

Полтавський університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

(повна найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки

(повна назва інституту)

Кафедра комп'ютерних та інформаційних технологій і систем

(повна назва кафедри)

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту (роботи)**

магістра

(рівень вищої освіти)

на тему

Розробка методики оптимального топологічного розміщення елементів

автоматизованої системи управління підприємством

Виконав: студент 6 курсу, групи 6-дТН
спеціальності

122 Комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

Ємець М.М

(прізвище та ініціали)

Керівник Микусь С.А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Зінченко А.О.

(прізвище та ініціали)

Полтава–2021 року

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ І РОБОТОТЕХНІКИ**

**КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ І СИСТЕМ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

спеціальність 122 «Комп'ютерні науки» на тему

**«Розробка методики оптимального топологічного розміщення елементів
автоматизованої системи управління підприємством»**

Студента групи б-дТНЄмця Миколи Миколайовича

Керівник роботи
доктор технічних наук,
професор Микусь С.А.

Завідувач кафедри
кандидат технічних наук,
доцент Головка Г.В.

Полтава–2021

РЕФЕРАТ

Дипломна робота другого (магістерського) рівня вищої освіти на тему “Розробка методики оптимального топологічного розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством” містить 55 сторінок, 1 таблиця, 2 рисунки, 1 додаток. Перелік посилань нараховує 30 найменувань.

Прийняття рішень в складних ситуаціях в умовах високої невизначеності є мистецтво, засноване на досвіді, знаннях, інтуїції і не підлягає формалізації.

Однак практика управління промисловими підприємствами показує, що один тільки досвід і знання керівника на завжди можуть забезпечити оптимальне, чи навіть раціональне рішення без додаткових кількісних методів оцінки ефективності можливих варіантів дій. Методи рішення задач являють собою в даний час теорію виробки рішень, яка інтенсивно розвивається.

Виходячи з цього, необхідно оптимізувати мінімаксні показники мережної структури автоматизованої системи управління підприємством. А із-за різноманіття варіантів топологічного розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством виникла нагальна потреба в розробці методики оптимального топологічного розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством за заданих показниках мінімальних затрат.

Об’єкт дослідження: топологічне розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством.

Предмет дослідження: задачі оптимального топологічного розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством.

Мета роботи: оптимізація топологічного розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством за заданих показниках мінімальних затрат.

Наукове завдання: розробка методики оптимального топологічного розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством, яка дасть можливість побудувати систему з мінімальними матеріальними затратами.

Методи: метод системного аналізу – при дослідженні топологічного розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством, синтезу – при проектуванні місць розміщення об'єктів управління і обслуговування елементів автоматизованої системи управління підприємством.

За результатами розрахунків на основі методу синтезу спроектовано: розміщення об'єктів управління елементів автоматизованої системи управління підприємством за принципом гарантованого результату за критерієм Вальда; розміщення об'єктів обслуговування елементів автоматизованої системи управління підприємством за принципом недостатньої підстави за критерієм Бернуллі.

Результати цієї роботи можуть бути використані керівниками підприємств при плануванні топологічної структури автоматизованої системи управління підприємством та визначення місць розгортання об'єктів управління і обслуговування.

Ключові слова: методика, топологічне розміщення елементів, автоматизована система управління, прийняття рішень, критерій Вальда, критерій Бернуллі, алгоритм Дейкстра.

ABSTRACT

Thesis of the second (master's) level of higher education on the topic "Development of methods for optimal topological placement of elements of the automated enterprise management system" contains 58 pages, 1 tables, 2 figures, 1 appendix. The list of links includes 30 items.

Decision-making in difficult situations in conditions of high uncertainty is an art based on experience, knowledge, intuition and is not subject to formalization.

However, the practice of industrial management shows that only the experience and knowledge of the head can always provide the optimal or even rational solution without additional quantitative methods to assess the effectiveness of possible options. Methods of solving problems are currently a theory of decision making, which is developing rapidly.

Based on this, it is necessary to optimize the minimum performance of the network structure of the automated enterprise management system. And because of the variety of options for topological placement of elements of the automated enterprise management system there was an urgent need to develop a methodology for optimal topological placement of elements of the automated enterprise management system for a given minimum cost.

Object of research: topological location of elements of the automated enterprise management system.

Subject of research: problems of optimal topological placement of elements of automated enterprise management system.

The purpose of work: optimization of topological arrangement of elements of the automated control system of the enterprise on the set indicators of the minimum expenses.

Scientific task: development of methods of optimal topological placement of elements of the automated enterprise management system, which will allow to build a system with minimal material costs.

Methods: method of system analysis - in the study of topological location of elements of the automated enterprise management system, synthesis - in the design of

locations of management and maintenance of elements of the automated enterprise management system.

Based on the results of calculations based on the synthesis method, the following are designed: placement of control objects of the elements of the automated enterprise management system on the principle of guaranteed result according to Wald's criterion; placement of service facilities of the elements of the automated enterprise management system on the principle of insufficient grounds according to Bernoulli's criterion.

The results of this work can be used by business leaders in planning the topological structure of the automated enterprise management system and determining the location of management and maintenance facilities.

Key words: methodology, topological arrangement of elements, automated control system, decision making, Wald criterion, Bernoulli test, Dijkstra algorithm.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТОПОЛОГІЧНОГО РОЗМІЩЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ ..	111
1.1 Аналіз життєвого циклу та структури автоматизованої системи управління підприємством.....	Ошибка! Закладка не определена.1
1.2 Аналіз задач і критеріїв прийняття рішень щодо розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством.....	Ошибка! Закладка не определена.7
1.2.1 Прийняття рішень в умовах визначеності.....	19
1.2.2 Прийняття рішень в умовах ризику	Ошибка! Закладка не определена.0
1.2.3 Прийняття рішень в умовах невизначеності	Ошибка! Закладка не определена.2
Висновки до першого розділу.....	26
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО ТОПОЛОГІЧНОГО РОЗМІЩЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ	28
2.1 Формування топологічної структури графової моделі автоматизованої системи управління підприємством.....	28
2.2 Методи пошуку найкоротших шляхів багатополісної мережі та їх порівняльна характеристика	280
2.2.1 Індексні методи пошуку рішення екстремальних задач	Ошибка! Закладка не определена.2
2.2.2 Матричні методи розрахунку найкоротших шляхів та їх оцінка	303

