, компетентність логістики, рівень міжнародних перевезень, можливість відстеження вантажів, розвиток інфраструктури, своєчасність доставки. Так, Україна, за цим показником в 2020 році займала 73-тє місце у світі (для порівняння: Туреччина – 34-те місце, Польща – 40-ве місце, Румунія – 51-ше місце, Болгарія – 55-те). В 2018 році за індексом логістичної ефективності Україна посіла 102 місце із 155» [7].

Основним завданням функціонування логістичної інфраструктури підприємств є створення механізму, що ефективно забезпечує взаємодію основних елементів логістичної системи: «постачання - виробництво - складування - транспортування – збут»[9].

Сучасні умови розвитку економічних процесів вимагають створення умов по об'єднанню промислових, комерційних підприємств і підприємств інфраструктури ринку в інтегровані логістичні ланцюжки. Саме вони здатні швидко, своєчасно і з мінімальними витратами здійснювати постачання продукції споживачеві. Передумовами для інтегрованого логістичного підходу є:

- нове розуміння механізмів ринку і логістики як стратегічного елементу в реалізації і розвитку конкурентних можливостей підприємств;

- реальні перспективи і сучасні тенденції по інтеграції учасників господарських зв'язків між собою, розвитку нових організаційних форм - логістичних мереж;

- технологічні можливості в області новітніх інформаційних технологій, що відкривають принципово нові можливості для взаємодії і зниження витрат [8].

В умовах глобалізації та інтеграції економічних систем досягнення стратегічних цілей діяльності підприємств можливе лише за умови функціонування розгалужених логістичних мереж. При чому необхідною умовою ефективного функціонування логістичної інфраструктури виробничих підприємств є перевищення логістичного потенціалу інфраструктури по відношенню до логістичного потенціалу основного матеріального потоку.

Схематично організаційну структуру логістичної інфраструктури можна представити у вигляді рис. 1.1. Цілісно логістична інфраструктура поєднує в собі зовнішню і внутрішню складову, що формують і регулюють матеріальні і інформаційні потоки в середовищі функціонування підприємства.

Сучасні науковці відмічають нестачу уваги до інформаційної складової логістики, до якої входять підприємства, що надають інформаційні послуги та підприємства, що відповідають за рециклінгові процеси при здійсненні руху усіх

видів потоків. Пояснюючи необхідність підвищеної уваги до інформаційної складової, дослідники зазначають, що за оцінкою фахівців логістика на 90 % складається з інформаційних технологій.



Рис. 1.1. Організаційна структура логістичної інфраструктури підприємства

Так, сьогодні практично неможливо забезпечити ефективність будь-яких логістичних операцій без застосування інформаційних технологій і програмних комплексів для аналізу, планування, підтримки і ухвалення оптимізаційних рішень. Більш того, саме завдяки розвитку інформаційних систем і технологій з'явилася можливість автоматизації операцій в логістичних системах і логістика стала домінуючою формою організації руху товару на висококонкурентному ринку [9].

Формування логістичної інфраструктури повинно базуватись на принципах раціоналізму, системності, комплексності, балансу інтересів суб'єктів ринку, орієнтації на задоволення потреб споживачів. Можливо представити схему створення універсальної логістичної інфраструктури (рис.1.2).

«Особливого значення для ефективної роботи логістичної інфраструктури має застосування системного підходу, який включатиме в себе обґрунтування стратегії розвитку логістичної інфраструктури та її деталізація в поточних планах підприємств; розподіл обов'язків та відповідальності працівників на всіх ділянках логістичної інфраструктури; запровадження мотиваційної системи оплати праці, формування інформаційно-консультаційної інфраструктури.

Основним результатом роботи логістичної інфраструктури повинно стати мінімізація витрат на обслуговування матеріальних потоків» [10, с.106].



Рис. 1.2. Схема створення універсальної логістичної інфраструктури підприємств

Концепція формування **аналітичної моделі управління** в ТЛС має формувати процес управління в ній як окремий сервісний домен або підсистему ІТС, що реалізуються з використанням інтеграційної цифрової платформи. Інтелектуальні транспортні системи. Схема побудови інтелектуальних архітектури транспортних систем. Наведемо деякі з них:

1. Інформування учасників руху – забезпечення користувачів ІТС статичною та динамічною інформацією про стан транспортної мережі, включаючи модальні переміщення. Концепція моделі ТЛС пов'язана з сервісними групами домену «До транспортне інформування», «Інформування в процесі пересування», «Прокладання маршрутів та навігація перед поїздкою»:

2. Вантажні перевезення – управління комерційними перевезеннями, переміщенням вантажів та відповідним транспортним парком, прискорення дозвільних процедур для вантажів на національних та юридичних кордонах,

прискорення крос та мультимодальних переміщень вантажів з отриманими дозволами, включаючи сервіс «Організація та керування дорожнім рухом» тощо.

Управління в ТЛС як підсистемі ІТС вимагає розробки алгоритмів ЦМУ на аналітичних формалізованих інструментах прийняття рішень для автоматизації процесів планування, організації та управління вантажопотоками. Розроблені алгоритми повинні базуватися на таких положеннях:

1. Алгоритм є впорядкованою сукупністю рішень обґрунтованого множини ситуаційних завдань, пов'язаних спільною метою – організацією функціонування ТЛС, що дозволяє оптимізувати досліджуваний процес.

2. Невід'ємною частиною алгоритму є обов'язкова наявність технологій контролю за станом параметрів та показників досліджуваних процесів (зворотний зв'язок).

3. Цикл транспортного процесу в ТЛС слід розглядати не як систему багатофазного масового обслуговування дискретного типу з кінцевою множиною станів, а як дискретну динамічну систему, що функціонує в умовах недостатності інформації або невизначеного стану середовища, що вимагає оцінки ефективності застосування апарату методів багатокритеріального динамічного програмування.

4. Залежно від цілей, а, відповідно до завдань прогнозування процесу критерії ефективності в мережі можуть принципово відрізнятися як для різних ділянок ТЛС, так для однієї ділянки при зміні стану зовнішнього середовища, що визначається дискретними станами в часі параметрів ТСО та ВАП.

5. Вирішення даної задачі раціоналізації має спиратися на побудову множини ефективних планів «оптимальних за Паретто» для окремих ділянок ТЛС залежно від ступеня важливості або домінування того чи іншого критерію.

6. Застосування різних методів зняття невизначеності, найчастіше, навіть у разі рекомендації однієї й тієї ж дії може призводити до отримання різних кількісних значень ефективності рішення. В алгоритмі розв'язання задач ТЛС важливий не тільки варіант розв'язання задачі, але можлива його ефективність.

Тому при вирішенні поставлених завдань необхідно реалізовувати методи, що дозволяють не лише знаходити адекватні рішення, а й давати їм кількісну оцінку за декількома критеріями ефективності.

7. При реалізації алгоритму виявляється група критеріїв та встановлюється їхній пріоритет значущості, що дозволяє визначити множини ефективних планів та значно скоротити перелік конкурентоспроможних рішень, тим самим суттєво полегшуючи вибір раціонального рішення.

Принципова схема моделі ТЛС як підсистеми ІТС наведена в додатку А

8. ТЛС розглядається, як керована динамічна система та об'єкт, що розвивається у часі. Множина всіх можливих станів динамічної системи визначається простором станів динамічної системи чи фазовим простором. Зміна станів відбувається у окремі дискретні моменти часу.

9. Побудова раціональної траєкторії переміщення транспортних одиниць та партій вантажів у ТЛС ґрунтується на принципі «оптимальності Беллмана».

10. Вибір керуючих впливів у ТЛС в умовах численного та різноманітного потоку зовнішніх та внутрішніх збурень, що забезпечують динамічну рівновагу при її функціонуванні та розвитку, ґрунтується на використанні методів «теорії ігор з природою»: метод районування за принципом домінування можливих варіантів з подальшим вибором раціонального; метод районування за принципом дотримання ієрархічного співвідношення ймовірностей можливих станів довкілля тощо.

Розроблена в дослідженні модель функціонування ТСК в автомобільних транспортних системах Західного регіону України заснована на багатокритеріальному аналогу принципу динамічного програмування, при цьому технологія синтезу повних сукупностей ефективних оцінок забезпечується визначенням ефективної приватної оцінки «оптимального рішення Паретто». **Як відомо, в основі методу динамічного програмування лежить принцип послідовного аналізу процесу, що змінюється у часі.**

Початковий стан системи вважається заданим на початок роботи системи. Традиційно, дискретна керована система ТЛС для однокритеріальної моделі (за критерієм питомі витрати) формалізується і визначається як:

$$\Omega = \{D; x_0; F; V(x), f(x, v), s(x, v)\} \quad (1.1)$$

де D – кінцева множина можливих станів ТЛС;

F – множина фінальних станів параметрів ТСА та ВАП, $x_0 \in D, x_0 \notin F, F \subset D$;

$V(x)$ – кінцева множина станів управлінь вибором напрямку переміщення вантажу ($x \in D|F$);

$f(x, v)$ – функція переходів переміщення вантажів (із стану x під впливом управління v система переходить у стан $f(x, v)$, ($x \in D|F, v \in V(x) \Rightarrow f(x, v) \in D$);

$s(x, v)$ – функція питомих витрат за виробництво технологічних процесів у ТЛС, ($x \in D|F, v \in V(x)$), значення питомих витрат вважаються невід’ємними.

Тоді раціональній траєкторії переміщення вантажів (T) у системі ТЛС (Ω) відповідає кінцева послідовність станів $T = \{x_0, x_1, x_2, \dots, x_n\}$, якщо виконується умова:

$$x^t = f(x^{t-1}, v^t), \text{ де } v^t \in V(x^{t-1}), t = 1, 2, \dots, n \quad (1.2)$$

де x^0 – початковий стан траєкторії руху партії вантажу T ;

x^{n-1} – кінцевий стан траєкторії руху партії вантажу T ;

x^1, x^2, \dots, x^{n-2} – проміжні стани траєкторії руху партії T .

Побудова раціональної траєкторії переміщення партії вантажу в ТЛС ґрунтується на принципі Беллмана:

$$B(x) = \min_{v \in V(x)} \{s(x, v) + B(f(x, v))\}, (x \in D|F), \quad (1.3)$$

де, $B(x)$ – функція Беллмана.

Обчислення значень функції Беллмана за формулою (1.3) виконується поетапно у порядку.

На першому етапі фіксуються значення $B(x) = 0$ для всіх $x \in F$. Далі на кожному наступному етапі обчислення чергового значення функції Беллмана виконується для довільного стану x такого, що $B(x)$ невідомо, але значення $B(y)$ для всіх безпосередньо наступних за x станів y вже знайдені (стан y системи Ω наступних за станом x , якщо пара $\{x, y\}$ є траєкторією системи Ω).

Останнім у процесі рахунку визначається значення $B(0)$. Можна відзначити, що у зв'язку з кінцівкою числа станів ТЛС (Ω) кількість її можливих траєкторій переміщень партій вантажу звичайно і завдання оптимізації в принципі може бути вирішена шляхом перебору кінцевого числа варіантів.

Отже, метод динамічного програмування дозволяє певним чином упорядкувати та суттєво скоротити перебір можливих варіантів переміщення партій вантажів у ТЛС. Систему ТЛС (Ω) можна представити кінцевим зваженим орієнтованим графом $G(\Omega)$, вершини якого взаємно однозначно відповідають станам системи (параметри ТСО та ВАП), дуги – управлінням переміщення партії вантажу, ваги дуг – кількісним оцінкам ефективності відповідних переходів (рис. 1.3).

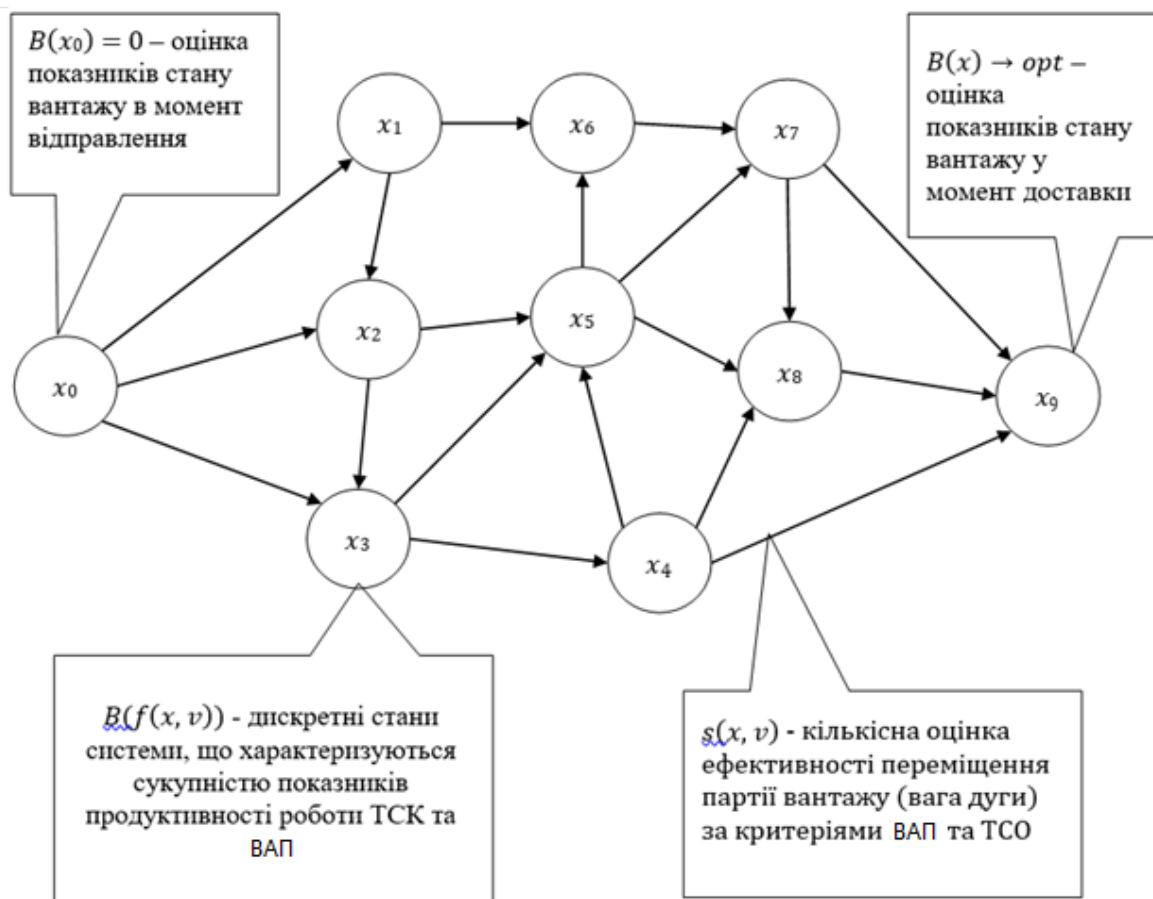


Рис.1.3. Кінцевий умовний граф можливих переміщень партії вантажу у динамічній системі з дискретними станами: $G(\Omega)$

Основним недоліком застосування методів динамічного програмування є відсутність загального алгоритму рішення, придатного для всіх прикладних

завдань. Даний метод дає лише загальний напрямок рішення конкретної задачі, і тому в кожному випадку необхідно знаходити найбільш підходящий метод оптимізації за обґрунтованими критеріями ефективності.

Крім того, традиційно, розглядаються динамічні системи, в яких як керований параметр приймається лише один критерій. У разі моделювання ТЛЗ із застосуванням ЦМУ як динамічної системи з дискретними станами в ТСК необхідно враховувати численні показники, згруповані в комплекси критеріїв ТСО та ВАП.

1.2. Розробка системи критеріїв управління термінально-складськими комплексами в транспортно-логістичних системах

Важливим етапом під час вирішення завдання, спрямованої визначення оптимального варіанта (траєкторії) переміщення вантажів у ТЛС разом із роботою ТСК, є вибір критерію чи критеріїв ефективності. Цей етап важливий, оскільки неадекватний вибір критеріїв функціонування будь-якої системи призводить до вироблення абсолютно неправильних рішень під час використання її виробничих ресурсів.

Для планування, обліку та аналізу роботи автомобілів при здійсненні ВАП прийнято систему показників, що дозволяє оцінювати ступінь використання рухомого складу та результативність його роботи. Показниками, що характеризують рівень використання, є:

- Коефіцієнт технічної готовності автомобілів α_T ;
- Коефіцієнт випуску автомобілів на лінію α_B ;
- Коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобілів γ ;
- Коефіцієнт використання пробігу β ;
- Середня довжина їздки $l_{ег}$, км;
- Середня відстань перевезення вантажу $l_{гp}$;

- Час простою автомобілів під навантаженням-розвантаженням t_{n-p} ;
- Час у наряді T_H ;
- Технічна швидкість руху автомобілів V_T та експлуатаційна швидкість V_e .

Результативними показниками роботи є:

- Число поїздок автомобілів за аналізований період n_e ;
- Пробіг автомобілів з вантажем L_B , км;
- Загальний пробіг автомобілів $L_{зп}$, км;
- Продуктивність автомобілів U , т;
- Продуктивність автомобілів W , т. км;
- Об'єм перевезень Q т;
- Вантажообіг P , т. км.

Кожен показник, що входить у формулу визначення продуктивності роботи АТС, впливає на продуктивність одиниці рухомого складу [29,32].

Вирішення практичних завдань переміщення вантажу в ТЛС диктує можливість застосування *різних критеріїв ефективності* саме:

- 1) максимальний обсяг вантажу, що перевозиться;
- 2) максимальна виконана транспортна робота;
- 3) максимальний прибуток, що отримується від перевезень вантажу;
- 4) мінімальні витрати, необхідні виконання перевезень;
- 5) мінімальна кількість використовуваних автомобілів;
- 6) максимальний коефіцієнт використання пробігу;
- 7) мінімальний простій автомобілів під навантаженням та розвантаженням;
- 8) мінімальна втрачена у процесі перевезення транспортна робота;
- 9) мінімальний час, що витрачається на доставку вантажів тощо.

Будь-який із перелічених критеріїв ефективності має ряд певних переваг і може застосовуватися при здійсненні перевезень вантажу. Наприклад, для оперативно-виробничого планування перевезень вантажів, що швидко псуються, як критерій ефективності може прийматися: або мінімальні витрати автотранспортної організації на виконання перевезень, або мінімальні тоннажі-години (т.год.), що витрачаються на виконання необхідного обсягу перевезень.

Таким чином, від завдань планування перевезень, критерії ефективності можуть принципово відрізнятися при переміщенні або для однієї партії вантажу по різних ділянках ТЛС, або для однієї ділянки ТЛС вантажів з різними характеристиками. Тому при виборі критеріїв продуктивності для планування ВАП у ТЛС слід керуватися умовами перевезень роботи автомобілів.

У разі планової економіки та державної власності коштом виробництва терміни зберігання (норми запасу) встановлювалися нормативними документами, нині вони визначаються з економічної доцільності. При цьому ТСК більшою мірою виконує не функцію складу, а функцію розподільчого центру, основне завдання якого - мінімізувати час та витрати, пов'язані з знаходженням в ньому вантажу.

Одним із методів визначення показників ефективності ТСК є метод аналітичних розрахунків за середніми величинами. При цьому методи використовують:

- 1) середній добовий вантажопотік прибуття вантажів складу Q_c ;
- 2) середній термін зберігання товарів складі τ_x ;
- 3) оборотність товарів складі η .

Ці величини пов'язані наступними залежностями:

$$\eta = \frac{Q_r}{E} = \frac{365}{\tau_x} \quad (1.4)$$

$$E = Q_c \tau_x = \frac{Q_r}{365} \tau_x \quad (1.5)$$

де Q_r - річний вантажопотік складу після прибуття, т/рік.

Використовуючи ці формули, можна визначити не тільки ємність ТСК при заданому річному вантажопотоку Q_r і термін зберігання τ_x , а й вирішити ряд інших завдань, що виникають при вдосконаленні в ТЛС. Наприклад, знаючи ємність E складу, можна визначити, скільки вантажів він зможе переробити за рік Q_r або за добу Q_c . Знаючи річний вантажопотік Q_r , а ємність складу, можна визначити, за скільки днів τ_x склад зможе приймати вантажі без вивезення їх зі складу (для складу готової продукції або перевалочного складу на магістральному транспорті) або протягом доби τ_x склад може постачати

товарами споживачів, не поповнюючи свої запаси (для складів матеріально-технічного постачання чи торгового складу).

Ще один спосіб визначення ємності ТСК – імітаційне моделювання зміни складських запасів товарів на ЕОМ. Визначення параметрів ТСК починається із дослідження вантажопотоків. Під вантажопотоком розуміють кількість вантажу, що переміщується за заданим напрямом або через цей пункт в один бік за одиницю часу. Вимірюються вантажопотоки т, мЗ, шт. за одиницю часу (т/год, мЗ/добу, шт./міс., тис. т/рік тощо).

На ТСК розрізняють вантажопотоки *зовнішні* (після прибуття складу та відправленню зі складу) і *внутрішньо складські* (переміщення товарів між технологічними ділянками складу). Розрахункові зовнішні добові вантажопотоки i -го вантажу після прибуття Q_{ci}^p та відправлення Q_{ci}^v визначаються за формулами:

$$Q_{ci}^p = \frac{Q_{Ti}^p K_n^p}{T_p}; \quad (1.6)$$

$$Q_{ci}^v = \frac{Q_{Ti}^v K_n^v}{T_v}; \quad (1.7)$$

де Q_{Ti}^p , Q_{Ti}^v – річний обсяг відповідно до прибуття та відправлення i -го вантажу;

K_n^p , K_n^v - коефіцієнт нерівномірності відповідно прибуття та відправлення;

T_p , T_v - число робочих днів комплексу за рік відповідно по прийому та відправленню вантажу.

«Характер внутрішньо складських вантажопотоків обумовлений технологією виконання складських операцій. Одні вантажі приймають із АТС безпосередньо у зону тривалого зберігання, а звідти видають у транспортні засоби. Інші проходять через кілька внутрішньо складських операцій (вхідний облік, розконсервація, контроль якості, переукладання в складську тару, зберігання, комплектація відправок тощо), що супроводжуються перевантаженнями (перевалками). Число перевантажень (коефіцієнт перевалки) впливає обсяг вантажно-розвантажувальних робіт, отже, на потрібне число машин і устаткування їх виконання. Загальний обсяг вантажно-

розвантажувальних робіт за одиницю часу називають вантажопереробкою. Рационалізації процесів вантажопереробки на ТСК проведено досить велику кількість досліджень, у тому числі і автором даної роботи»[43,53].