2.3 Загальна структура методики оптимального топологічного розміщення об'єктів управління та обслуговування структури АСУ підприємства.....	285
Висновки до другого розділу	36
РОЗДІЛ ЗПРОЕКТНІ РІШЕННЯ ЩОДО ОПТИМАЛЬНОГО ТОПОЛОГІЧНОГО РОЗЩЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ.....	37
3.1Формалізація задачі розміщення об'єктів управління елементів автоматизованої системи управління підприємством за принципом гарантованого результату за критерієм Вальда	37
3.2Проектування місць розміщення об'єктів обслуговування елементів автоматизованої системи управління підприємством за принципом недостатньої підстави за критерієм Бернуллі	40
3.3Програмна реалізація задач оптимального топологічного розміщення об'єктів управління та обслуговування всіх типів	42
3.4Застосування методики оптимального топологічного розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством.....	45
Висновок до третього розділу	48
ВИСНОВКИ.....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	51
ДОДАТОК ААЛГОРИТМ ДЕЙКСТРА.....	54

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АС	– система управління;
АСУ	– автоматизована система управління;
АСУ ТП	– автоматизована система управління технологічним процесом;
АСУ П	– автоматизована система управління підприємством;
AES	– Advanced Encryption Standard;
СППР	– система підтримки прийняття рішень;
DES	– Data Encryption Standard;
DNS	– Domain Name System;
GRE	– General Routing Encapsulation;
ISP	– Internet Service Provider;
MAC	– Media Access Control;
MIS	– Management Information System;
MES	– Manufacturing Execution System;
MPPE	– Microsoft Point-to-Point Encryption;
LIMS	– Laboratory Information Management System;
ОУ	– об’єкти управління;
ОПР	– об’єкти приймаючий рішення;
ПО	– пункт обслуговування;
RSA	– Rivest-Shamir-Adleman;
SSTP	– Secure Socket Tunneling Protocol;
NIST	– National Institute of Standards and Technology;
NAT	– Network Address Translation.

ВСТУП

Прийняття рішень є одним з необхідних етапів процесу управління в організаційних системах і являє собою вибір одної з альтернативних стратегій або способу дій, направлених на досягнення цілей. Кінцеве рішення в контурі організаційної системи управління приймає людина, і тому до недавнього часу рахували, що прийняття рішень в складних ситуаціях в умовах високої невизначеності є мистецтво, засноване на досвіді, знаннях, інтуїції і не підлягає формалізації.

Однак практика управління промисловими підприємствами показує, що один тільки досвід і знання керівника на завжди можуть забезпечити оптимальне, чи навіть раціональне рішення без додаткових кількісних методів оцінки ефективності можливих варіантів дій. Методи рішення задач являють собою в даний час теорію виробки рішень, яка інтенсивно розвивається.

Різноманіття варіантів топологічного розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством вимагає від дослідника проведення комплексного аналізу цієї технології з метою вибору оптимальної структури при заданих показниках мінімальних затрат. Тому, розроблення методики оптимального топологічного розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством є актуальним науковим завданням. Це визначає **актуальність теми роботи.**

Виходячи з цього, **метою даної роботи** є оптимізація топологічного розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством за заданих показниках мінімальних затрат.

Для досягнення мети дослідження потрібно виконати наступні **часткові завдання:**

- аналіз життєвого циклу та структури автоматизованої системи управління підприємством;
- аналіз задач і критеріїв прийняття рішень щодо розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством;

- формування топологічної структури графової моделі автоматизованої системи управління підприємством;
- дослідження методів пошуку найкоротших шляхів багатополісної мережі та їх порівняльна характеристика;
- визначення загальної структури методики оптимального топологічного розміщення об'єктів управління та обслуговування структури АСУ підприємства;
- формалізація задачі розміщення об'єктів управління елементів автоматизованої системи управління підприємством за принципом гарантованого результату за критерієм Вальда;
- проектування місць розміщення об'єктів обслуговування елементів автоматизованої системи управління підприємством за принципом недостатньої підстави за критерієм Бернуллі;
- програмна реалізація задач оптимального топологічного розміщення об'єктів управління та обслуговування всіх типів;
- застосування методики оптимального топологічного розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТОПОЛОГІЧНОГО РОЗМІЩЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ

1.1 Аналіз життєвого циклу та структури автоматизованої системи управління підприємством

Автоматизована система управління (АСУ) це є сукупність засобів (програмних та апаратних), які призначені для управління різними процесами під час технологічного виробництва підприємства та інших виробничих процесів. АСУ може використовуватись в усіх галузях життєдіяльності суспільства. Поняття “автоматизація” підкреслює збереження за суб’єктом (наприклад – людиною) певних загальних функцій, які не піддаються автоматизації. А одним із основних інструментів підвищення обґрунтованості управлінських рішень є поєднання АСУ з системою підтримки прийняття рішень (СППР) [2].

Одним із основних завдань АСУ є підвищення ефективності процесу управління об’єктом за рахунок підвищення оперативності роботи органів управління та удосконалення методологічного апарату планування відповідної дії (процесу).

Життєвий цикл автоматизованої системи (АС) відповідно до [2-2] включає певні етапи і заходи по цих етапах, а саме:

1. Формування вимог до АС:
 - обстеження об’єкта та обґрунтування необхідності створення АС;
 - формування власних вимог до АС;
 - підготовка звіту про виконання робіт та заявки на розробку АС.
2. Розробка концепції АС:
 - дослідження об’єкта;
 - проведення необхідних досліджень;

- розробка варіантів концепції АС та вибір версії концепції АС, що відповідає вимогам користувачів;
- підготовка звіту про виконану роботу.

3. Технічне завдання:

- розроблення та розгляд технічного завдання на створення АС;

4. Ескізний проєкт:

- розроблення варіантів проєктних рішень по складовим системи та її в цілому;
- розроблення документації на складові системи та її в цілому;

5. Технічний проєкт:

- розроблення проєктних рішень на складові системи та її в цілому;
- розроблення документації на складові системи та її в цілому;
- розроблення та оформлення документів на постачання засобів для комплектування;
- розроблення завдання на проєктування усіх взаємодіючих складових системи.