Спрощено можна визначати величину вантажопереробки за формулою:

$$V = \sum_{i=1}^n Q_r K_i \quad (1.8)$$

де V - річна вантажопереробка, тис. т-операцій / рік;

Q_{Ki} - річний вантажопотік i -го вантажу, тис. т / рік;

K_i - коефіцієнт перевалки i -го вантажу, операцій;

n - кількість найменувань вантажів, що надходять складу.

Іншим показником, що впливає на продуктивність роботи ТСК є його місткість, або кількість вантажів, які одночасно розміщені в зоні зберігання складу (т, мЗ, шт.):

$$B = \sum_{i=1}^n K_{cki} Q_{ci} \tau_{xi} \quad (1.9)$$

де K_{cki} - коефіцієнт складування для кожного роду вантажу від $i = 1, 2, \dots, n$, що надходить на склад (він показує частку вантажопотоку, що проходить через зону зберігання);

τ_{xi} - термін зберігання i -го вантажу (або норма запасу i -го вантажу), добу.

Якщо характер та показники внутрішніх вантажопотоків багато в чому обумовлюються ефективністю застосовуваних технологією для виконання складських операцій, тобто параметрами та умовами «внутрішнього середовища» ТСК, то характер та показники зовнішніх вантажопотоків визначається параметрами прибуття та відправлення вантажів або результативними показниками організації перевезень до ВАП.

Для ТСК дані показники є факторами «довкіллям», що впливає на ефективність його функціонування. У свою чергу, і результативні показники організації перевезень до ВАП, і результативні показники роботи ТСК взаємодіють (інтегруються) параметри «внутрішнього середовища» ТЛС, що визначають критерії її ефектності.

Проблема встановлення меж ТЛС загалом та навколишнього її середовища нерозривно пов'язана з визначенням цілей, завдань системи та вибором критеріїв

для оцінки продуктивності та якості управління в ній. Для цього необхідний глибокий аналіз складових частин (етапів та компонентів) даної системи, а також аналіз більшої системи, до якої вони повинні входити.

Розробка системи критеріїв управління ТЛС визначення схем і маршрутів товароруку обумовлена цілями оптимізації, тобто необхідністю мінімізації термінів поставок при максимальному рівні якості транспортних послуг, продуктивності ВАП і ТСК і максимального прибутку, мінімальних витрат тощо.

Вважається, що ефективність будь-якого процесу, у тому числі транспортного, визначається сукупністю критеріїв, що диференціюються за рівнем розв'язуваних завдань:

1. **Локальні або приватні критерії** застосовуються при порівнянні варіантів перевезень, що відрізняються за окремим показником. Як локальні критерії ефективності досить часто застосовують окремі показники використання роботи рухомого складу.

2. **Комплексні або узагальнені критерії** використовують тоді, коли вироблені розробки можуть одночасно змінити декілька характеристик транспортного процесу для заходів щодо підвищення ефективності процесу, необхідна їх узагальнена оцінка. В цьому випадку до однієї групи відносять такі показники, як продуктивність роботи автомобілів (годинна, змінна або річна), собівартість перевезень, прибуток (загальна та годинна), дохід, рентабельність перевезень, наведені витрати і т.д.

Інший підхід рекомендується при розробці критеріїв ефективності транспортної інфраструктури окремого регіону. Пропоновані критерії розбиваються на дві групи:

1) Критерії, що відображають результативні показники процесу перевезень, причому в одну групу об'єднуються ТЕП роботи рухомого складу та економічні показники.

2) Критерії визначальні рівень транспортного комплексу, як окремого суб'єкта економіки (показники якості роботи транспортної системи, частка робіт, що виконуються (послуг) у відповідному сегменті ринку, та ін.).

Таким чином, декларується формування груп критеріїв залежно від рівня інтеграції виробничих (транспортних процесів) процесів. Перелічені підходи, що ґрунтуються на застосуванні економічних критеріїв або поєднанні їх в одну групу на одному ієрархічному рівні не позбавлені недоліків.

Певна ієрархічна структура ТЛС автомобільного транспорту дозволяє вирішити питання про раціональну кількість елементів, підпорядкованих старшому елементу в системі та що знаходяться на одному рівні. Природно, що більше таких елементів, тим важче керувати системою, а й формування значної кількості рівнів ієрархії теж небажано, оскільки утрудняє процес проходження інформації знизу нагору і навпаки. У будь-якому випадку, щоб зберегти керуваність системою, потрібен математичний апарат, що дозволяє знайти оптимальні рішення.

«Існує ще технічна завдання, яка полягає у фіксації допустимих значень загальних параметрів системи, визначальних як працездатність її елементів, а й ефективність роботи системи загалом. Критерії, що визначають межі системи, повинні бути ідентифіковані та обґрунтовані областю застосування дослідження» [42].

Декомпозиція структури критеріїв, дозволяють порівнювати ефективність транспортного циклу в ТЛС, як у сукупності роботи АТС і ТСК наведено рис.1.4. Дана система критеріїв являє собою декомпозицію ієрархії критеріїв ТЛС, що включає такі елементи, як організація ВАП і функціонування ТСК.

Вибір критеріїв продуктивності ТЛС базується на результативних показниках ВАП та ТСО, які визначаються з урахуванням показників використання засобів виробництва у певних умовах середовища експлуатації. Інтегрування в єдину елементарну одиницю транспортного циклу елементів ВАП та ТСК дозволяє:

«1. Ефективно організувати роботу об'єктів логістичної інфраструктури ТЛС та оптимізувати витрати логістичної системи.

2. Керувати технологією транспортування вантажів за величиною, складом та іншими характеристиками для цілей раціонального просування вантажів за допомогою автомобільного транспорту.

3. Здійснювати інтегроване планування та прогнозування як транспортних та складських процесів, так і процесів їх взаємодії у складній системі[33]»

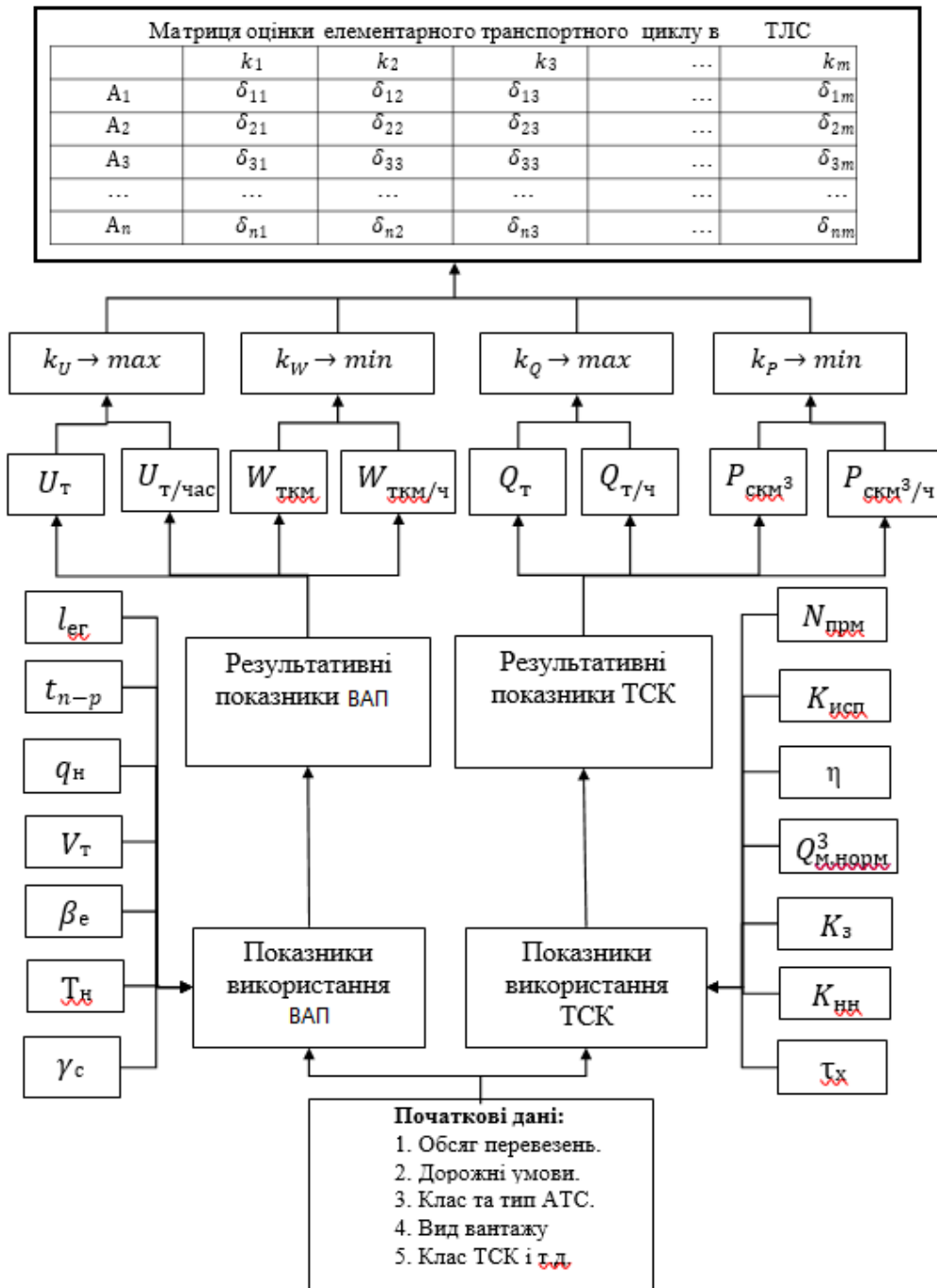


Рис. 1.4 - Декомпозиція системи критеріїв керування в транспортно-логістичній системі

Раціональний вибір рішення з багатьох ефективних планів (множина Паретто) може здійснюватися суб'єктивно залежно від ступеня важливості тієї чи іншої критерію. З сказаного можна зробити такі висновки:

1) ТЛС та їх елементи необхідно створювати та модернізувати, застосовуючи науково обґрунтовану методологію, на основі поєднання моделей динамічних систем та методів багатокритеріальної раціоналізації у дискретних динамічних системах.

2) Сукупність варіантів формування кожної ТЛС відповідає безлічі можливих управлінь, «оптимальних рішень за Паретто», оскільки жодне з управлінь за критеріями ефективності може бути віднесено до домінуючого (за одним показниками варіант прийняття рішення краще за інших, за іншими - гірше).

3) Визначення найбільш прийняттого варіанта може здійснюватися перетворенням критеріїв, їх ранжуванням, запровадженням коефіцієнтів значущості (важливості) та обчисленням значень цільових функцій.

4) Обґрунтованість вибору найбільш раціонального варіанта управління ТЛС у меншою мірою залежить (часто залежить) від точності визначення коефіцієнтів значимості критеріїв, ніж від вибору критеріїв продуктивності.

1.3. Застосування методів вирішення багатокритеріальних транспортних завдань, заснованих на суб'єктивних оцінках або критеріях

Розглянемо в цьому пункті ряд підходів до вирішення багатокритеріальних завдань, вирішення яких можуть призводити до отримання керуючих рішень у ТЛС, динамічному розвитку. У більшості методів, що застосовуються в даний час, реалізується наступна тенденція – єдине доцільне рішення багатокритеріальної задачі визначити, неможливо.

Тому в процесах вирішення багатокритеріальних завдань істотну роль відіграє особа, яка приймає рішення (ЛПР). Саме ЛПР визначає тип вирішальної процедури та при необхідності призначає її параметри. У разі, якщо знайдено

багатоелементну множину оптимально-компромiсних рiшень, ЛПР має здiйснити вибiр одного з них. При розробцi методологiї планування, органiзацiї та управлiння функцiонуванням ТСК в ТЛС як аналітичної платформи застосування ЦМУ цей пiдхiд не прийнятний з низки об'єктивних причин.

Розглянемо схеми вирiшення багатокритерiальних завдань, що застосовуються сьогоднi, заснованих на принципі компромiсу мiж критерiями:

$$\max_{\bar{x} \in D} = (Q_1(\bar{x}), Q_2(\bar{x}), \dots, Q_4(\bar{x})) \quad (1.10)$$

де - $Q_{1-4}(\bar{x})$ - кiлькiсна оцiнка критерiїв: у нашому випадку - k_U, k_W, k_Q, k_P .

Тодi iснує вектор-функцiя:

$$\bar{Q}(\bar{x}) = (Q_1(\bar{x}), Q_2(\bar{x}), \dots, Q_4(\bar{x}))$$

яка, вiдображає область всiх допустимих рiшень D (кiнцева множина можливих станiв ТЛС) у множинi D_Q з l -мiрного простору можливих критерiїв:

$$D_Q = \{(\bar{Q}|\bar{Q}) = (Q_1(\bar{x}), Q_2(\bar{x}), \dots, Q_4(\bar{x})) \text{ де } \bar{x} \in D\} \quad (1.11)$$

Де, D_Q – елементи множини оцiнок, тобто окремими рiшеннями щодо кожного критерiю як значень показникiв ТСО i ВАП. Приклад можливих варiантiв рiшень та вплив їх на процедуру оптимiзацiї процесiв у ТЛС наведено нижче на рис. 1.5.

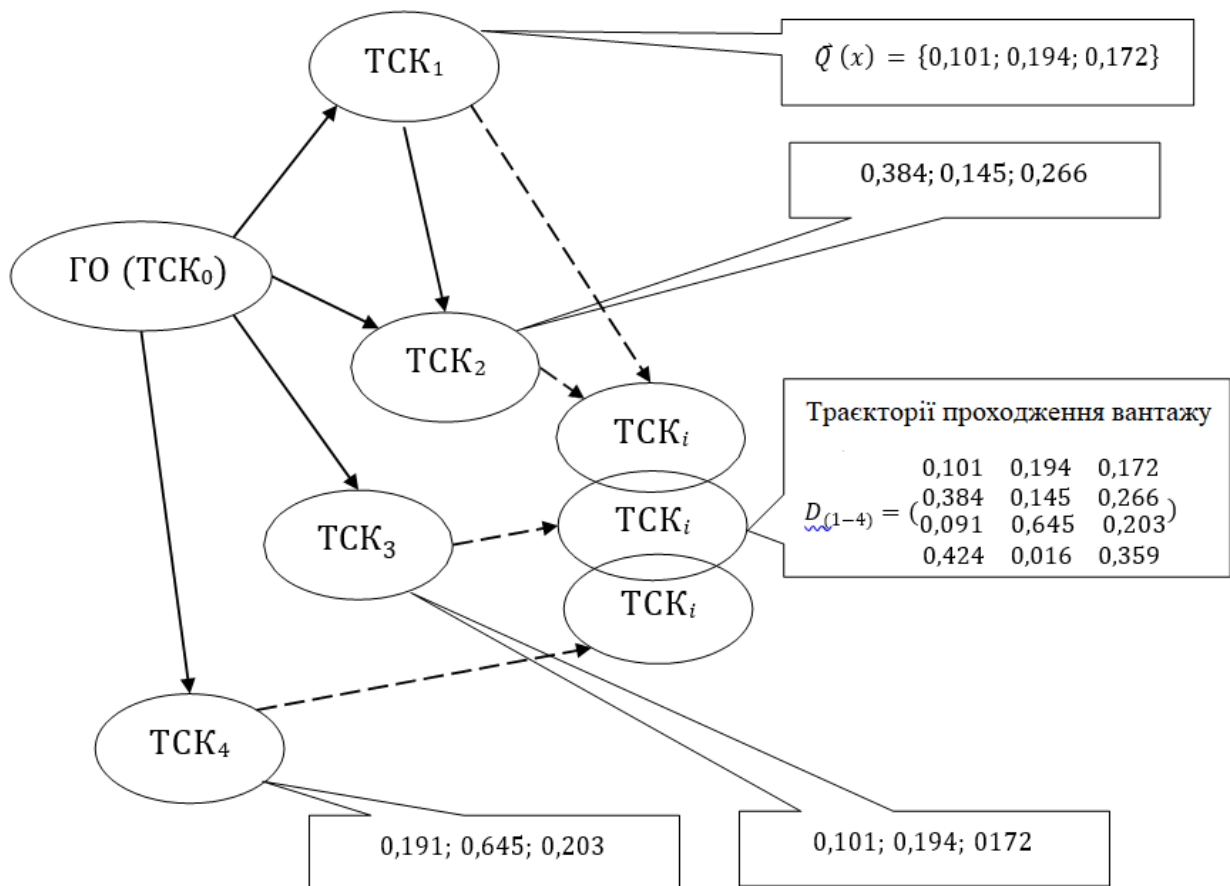


Рис. 1.5 – Вплив значення параметрів продуктивності вантажу на вирішення задачі оптимізації в динамічній системі

1. Визначимо значення можливих розподілів ймовірностей тотожним коефіцієнтам відносної важливості для цієї умови, застосовуючи деякі з розглянутих вище методів: МРСП, критерій Лапласа, оцінки Фішера (рис. 1.6).
2. Наступним кроком визначимо ефективність у кількісних оцінках прийнятого рішення, отриманого за допомогою методів, що розглядаються (МРСП, критерій Лапласа, оцінки Фішера) і наведемо їх на рис.1.7.

Можна констатувати, що застосування різних методів зняття невизначеності в ТЛС найчастіше, навіть у разі рекомендації однієї й тієї ж дії, може призводити до отримання різних кількісних значень ефективності рішення.

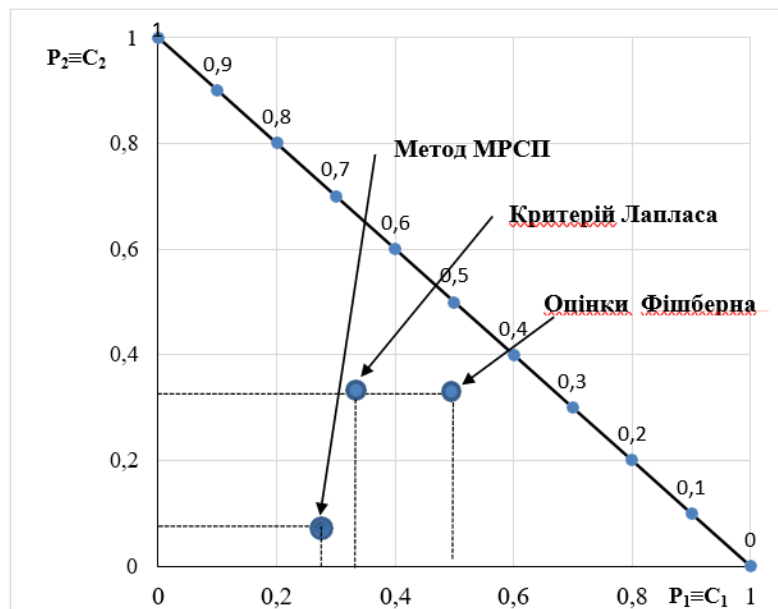


Рис. 1.6 - Значення можливих розподілів ймовірностей тотожних коефіцієнтів відносної важливості для дискретного стану системи

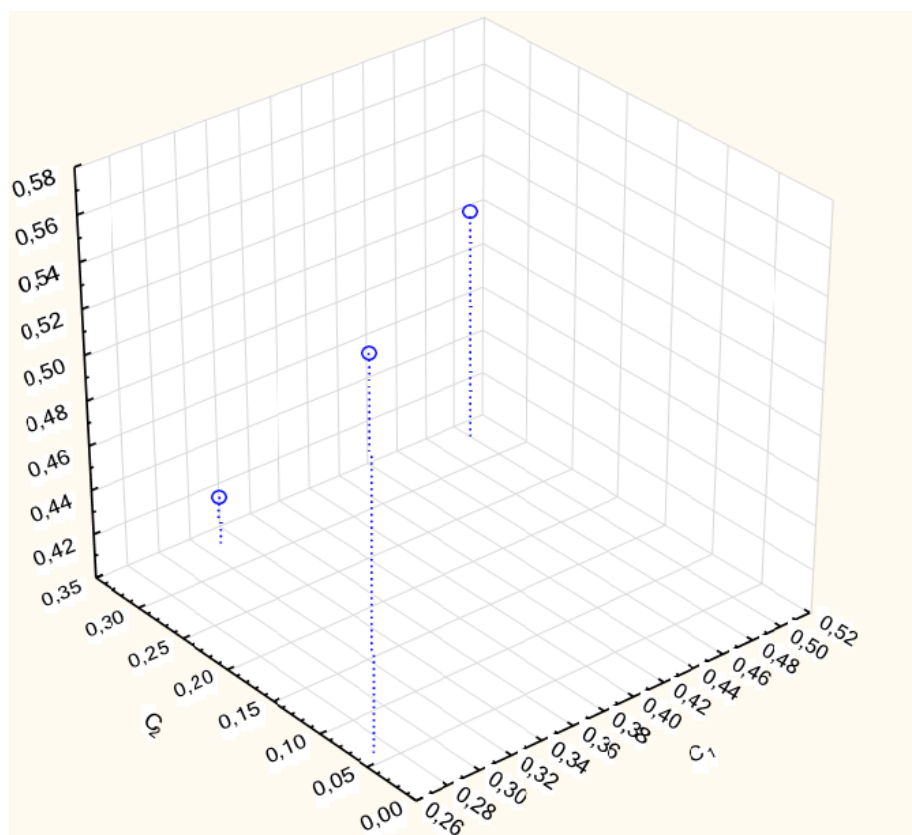


Рис. 1.7 – Оцінка отриманих рішень під час використання різних методів вирішення багатокритеріальних завдань

Усі методи рішення визначати доцільно однією й тією ж дією, хоча ефективність рішення у кількісних оцінках буде різна. У той самий час, значення кількісної оцінки впливає на вибір подальшої траєкторії руху транспортного засобу під час реалізації завдання динамічного програмування.