6. Робота з документацією:

- розроблення робочої документації на складові системи та її в цілому;
- розроблення і перевірка на сумісність програм.

7. Введення в дію:

- підготовка елемента, який потрібно автоматизувати;
- підготовка суб'єктів автоматизації;
- укомплектування постачальними програмно-технічними, технічними та програмними і інформаційними складовими АС;
- монтажно-будівельні роботи;
- налагоджувальні та пусков роботи;
- пробні випробування;
- здійснення пробного запуску;

- здійснення випробувань для кінцевого прийому;

8. Супроводження АСУ:

- здійснення процедур згідно гарантійних умов;
- післягарантійне обслуговування.

Основними видами забезпечення АСУ є: організаційно-інформаційне; програмно-технічне; метрологічно-лінгвістичне; правове та ін. [1, 3]

Види АСУ відрізняються за певними характеристиками [3], а саме:

- за сферами виконання функцій об'єктами управлінської діяльності: промисловості, транспорту, сільського господарства, непромислової сфери, ін;
- за видами управління (організаційного технологічного, економічного, ін;
- за рівнем у системі курівництва державою в певних галузях: об'єднання, підприємство, виробництво, цех, відділення, ланка та ін.

Основними функціями АСУ є [2]:

- планування а в деяких випадках це і здійснення прогнозу дій;
- аналізування, об лікування та контролювання,;
- здійснення координації діяльності.
- Перелік та зміст функцій АСУ залежить від видової характеристики АСУ.

Деякі функції АСУ можна поєднати в групи за відповідними характеристиками.

Так наприклад функції АСУ, які відносяться до управління об'єктами є:

- обробка інформаційних матеріалів: облікування, контрольні заходи, збереження, пошукові дії, висвітлення, розмножування, оброблення інформаційних матеріалів;

- обмін інформацією: доведення управлінських рішень до об'єктів управління (ОУ) і та зворотній зв'язок з органами приймаючими рішення (ОПР);
- обґрунтування рішень: оновлення інформаційних матеріалів, їх аналізування, вироблення варіантів дій або здійснення впливу об'єкт управління.

Функціонально АСУ, які відносяться до сфери промисловості відносять види АСУ:

- яка здійснює централізоване управління об'єктами;
- яка здійснює децентралізовану управління об'єктами;
- централізовано-розосереджена;
- ієрархічна [3].

АСУ з децентралізованою структурою будується для ефективного управління об'єктами, які є незалежними в плані матеріально, енергетично, інформаційні інш. Вона може включати сукупність системи, які зовсім незалежні одна від іншої та мають власні інформаційно-алгоритмічні бази.

Для вироблення рішення і постановки завдання кожному об'єкту що управляється потрібний інформаційний матеріал щодо стану цього об'єкту.

АСУ з централізованою структурою будується для ефективного управління об'єктами, які поєднують свої функції в одному ОУ, які займаються питанням збором, обробкою документів та інформаційних матеріалів щодо об'єктів управління і результати аналізу яких за відповідними критеріями АСУ розробляє процедури для управління цими об'єктами. Цей клас АСУ з'явився у зв'язку із появою великого числа характеристик, які контролюються та регулюються та мають територіальне розосередження об'єктів, що управляються

АСУ з централізованою структурою має свої переваги, які полягають в тому, що вони є: досить простими у реалізації інформаційного обміну для взаємодіючих структур; спроможність здійснювати оптимізаційні функції АСУ; на багато легше і оперативніше проводити корегування характеристик даних

які подаються на вхід системи; спроможність максимально ефективно функціонувати при найменшому резерві матеріально-технічних засобів управління.

АСУ з централізованою структурою має також і недоліки: підвищена експлуатаційна надійність і коефіцієнт корисної дії технічних засобів управління для ефективного управління шляхом його якісного забезпечення; велика загальна довжива ліній зв'язку при територіальному рознесенні об'єктів управління.

Головною особливістю АСУ з централізованою розосередженою структурою є відповідність принципу централізованого управління, щодо прийняття рішень та постановці завдань всім об'єктам управління у відповідності до результатів аналізу інформаційних матеріалів про підсистеми ОУ.

Різні елементи АСУ є спільними для всіх комунікацій зв'язку і за допомогою перемикачів можуть підключатися до різних комунікацій та створювати , замкнутий цикл управління.

Послідовність управління у разі складається з набору зв'язаних та залежних процерів управління об'єктами, які здійснюються підсистемою ОУ. Під час виконання завдань всі органи управління здійснюють обмін та оброблення інформаційних матеріалів, а передачу розпоряджень об'єктам управління. Під час здійснення процесу управління всі ОУ взаємодіють один з одним та обмінюються необхідною інформацією. Переваги такої структури є пониження необхідного рівня експлуатаційної надійності та коефіцієнта корисної дії кожного об'єкту, який здійснює оброблення та ефективне керування; зменшення довжини комунікацій.

До недоліків такої АСУ можна віднести: складність здійснення інформаційного обміну між об'єктами, які здійснюють оброблення і керування та коректировку необхідних інформаційних матеріалів; надлишкові запаси матеріально-технічних засобів, які здійснюють оброблення інформаційних

матеріалів; на багато складніша синхронізація процедур, які забезпечують обмін інформаційними ресурсами.

Зі збільшенням кількості завдань управління у багатоскладних АСУ на багато збільшується об'єм інформаційних ресурсів, що обробляється та стає не простим процес управління.

Основні завдання такої АСУ можна розділити на групи, кожна з них відповідає вимогами по оперативності роботи:

- збір необхідних інформаційних матеріалів від об'єкту, який здійснює управління та контроль;
- складні завдання управління, які пов'язуються з розрахунком необхідних параметрів процесу управління та необхідних значень критеріїв оцінок оперативності впливу на об'єкти управління;
- оптимальне і адаптивне керування інформаційними ресурсами з високою оперативністю;
- здійснення обміну інформаційними ресурсами під час адміністративного управління, виконання диспетчерських завдань та узгодження їх масштабі організації.