Тому при вирішенні даного класу прикладних завдань необхідно реалізовувати на практиці методи, що дозволяють не тільки аналітично знаходити можливі варіанти рішень (прийнятні рішення), а й визначати максимальне значення ефективності в кількісних оцінках кількох критеріїв ефективності з метою визначення раціонального стану ТЛС.

Висновки до розділу 1

Перший розділ присвячений розробці теоретичного апарату прийняття системних рішень управління функціонуванням ТСК в ТЛС.

1. Для досягнення поставленої мети систематизувалась методологічна база вирішення багатокритеріальних завдань, що визначаються умовами функціонування ТЛС:

- методи визначення вагових коефіцієнтів відносної важливості за допомогою експертних оцінок;
- методи прийняття керуючих рішень, що ґрунтуються на принципі апріорного розподілу ймовірностей стану системи;
- методи, засновані на суб'єктивних оцінках та критеріях.

Залежно від цілей, а, відповідно до завдань планування перевезень критерії ефективності можуть бути принципово відрізнятися при переміщенні однієї партії вантажу по різних ділянках ТЛС, або для однієї ділянки ТЛС вантажів із різними характеристиками.

2. Розглянуті та перелічені методи теорії експертних оцінок спрямовані на те, щоб знайти обґрунтоване рішення, спираючись на досвід, знання та інтуїцію фахівців. Тим самим брак інформації компенсується формалізовано

представленими знаннями експертів, що підвищує частку суб'єктивізму у прийнятті рішення. У цілому нині можна дійти висновку що єдиного, як найефективнішого на думку більшості фахівців, методу вирішення багатокритеріальних завдань, заснованого на експертних оцінках, немає. Тому виникає завдання вироблення математичного апарату, що дозволяє в динамічній системі знаходити аналітичне рішення багатокритеріальних завдань незалежно від участі людини.

3. Об'єктивні проблеми вибору системи розрахункових випадків при вирішенні багатокритеріальних завдань та необхідної оцінки ефективності роботи системи в умовах наявності невизначеності, стимулюють дослідників застосування формально-логістичних методів. Існуючі методи прийняття керуючих рішень, засновані на принципі апріорного розподілу ймовірностей стану системи. Разом з перевагами слід зазначити, що у всіх випадках є логічно формалізований зв'язок між значеннями коефіцієнтів відносної важливості показників, що збільшує частку суб'єктивізму в процедурі прийняття рішення.

4. Застосування методів, заснованих на суб'єктивних оцінках і критеріях має як ряд переваг, так і ряд недоліків, при чому переваги або недоліки виявляються більшою чи меншою залежно від того, в яких умовах середовища дослідження вирішується завдання. У разі застосування однакових вихідних даних, дій, рекомендованих перерахованими вище методами, не збігаються. Тому завжди складно об'єктивно обґрунтувати вибір суб'єктивного критерію для умов, що розглядаються.

Отже, формування раціональної траєкторії переміщення однієї партії вантажу в ТЛС дозволяє визначити загальну структуру вантажопотоків при заявлених обсягах перевезень у системі.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МЕТОДІВ І МОДЕЛЕЙ ПЛАНУВАННЯ, ОРГАНІЗАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ ТЕРМІНАЛЬНО-СКЛАДНИМИ КОМПЛЕКСАМИ В ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНІЙ СИСТЕМІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

2.1. Формування підходів до моделювання процесів планування, організації та управління вантажопотоками в транспортно-логістичних системах

Одним із найперспективніших напрямів реалізації методів чисельного моделювання автотранспортних процесів є комп'ютерне моделювання. Комп'ютерне моделювання якнайкраще підходить для вивчення складних динамічних систем через їхню можливість ефективно проводити обчислювальні експерименти. Особливо зручно застосовувати комп'ютерне моделювання в тих випадках, коли реальні експерименти утруднені через фізичні або фінансові труднощі, як правило, це перспективне проектування складних систем, що вимагають при їх реалізації значних капітальних вкладень.

Формалізованість і логічність комп'ютерних моделей дозволяє ефективно виявляти основні чинники, які визначають властивості досліджуваної чи проектованої системи, як сукупності об'єктів та його станів. Зокрема, комп'ютерні моделі дозволяють досліджувати відгук фізичної системи, що моделюється, у разі зміни її вихідних умов діючих параметрів. Формування комп'ютерної моделі досліджуваної системи ґрунтується на абстрагуванні від конкретної природи досліджуваних процесів оригіналу та містить два основні етапи:

- 1) Формування якісної моделі системи – вибір критеріального апарату ВАП та ТСО для ТЛС;
- 2) Формування кількісної моделі – вибір методів визначення аналітичних зв'язків у системі.

«Природно, що до основних етапів реалізації комп'ютерного моделювання належать:

- 1) визначення об'єкта моделювання, меж моделювання та постановка задачі;
- 2) виявлення основних елементів системи та елементарних зв'язків взаємодії та розробка концептуальної моделі;
- 3) формалізація процесів у системі чи перехід до математичної моделі системи;
- 4) формування алгоритму функціонування системи та написання програми отримання параметрів системи;
- 5) планування серії експериментів та проведення їх відповідно до заданих областей дослідження процесів;
- 6) аналіз результатів та інтерпретації чисельної моделі реальні властивості системи» [27].

Подамо процес комп'ютерного моделювання з чисельним експериментом (рис.2.1) для ТЛС.

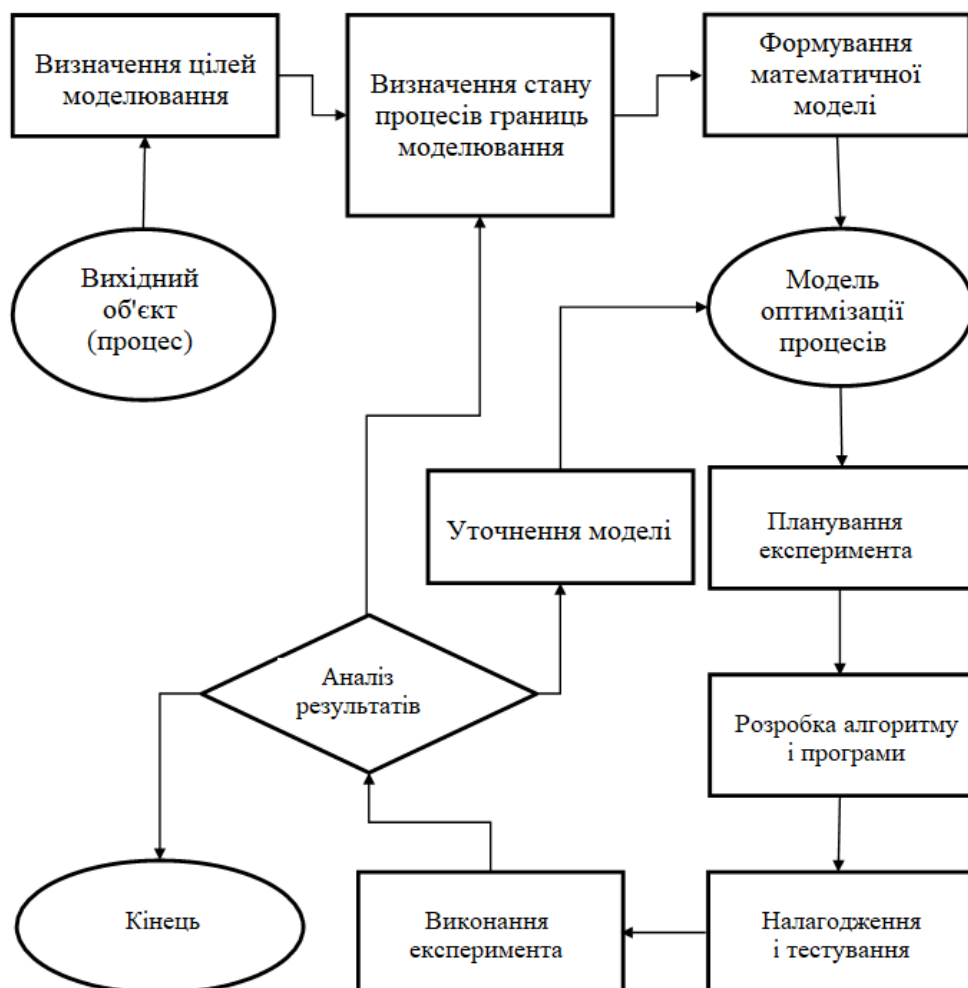


Рис. 2.1 – Схема процесу комп'ютерного моделювання з чисельним експериментом

При імітаційному моделюванні математичні моделі досліджуються як алгоритм, який відтворює функціонування досліджуваної системи через послідовне багаторазове виконання елементарних операцій. Так, наприклад, імітаційне моделювання використовується для проведення розрахунків щодо визначення постів навантаження-розвантаження на ТСК у невизначених умовах взаємодії параметрів ТСО та ВАП, тобто імітаційне моделювання можна віднести до групи методів, що найбільше адаптують організації інтегрованої роботи окремих ланок ТЛС.

Схема формування імітаційної моделі показує, що результати імітаційного моделювання не обчислюються за готовими формулами, як це має місце при застосуванні аналітичних моделей, а є продуктом (статистичної) обробки та інтерпретації даних, що спостерігаються та фіксуються в процесі обробки моделюючої програми на комп'ютері (рис. 2.2).

При створенні імітаційної моделі роботи ТСК у взаємодії з вантажним автомобільним транспортом сутність методу полягає в тому, що на основі заданих розподілів вантажопотоків прибуття та видачі вантажів зі складу на комп'ютері багаторазово імітуються щоденні процеси прибуття та відправлення вантажів зі складу.

В результаті великої кількості циклів моделювання (наприклад, протягом року $N = 365$) величини складських запасів набувають статистичну стійкість та їх розрахункова величина, обчислена за попереднім методом, може вважатися достовірною з певним довірчим інтервалом ймовірностей. «Крім того, визначаються всі фактори, що носять стохастичний характер, що закладаються в модель як параметри впливу зовнішнього середовища:

- кількість та типи транспортних засобів;
- частота надходження;
- кількість та тип вантажних одиниць;

- час на вантажно-розвантажувальні та приймально-здавальні операції-
 - час оформлення документів;
 - параметри, що визначають внутрішні процеси та характеристики об'єкта:
- час на виконання технологічних операцій, виробнича потужність обладнання, об'ємно-планувальні рішення будівлі та ін.»[16].

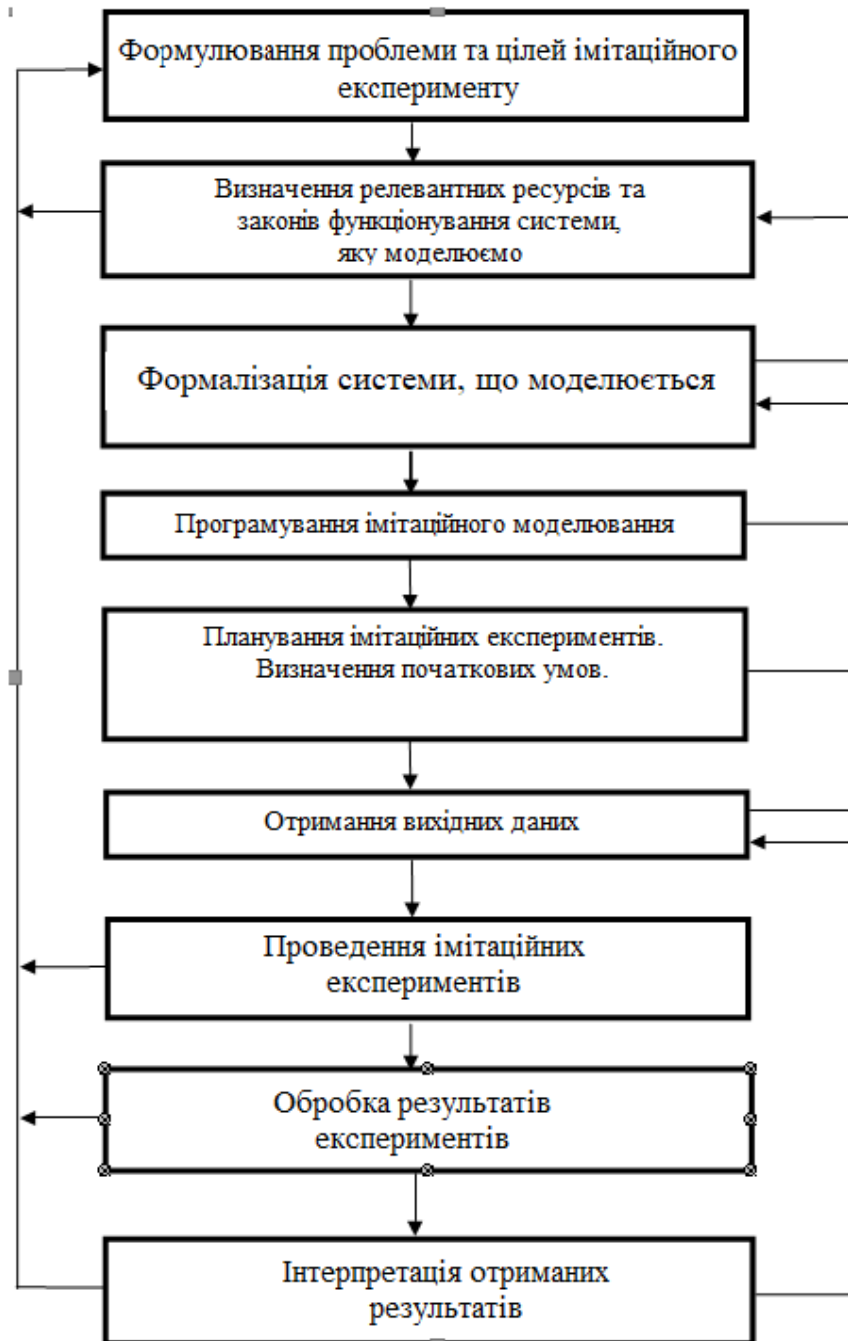


Рис. 2.2 – Схема етапів імітаційного моделювання

Важливою властивістю імітаційного моделювання є висока гнучкість моделей, що формуються, тобто здатність до оперативної зміни при внесенні деяких динамічних параметрів і, відповідно, можливість отримання результатів при внесенні змін. У такому випадку модель, що формується, може стати робочим інструментом для підтримки прийняття управлінських рішень.

При цьому, як і будь-який інший метод, метод імітаційного моделювання має недоліки та обмеження, наприклад, наявність великого обсягу статистичного матеріалу по досліджуваному об'єкту. Усувають цей недолік, як правило, дослідженням аналогічних за своїми властивостями та параметрами об'єктів.

Аналіз таких складних систем, як ТЛС показав, що можливий ще один підхід до підвищення ефективності процесу комп'ютерного моделювання для вирішення прикладних завдань, що виникають під час проектування та дослідження транспортно-логістичних систем. Це поєднання методів аналітичного та імітаційного моделювання, застосовуючи їх на різних рівнях управління функціонуванням ТЛС із використанням сучасних технологій фіксації станів системи.

Можна сказати, що відомі сьогодні методи і моделі, що широко застосовуються при прийнятті рішенні прикладних автотранспортних завдань у галузі розвитку транспортних систем і підвищення її ефективності роботи, в умовах процесів, що динамічно розвиваються, вимагають адаптації та додаткової розробки при реалізації їх у практичній діяльності.

Пропонований підхід, в основі якого знаходиться синтез зазначених вище методів комп'ютерного моделювання методів, дозволить реалізувати програму експериментальних досліджень, сформованих на базі комплексної методології організації та управління взаємодією ТСК та підприємств вантажного автомобільного транспорту (методики досягнення динамічного балансу між параметрами ТСО та ВАП).

2.2. Розробка застосування моделей цифрових технологій в управлінні параметрами вантажних перевезень і транспортно-складського обслуговування

Технологічно будь-яка ТЛС є сукупністю наступних ряду об'єктів або елементів системи: виробники сировини та матеріалів, логістичні центри, виробники продукції, склади дистриб'юторів, торгові об'єкти, споживачі, об'єкти рециклінгу та об'єкти вантажного транспорту, що виконує роль зв'язувальної ланки. Взаємодія між елементами транспортно-логістичного ланцюга та вантажним автомобільним транспортом відбувається через ПР ділянки, ділянки експедиції, приймання вантажів тощо, тобто через термінально-складську інфраструктуру. Дана схема є єдиним ланцюгом поставок, що складається з елементів технологічного циклу складського комплексу відправника, постачальника та доставки продукції.

Застосування RFID технологій ТЛС дозволяє здійснювати зв'язок об'єкта дослідження з єдиним інформаційним центром (сервером) ланцюга: своєчасно передавати та отримувати інформацію, що у свою чергу уможливорює оперативне планування, у тому числі при виникненні змін та збоїв на окремих ділянках ланцюга всіма учасниками процесу.

У запропонованій схемі розглядається організація технологічного процесу трьох основних ланках – виробництво продукції, транспортування вантажів і вантажопереробка на складському чи торговому об'єкті (рисунок 2.3).

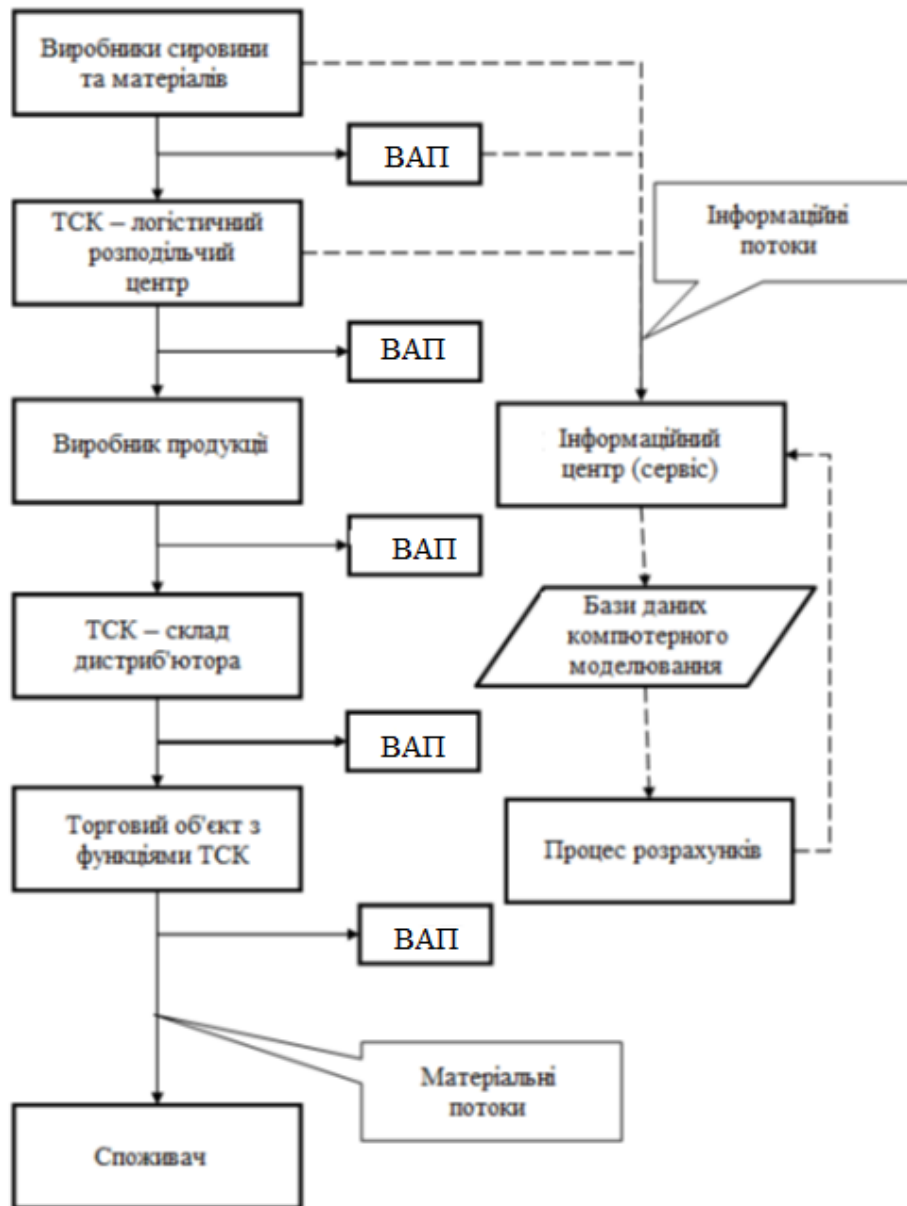


Рис. 2.3 – Схема організації технологічного процесу із застосуванням систем радіочастотної ідентифікації

Впровадження систем радіочастотної ідентифікації у процеси транспортно-логістичної системи регіону передбачає можливість відстеження вантажопотоків під час руху вантажів у межах досліджуваної системи (географічні межі регіону). При цьому в процесі транспортування виконуються наступні етапи:

1. Зчитування RFID транспондера транспортного засобу в дорозі. При русі вантажного автотранспорту, маркованого RFID транспондером, магістралями

регіону, обладнаним зчитуючим RFID обладнанням. Зчитування інформації відбувається на швидкості, що не перевищує 80 км/год.

2. Передача даних із транспондера на сервер ІТС регіону. Після зчитування інформації з RFID транспондера вантажного транспортного засобу інформація про рух вантажу надходить на сервер регіону для подальшого аналізу та формування узагальненої інформації про рух вантажу для виробника та одержувача вантажу.

3. Прогнозування та управління рухом у ТЛС. На основі одержуваної з RFID комплексів інформації про рух вантажів формується прогноз руху вантажного автомобільного транспорту, відстежуються вантажопотоки регіоном, прогнозується час прибуття транспортного засобу до одержувача.

4. Передача даних одержувачам про місцезнаходження вантажного транспортного засобу із сервера регіону. З сервера регіону інформація про місцезнаходження вантажу та прогноз його прибуття передається одержувачу. Якщо визначено оптимальний маршрут відповідно до змін, що враховуються в режимі реального часу, відбувається коригування маршруту транспортного засобу від початкового.

5. Внесення інформації в RFID транспондер транспортного засобу про зміни в дорозі. У випадку, якщо в період транспортування з вантажем, що перевозиться, або транспортним засобом відбуваються зміни, необхідно внесення додаткової інформації в мітку і, за наявності GPRS зв'язку (General Packet Radio Service – технологія пакетної передачі даних по радіо зв'язку) передача інформації в інформаційний центр.

6. Передача даних із транспондера на сервер ІТС регіону. Після змін, що відбулися на шляху проходження вантажу від виробника до одержувача, на сервер ІТС регіону надходить нова інформація, на основі якої будується новий прогноз руху, відстежуються вантажопотоки по регіону.

7. Прогнозування та управління рухом в ІТС на основі отриманих даних про зміни.

8. Передача даних вантажоодержувачам про місцезнаходження вантажного транспортного засобу.

9. Видалення даних із транспондера транспортного засобу. Після прибуття транспортного засобу до місця призначення відбувається часткове видалення інформації: стирається інформація про доставлений вантаж; інформація про транспортний засіб зберігається.

10. Технічний контроль відповідності транспондера транспортного засобу. Перевіряється цілісність мітки, робочий стан, можливості перезапису для подальшого використання.

«Застосування радіочастотної ідентифікації при отриманні та вантажообробці на складському чи торговому об'єкті передбачає такі етапи:

1. Зчитування RFID транспондера транспортного засобу одержувачем. При прибутті транспортного засобу на територію ТСК чи торгового об'єкта здійснюється зчитування інформації з ідентифікаційної мітки транспортного засобу та її звіряння з інформацією, що надійшла від постачальника.

2. Зчитування RFID транспондерів одиниць вантажу. Після розвантаження транспортного засобу та переміщення продукції до зони приймання здійснюється приймання продукції за кількістю та якістю за допомогою зчитування ідентифікаційних міток з вантажних одиниць.

3. Звірка з електронною накладною та визначення розбіжностей. У разі розбіжності інформації, отриманої від постачальника та інформації, що зчитується з ідентифікаційної мітки, приймання продукції припиняється і надсилається повідомлення постачальнику.

4. Передача даних про результати вхідного контролю відправнику вантажу.

5. Розміщення вантажу на зберігання та занесення інформації про місце зберігання до Системи управління складом (СУС). Після приймання продукції здійснюється переформування вантажних одиниць та зберігання з метою подальшого використання чи продажу.

6. Формування електронної накладної на комплектацію та відвантаження. Документ має містити найменування продукції, індивідуальний код, кількість продукції, що підлягає добору, адресу місця зберігання.

7. Відбір продукції з місць зберігання у процесі комплектації. Ідентифікація продукції у місцях зберігання здійснюється за допомогою мобільних зчитувачів, здатних працювати автономно.

8. Формування вантажних одиниць. Після відбору продукції здійснюється зчитування транспондерів усіх товарних одиниць та формування укрупнених вантажних одиниць для відправки одержувачу вантажу.

9. Вихідний контроль за допомогою RFID терміналу або RFID тунелю. Після формування замовлення та переміщення продукції в зону відвантаження здійснюється вихідний контроль за кількістю та якістю. Формується зведена інформація для внесення до RFID транспондер транспортного засобу.

10. Запис інформації на транспондер транспортного засобу. До прибуття транспортного засобу, за наявності інформації про його реквізити (параметри) здійснюється підготовка ідентифікаційних міток.

11. Нанесення RFID транспондера на транспортний засіб. Після прибуття транспортного засобу здійснюється наклеювання мітки, що включає інформацію про вантаж, що доставляється, і реквізити самого транспортного засобу. Вибір місця нанесення RFID транспондера на транспортний засіб.

12. Зчитування транспондера під час відправлення транспортного засобу. Зчитування відбувається при русі транспортного засобу магістралями з встановленими зчитувачами RFID комплексами.

Застосування радіочастотних технологій ідентифікації в ТЛС дозволяє враховувати специфічні технічні вимоги та особливості експлуатації на різних ділянках ТЛС, тобто активно впливати на формування критеріального апарату на ділянках ТЛС»[20,36]

2.3. Аналітичне обґрунтування перехідних станів в кількісні оцінки транспортно-логістичної системи

Традиційно, «підхід до визначення необхідних результативних показників роботи ТСК для обслуговування вантажних АТС ґрунтується на розрахунку необхідної кількості постів обслуговування, а також ПЗМ та кількості персоналу, що залучаються для виконання операцій на цих постах. При застосуванні даного підходу неможливо враховувати зміни у внутрішній технології виконання операцій з обробки вантажопотоків, які впливають на продуктивність виконання робіт, а отже, не вдається отримати достовірні результати щодо необхідної кількості постів обслуговування»[42].

Крім того, після проведення розрахунків вищезазначеними способами необхідної кількості постів обслуговування, через деякий час перед підприємством постає питання про необхідність підвищення загальної пропускної спроможності ТСК у зв'язку зі збільшенням пропускної спроможності постів обслуговування.

Ще однією важливою обставиною, що підкреслює недоліки існуючих підходів, є недотримання принципу узгодженості (пропорційності) структурних змін до ТСК.

Таким чином, при збільшенні кількості постів обслуговування і, отже, підвищення продуктивності операцій навантаження-розвантаження, необхідно пропорційно збільшувати продуктивність ділянки приймання, у тому числі збільшення його площі. У зв'язку з цією обставиною може виникати ситуація прямо протилежна бажаному результату – пропускна здатність ТСК скорочується.

Розглянемо ситуацію більш докладно: при розвантаженні продукції з АТС виникають моменти очікування звільнення ділянки приймання вантажу та виконання операцій, пов'язаних з контролем вхідного потоку. Аналогічна ситуація може бути при обробці вихідного потоку. Тоді збільшення кількості постів розвантаження чи навантаження не приносить необхідного без

відповідного збільшення потужності інших об'єктів, що у процесі переробки вантажів ТСК.

Вирішення цієї проблеми в рамках оптимізації технологічних процесів у ТСК було запропоновано автором даного дослідження, як розробки методики розрахунку кількості постів обслуговування, що враховує можливості оптимізації процесів внутрішніх технологій ТСК із застосуванням сучасних засобів та апарату автоматизованої ідентифікації матеріальних та транспортних потоків.

У цьому дослідженні наведено опис, а також розроблений автором стандарт функціонування ТСК та вантажного АТС під час використання системи автоматичної ідентифікації. На підставі розробленого стандарту, що базується на теорії автоматичної ідентифікації та практики її застосування, можна зробити висновок про те, що включення засобів автоматичної ідентифікації в процес обробки вхідного та вихідного потоків на ТСК впливає на швидкість виконання операцій.

Однак для отримання методології комплексного застосування засобів автоматичної ідентифікації при виконанні операцій з цифрової обробки товарного та транспортного потоків у ТЛС, потрібно проводити загальне моделювання та оцінку зазначених процесів, а саме проводити моделювання обробки вхідного та вихідного потоків у ТСК.

Принципова схема технологічного процесу ТСК з урахуванням впливу довкілля (характеристики ТЛС) наведено в Додатку Б.

На схемі представлені параметри ТЛС, які впливають виконання технологічних операцій, і навіть на ресурси, необхідних їх виконання. На роботу ТСК загалом також впливає організація внутрішніх складських технологічних процесів, пов'язаних із розміщенням вантажів на зберігання, зберіганням та комплектацією замовлень. Однак вирішальний вплив на діяльність ТСК надають операції, що виконуються на стику спільної діяльності - при обробці вхідного та вихідного потоків. До операцій з обробки вхідного потоку відносяться:

підготовка складу до приймання продукції, розвантаження та приймання продукції, ідентифікація вхідного потоку.

Модель обробки вхідного потоку (Додаток В) включає характеристики зовнішніх випадкових факторів (тип рухомого складу, кількість вантажу в автомобілі, обсяг, структура, інтенсивність товарного потоку) і можливість використання декількох варіантів застосування техніко-технологічних ресурсів при виконанні технологічних операцій.

Застосування розробленої моделі аналітичної ТЛС дає можливість оцінити час простою транспортних засобів та ресурсів ТСК залежно від можливих варіантів зовнішніх техніко-експлуатаційних умов виконання операцій. На підставі проведеної оцінки простоїв транспортних засобів та ресурсів ТСК здійснюється вибір оптимальної моделі оснащення та технології ТСК, а також, у разі потреби, розрахунок кількості та розмірності місць для стоянок автомобілів.

Деталізована модель обробки вхідного потоку складається з операцій, що виконуються в наступній послідовності: прибуття транспортного засобу ($T_{пр}$) з вантажем на ТСК, перевірка супровідної документації (t_d), що прибула з транспортним засобом. У разі, якщо при перевірці супровідної документації виявляється розбіжність або відсутність частини документів, АТС розміщується на стоянці та очікує на складання акту (t_{a1}) або виконання альтернативних дій.

Найважливішою умовою розробки імітаційної моделі процесів функціонування ТСК є досягнення балансу між вхідними та вихідними потоками. Технологічно можливі два варіанти обслуговування, коли пости поєднані або розділені по структурі потоків, що обслуговуються.

У разі, якщо пости поєднані, АТС, що одночасно прибувають на склад, як у вхідному потоці, так і на вихідному обслуговуватимуться вільними постами. У разі поділу постів обслуговування на обробку вхідного та вихідного потоків, при прибутті, наприклад, АТС на розвантаження може не бути вільного поста обслуговування на цій ділянці, тоді як на ділянці відвантаження вільні пости є, але там АТС не обслуговуватиметься. Що призводить як до простою АТС, так і до постів обслуговування.

Результатом розробки імітаційної моделі обслуговування, вхідного та вихідного потоків є оцінка часу простоїв автомобілів в очікуванні виконання операцій та при їх виконанні, а також оцінка часу простоїв ресурсів ТСК та вартості виконання операцій. На підставі розрахунків сумарної вартості простою елементів транспортної та складської підсистем (АТС та ресурсів ТСК), а також вартості виконання операцій можна зробити висновок про вибір оптимального варіанту технології обробки, вхідного та вихідного потоків за критерієм мінімуму сукупних витрат. Для цього необхідно визначити склад елементів постів обслуговування та вартість їх використання.

$$Ne = (T; S; E; L; U), \quad (2.1)$$

де Ne – склад елементів постів обслуговування; T – використовуване технічне оснащення; S - площа ділянок навантаження-розвантаження, приймання-здавання; E – комунальне обслуговування (електроенергія, тепlopостачання та ін.); L – персонал, зайнятий у виконанні операцій; U – інформаційна система управління та пов'язане з нею обладнання.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

У другому розділі обґрунтовано доцільність застосування методів комп'ютерного моделювання для проєктованих та вдосконалених ТЛС як поєднання методів аналітичного та імітаційного моделювання.

Застосування цієї схеми реалізується різних рівнях управління функціонуванням автомобільних транспортних систем з допомогою сучасних технологій фіксації станів системи.

На рівні управління раціональним розподілом вантажопотоків у ТЛС формується завдання раціоналізації, що дозволяє, спираючись на вихідні дані про існуючий або прогнозований обсяг вантажообміну. На цьому рівні застосовують методи динамічного багатокритеріального програмування з дискретними станами параметрів ТЛС, таким чином задіяний апарат аналітичного моделювання.

Дані отримані верхньому рівні управління ТЛС дозволять знизити ступінь невизначеності прийняття рішень лише на рівні управління функціонуванням окремими об'єктами системи, саме ТСК. Проте при вирішенні завдань раціоналізації процесів роботи ТСК залишається значна кількість факторів стохастичної природи.

Тому доцільно цьому рівні використовується апарат імітаційного моделювання, досить добре апробований на вирішення локальних завдань управління функціонуванням ТСК.

Отже, розроблена модель, в основі якої знаходиться синтез методів комп'ютерного моделювання та розроблених аналітичних методів, дозволяє реалізувати програму експериментальних досліджень, у вигляді ЦМУ організації, планування та управління взаємодією ТСК та підприємств вантажного автомобільного транспорту на базі методики досягнення динамічного балансу між параметрами ТСО та ВАП.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ
ЦИФРОВОЇ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ
ВАНТАЖПОТОКАМИ У ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНІЙ СИСТЕМІ
ЗАХІДНОЇ УКРАЇНИ

**3.1. Загальна методика проведення експериментальних досліджень
застосування цифрової об'єктно-орієнтованої моделі управління
вантажопотоками у транспортно-логістичних системах**

Загальна методика експериментальних досліджень наведено рис.3.1



Рис. 3.1 – Методика проведення експериментальних досліджень

Метою експериментальних досліджень є перевірка робочої гіпотези щодо можливості визначення виробничої програми з ВАП та ТСО на основі їх взаємодії у вигляді аналітичної моделі ТЛС, отриманої із застосуванням цифрової об'єктно-орієнтованої моделі управління вантажопотоками. Формування бази вихідних даних для аналітичного моделювання процесів ТЛС представлено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Форма подання структури вихідних даних в аналітичному вигляді для проведення експериментальних досліджень для однієї партії вантажу

№ партії вантажу	Об'єм перевезення, т/м ³	Показники використання ТСО і ВАП	Результативні показники ТСО і ВАП	Критерії ефективності ТСО і ВАП	Наявність пріоритета критеріїв		Кількість ВО	Кількість ВАП	Кількість ТСК	Кількість дискретних станів системи
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10
1	Q_1	$l_{ег}$ t_{n-p} q_H V_T β_e T_H γ_c	$U_{T/час}$ $W_{ТКМ/ч}$ U_T $W_{ТКМ}$	$u_{(10 T)i2} \rightarrow \min$ $w_{(p-ч)i1} \rightarrow \max$	так	так	1	1	n	s
		$N_{прм}$ K_i η $Q_{м.норм}^3$ K_3 τ_x K_{HH}	$Q_{T/ч}$ $P_{СКМ^3/ч}$ Q_T $P_{СКМ^3}$	$q_{(10 T)i3} \rightarrow \min$ $p_{(СКМ^3)i4} \rightarrow \max$	так					
					ні					

Можливі варіанти дій (вибір ТСК у ТЛЗ) при переміщенні однієї партії вантажу формуються у вигляді матриці ефективності можливих рішень (дискретний стан системи) (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Можливі варіанти дій (вибір транспортно-складського комплексу у транспортно-логістичній системі) при переміщенні однієї партії вантажу

Елементи ТЛС	P1	P2	P3	P4
ТСК ₁	$w_{(p-q)11}$	$u_{(10\tau)12}$	$p_{(скм^3)13}$	$q_{(10\tau)14}$
ТСК ₂	$w_{(p-q)21}$	$u_{(10\tau)22}$	$p_{(скм^3)23}$	$q_{(10\tau)24}$
...
ТСК _n	$w_{(p-q)n1}$	$u_{(10\tau)n2}$	$p_{(скм^3)n3}$	$q_{(10\tau)n4}$

Нормовані значення та цілепокладання можливих варіантів дій у ТЛС при переміщенні однієї партії вантажу формуються у вигляді нормованої матриці ефективностей рішень (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Нормовані значення та цілепокладання можливих варіантів дій у транспортно-логістичній системі

Варіант рішення	P1	P2	P3	P4
D1	b_{11}	b_{12}	b_{13}	b_{14}
D2	b_{21}	b_{22}	b_{23}	b_{24}
...
D _n	b_{n1}	b_{n2}	b_{n3}	b_{n4}
Виконання цілі	max	min	max	min

Відповідно до теоретичних положень, розподіл коефіцієнтів відносної важливості в системі критеріїв ефективності визначається сукупністю ($m - 1$)

незалежних величин.

$$0 \leq c_j \leq 1, j = \overline{1, n}, \sum c_j = 1 \quad (3.1)$$

Можливі в множині розподілів ймовірностей ефективності рішень відповідає поле розподілів у вигляді прямокутного одиничного гіпертетраїдра в просторі $(m - 1)$ вимірювань. У декартовій системі координат c_1, c_2, \dots, c_{m-1} такий гіпертетраїдр є результатом перетину позитивного гіпероктанта гіперплощиною, що відсікає на кожній з координатних осей відрізок, рівний одиниці $\sum_{i=1}^{m-1} c_i$. При розташуванні КОВ у послідовність, за якої виконуються умови

$$c_1 \geq c_2 \geq \dots \geq c_i \geq \dots \geq c_{m-1} \geq c_m$$

Загальна кількість послідовностей такого типу для розподілу системи визначається кількістю перестановок $P_m = m!$

При $m = 4$ (рис. 3.2) кількість підмножин, кожному з яких відповідає своє співвідношення коефіцієнтів відносної ваги показників, дорівнює $P_m = 4! = 24$.

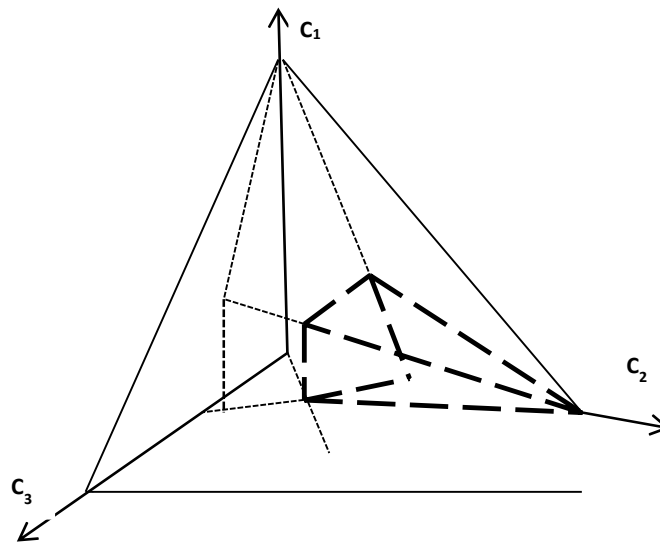


Рис. 3.2 - Поле розподілів коефіцієнтів $c_i, P_m = 4! = 24$.

Розглянемо методику проведення експериментальних досліджень та процедури розрахунку для однієї партії вантажів, чотирьох критеріїв ефективності та чотирьох можливих варіантів руху автомобілів у ТЛС.

1. Попередньо визначаються показники використання автомобілів та експлуатаційні показники переробки вантажів ТЗН.

2. Розраховуються результативні показники з ВАП та ТЗВ переробки вантажів між усіма елементами ТЛС (автоматизований розрахунок за відомими методиками).

3. Формуються матриці ефективностей рішень (дій) всім переходів у ТЛС.

4. Визначаються критерії продуктивності для кожної партії вантажів, наявність або відсутність пріоритету критеріїв продуктивності та цілепокладання за кожним критерієм (форма 1).

Форма 1 – Критерії продуктивності для кожної партії вантажів

Елементи ТЛС	P1	P2	P3	P4
TCK ₁	5070	23	4356	34
TCK ₂	4043	20	3954	58
TCK ₃	3075	14	4842	26
TCK ₄	4020	25	3461	47

5. Сформована база вихідних даних формалізується у вигляді нормованих матриць (форма 2) для виконання процедур розрахунку за методами районування (районування за принципом дотримання ієрархічного співвідношення ймовірностей можливих станів довкілля та районування за принципом домінування варіантів дій).

Форма 2 - Нормована база вихідних даних

D0	0,332	0,212	0,262	0,277
D1	0,265	0,244	0,238	0,162
D2	0,202	0,349	0,291	0,362
D3	0,202	0,195	0,208	0,200
min або max	max	min	max	min

6. Виконується основна процедура розрахунку визначення всієї сукупності можливих ефективностей дій для кожного дискретного стану ТЛС (ТБК) по окремій партії вантажу (форма 3)

Форма 3 - Розрахунок ефективних рішень

№ партії вантажу	№ переходу (дискретного стану)	№ варіанта рішення	Стан пріоритета критеріїв	Значення кількісної оцінки продуктивності (КОП) рішення та номер оптимального рішення	КОП рішення у вільному стані системи
1	1	1	P1>P2>P3>P4	D0=0.33 ; D1=0.27; D2=0.30; D3=0.20; 1	D0=0,271
1	1	2	P1>P2>P4>P3	D0=0.33 ; D1=0.27; D2=0.30; D3=0.20; 1	D1=0,227
1	1	3	P1>P3>P2>P4	D0=0.33 ; D1=0.27; D2=0.30; D3=0.20; 1	D2=0,301
1	1	4	P1>P3>P4>P2	D0=0.33 ; D1=0.27; D2=0.30; D3=0.20; 1	D3=0,201
1	1	5	P1>P4>P3>P2	D0=0.33 ; D1=0.27; D2=0.30; D3=0.20; 1	
1	1	6	P1>P4>P2>P3	D0=0.33 ; D1=0.27; D2=0.30; D3=0.20; 1	
1	1	7	P2>P1>P3>P4	D0=0.21; D1=0.24; D2=0.30 ; D3=0.20; 3	
1	1	8	P2>P1>P4>P3	D0=0.21; D1=0.24 ; D2=0.30 ; D3=0.20; 3	
1	1	9	P2>P3>P1>P4	D0=0.21; D1=0.24; D2=0.30 ; D3=0.20; 3	
1	1	10	P2>P3>P4>P1	D0=0.21; D1=0.24; D2=0.30 ; D3=0.20; 3	
1	1	11	P2>P4>P3>P1	D0=0.21; D1=0.24; D2=0.30 ; D3=0.20; 3	
1	1	12	P2>P4>P1>P3	D0=0.21; D1=0.24; D2=0.30 ; D3=0.20; 3	
1	1	13	P3>P2>P1>P4	D0=0.26; D1=0.24; D2=0.30 ; D3=0.20; 3	
1	1	14	P3>P2>P4>P1	D0=0.26; D1=0.24; D2=0.30 ; D3=0.20; 3	
1	1	15	P3>P1>P2>P4	D0=0.26; D1=0.24; D2=0.30 ; D3=0.20; 3	
1	1	16	P3>P1>P4>P2	D0=0.26; D1=0.24; D2=0.30 ; D3=0.20; 3	
1	1	17	P3>P4>P1>P2	D0=0.26; D1=0.24; D2=0.30 ; D3=0.20; 3	
1	1	18	P3>P4>P2>P1	D0=0.26; D1=0.24; D2=0.30 ; D3=0.20; 3	
1	1	19	P4>P2>P3>P1	D0=0.28; D1=0.16; D2=0.30 ; D3=0.20; 3	
1	1	20	P4>P2>P1>P3	D0=0.28; D1=0.16; D2=0.30 ; D3=0.20; 3	
1	1	21	P4>P3>P2>P1	D0=0.28; D1=0.16; D2=0.30 ; D3=0.20; 3	
1	1	22	P4>P3>P1>P2	D0=0.28; D1=0.16; D2=0.30 ; D3=0.20; 3	
1	1	23	P4>P1>P3>P2	D0=0.28; D1=0.16; D2=0.30 ; D3=0.20; 3	
1	1	24	P4>P1>P2>P3	D0=0.28; D1=0.16; D2=0.30 ; D3=0.20; 3	

7. Визначається кількість областей, що належать кожному рішенням та максимальна КОП рішення щодо кожного варіанту дій для однієї партії вантажу в одному дискретному стані (форма 4)

Форма 4 – Кількість областей за кожним рішенням

Варіант дій	Кількість областей можливих рішень	Максимальна КОП дії за кожним варіантом рішення у структурованій ІДТЛС	КОП рішення у вільному стані системи	Зміна у натуральних одиницях
D0	6	0,333	0,271	+ 0,062
D1	0	0,241	0,227	+ 0,014
D2	18	0,300	0,301	- 0,0001
D3	0	0,200	0,201	- 0,0001

8. Визначаються значення ефективності дій всім дискретних станів всім партій вантажу ІДТЛС (форма 5). Ефект від оптимізації за декількома критеріями продуктивності проявляється вже на елементарних станах системи (+0,0398).