Вочевидь, що ієрархія управлінських завдань вимагає побудови ієрархічної АСУ. Визначений розподіл завдань дозволяє справлятися з складнощами і роботі локальних ОУ, потребує взаємоузгодження рішень, прийнятих цими ОУ, тому вимагає створення нового ОУ.

Багато АСУ, які відносяться до промислової сфери, мають свою розгалужену ієрархію, що виникає під тиском сучасних тенденцій розвитку науково-технічного прогресу, специфікації продукції, яка виробляється, сприяння якості продукції, яка виробляється.

Часто ієрархія об'єктів управління не збігається з ієрархією АСУ. Тому, зі збільшенням складності АСУ будується ієрархічна піраміда управління. Управлінські процеси у складному об'єкті, який управляється потребують оперативного прийняття узгоджених, взаємопов'язаних та обґрунтованих рішень, які забезпечать досягнення необхідної мети виконання об'єктом

управління отриманих завдань. Такі рішення потребують відповідного управлінського завдання. Їх поєднання утворює ієрархію управлінських завдань, що у деяких випадках набагато складніше, ніж ієрархія об'єкту, який здійснює управління.

Автоматизована система управління технологічним процесом (АСУ ТП) є системою, що вирішує завдання оперативного управління та контролю технічних об'єктів у промисловості та інших подібних сферах.

Автоматизована система управління підприємством (АСУ П) є системою, що вирішує завдання організації вироблення продукції, процеси її вироблення, вхідну та вихідну логістику, забезпечує здійснення планування виробництвом продукції та враховує виробничі потужності, результати аналізу якості продукції, моделювання процедур вироблення продукції. Вирішенням цих завдань займаються системи MIS, MES, LIMS.

Аналіз структур підприємств та систем їх управління дозволяє зробити ряд висновків:

- у структурах підприємств розподілено, або знаходяться на етапі розподілу, функції управління та обслуговування об'єктів АСУ підприємств ;
- керівництво здійснює адміністративні функції: планування, розвитку, обслуговування та;
- головний органом, який планує і управляє підприємством, є адміністрація;
- управління силами і засобами понно здійснюватися автоматизовано.

Для здійснення планування, розвитку, управління та обслуговування необхідно приймати обґрунтовані рішення щодо розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством. А для цього необхідно здійснити аналіз критеріїв за заданими умовами в задачах вироблення рішення.

1.2 Аналіз задач і критеріїв прийняття рішень за заданими умовами

Існуючі наступні ознаки за якими класифікуються задачі вироблення рішень: умови вибору, число використаних показників ефективності, число осіб, що приймають рішення. Види задач, що розрізняються по цих ознаках приведені в таблиці 1.1

За умовами вибору розрізняють задачі в умовах визначеності, ризику, невизначеності.

Таблиця 1.1 – Класифікація задач за ознаками

Ознака	Задача
Умови вибору	В умовах визначеності В умовах невизначеності В умовах ризику
Число осіб, що приймають рішення	Індивідуального рішення Групового рішення
Число показників	Однокритеріальні Багатокритеріальні

При рішенні задач в умовах визначеності умови вибору задаються конкретними не випадковими числовими значеннями, а значення показників ефективності однозначно відповідають параметрам вибору. Для рішення даних задач використовуються детерміновані моделі і методи пошуку задовільних і оптимальних рішень.

При рішенні задач в умовах ризику умови і параметри вибору є випадковими величинами й описуються законами розподілу або їх числовими характеристиками. Задачі цього типу вирішуються з використанням методів теорії імовірності і математичної статистики.

Задачі в умовах невизначеності також характеризуються випадковими умовами і параметрами вибору, однак закони розподілу цих величин невідомі, а задачі, як правило, діапазоном їхньої зміни або безліч можливих значень. Дані

задачі вирішуються спеціальними методами вироблення рішень в умовах високої невизначеності.

По числу показників ефективності розрізняють однокритеріальні і багатокритеріальні задачі. В однокритеріальних задачах рішення вибираються з використанням одного показника і критерію, у багатокритеріальних задачах для оцінки ефективності використовуються тільки показники і критерії. По числу осіб, що приймають рішення, розрізняють задачі індивідуального рішення, де вибір здійснює одна людина, і задачі групового рішення, їх вибір здійснюють кілька людей (колектив, група людей)

1.2.1 Прийняття рішень в умовах визначеності. Задачі даного типу звичайно формуються в такий спосіб при заданих значеннях умов вибору V і можливих обмеженнях на параметри вибору μ прийнять таке рішення μ^* , яке б перетворювало в максимум (мінімум) показник ефективності $q(\nu, \mu)$, тобто для випадку мінімізації показника ефективності $q(\mu, \nu)$, або для випадку максимізації показника потрібно знайти такі μ^* при яких

$$q^* = q(\mu^*, \nu) = \max_{\mu \in M} q(\mu, \nu), \quad (1.1)$$

при обмеженнях

$$A_i(\mu, \nu) \leq A_i^*, i = \overline{1, n}, \quad (1.2)$$

$$B_j(\mu, \nu) \leq B_j^*, j = \overline{1, m} \quad (1.3)$$

де μ^* – безліч можливих значень параметрів вибору μ ;

$A_i(\mu, \nu), B_j(\mu, \nu)$ – деякі функції від μ і ν ;

A_i^*, B_j^* – відповідно максимально і мінімально припустимі значення функції $A_i(\mu, \nu), B_j(\mu, \nu), n, m$ – число можливих обмежень.

Дана задача узгоджується зі загальною задачею управління. Тому для її рішення можна використовувати методи оптимального управління [11-14].

Вибір методів залежить від виду функції $q(\mu, \nu)$, обмежень $A_i(\mu, \nu)$, $B_i(\mu, \nu)$, параметрів і умов вибору.

У випадку, якщо функція $q(\mu, \nu)$ безперервна, має часні похідні, а обмеження задаються у виді рівностей $A_i(\mu, \nu)=0$, $B_i(\mu, \nu)=0$ то можна використовувати класичні методи оптимізації (наприклад, метод множників Лагранжа). Для лінійних функцій $A_i(\mu, \nu)$, $B_i(\mu, \nu)$, $q(\mu, \nu)$ використовуються методи лінійного програмування; для нелінійних функцій – методи цілочислового програмування.

В тому випадку, якщо оптимальне рішення буде означати собою функцію $\mu(t)$, то використовують динамічні методи оптимального управління. При цьому для залежностей описуваних диференціальними й інтегральними рівняннями, як правило, без обмежень у виді нерівностей, можна використовувати класичні методи варіаційного вирахування, для функціоналів $q(\mu, \nu)$, що представляються у виді інтеграла, або суми окремих функцій при наявності обмежень.

Методи рішень задач даного виду удосконалюються в рамках теорії оптимального управління і дослідження операцій, і широко використовуються при розробці систем автоматизованого управління й в організаційних системах при рішенні задач розподілу ресурсів, управління транспортними потоками, планування виробництва, складання розкладів. Однак область застосування цих задач обмежена при прийнятті рішень у складних ситуаціях, коли практично неможливо одержати точні значення умов вибору. Крім того, при великих об'ємах задач застосування точних методів пов'язано з великими обчислювальними труднощами. Використання даних методів може бути виправдане в тих випадках, коли показники ефективності й обмеження сформульовані досить строго і з високою точністю відображаючи реальний процес прийняття рішень.

1.2.2 Прийняття рішень в умовах ризику. Задачі даного типу формулюються так: при випадкових значеннях умов вибору ν за відомими

розподілами ймовірностей $P(v)$ і можливих обмежень на параметри вибору μ знайти таке рішення μ^* , що перетворилося б у максимум (мінімум) середнє значення показника ефективності, тобто для випадку максимізації показника і дискретних значень умов вибору, потрібно знайти такі μ^* , при яких

$$q^* = q(\mu^*, v) = \max_{\mu \in B} \sum_{v \in N} q(\mu, v) P(v); \quad (1.4)$$

при обмеженнях:

$$\sum_{v \in N} A_i(\mu, v) P(v) \leq A_i^*, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1.5)$$

$$\sum_{v \in N} B_j(\mu, v) P(v) \leq B_j^*, \quad j = \overline{1, n}; \quad (1.6)$$

де N – множина можливих значень умов вибору;

$P(v)$ – апріорний розподіл ймовірностей на множині N .

Для рішення таких задач розроблені методи стохастичного програмування, що у залежності від виду функцій (1.4), (1.5), (1.6) включають методи стохастичного, нелінійного або динамічного програмування [15-19].

У ряді випадків для рішення задач в умовах визначеності, якщо у виразах (1.4), (1.5), (1.6) математичні очікування функцій замінити на функції від математичних очікувань:

$$\sum_{v \in N} q(\mu, v) B(v) \approx q(\mu, M[v]) = q(\mu); \quad (1.7)$$

$$\sum_{v \in N} A_i(\mu, v) P(v) \leq A_i^*, \quad i = \overline{1, n}; \quad (1.8)$$

$$\sum_{v \in N} B_j(\mu, v) P(v) \leq B_j^*, \quad j = \overline{1, n}. \quad (1.9)$$

Така заміна пов'язана з помилками, які необхідно враховувати при ухваленні рішення.

Задачі в умовах ризику широко використовуються при прийнятті рішень у процесі розпізнавання образів, оцінювання невідомих параметрів випадкових

величин, розрізнення сигналів на рівні перешкод. Методи рішення даних задач дають задовільні результати при відомих законах розподілу ймовірностей умов вибору, або при обґрунтованих допущеннях про ці розподіли. У протилежному випадку отримані результати можуть привести до великих помилок.

1.2.3 Прийняття рішень в умовах невизначеності. За умов рішення задач такого виду задається область N можливих значень умов вибору. Однак не задані точні значення $v \in N$ умов вибору, як при рішенні задач в умовах визначеності, і невідомі закони розподілу $P(v)$ випадкових величин v на множині N , як в задачах в умовах ризику [20-24]. У цьому випадку при пошуку задовільного рішення приходиться варіювати не тільки параметрами вибору $\mu \in N$, але й умовами вибору v у межах заданої області значень N .

У результаті, для рішення задач в умовах невизначеності найбільш прийнятими є методи теорії ігор, де невизначеність пов'язана з поведінкою гравців, що розумно протидіють один одному. Для нашого випадку один «гравець» буде варіювати параметрами вибору $\mu \in N$, вибираючи найкращі в змісті заданих показників значень, інший «гравець» буде варіювати умовами вибору $v \in N$ таким чином, щоб створити найгірші умови для визначення параметрів μ . З позиції теорії ігор параметри вибору μ прийнято називати стратегією вибору і умови вибору v – стратегією поведінки зовнішнього середовища, або «стратегією природи», а сам процес рішення в умовах невизначеності – грою проти природи. При рішенні подібних задач використовуються різні критерії і підходи до рішення, що називаються принципами вибору.

Розглянемо найбільш вагомні критерії і принципи рішення однокритеріальних задач в умовах невизначеності. Принципи максиміна і мінімакса, або гарантованого результату Принцип максиміна формулюється наступним чином: оптимальним вважаються параметри вибору, що забезпечують максимум прибутку при найгірших умовах вибору, мінімізуючи прибуток, тобто такі параметри $\mu^* \in M$, при яких

$$q^* = q(\mu^*, v^*) = \max_{\mu \in N} \min_{v \in N} q(\mu, v). \quad (1.10)$$

На параметри і умову вибору можуть бути накладені обмеження виду (1.2) (1.3).

Принцип мінімакса має зворотнє формулювання: оптимальними вважаються параметри вибору, що забезпечують мінімум втрат при найгірших умовах вибору, максимізують втрати, тобто такі параметри $\mu^* \in M$, при яких

$$q^* = q(\mu^*, v^*) = \max_{\mu \in M} \min_{v \in N} q(\mu, v). \quad (1.11)$$

На величини v і μ також можуть бути накладені обмеження виду (1.2) (1.3).

Недоліком даних принципів є те, вони орієнтовані на найгірші умови зовнішнього середовища, що можуть виявитись малоймовірними. Одержане при цьому гарантоване (із запасом) рішення може виявитися занадто дорогим.