Форма 5 - Розрахунок ефекту оптимізації

№ партії вантажу	№ переходу (дискретного стану)	№ варіанту рішення	Максимальна КОП дії по кожному варіанту рішення в структурній системі	КОП рішення у вільному стані системи	Математичне сподівання КОП в структурній системі	Математичне сподівання КОП у системі вільного стану	Математичне сподівання зміни КОП в натуральних одиницях
1	1	1	0,333	0,271	0,3122	0,2727	+ 0,0398
		2	0,241	0,227			
		3	0,300	0,301			
		4	0,200	0,201			
	2	1	0,441	0,360			
		2	0,305	0,299			
		3	0,382	0,340			
2	1	1	0,401	0,243			
		2	0,221	0,219			
		3	0,267	0,231			
		4	0,343	0,308			

Отримані значення D_i дозволяють сформуванню звичайно орієнтований граф ТЛС та його елементи (рисунок 3.3) з необмеженою кількістю ТСК та певними значеннями КОП при виробництві технологічних процесів у ТЛС

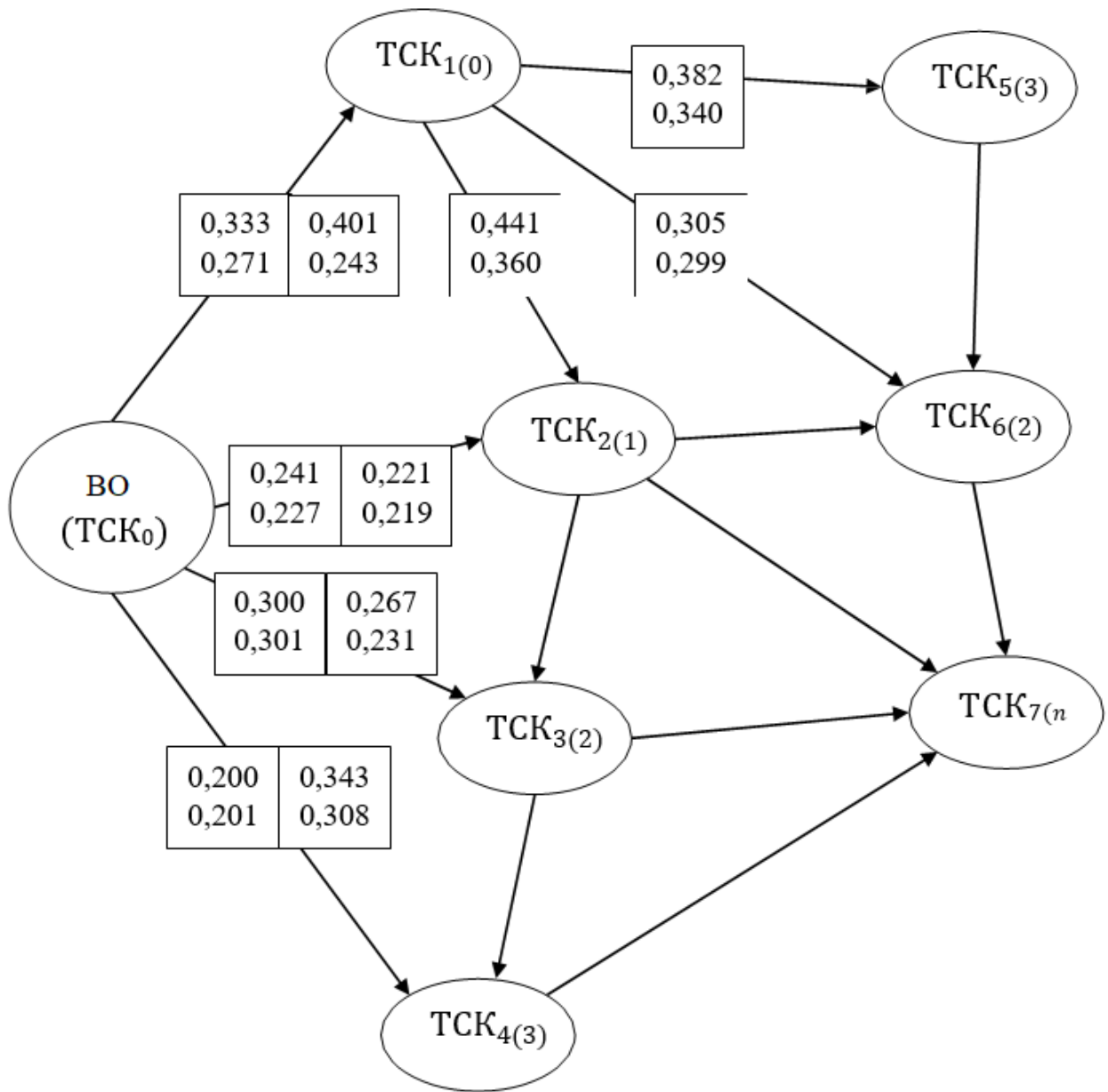


Рис.3.3 - Звичайно орієнтований граф на вході досліджувану систему однієї партії вантажу

10. Аналіз та порівняння результатів машинного експерименту (Форма [вільне (1), структуроване (2) та оптимізоване ТЛС – (3)]).

Форма 6 – Аналіз отриманих рішень

№ партії вантажу	№ переходу (дискретного стану)	№ варіанту рішення	Максимальна КОП дій по кожному варіанту рішення в структурованій системі	КОП рішення у вільному стані системи	№ варіанту рішення	Максимальна КОП дій в ТЛС	Математичне сподівання КОП в (1)	Математичне сподівання КОП в (2)	Математичне сподівання КОП в (3)
1	1	1/3	0,333	0,301	1	0,333	X*	X*	X*
	2	1/1	0,441	0,360	3	0,340			
2	1	1/4	0,401	0,308	4	0,308			

11. Визначення показників виробничої програми ВАП та ТСО у ТЛЗ виконується у натуральних значеннях обсягів переробки вантажів та вантажопотоків (Форма 7).

Форма 7 – Результати розрахунку результативних показників ТЗН

№ партії вантажу	№ переходу (дискретного стану)	№ варіанту рішення в ТЛС	Об'єм перевезення в ТЛС	Вантажооборот в ТЛС	Результативні показники роботи ВП в ТЛС	Результативні показатели роботи ТСО в ТЛС	Показники використання АТС в ТЛС	Показники використання ПРМ в ТЛС	Розподіл навантаженості в ТЛС
1	1	1							X*
	2	3							X*
2	1	4							X*
...									X*
100									X*
Всього									100 %

3.2. Рационалізація параметрів перевезень та транспортно-складського обслуговування вантажів у транспортно-логістичній системі Західної України.

Моделювання дискретних станів (параметрів ВАП та ТСК) у ТЛС проводиться для 100 партій вантажів з різними ТЕП ВАП та ТСО для системи з 12-ти елементів (ТСК) з 27 можливими варіантами переміщення вантажу в системі (рисунок 3.4) та за наявності пріоритету між критеріями ефективності та за його відсутності. Дані для дослідження надані компанією ТОВ «Нова Пошта».

Як критерії продуктивності прийнято питомі значення результативних показників ВАП і ТСО при переміщенні вантажів у термінальній мережі Західної України.

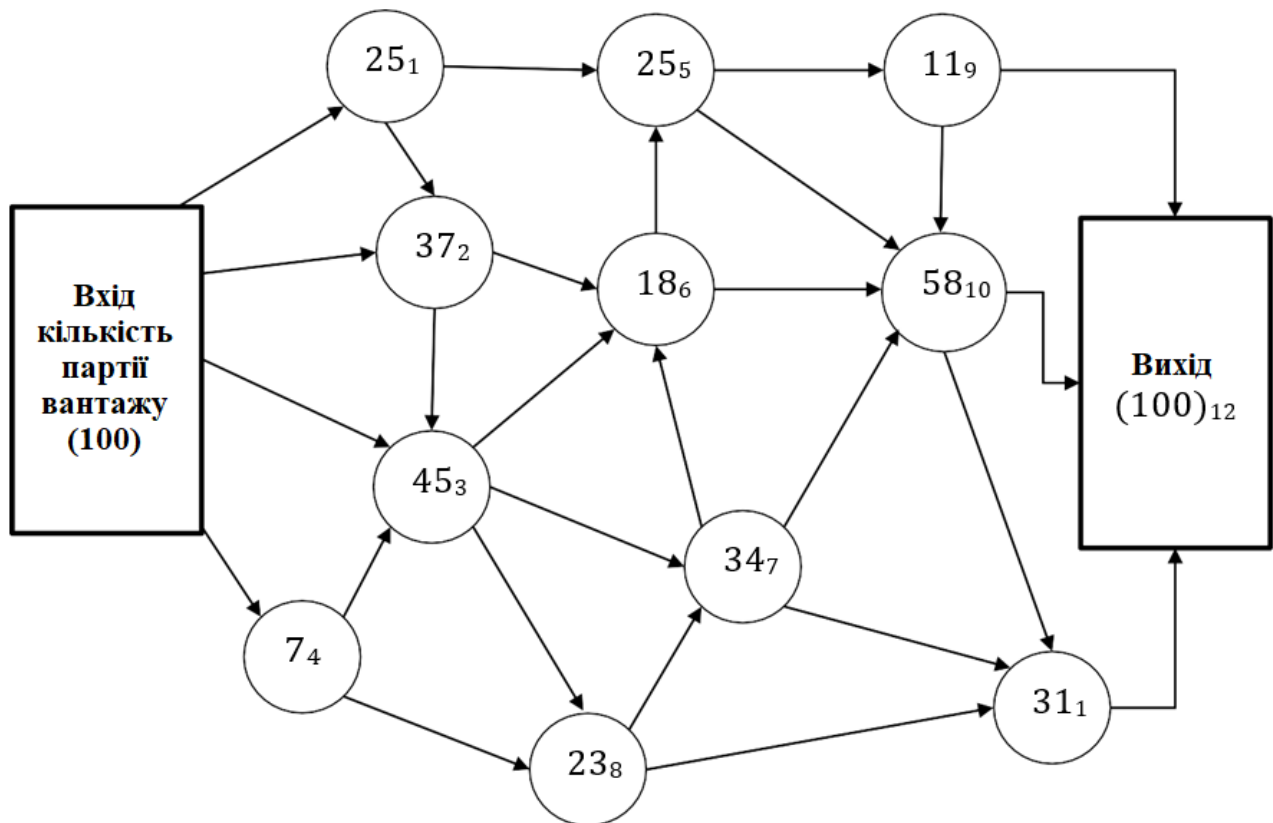


Рис. 3.4 – Схема досліджуваної транспортно-логістичної системи ТОВ «Нова Пошта»

Нижче наведено приклад розрахунку низки дискретних станів параметрів ТЛС у кількісній оцінці для однієї партії вантажу за однією траєкторією

переміщення вантажу (партія №5 – стан 1) за формами 1-8, наведеними у пункті 3.1 (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Розрахунок низки дискретних станів параметрів ТЛС однієї партії вантажу по одній траєкторії переміщення вантажу

№ партії вантажу	№ переходу (дискретного стану)	Стан пріоритету критеріїв	Значення КОП рішення і номер раціонального рішення	КОП рішення у вільному стані системи
1	2	3	4	5
5	1	P1>P2>P3>P4	D0=0.32; D1=0.29; D2=0.26; D3=0.21; 1	D0=0,323
5	2	P1>P2>P4>P3	D0=0.30; D1=0.25; D2=0.26; D3=0.21; 1	D1=0,267
5	3	P1>P3>P2>P4	D0=0.32; D1=0.29; D2=0.19; D3=0.21; 1	D2=0,241
5	4	P1>P3>P4>P2	D0=0.35; D1=0.27; D2=0.19; D3=0.21; 1	D3=0,170
5	5	P1>P4>P3>P2	D0=0.35; D1=0.27; D2=0.24; D3=0.21; 1	
5	6	P1>P4>P2>P3	D0=0.30; D1=0.25; D2=0.24; D3=0.21; 1	
5	7	P2>P1>P3>P4	D0=0.32; D1=0.29; D2=0.26; D3=0.18; 1	
5	8	P2>P1>P4>P3	D0=0.30; D1=0.25; D2=0.26; D3=0.18; 1	
5	9	P2>P3>P1>P4	D0=0.32; D1=0.29; D2=0.24; D3=0.18; 1	
5	10	P2>P3>P4>P1	D0=0.32; D1=0.27; D2=0.24; D3=0.18; 1	
5	11	P2>P4>P3>P1	D0=0.32; D1=0.27; D2=0.29; D3=0.18; 1	
5	12	P2>P4>P1>P3	D0=0.30; D1=0.25; D2=0.29; D3=0.18; 1	
5	13	P3>P2>P1>P4	D0=0.32; D1=0.29; D2=0.24; D3=0.12; 1	
5	14	P3>P2>P4>P1	D0=0.32; D1=0.27; D2=0.24; D3=0.12; 1	
5	15	P3>P1>P2>P4	D0=0.32; D1=0.29; D2=0.19; D3=0.12; 1	
5	16	P3>P1>P4>P2	D0=0.35; D1=0.27; D2=0.19; D3=0.12; 1	
5	17	P3>P4>P1>P2	D0=0.35; D1=0.27; D2=0.22; D3=0.12; 1	
5	18	P3>P4>P2>P1	D0=0.32; D1=0.27; D2=0.22; D3=0.12; 1	
5	19	P4>P2>P3>P1	D0=0.32; D1=0.27; D2=0.29; D3=0.18; 1	
5	20	P4>P2>P1>P3	D0=0.30; D1=0.25; D2=0.29; D3=0.18; 1	
5	21	P4>P3>P2>P1	D0=0.32; D1=0.27; D2=0.22; D3=0.18; 1	
5	22	P4>P3>P1>P2	D0=0.35; D1=0.27; D2=0.22; D3=0.18; 1	
5	23	P4>P1>P3>P2	D0=0.35; D1=0.27; D2=0.24; D3=0.18; 1	
5	24	P4>P1>P2>P3	D0=0.30; D1=0.25; D2=0.24; D3=0.18; 1	

Отримані результати інтегруються у завдання динамічного програмування для моделювання оптимальних траєкторій переміщення вантажів у ТЛС ТОВ «Нова Пошта».

Моделювання кінцевого орієнтованого графа у ТЛС здійснюється відповідно до принципу динамічного програмування (принцип Беллмана) для окремих партій вантажів. Визначається ефективність переміщення вантажів для 3-х можливих станів ТЛС (рис. 3.5 та табл. 3.5).

- вільне,
- структуроване,
- раціоналізоване - інтегрована динамічна транспортно-логістична система (ІДТЛС).

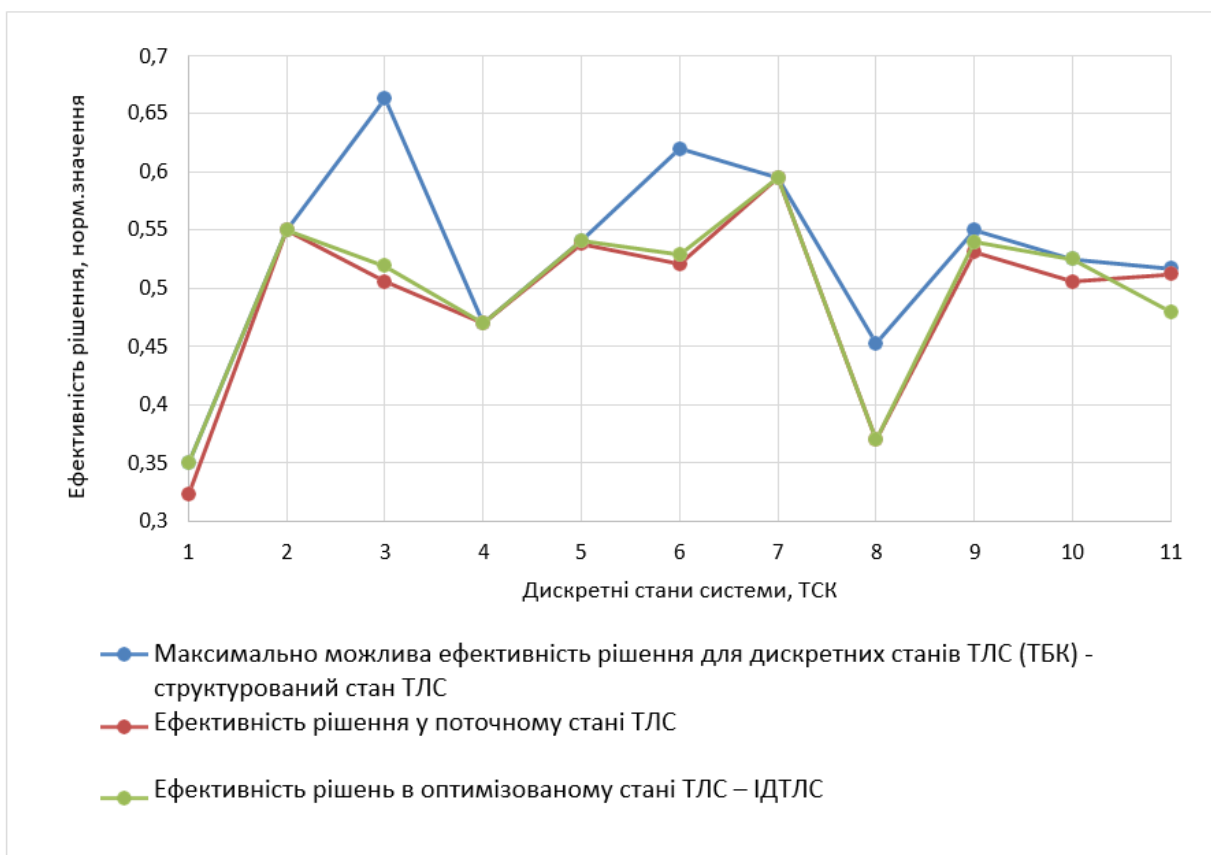


Рисунок 3.5 – Ефективність при переміщенні однієї партії для 3-х можливих станів системи: вільний, структурований, раціоналізований – ІДТЛЗ

Таблиця 3.5

КОП при переміщенні однієї партії для 3-х можливих станів ТЛС: вільне, структуроване, раціоналізоване – ІДТЛС

№ партії вантажу	№ переходу (дискретного стану)	№ варіанта рішення	Максимальна КОП дій $t(\Omega)$ по кожному варіанту рішення в структурованій системі	КОП рішення $t(\Omega)$ у вільному стані системи	№ варіанту рішення в ІДТЛС	Максимальна КОП $t(\Omega)$ дій в ІДТЛС	Максимальний КОП $T(\Omega)$ в системі (вільний стан)*	Максимальний КОП $T(\Omega)$ в системі (структурованого стану)*	Максимальний КОП $T(\Omega)$ в ІДТЛС*
5	1	1/1	0,350	0,323	1	0,350	2,245	2,560	2,575
	2	2/2	0,550	0,550	1	0,550			
	3	2/1	0,663	0,506	1	0,519			
	4	3/3	0,470	0,470	3	0,470			
	5	1/1	0,541	0,538	1	0,541			
	6	1/1	0,620	0,521	1	0,529			
	7	2/2	0,595	0,595	2	0,595			
	8	1/3	0,453	0,370	1	0,370			
	9	1/1	0,550	0,531	1	0,540			
	10	1/1	0,525	0,506	1	0,525			
	11	1/2	0,517	0,512	1	0,480			

* - по траєкторії руху вантажу

У досліджуваному завданні доцільна оцінка кожної траєкторії

$T = \{x^1, x^2 \dots, x^T\}$ за максимальною величиною з покрокових (дискретних) станів у ході реалізації траєкторії. В цьому випадку вводиться показник:

$$K(T) = \max_{t=1,2,\dots,n} s(x^{t-1}, v^t), \quad (3.2)$$

та розглядається завдання синтезу повної траєкторії з мінімальним значенням цього показника.

Позначивши через $T(\Omega)$ повну сукупність всіх станів системи Ω , сформулюємо завдання в наступному вигляді:

$$\max_{T \in T(\Omega)} \max_{t=1,2,\dots,n} s(x^{t-1}, v^t) \quad (3.3)$$

Раціональна в даному випадку траєкторія є мінімаксною повною траєкторією системи однієї партії вантажу. Загальне рівняння функції Беллмана в цьому випадку набуває вигляду:

$$B * (x_i) = \min_{v \in V(x_i)} \{ \max \{ s(x_i, v), B * (f(x_i, v)) \} \}, (x_i \in D|F), \quad (3.4)$$

При моделюванні траєкторій переміщення 100 партій вантажів послідовно відбувається збільшення максимального ефекту Δ , вираженого нормованих значеннях результативних показників ВАП і ТСО в ТЛС. На малюнку 3.6 та у табл. 3.6 наведено залежності зміна математичного сподівання накопиченого збільшення максимального ефекту при вирішенні задачі динамічного програмування в ТЛС ТОВ «Нова Пошта»:

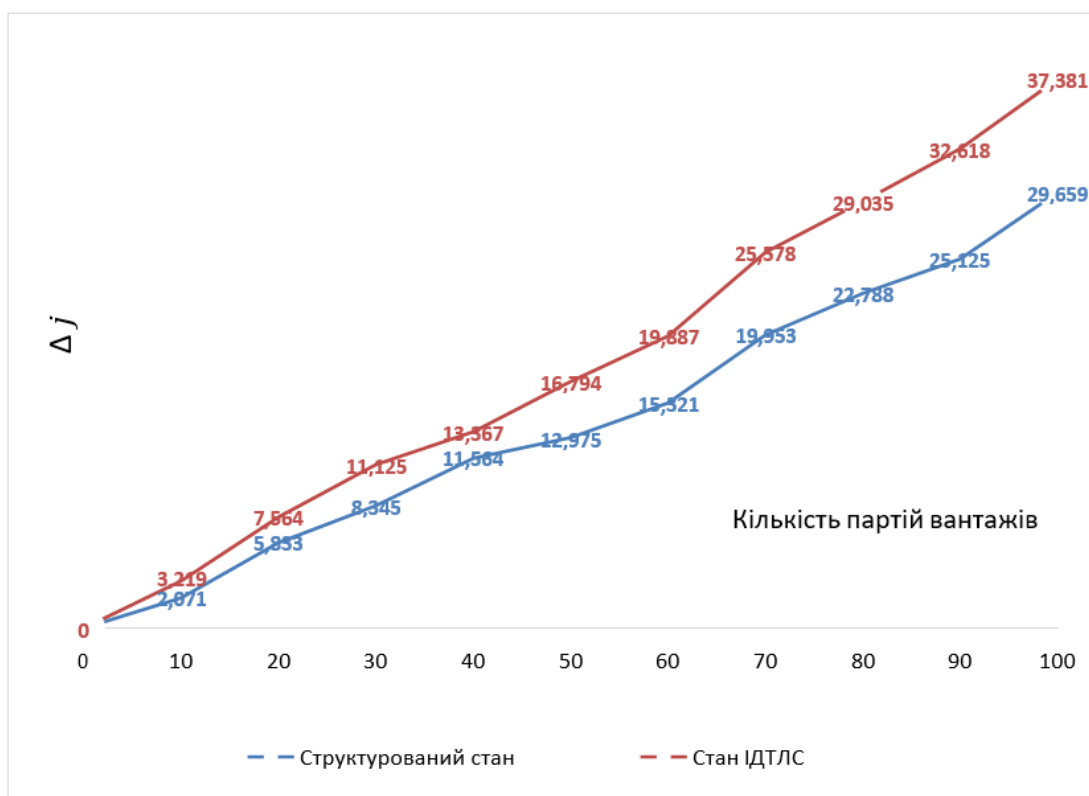


Рис.3.6 – Залежність змін математичного очікування накопиченого збільшення максимальної КОП

1) при структуризації системи у разі застосування методів районування для визначення дискретних станів системи щодо вільного стану системи, який визначається з використанням критерію Лапласа;

2) у разі застосування методів динамічного програмування для раціоналізації траєкторій переміщення вантажів (ІДТЛС) по відношенню до вільного стану системи.

Таблиця 3.6

Математичне сподівання накопиченого збільшення максимальної КОП

j	$\Delta_j^{(1)}$	$\Delta_j^{(2)}$
0	0	0
10	2,071	3,219
20	5,833	7,564
30	8,345	11,125
40	11,564	13,367
50	12,975	16,794
60	15,321	19,887
70	19,953	25,578
80	22,788	29,035
90	25,125	32,618
100	29,659	37,381

Моделювання траєкторій переміщень партій вантажів дозволяє визначити розподіл обсягів перевезень та вантажопотоків у ТЛС (Δ), вираженого у нормованих значеннях результативних показників ВАП та ТСО.

На рис. 3.7 та у табл. 3.7 представлено зміну розподілу вантажопотоків у ТЛС для трьох станів системи, а на рис 3.8 – діаграма розподілу партій вантажу за пунктами транспортної системи: вільний (1), структурований (2), ІДТЛЗ (3).

Таблиця 3.7

Зміна розподілу вантажопотоків у ТЛС

№ ТСК	Кількість партій вантажів		
	1	2	3
1	25	19	8
2	37	28	43
3	45	59	33
4	7	6	16
5	25	17	11
6	18	32	33
7	34	33	36
8	23	18	20
9	11	16	10
10	58	43	67
11	31	41	23

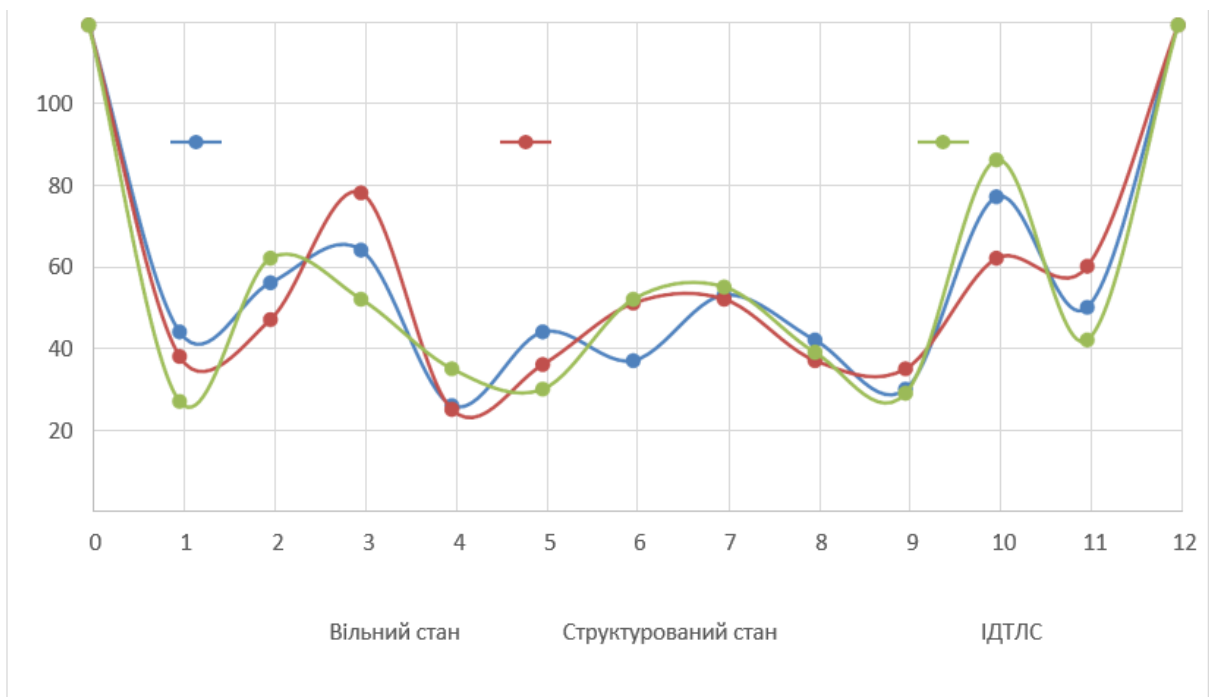


Рис.3.7 - Зміна розподілу вантажопотоків для трьох станів системи
ТОВ «Нова пошта»

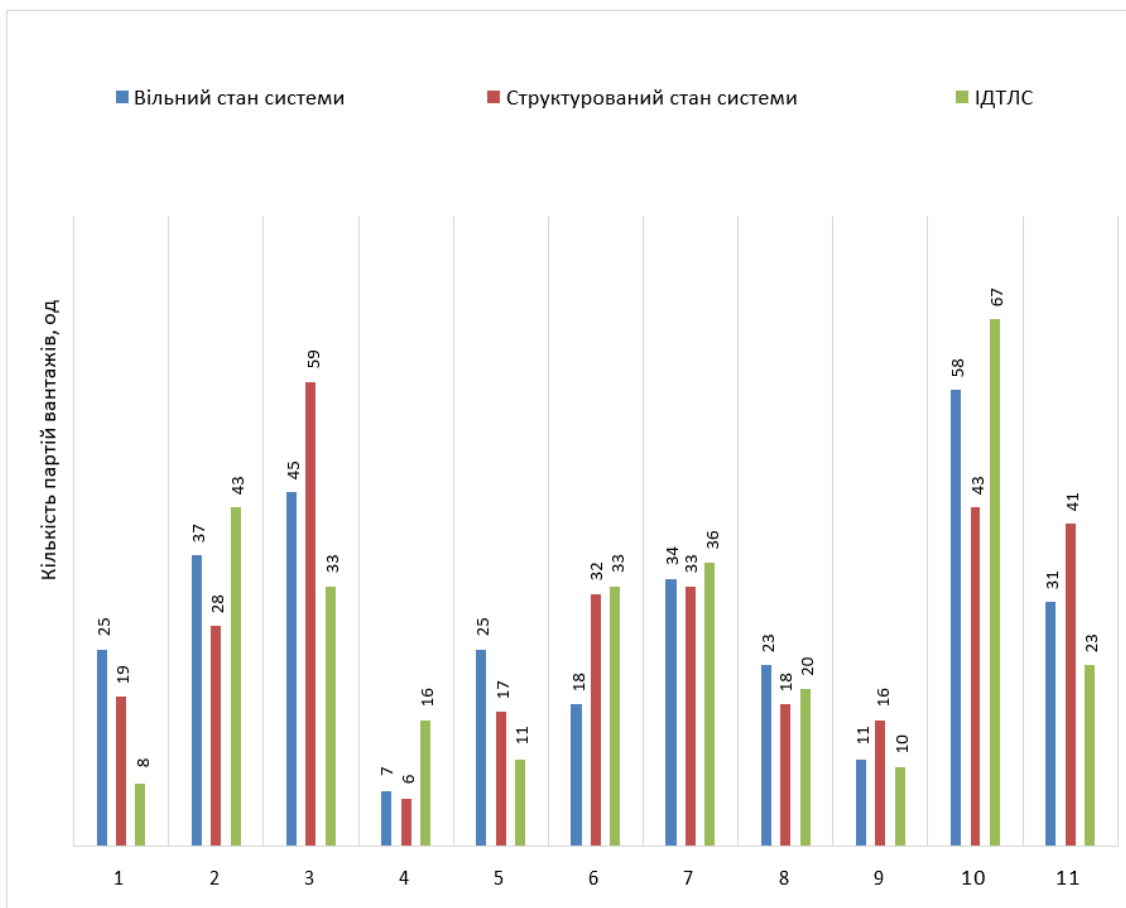


Рисунок 3.8 – Діаграма розподілу партій вантажу за пунктами вантажопереробки ТОВ «Нова Пошта»

Формування траєкторій переміщення партій вантажів дозволяє визначити результативні показники ВАП та ТСО у ТЛС: обсяг перевезень та вантажообіг по кожному об'єкту системи ТСК ТОВ «Нова Пошта»

На рис. 3.9 представлено розподіл обсягу перевезень по об'єктах ТЛС ТОВ «Нова Пошта».

На рис 3.10 – відповідні значення вантажообігу для вільного та оптимізованого стану ТЛС ТОВ «Нова Пошта».

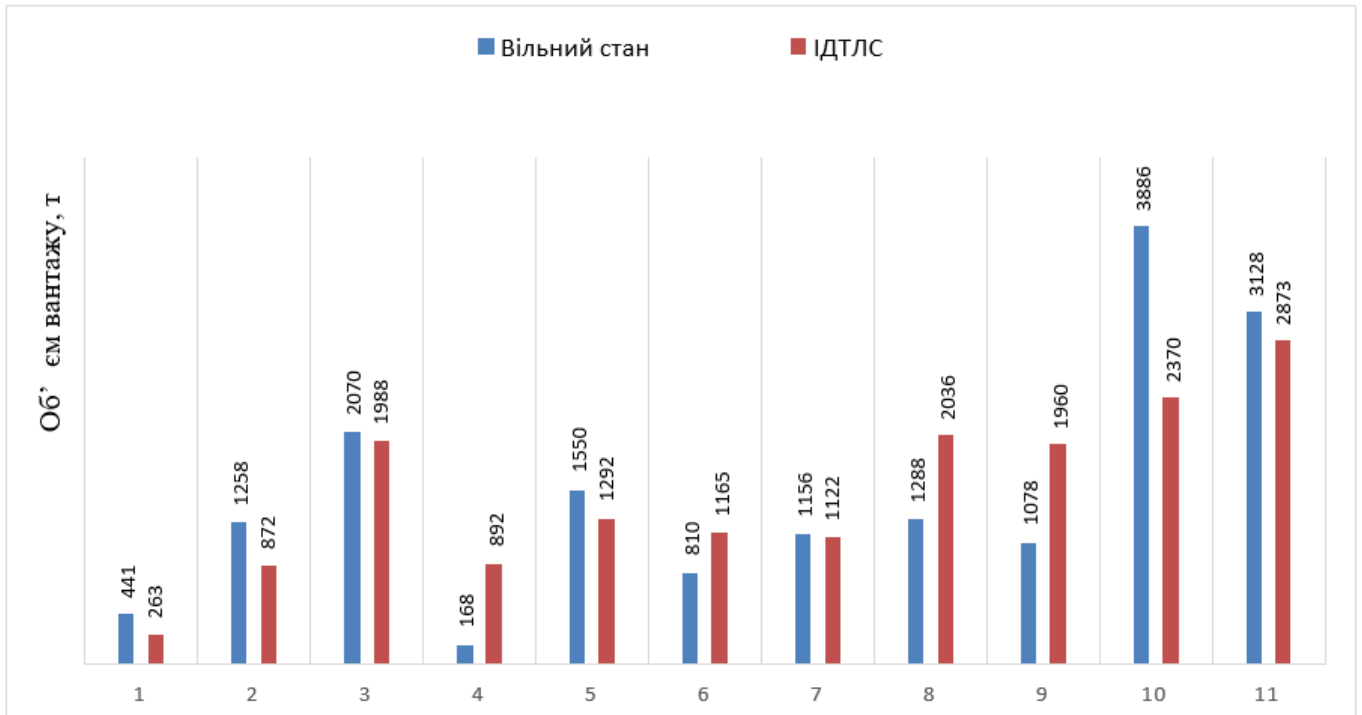


Рис. 3.9 – Розподіл обсягу перевезень по об'єктах транспортно-логістичної системи для ТОВ «Нова Пошта»

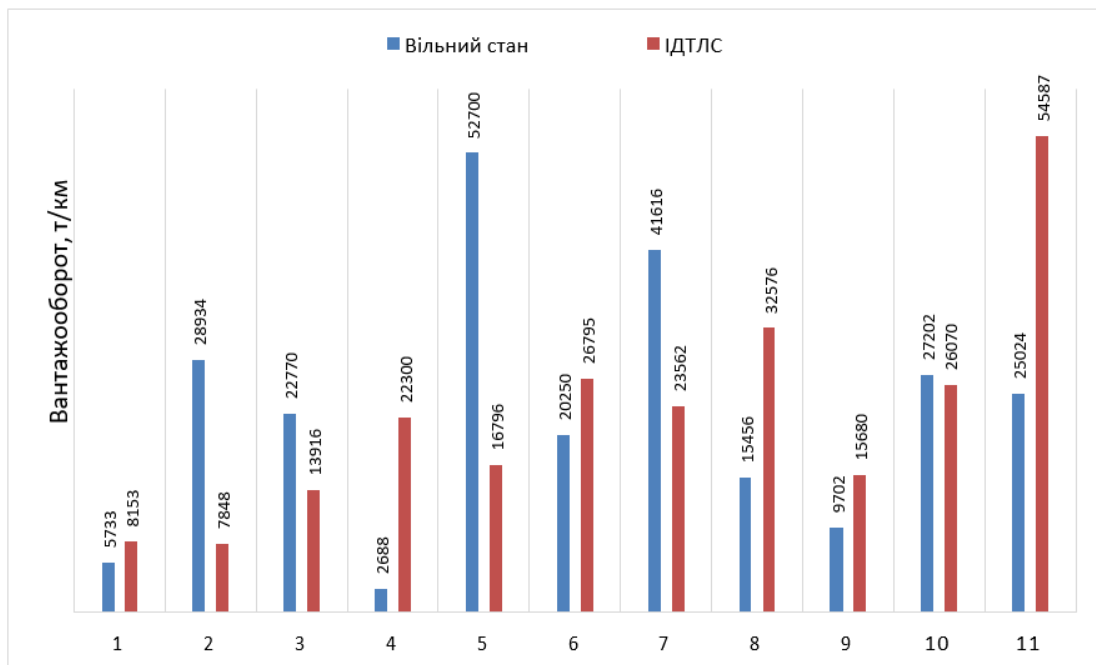


Рис. 3.10 – Значення вантажообігу на об'єктах транспортно-логістичної системи для ТОВ «Нова Пошта»

У таблиці 3.8 наведено порівняння результативних показників ВАП та ТСК у ТЛС та значення збільшення математичного очікування максимального очікуваного КОП у нормованих одиницях.

Таблиця 3.8

Порівняння показників системи для вільного стану та раціонального стану системи.

№ елемента ІДАТС	Обсяг перевезень у вільному стані ТЛС	Вантажооборот перевезень у вільному стані ТЛС	Обсяг перевезення в ІДТЛЗ	Вантажооборот перевезень в ІДТЛЗ	$\Delta_i^{(u)}$	$\Delta_i^{(w)}$	Математичне сподівання зміни максимального КОП
1	441	5733	263	8153	-178	2420	37,381
2	1258	28934	872	7848	-386	-21086	
3	2070	22770	1988	13916	-82	-8854	
4	168	2688	892	22300	724	19612	
5	1550	52700	1292	16796	-258	-35904	
6	810	20250	1165	26795	355	6545	
7	1156	41616	1122	23562	-34	-18054	
8	1288	15456	2036	32576	748	17120	
9	1078	9702	1960	15680	882	5978	
10	3886	27202	2370	26070	-1516	-1132	
11	3128	25024	2873	54587	-255	29563	
	16833	252075	16833	248283	0	-3792	

На рис. 3.11 представлено діаграму розподілу змін значень (збільшення, зменшення) математичного сподівання результативних показників у нормованих одиницях для дискретних станів параметрів ТЛС ТОВ «Нова Пошта».

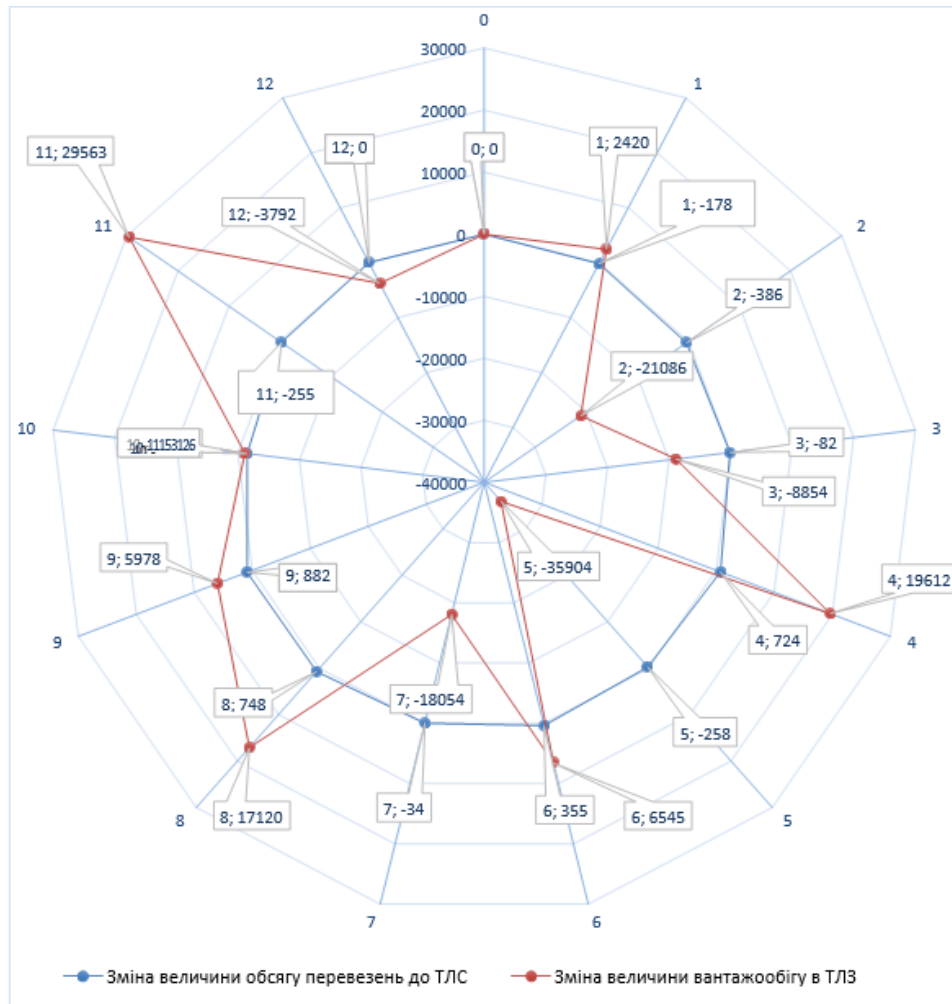


Рис. 3.11 – Діаграма розподілу змін значень математичного очікування результативних показників у нормованих одиницях для дискретних станів параметрів вантажопотоків ТОВ «Нова Пошта»

У роботі відзначалася специфічна функцію ТСК у ТЛС – зниження нерівномірності інтенсивності переміщення матеріальних потоків вантажів залежно та умовами функціонування системи. Розглянемо цю властивість з прикладу отриманих даних (рис. 3.12).