Для рішення подібних задач у даний час розроблені різні методи, сутність яких зводиться до обчислення і попарного порівняння показників $q(\mu, v)$, при різних значеннях $\mu \in N$ та $v \in N$.

Принцип мінімаксного ризику, або принцип Севіджа.

Даний принцип формулюється в такий спосіб: оптимальними є параметри вибору, що при несприятливих умовах вибору забезпечують мінімальний ризик [25-27]. Для реалізації цього принципу вибирається функція ризику, що у випадку максимізації його значення $q(\mu, v)$ має вигляд

$$r(\mu, v) = \max_{\mu \in M} q(\mu, v) - q(\mu, v), \quad (1.12)$$

а у випадку мінімізації його значення

$$r(\mu, v) = q(\mu, v) - \min_{\mu \in M} q(\mu, v). \quad (1.13)$$

Іншими словами, дані функції характеризують ризик на який йде особа, що приймає рішення, якщо замість найкращого значення показника бере його довільне значення.

Відповідно до принципу мінімаксного ризику оптимальними будуть такі параметри вибору μ^* , при яких функція ризику приймає значення

$$r^* = r(\mu^*, v^*) = \min_{\mu \in M} \max_{v \in N} r(\mu, v). \quad (1.14)$$

При цьому можливі обмеження (1.2), (1.3). Принцип Севіджа дозволяє зменшити значення порівнювальних чисел, тому що абсолютні значення показників замінюються їх різницями, а також враховувати окремі, близькі до оптимального варіанти рішень, що можуть виключатися при використанні принципів гарантованого результату. Однак принцип Севіджа по свої суті все таки еквівалентний принципам гарантованого результату, тому що припускає вибір варіанта рішення при самих несприятливих умовах вибору.

Принцип песимізму-оптимізму, або принцип Гурвіца. Принцип гарантованого результату вкрай песимістичний, тобто припускає найгірші умови вибору, що може привести до великих втрат ресурсів при реалізації прийнятого з запасом рішення. Однак ціль управління може бути не досягнута, якщо керуватися принципом крайнього, а скоріше необгрунтованого, безвідповідального оптимізму, розраховуючи на самі сприятливі умови. Тому доцільно використовувати середній результат, орієнтований на проміжні значення умов вибору. Принцип використання такого середнього результату одержав назву принципу песимізму-оптимізму, або принципу Гурвіца.

Для максимізуємих показників ефективності принцип Гурвіца формулюються так: оптимальними вважаються параметри вибору, що забезпечують максимальне значення зваженого середнього ефекту при найгірших умовах вибору, тобто такі параметри $\mu^* \in M$, при яких

$$q^* = q(\mu^*, v^*) = \max_{\mu \in M} \{ \alpha \max_{v \in N} q(\mu, v) + (1 - \alpha) \max_{v \in N} q(\mu, v) \}, \quad (1.15)$$

де α – показник песимізму-оптимізму, $0 \leq \alpha \leq 1$.

Зі співвідношення (1.15) видно, що при $\alpha=1$ одержуємо принцип максиміну, або гарантованого результату, а при $\alpha=0$ - принцип гарантованого оптимізму. При $0 \leq \alpha \leq 1$ маємо проміжний результат.

Для мінімізуємих показників використовуються наступні співвідношення:

$$q^* = q(\mu^*, v^*) = \max_{\mu \in M} \{ \alpha \max_{v \in N} q(\mu, v) + (1 - \alpha) \max_{v \in N} q(\mu, v) \}. \quad (1.16)$$

Недоліком даного принципу є складність одержання достовірного значення показника. Звичайно вибирається з чисто суб'єктивних розумінь. При небезпечних ситуаціях, якщо неправильно прийняте рішення може привести до можливих недоліків: одночасно мається достатній запас активних засобів, можна вибирати значення α близьке до одиниці.

Принцип недостатньої підстави, або принцип Бернуллі. Вище викладені принципи рішення задач в умови невизначеності пов'язані з одержанням і порівнянням усіх значень показника $q(\mu, v)$ для різноманітних варіантів μ, v , що приводить до досить складних і громіздких обмежень. Розрахунки можуть бути спрощені, якщо задачу в умовах невизначеності звести до задачі в умовах ризику. Для цієї мети використовується принцип Бернуллі.

Принцип Бернуллі стверджує, що якщо в множині незмінних подій $N = \{v_1, v_2, v_3 \dots v_n\}$ немає ніяких підстав вважати одну подію більш імовірною, ніж інша, то слід робити так, начебто усі події рівно ймовірні відповідно до цього принципу

$$P(v=v_1) = P(v=v_2) = \dots = P(v=v_n) = \frac{1}{n}. \quad (1.17)$$

У результаті задача (1.10) в умовах невизначеності, що використовує принцип максиміна, може бути зведена до задачі (1.1) в умовах ризику, тобто потрібно визначити такі параметри вибору μ^* , при яких

$$q^* = q(\mu^*) = \max_{\mu \in M_n} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q(\mu, v_i), \quad (1.18)$$

або

$$q^* = q(\mu^*) = \max_{\mu \in M} \sum_{i=1}^n q(\mu, v_i). \quad (1.19)$$

Аналогічно можна спростити задачі, що використовують принцип мінімакса, Севіджа і Гурвіца.

Висновки до першого розділу

Аналіз структури системи управління підприємством показав, що вона у майбутньому має бути розподілена на адміністративне і оперативне управління; керівництво виконує функції управління та функції забезпечення розвитку; головним органом управління підприємства виступає адміністрація; управління силами і засобами повинно здійснюватись автоматизовано.

При створенні АСУ підприємством необхідно організувати збір, обробку та відображення інформації. При використанні АСУ виникає необхідність скорочення великих об'єктів управління та залишити тільки невеликі за чисельністю розрахунково-інформаційні центри. Для подальшого дослідження виникла необхідність здійснення аналізу критеріїв за заданими умовами в задачах вироблення рішення.

Задачі в умовах ризику широко використовуються при прийнятті рішень у процесі розпізнавання образів, оцінювання невідомих параметрів випадкових

величин, розрізнення сигналів на рівні перешкод. Методи рішення даних задач дають задовільні результати при відомих законах розподілу ймовірностей умов вибору або при обґрунтованих допущення про ці розподіли. У протилежному випадку отримані результати можуть привести до великих помилок.