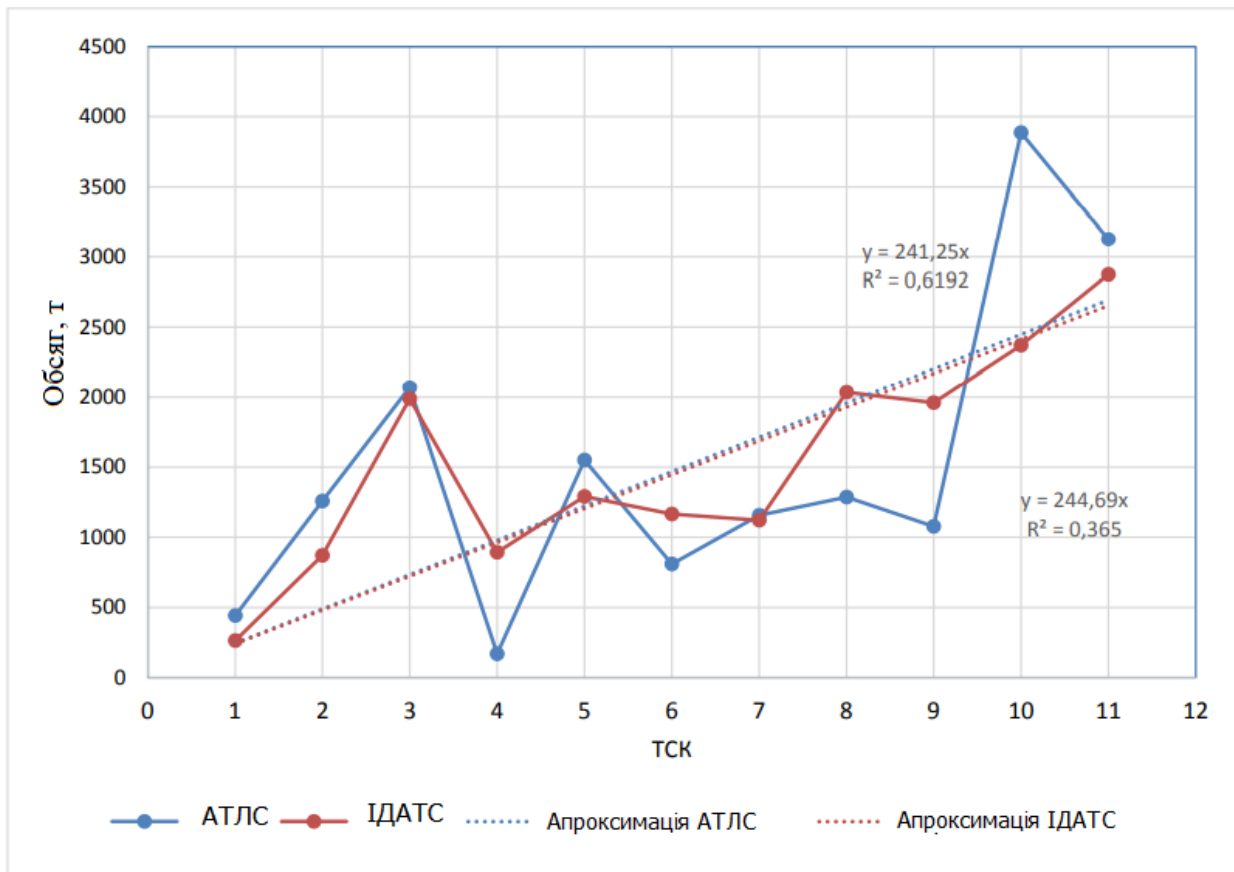


Рис.3.12 – Зміна інтенсивності переміщення матеріальних потоків вантажів у вільному (АТЛЗ) та оптимізованому стані (ІДТЛЗ)

Уявімо зміну інтенсивності переміщення матеріальних потоків у системі у вигляді зміни обсягів перевезень на різних ТСК (апроксимація в лінійну залежність).

1. Зміна інтенсивності переміщення матеріальних потоків вантажів у зведеному стані та оптимізованому стані апроксимуються практично в одну та лінійну залежність, що говорить про високу достовірність результатів проведення експерименту (аналітичне моделювання).

2. Наявність позитивного (негативного) коефіцієнта перед аргументом функції свідчить про нерівномірність розподілу кількості можливих варіантів рішення у системі.

3. Достовірність апроксимації зміни інтенсивності розподілу обсягів вантажів у вільному стані системи в лінійну залежність (0,365) вдвічі нижча за достовірність апроксимації - ІДТЛЗ (0,619). Це свідчить, що у ТЛС відбувається

раціоналізація процесу розподілу матеріальних потоків (вирівнювання) за окремими елементами транспортної мережі.

У ході експериментальних досліджень було проведено перевірку робочої гіпотези щодо можливості визначення виробничої програми з ВАП та ТСО на основі їх взаємодії у вигляді аналітичної моделі ТЛС.

Аналітична модель експериментальних досліджень була реалізована в програмному забезпеченні (С#), а саме сформовано базу вихідних даних та виконано основні процедури розрахунку за методами районування (районування за принципом дотримання ієрархічного співвідношення ймовірностей можливих станів зовнішнього середовища та районування за принципом домінування варіантів дій), тобто визначено значення ефективності дій у системі для всіх дискретних станів для всіх партій вантажу та здійснено моделювання кінцевого орієнтованого графа у ТЛС відповідно до принципу динамічного програмування (принцип Беллмана) для окремих партій вантажів та вирішено завдання формування траєкторій переміщення вантажів для 3-х можливих станів ТЛС (Вільне, структуроване, ІДТЛЗ).

Було встановлено, що ефект від раціоналізації за декількома критеріями ефективності проявляється вже на елементарних станах системи і що при моделюванні траєкторій переміщення 100 партій вантажів послідовно відбувається збільшення максимальної КОП, вираженого в нормованих значеннях результативних показників ВАП і ТСО в ТЛС.

Формування ТЛС на основі аналітичної моделі раціоналізації дозволяє скоригувати траєкторії переміщення партій вантажів та визначити рекомендує їм результативні показники ВАП та ТСО: обсяг перевезень та вантажообіг по кожному об'єкту ТЛС та дозволяє визначити економічну ефективність застосування розробленої аналітичної моделі.

3.3 Оцінка економічної ефективності застосування цифрової об'єктно-орієнтованої моделі управління вантажопотоками у транспортно-логістичній системі Західної України

В аналітичній моделі ТЛС формувалася база вихідних даних у вигляді результативних показників роботи ВАП та ТСО компанії ТОВ «Нова Пошта» за чотирма критеріями продуктивності. Матриця планів можливих дій щодо переміщення вантажів в автомобільній ТЛС з урахуванням заданих критеріїв має вигляд:

$$\|a_{ij}\| = \begin{pmatrix} w_{(p-q)11} & u_{(10\text{ т})12} & p_{(\text{СКМ}^3)13} & q_{(10\text{ т})14} \\ w_{(p-q)21} & u_{(10\text{ т})22} & p_{(\text{СКМ}^3)23} & q_{(10\text{ т})24} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{(p-q)m1} & u_{(10\text{ т})i2} & p_{(\text{СКМ}^3)m3} & q_{(10\text{ т})m4} \end{pmatrix}$$

де w_{p-q} - критерій, що характеризує продуктивність роботи автомобіля тонна-кілометрах при його перевезенні, ткм/год;

$u(10\text{ т})$ – критерій, що характеризує значення показника часу, витрачається на перевезення 10 тонн вантажу, год/10 т;

$p(\text{СКМ}^3)$ – критерій, що характеризує величину необхідної вантажопереробки на ТСК вантажу за певний період часу м3/год;

$q(10\text{ т})14$ – критерій характеризує величину часу зберігання вантажу на ТСК, час/10 т.

Даний підхід необхідний як для диференційованого дослідження ТЛС за окремими техніко-експлуатаційними показниками, так і для обліку складної системи тарифоутворення в економічних умовах. У цілому нині економічна ефективність роботи продуктивних зусиль у ТЛС визначається низкою загальних показників, як-от: доходи від перевезень; рентабельність перевезень; собівартість (витрати) перевезень.

Але перелічені показники спираються на тарифи, що визначаються ринковою кон'єктурою перевезень, що формує диференційовані тарифи на певні види робіт, тобто застосовуються різні тарифи в залежності від відстані перевезень, обсягу перевезень чи вантажопереробки, часу, необхідного для

здійснення перевезень чи зберігання вантажів.

Наприклад, при перевезеннях вантажів на значні відстані (35...1000 км) застосовуються тарифи, що визначаються обсягом перевезення та відстанню перевезення, для перевезень на незначні відстані (5...20 км) діють тарифи, засновані на тимчасових показниках, а роботи, що виробляються на ТСК характеризуються певними тарифами за переробку обсягу вантажу (м³) або зберігання необхідної кількості вантажу (год/т). [7, 11].

Подані дані дозволяють визначити середні значення тарифів, характерних окремих критеріїв ефективності переміщення вантажів у ТЛС (табл. 3.9)

Таблиця 3.9

Тарифи, що відповідають критеріям раціоналізації в ТЛС ТОВ «Нова Пошта»

Критерії ефективності	k_1	k_2	k_3	k_4
T_j – тариф, Відповідний критерію оптимізації	35...45, грн./т.км	550...650, грн./год.	530...830 грн./м ³	4,5...8,5 грн./год.

Для виконання економічної оцінки ефективності застосування розробок дослідження доцільно використовувати інтегральний показник економічної ефективності на базі тарифів, що діють, який можна визначати, як для окремих дискретних станів системи, так і для отримання значення загального економічного ефекту.

У разі роботи в системі методу районування за принципом домінування варіантів дій інтегральний показник економічної ефективності за кожним варіантом переміщення вантажів окремих дискретних станів можна визначити за формулою:

$$d_{ei} = \sum_{j=1}^n \frac{K_{дi} T_j b_{ij}}{n} \quad (3.5)$$

де b_{ij} – нормоване значення показника або ефективність i -ї дії за j -го критерію, $i = \overline{1, m}$ $j = \overline{1, n}$

T_j - тариф, що відповідає критерію раціоналізації;

$K_{дi}$ – коефіцієнт, що відображає рівень домінування рішення, визначається з урахуванням кількості областей ефективних рішень щодо кожної дії.

У разі роботи в системі методу районування за принципом дотримання ієрархічного співвідношення ймовірностей можливих станів докільня інтегральний показник економічної ефективності за кожним варіантом переміщення вантажу на дискретних станах можна визначити за формулою:

$$d_{ei} = \sum_{j=1}^n \frac{T_j b_{ij}}{n} \quad (3.6)$$

де $t_{ij}(\Omega)$ - максимальна ефективність дії дискретного стану в системі (вільний структурований стан та оптимізований)

Застосування інтегрального економічного показника дозволяє визначити у скільки разів підвищиться (знизиться) значення економічних показників по кожній партії вантажу у раціоналізованій ТЛС порівняно з вільним станом системи. Інтегральний показник економічної ефективності для ТЛС ($\Delta\epsilon$) при заданій кількості партій вантажів (p) та з урахуванням усіх дискретних станів системи можна визначити за формулою:

$$\Delta_{\epsilon} = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p \Delta_k^{\epsilon}, k = 1, 2, \dots, p \quad (3.7)$$

Дані однієї партії вантажів (№5) наведено у табл. 3.10 та представлені на рис. 313.

Економічна ефективність у ТЛС (партія вантажу №5) ТОВ «Нова Пошта»

№ партії вантажу	№ переходу	№ варіанта рішення	Ефективність розв'язання $t(\Omega)$ у вільному стані системи	№ варіанта рішення у ТЛС	Максимальна ефективність $t(\Omega)$ дії в ДТЛЗ	Інтегральний економічний показник	Зміна економічної ефективності переходів	Зміна економічної ефективності
5	1	1/1	0,323	1	0,350	82,1	2,2167	1,62
	2	2/2	0,550	1	0,550	76,3	0	
	3	2/1	0,506	1	0,519	85,6	1,1128	
	4	3/3	0,470	3	0,470	77,2	0	
	5	1/1	0,538	1	0,541	83,3	0,2499	
	6	1/1	0,521	1	0,529	79,4	0,6352	
	7	2/2	0,595	2	0,595	81,5	0	
	8	1/3	0,370	1	0,370	80,1	0	
	9	1/1	0,531	1	0,540	78,6	0,7074	
	10	1/1	0,506	1	0,525	77,9	1,4801	
	11	1/2	0,512	1	0,480	80,1	-2,5632	

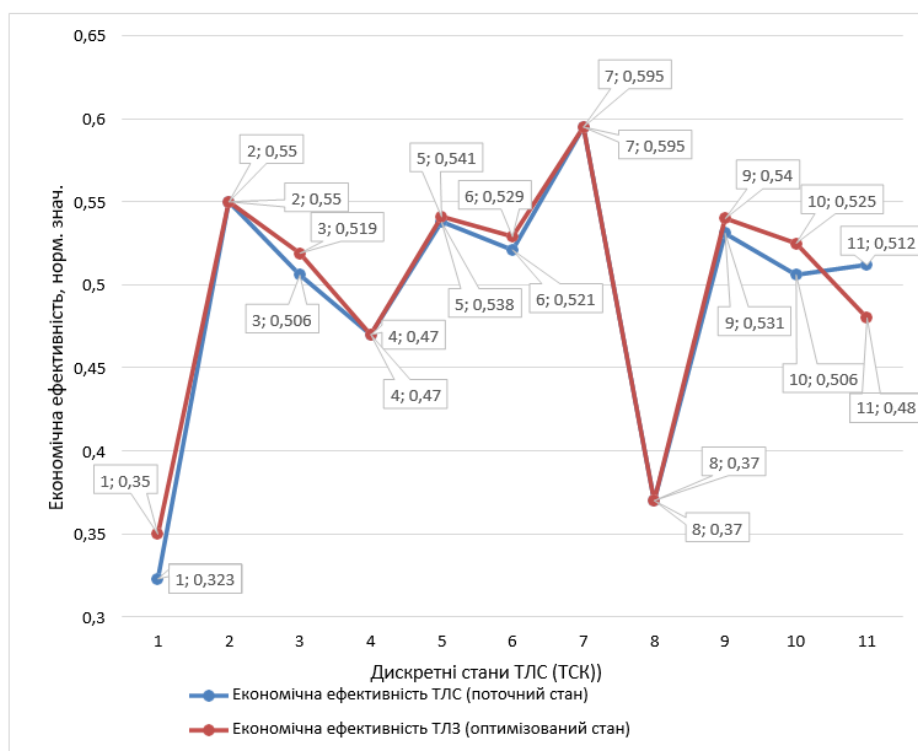


Рис. 3.13 – Економічна ефективність переміщення вантажів (партія вантажу №5) ТОВ «Нова Пошта»

Економічна ефективність функціонування перевізної системи визначається низкою показників, як-от: доходи від перевезень; рентабельність перевезень; собівартість (витрати перевезення) перевезень. Зрештою перелічені показники спираються на тарифи, що визначаються ринковою кон'єктурою перевезень. Інтегральний показник економічної ефективності системи, що враховує особливості тарифоутворення за окремими критеріями, дозволяє прогнозувати поліпшення економічних показників оптимізованої ТЛС.

Зокрема, для досліджуваної бази вихідних даних:

$$\Delta_{\epsilon}^{\text{ІДТЛЗ}} = 1,53 \text{ при } p = 100 \text{ партій вантажів}$$

Зміна показників економічної ефективності оптимізованої ТЛС (ІДТЛС) визначається порівняно з поточним станом визначається як:

$$D_{\epsilon}^{\text{ІДТЛС}} = \Delta_{\epsilon} D^{\text{ТЛС}} \quad (3.8)$$

На малюнку 3.14 представлено зміну економічної ефективності ТЛС для 100 партій вантажів у разі оптимізації процесів планування, організації та управління функціонуванням ТСК у ТЛС ТОВ «Нова Пошта». Вище осі абсцис розташовані значення відносного збільшення економічних показників, відповідно нижче їх зниження.

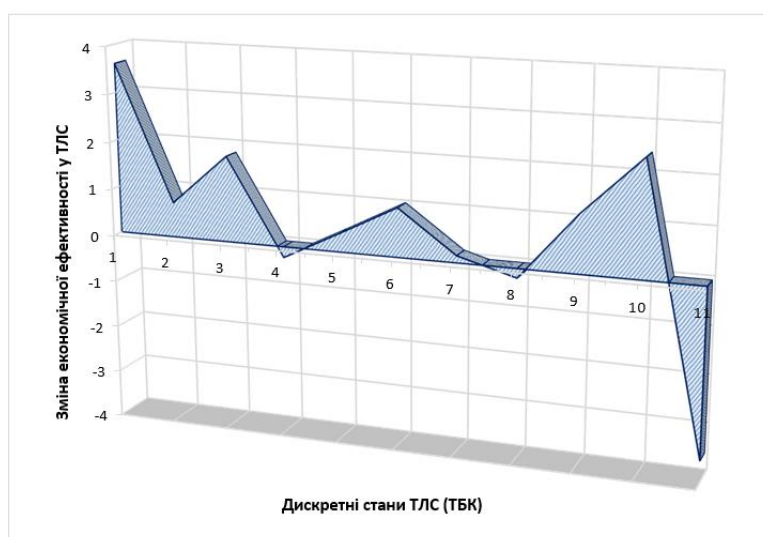


Рис 3.14 – Зміна економічної ефективності при переміщенні 100 партій вантажів ТОВ «Нова Пошта» у разі застосування для планування, організації та управління функціонуванням ТЛС розробленої методології

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

У третьому розділі розробляються напрями практичної реалізації методологи планування, організації та управління функціонуванням ТСК у ТЛС, саме:

Розроблено методику досягнення динамічного балансу між величинами пропускних здібностей ТСК та вантажопотоків у вигляді аналітичної моделі, заснованої на інтегруванні методів векторної оптимізації та методу динамічного багатокритеріального програмування.

Сформовано алгоритм управління функціонуванням ТЛС, що базується на розроблених у дослідженні положеннях: множина усіх можливих станів динамічної системи визначається простором станів динамічної системи; алгоритм забезпечує отримання раціонального рішення при реалізації прикладних завдань автомобільної ТЛС, як системи, що володіє аналітичним апаратом прийняття ефективних рішень в умовах зовнішнього середовища.

Отже, принциповою відмінністю отриманого рішення задачі є те, що при вирішенні прикладної задачі побудови динамічних систем як керований параметр приймається не один критерій, а кілька критеріїв. При цьому реалізується аналітичні рішення в динамічних завданнях, засновані на пошуку розумного компромісу, що полягає у виборі такого управління, що задовольняє екстремальним значенням одночасно за всіма критеріями.

Дане дослідження розвиває методологію вирішення прикладних завдань, центральним результатом якого є принцип знаходження максимуму за умови дотримання критеріальних переваг, що базується на ефективному засобі вирішення проблеми – методах визначення множини ефективних планів (множини Парето).

ВИСНОВКИ

В результаті виконаних теоретико-методологічних досліджень, розроблених математичних моделей, проведених експериментальних досліджень та організаційних заходів, спрямованих на підвищення ефективності функціонування автомобільних транспортно-логістичних систем вирішена велика наукова проблема – сформована наукова методологія та розроблені практичні методи, що забезпечують отримання оптимальних рішень та скорочують витрати при транспортування та складування вантажів та реалізовані із застосуванням цифрових технологій.

Використання результатів дослідження забезпечить великий внесок у підвищення продуктивності в транспортній галузі і, зрештою, у розвиток економіки нашої країни та підвищення якості процесів транспортного обслуговування до, що підтверджує народногосподарську значимість отриманих результатів.

Формування методології організації, планування та управління функціонуванням термінально-складських комплексів у ТЛС зажадало розробки методів оптимізації процесів з урахуванням динамічно змінних станів системи та кількох критеріїв ефективності.

Практична реалізація методології раціоналізації процесів у ТЛС вирішена на базі інтегрованої динамічної багатокритеріальної транспортної системи у вигляді цифрової об'єктно орієнтованої моделі управління (ЦМУ).

У кваліфікованій роботі було вирішено такі завдання у теоретичній та практичній постановці:

1. Обґрунтовано, що оптимізація процесів взаємодії об'єктів транспортної інфраструктури, що виконують функції ТСО та ВАП, створює додаткові перспективи скорочення витрат при формуванні матеріальних потоків вантажів у ТЛЗ.

2. Розроблено ієрархічну структуру транспортної галузі з елементами ТЛС, яка відрізняється від традиційної: високим ступенем динамізму; безперервною зміною стану процесу; можливим зміною складу елементів; можливістю зміни

циклів окремих процесів перевезення вантажів у часі, залежно від умов середовища експлуатації. При цьому цикл транспортного процесу розглядається як дискретний стан динамічної системи, що функціонує в умовах недостатності інформації стану середовища, що вимагає оцінки її ефективності застосування засобів рішень багатокритеріальних завдань.

3. Розроблено модель управління ТЛС Західної України, засновану на багатокритеріальному аналогу принципу динамічного програмування, у своїй технологія синтезу повних сукупностей ефективних оцінок забезпечується визначенням приватних ефективних оцінок «оптимального рішення Паретто».

4. Сформовано алгоритм управління функціонуванням ТЛС, що базується на обґрунтованих та розроблених у дослідженні положеннях: безліч усіх можливих станів динамічної системи визначається простором станів динамічної системи або фазовим простором (фаза - стан); зміна станів відбувається у окремі дискретні моменти часу (динамічної системою з дискретним часом).

6. Розроблено методику досягнення динамічного балансу між величинами пропускних здібностей ТСК та вантажопотоків у вигляді аналітичної моделі, заснованої на інтегруванні методів векторної оптимізації та методів динамічного багатокритеріального програмування, що дозволяє формувати кінцеві орієнтовані графи вантажопотоків у ТЛС та визначати раціональні траєкторії перевезень.

7. Розроблено методику оперативного обліку в ТЛС з розробкою принципової схеми роботи каналів зворотного зв'язку та блок-схеми управління.

10. Сформовано методи отримання кінцевих орієнтованих графів та моделювання раціональних траєкторій переміщення вантажів із застосуванням цифрових технологій.

11. Отримано залежності змін математичного очікування накопиченого збільшення максимального ефекту в ТЛС, діаграми зміни розподілу вантажопотоків у системі та діаграми розподілу обсягів перевезень та вантажообігу по кожному об'єкту ТЛС, що підтверджують ефективність

розробленої методології організації, планування та управління функціонуванням ТСК.