Принцип Бернуллі орієнтує не на граничні умови, а на деякі середні рівно ймовірні умови вибору, що дозволяє одержати більш економічні і раціональні рішення ніж при використанні принципів гарантованого або середньозваженого результатів. Крім того, даний принцип скорочує розрахунки, тому що пошук оптимального рішення ведеться по одній змінній.

Принципи максиміна або мінімакса, принцип песимізму-оптимізму, принцип мінімаксного ризику, або принцип Севіджа їх аналіз показав, що в умовах невизначеності при необхідності досягнути максимального результату і мінімального ризику, оптимальним шляхом розрахунку місць розміщення об'єктів управління та обслуговування, всіх типів інфраструктури підприємства є принцип максиміна та мінімакса.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО ТОПОЛОГІЧНОГО РОЗМІЩЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ

2.1 Формування топологічної структури графової моделі автоматизованої системи управління підприємством

Вихідний набір даних задається графовою моделлю розподіленої системи, описаних структурною матрицею довжин (відстаней) $L = \left\| |l_{ij}| \right\|$. При цьому значення (довжина, вага) елемента l_{ij} матриці визначається умовами:

$$L = l_{ij} = \begin{cases} 0 & | i=j \\ \infty & | i \neq j; l_{ij} \in G \\ \forall l_{ij} & | i \neq j; l_{ij} \in G \end{cases} \quad (2.1)$$

Необхідно:

1. Реалізувати автоматизоване проектування топології розміщення в структурі розподіленої АСУ об'єктів управління та обслуговування, для чого:
 - побудувати матрицю найкоротших відстаней на основі індексних або матричних методів пошуку найкоротших шляхів;
 - знайти просте рішення топологічної задачі ідентифікації об'єктів і медіан всіх типів графу структури АСУ з урахуванням значення відповідних радіусів.
2. Обґрунтувати техніко-економічну можливість і доцільність застосування типових індексів і матричних методів пошуку екстремальних шляхів, а також методи пошуку гарантованого результату за принципами Вальда для формалізації топологічної задачі розміщення об'єктів управління і обслуговування в структурі АСУ, тобто для розробки дослідження її

математичної моделі, що враховує основні властивості і особливості елементів структури системи в цілому.

3. За результатами дослідження сформулювати загальні висновки, розробити практичні рекомендації і інструкцію користувача представленими проектними моделями [9].

Для оптимального розміщення центру управління в заданій структурі АСУ, необхідно знайти вершину або вершини, що задовольняють мінімальному критерію q_k правило. В більшості задач проектування таких критеріїв задаються мінімальністю часу проїзду, відстань, ціна проїзду, число транзитів від місця розміщення центру управління до найбільш віддаленого об'єкту (найкращого визначеного заданого критерію) структури. Отже, задача розміщення центру управління виливається в задачу пошуку найкращого з усіх найгірших варіантів рішень відносно умови, що визначається заданим критерієм оптимальності [9].

Для рішення задачі оптимального розміщення пунктів обслуговування в заданій структурі АСУ необхідно дотримуватись основних вимог, що висуваються до критерію, а саме, мінімальність суми відстаней до всіх вершин графу. Задача даного типу відноситься до міні сумних задач розміщення спеціальних об'єктів в заданій структурі. При використанні в якості формального апарату теорії графів, для рішення вказаних задач, місця розміщення пунктів обслуговування будуть отримані в результаті рішення міні сумних задач недоліком графа структури об'єкту проектування (за принципом Бернуллі).

Таким чином для формалізації набору вихідних даних необхідно вказувати основні вимоги до формування процесу графової топологічної структури.

Для оптимального розміщення об'єктів управління необхідно знайти вершину, або вершини, що задовольняли б деякому мінімальному критерію.

Для рішення задачі оптимального розміщення об'єктів обслуговування необхідно дотримуватись основних вимог, що висуваються до критерію.

Проаналізувавши задану структуру автоматизованої системи управління, зробивши висновки по вибору показника оптимізації, розглянувши принципи рішення задач в умовах невизначеності, для подальшого дослідження необхідно характеризувати метод пошуку найкоротших шляхів багатополісної мережі та порівняти їх характеристики.

2.2 Методи пошуку найкоротших шляхів багатополісної мережі та їх порівняльна характеристика

Визначення найкоротших шляхів відіграє значну роль при проектуванні маршрутів передачі інформації, аналізі і оптимізації ОП з цілю синтезу трактів і шляхів структури, що мають мінімальну ціну, максимальну надійність, пропускну здатність, найменше число транзитів і т.д.

Існуючі методи визначення найкоротших шляхів умовно розділяють на дві групи.

Інтерфейсні методи, що використовують нумерацію вузлів і ребер графа, що являє собою модель структури об'єкта проектування. До них відносяться метод Ханойської вежі, алгоритм Форда – Беллмана, Форда-Фокерсона і Беллмана-Каляба, Дейкстри і Флойда. При цьому перший із назначених алгоритмів застосовуємо при однотипній довжині ребер графів, решта – при довільних.

Матричні методи, що використовують операції над матрицями. Характерними представниками даної групи методів являються методи Шимбеля, Отермана і решти, при чому другий з них відрізняється від першого тим, що дозволяє окрім визначення безпосередньої величини безпосередніх шляхів провести його ідентифікацію, тобто відшукати послідовність вершин або ребер (дуг), що входять в нього.

Оскільки в якості основної вимоги до оставленої задачі виступає прийняття рішень по розміщенню заданих органів в структурі об'єкта, цілком

правомірно для формалізації і рішення задачі звернутися до науково-методичного апарату теорії прийняття рішень.

У відповідності з даною теорією всі задачі вироблення рішень за ознакою «умова вибору» поділяються на три групи:

Задачі прийняття рішень в умовах визначеності розгляд яких заснований на використанні детермінованих моделей і методів пошуку задовільних і оптимальних рішень. До них перш за все належать класичні методи варіаційного обчислення, лінійне, нелінійне, цілочислове і динамічне програмування, прямі і динамічні методи оптимального управління, класичні методи оптимізації (метод множників Лагранжа) і т.д.