Виконано економічну оцінку ефективності застосування методології організації, планування та управління функціонуванням ТСК у ТЛС із застосуванням інтегрального показника економічної ефективності на базі діючих тарифів, що дозволяє спрогнозувати покращення економічних показників на 53% порівняно з неоптимізованим станом системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бакаєв О.О., Кутах О.П., Пономаренко Л.А. Теоретичні засади логістики: Підручник. Т. 1. — К.: Київ.ун-т економіки і технологій транспорту, 2003. — 430 с.
2. Карп І. М. Використання логістичних систем в управлінні підприємством: автореф.дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08. 06. 01 «Економіка, організація та управління підприємствами» / І.М.Карп. —Тернопіль, 2006.—22с.
3. Крикавський Є.В. Логістичне управління. / Є.В. Крикавський. — Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005. — 683 с.
4. Соколова О.Є. Проблеми управління логістичною інфраструктурою підприємств / О.Є. Соколова—Режим доступу:http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/PSPE/2007-2/Sokolova_207.htm
5. Н.В. Павліха. Застосування логістичного підходу з метою управління потоками відходів в регіоні.: Научные труды ДонНТУ. Серия экономическая. Выпуск 75, 2004. — с.138-145
6. Савіна Н.Б. Інфраструктура логістичних процесів економічної діяльності / Н.Б. Савіна — Режим доступу: [www.nbuu.gov.ua > portal/natural/Vnulp...2009...34.pdf](http://www.nbuu.gov.ua/portal/natural/Vnulp...2009...34.pdf)
7. Logistics Performance Index – Global LPI Ranking [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://info.worldbank.org/etools/tradesurvey/modelb.asp?sorder=lpirank&cgroup=0>
8. Казанська О.О., Геращенко А.С. Аналіз розвитку інфраструктурного забезпечення національної економіки / О.О. Казанська, А.С.Геращенко.— Режим доступу: [www.nbuu.gov.ua > Головна сторінка Порталу > .../2010_33/Files/3316.pdf](http://www.nbuu.gov.ua/Головна_сторінка_Порталу.../2010_33/Files/3316.pdf)
9. Кондратюк Ю. Інформаційна система управління термінально-складськими комплексами в транспортно-логістичних системах//Innovations and prospects of world science. Proceedings of the 15th International scientific and practical conference. Perfect Publishing. Vancouver, Canada. 2022. Pp. 81-86

10. Стройко Т.В. Логістична інфраструктура: теоретичний аспект/ Т.В.Стройко //Маркетингове забезпечення продовольчого ринку України. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м.Полтава, 7-8 квітня 2009 року).—Полтава.—2009.—С.105-106
11. Батюк А.Е. та ін.. Інформаційні системи в менеджменті: Навчальний посібник. – Львів: НУ «Львівська політехніка», 2004.
12. Буйницька О.П. Інформаційні технології та технічні засоби навчання. Навч. посіб.-К.: Центр учбової літератури, 2012. – 240с.
13. Гордієнко І.В. Інформаційні системи і технології в менеджменті. – К.: КНЕУ, 2003.
14. Гужва В.М. Інформаційні системи і технології на підприємствах. –К: КНЕУ, 2001.
- 15.Інформаційні системи і технології в економіці. / за ред.. В.С. Пономаренка. – К.: ВЦ «Академія», 2018.
- 16.Плескач В.Л. Інформаційні технології та системи: підруч. для студ екон. спец. / В.Л. Плескач, Ю.В. Рогушина, Н.П. Кустова. –К: Книга, 2019. - 520с.
17. Ромашко С.М. Опорний конспект лекцій з дисципліни «Інформаційні системи в менеджменті». Львів: ПУМ. – 2017. – 49с.
18. Ситник В.Ф., та ін.. Основи інформаційних систем: Навч. Посібник. – Вид. 2-гн, перераб. і доп. –К.: КНЕУ, 2021.-427с.
- 19.Томашевський О.М. та ін.. Інформаційні технології та моделювання бізнес-процесів. Навчальний посібник.- К.: Видавництво «Центр учбової літератури», 2019. – 296с.
20. Черкун О.М. Сучасні технології комп'ютерної безпеки. Монографія. Книга 7. Науковий керівник Р.М. Літнарівич. МЕНГУ. Рівне. 2018.-90с.
21. Логістика автомобільного транспорту: Навч. Посібник/ В.С. Лукінський, В.І. Бережний, Є.В. Бережна та ін.- М.: Фінанси та статистика, 2018.- 368с.
22. Міжнародні автомобільні перевезення: Економічні та управлінські аспекти (частина II): Навчальний посібник / Під ред.. Ю.С.Сухіна, В.С. Лукінського.- СПб.: СПбГІСАУ,2021.-204с.

23. Лукінський В.С., Пластуняк І.А. Ієрархія методів вирішення задач автотранспортних перевезень в транспортній логістиці.//ГУУ. Вісник університету. Серія Управління на транспорті.-М.: ГУУ, 2020.-с.140-148
24. Кожин А.П., Мезенцев В.Н.. Математичні методи в планування та управлінні вантажними автомобільними перевезеннями: Підручник для вузів.- М.: Транспорт, 1999.-304с.
25. Крикавський Є. В. Логістика. Основи теорії: Підручник — Львів: «Інтелект–Захід», 2019. — 416 с.
26. Cooper J., Browne M., Peters M. European Logistic. — Oxford, Blackwell Publishers, 2021.
27. Jonsons J. C., Wood D. F. Contemporary Logistics, 4–th ed. — New York: MacMillan, 2015
28. Moller C., Johanser J., Paradigms in Logistics Department of Production, University of Aqlbord, Plnmark, 2017.
29. Stock J. R., Lombert D. M., Strategic Logistics Management, 2 nol ed. — Homewood Cliffs, IL: Richard P. Irvin, 2019.
30. Сокур І.М. Транспортна логістика : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / І.М. Сокур, Л.М. Сокур, В.В. Герасимчук. – К. : Центр учбової літератури, 2019. – 222 с.
31. Jean-Paul Rodrigue, Claude Comtua, Brian. Geography of transport systems. New York, 2018, 411 p.
32. Christopher, M. Logistics and supply chain management, 4th edition, Pearson, Great Britain. 2021, 276 p.
33. Трушкіна Н. Удосконалення організаційно-економічного механізму управління логістичною діяльністю підприємства. Міжнародний науковий електронний журнал. 2019. Вип. 5. № 4. ст. 156–172.
34. Wang, X., Chen, Y., and Zhang, L. (2019). Construction of a system for evaluating the efficiency of transport of logistics companies. Journal of Industrial Engineering and Management, 2019. Issue. 6. № 4, art. 1084-1104. 88 \

35. Воркут Т.А. Тенденції розвитку ринку вантажних автомобільних перевезень в Україні. // Системні методи керування, технологія та організація виробництва і експлуатації автомобілів: Зб. наук. пр. – К.: НТУ, ТАУ. – 2017. – Вип.7. – С.110-114.
36. С. Стоколяс. Ефективність транспортної логістики як складової логістичної системи. Електронний журнал «Ефективна економіка», 2018 р. Вип № 7.
37. Є.В.Нагорний, Н.Ю.Шраменко. Аналіз критеріїв ефективності функціонування логістичних систем при доставці вантажів. Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". Луцьк, 2016. Випуск №28, ст 353 – 357.
38. Правдин Н.В., Негрей В.Я., Подкопаєв В.А.Взаємодія різних видів транспорту : - (прикладні і розрахунки) / Под. Ред. Н.В. Правдина. – М.: Транспорт, 2012 – 208 с.
39. Волошина Н.А. Обґрунтування критерію ефективності функціонування автомобільного транспорту у логістичній системі/ Волошина Н.А.// Вісник Харківського національного автомобільнодорожнього університету/ М-во освіти і науки України ; редкол.: В.А. Богомолів (гол.ред.) та ін. - Харків: ХНАДУ, 2015. – Вип. 28 – С. 60-62.
40. Россолов О.В. До питання про критерій вибору раціональної схеми доставки вантажу/ Россолов О.В., Любий Є.В.// Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету/ М-во освіти і науки України; редкол.: М.В. Загірняк (гол. ред.) та ін. – Кременчук: КДПУ, 2016. – Вип. 2/2006 (37) частина 1. – С. 101 – 102.
41. Нефедов Н.А. Визначення критерію оптимальності схем доставки товарів народного споживання./ Нефедов Н.А., Черепаха О.С.// Автомобільний транспорт/ Сб.научн.тр.- Харьков: ХГАДУ. – 2018. – Вып.19. – С.62-65. 89
42. Пономарьова Н.В. Прогнозування вантажопотоків на наземних видах транспорту у міжнародному сполученні: Автореф. дис. канд. техн. наук: Спец. 05.22.01 – транспортні системи. Харьк. нац. автомоб.- дорожн. ун-т – Х., 2017. – 20 с.

43. Нагорный Е.В. Рационализация технолого-логистических параметров транспортного обслуживания грузовладельцев в транспортных узлах / Нагорный Е.В., Столяр Т.В.// Автомобильный транспорт/ Сб.научн.тр.- Харьков: ХГАДУ. – 2016. – Вып.18. – С.54-56.
44. Аналіз міжнародних транспортних коридорів, як засіб економічної інтеграції України [Електронний ресурс] / Н. М. Найш, М. В. Аксьонов, Ж. М. Івченко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. - 2020. - № 1. - С. 293-296. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VSUNU_2020_1_65
45. Скриньковський Р. М., Костюк Н. Р., Коваль Н. М., Галелюк М. М. Діагностика транспортної діяльності як складової логістичної системи підприємства. Проблеми економіки. 2016. № 2. С. 123–128.
46. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL : <http://www.ukrstat.gov.ua/>
47. Статистичний збірник «Діяльність суб'єктів господарювання», 2021 р./ Державна служба статистики – Київ, 2021. – 154 ст.
48. Шрамко Н. В., Шкабура В. В., Мохонько Г. А. Цифровізація проектної діяльності в логістиці. Економіка, облік, фінанси та право: пріоритети розвитку в умовах глобалізації : тези доп. всеукр. наук.-практ. конф. (м. Полтава, 5 груд. 2019 р.) матеріали VIII збір., Полтава, 2019. С. 31-32.
49. Andrzej Szymonik. *Ekonomika transportu dla logistyki i logistyki. Teoria i praktyka.* Łódź, 2019, 231 ul.
50. Маловичко А.С. Інтеграція України до транспортно-логістичної системи Європейського Союзу. Причорноморські економічні студії. 2016. Вип. 7. С. 55–58.
51. Тридід О.М. Логістика: навч. посіб. К.: Знання, 2008. 566 с
53. Моніторинг та логістика виробничих процесів галузі [Електронний ресурс]: курс лекцій для студ. спеціальності 7.05170108 «Технології зберігання, консервування та переробки молока» денної та заочної форм навчання / уклад.: Н.В. Чепель. – К.: НУХТ, 2014. – 126с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А



Принципова схема моделі транспортно-логістичної системи, як підсистеми ІТС

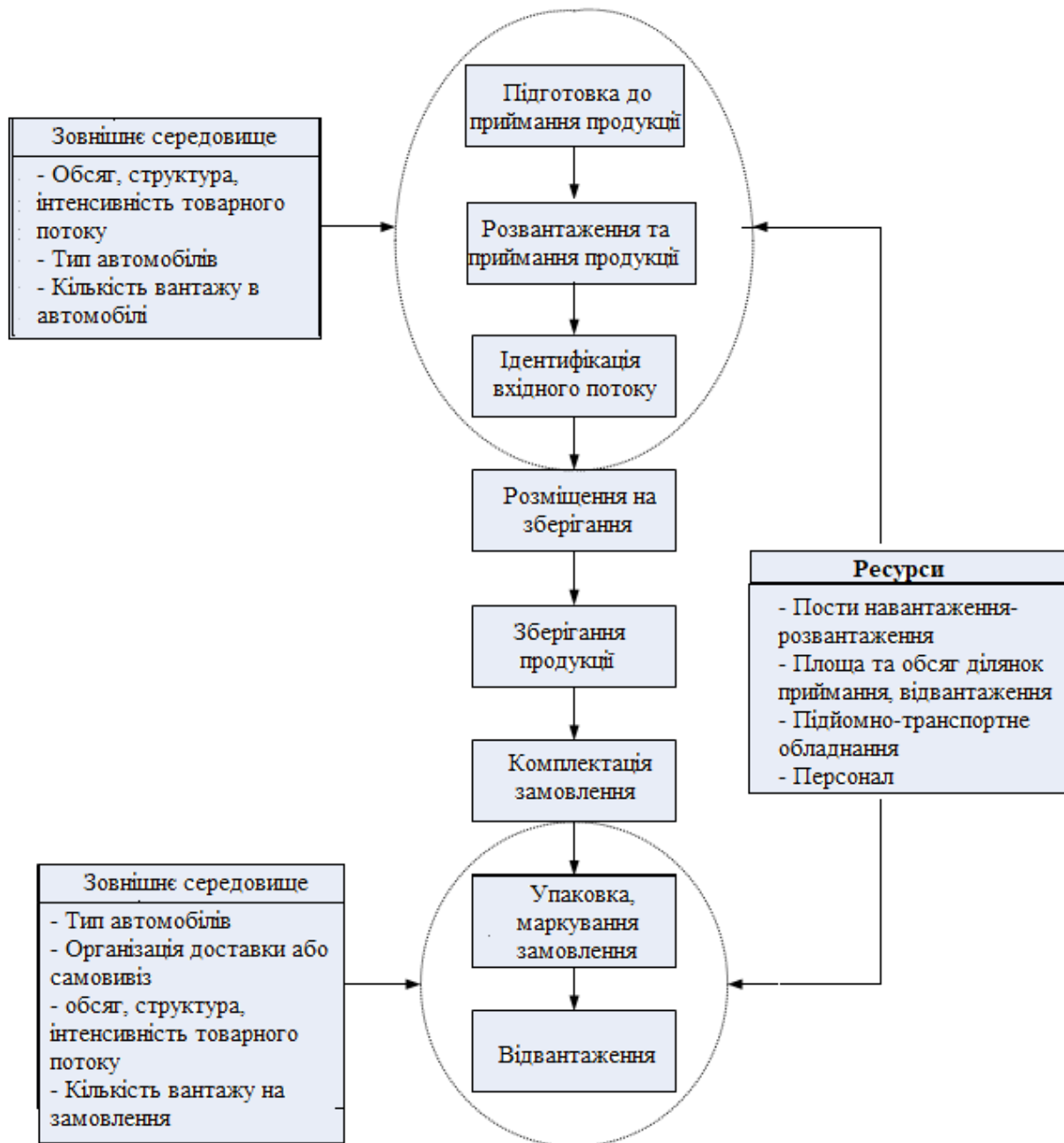
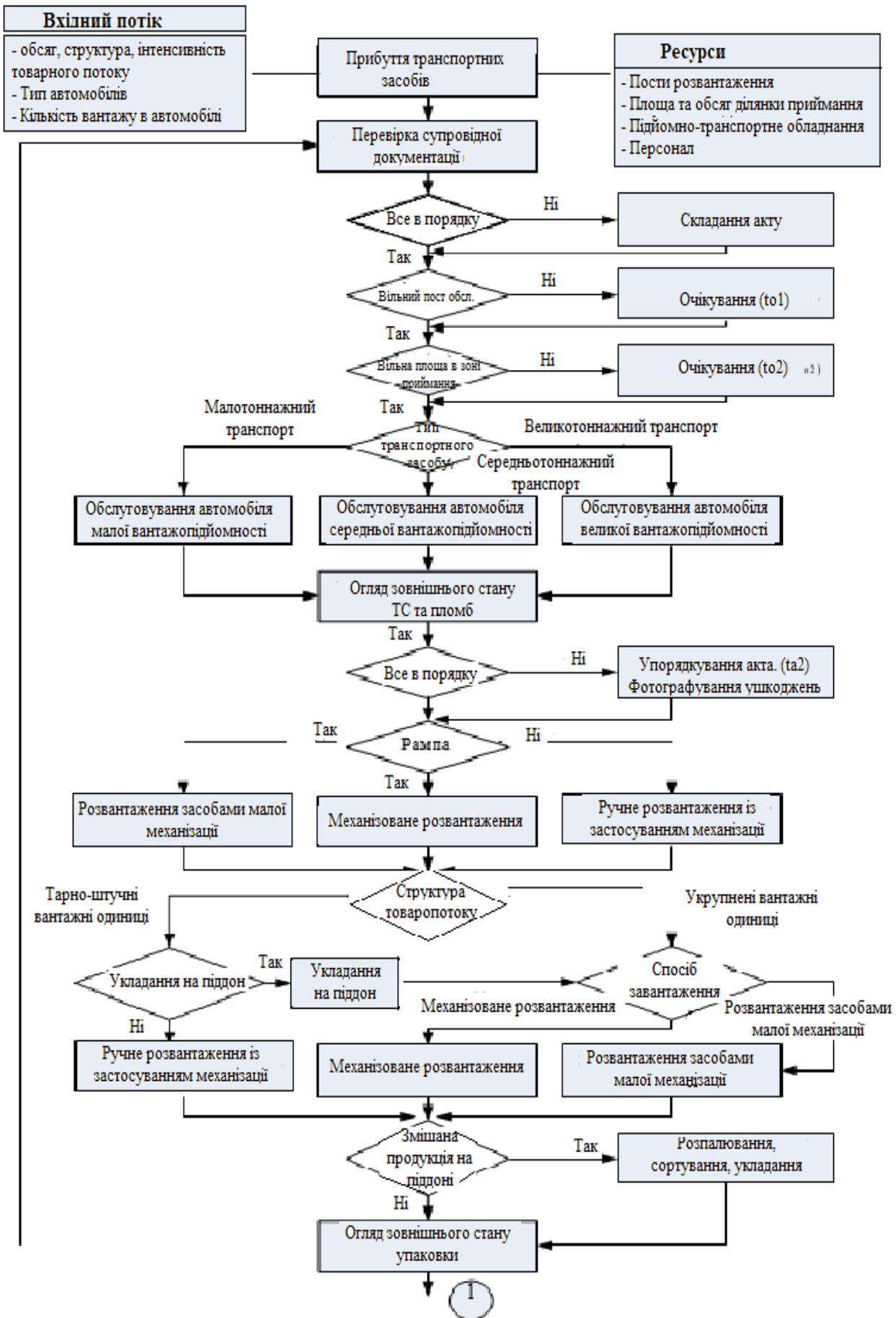
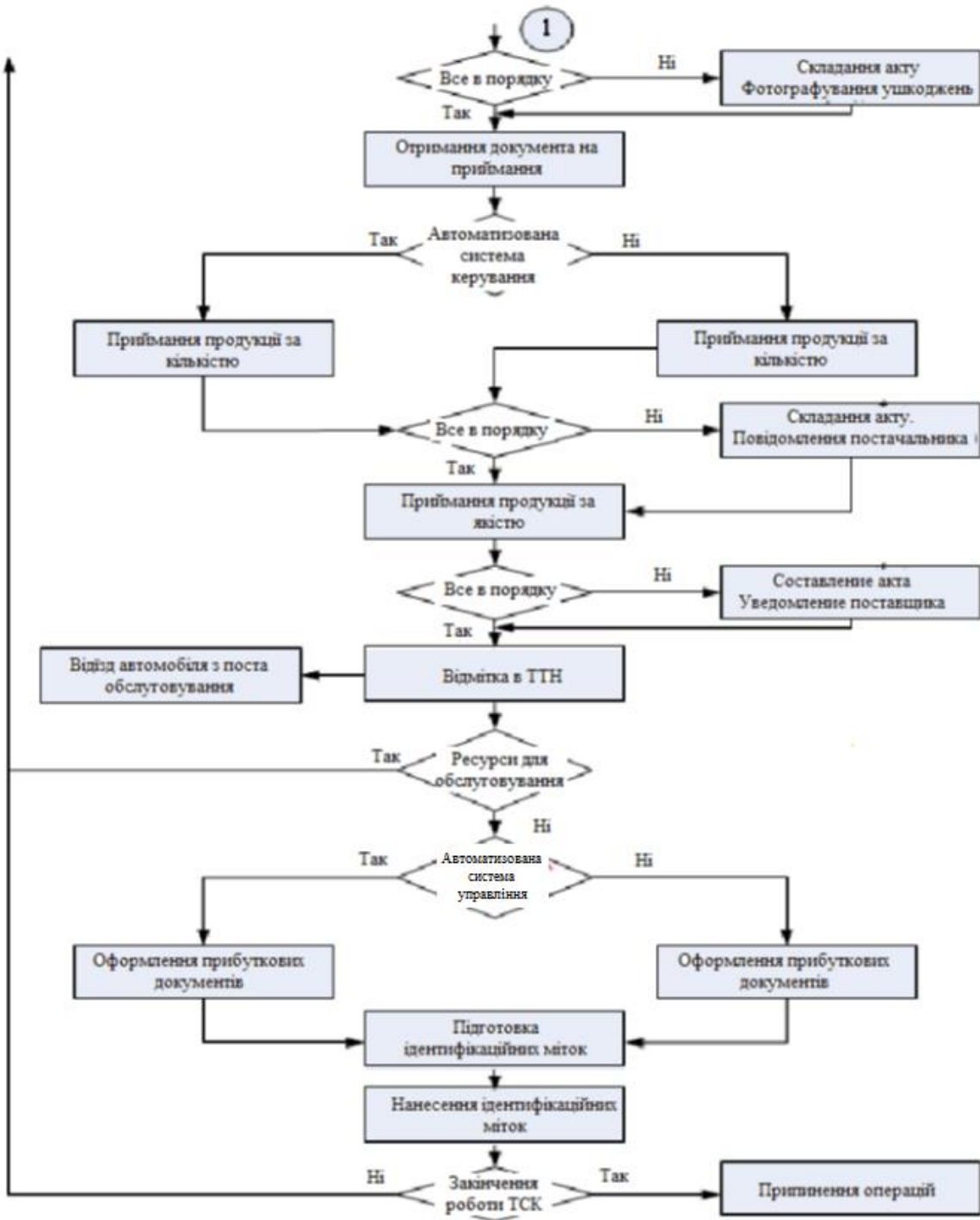


Схема технологічного процесу у транспортно-складському комплексі з урахуванням впливу факторів зовнішнього середовища





Деталізована модель обробки вхідного потоку даних у транспортно-складському комплексі