Задачі вироблення рішень в умовах ризику, для рішення яких розроблені методи стохастичного лінійного, нелінійного і динамічного програмування;

Задачі прийняття рішень в умовах невизначеності. При аналізі яких прибігають до методів теорії ігор. При розгляді подібних задач використовуються різні критерії підходи до рішень, які називаються принципами вибору. Основними з них є принцип мінімакса-максиміна, або принцип Вальда, принцип мінімаксного ризику, або принцип Севіджа, принцип песимізму-оптимізму або принцип Гурвіца. Принцип недостатньої підстави, або принцип Бернуллі.

При використанні одного з вказаних індексних або матричних методів в роботі визначаються найкоротші шляхи від кожного елемента структури складної системи до кожного, тобто від кожної вершини графа-еквівалента структури до решти. Даний масив значень упорядковується в формі матриці найкоротших шляхів розглянутого об'єкта, яка в свою чергу служить основою застосування принципу гарантованого результату для прийняття рішення по розміщенню центрів управління та пунктів обслуговування, оскільки він найбільш адекватний задачі, що стоїть і дозволяє легко реалізувати процедуру пошуку мінімакса (максиміна) і мінісуми, що складають його основний зміст.

2.2.1 Індексні методи пошуку рішення екстремальних задач.

Розглянемо дану групу на прикладі алгоритму індексного методу Дейкстри, що містить наступні етапи.

Крок 1. Присвоїти вузлу S , від якого визначається найкоротші шляхи, позначку (індекс) $V_S = 0$, вважаючи цю позначку постійною, а всім іншим вузлам – позначки $V_j = \infty$ вважаючи їх змінними (тимчасовими).

Крок 2. Для всіх вузлів j суміжних вузлові $S = 1$, позначки яких тимчасові, перевірити виконання нерівності

$$V_j = l_{ij} + V_i \quad (2.2)$$

де l_{ij} – вага ребра (дуги) від i -ої вершини до j -ї.

Якщо нерівність виконується, то присвоїти j -му вузлові вагу $V_j = l_{ij} + V_i$, якщо не виконується, то вага не змінюється.

Крок 3. Серед усіх змінних позначок знайти найменшу $\min_{0 \in j} [V_i]$ і вважати її постійною попередній вершині, що відповідає даній позначці, з j на I і перейти до кроку 2 і т.д.

Крок 4. Алгоритм закінчує розрахунок величини найкоротшого шляху, коли вершина $j=1$, до якої визначається найкоротший шлях, одержить постійну позначку. Якщо потрібно знайти найкоротші шляхи від вершини S до всіх інших вузлів структури, то необхідно переходити до кроку 2, поки позначки всіх вершин не стануть постійними, після чого закінчує розрахункову частину своєї роботи, при цьому значення постійних позначок будуть дорівнювати величині найкоротших шляхів від джерела S до відповідних вершин.

Крок 5. Ідентифікація найкоротшого шляху виробляється виходячи з властивості вузла j (якщо він входить у найкоротший шлях) задовольняти рівності $V_j - l_{ij} \neq V_i$. Виділяючи послідовно від строку до джерела вершини (ребра, дуги), що задовольняють даній умові на вузлі i , визначається склад найкоротшого шляху від S до t . При $j=s$ процедура ідентифікації закінчується. З

усіх можливих перевірок даної рівності відтинаються перевірки для несумісних вершин, щодо поточної і для вершини, у яку «прийшли» з поточної, тобто поточної на останньому кроці перевірок, і крім того не виробляються. Перевірити рівності так само для всіх вершин, що уже ввійшли в найкоротший шлях на підставі попередніх кроків ідентифікації (оскільки контури, цикли і петлі ніколи не утримуватися у найкоротшому шлях, що очевидно).

На відміну від аналогів алгоритм Дейкстри припускає оптимальний перебір варіантів пошуку, що полягає у відшуканні підмножини перевірок нерівності, для несумісних вершин і вершин з постійною позначкою (тобто вершин, по яких вже «пройшли», а також поточної вершини) у силу того обчислювана (арифметична, тимчасова) складність методу складає $O(N^2)$, у той час як для усіх відомих аналогів вона дорівнює, як мінімум $O(N^1)$.

Блок схема алгоритму Дейкстранаведена в додатку А[29].

2.2.2 Матричні методи розрахунку найкоротших шляхів та їх оцінка.

Принципи роботи методів даної групи розглянемо на прикладі метода Шамбела.

Метод передбачає визначення найкоротших шляхів між всіма вузлами структури (без їх ідентифікації) шляхом піднесенням в ступінь №1 структурної матриці довжин $L = ||l_{ij}||$ (N – число вузлів в мережі) при дотриманні наступних правил:

операція множення замінюється алгебраїчною сумою, тобто $x * y = y * x$ відповідають $x + y = y + x$;

добуток будь-якого числа на $\infty \in \infty$, тобто $x * \infty = \infty$;

сума двох величин дорівнює мінімальному із додатків, тобто $x + y = \min(x, y)$.

Піднесення матриці L в n -у степінь розглядається, як послідовність $(n-1)$ – кратне добутку матриці L самої на себе.

$$L^* = L * L^{t-1} (\varepsilon = 1, \dots, r) \quad (2.3)$$

Якщо l_{ix} є елементом i -ої строки i -вого стовпчика матриці l , а $l_{xj}^{\varepsilon-1}$ елементом x -вої строки і j -того стовпця матриці, то по звичайним правилам множина матриці елементу i -тої строки j -того стовпця матриці l^* буде дорівнювати

$$l_{ij}^{\varepsilon} = l_{ij} * l_{1j}^{\varepsilon-1} + l_{2j}^{\varepsilon-1} + \dots + l_{ix} * l_{1j}^{\varepsilon-1} + \dots + l_{im} * l_{mj}^{\varepsilon-1} \quad (2.4)$$

При врахуванні правила 2.2.2 отримаємо

$$l_{ij}^{\varepsilon} = \min ((l_{i1} + l_{i1}^{\varepsilon-1}), (l_{i2} + l_{i2}^{\varepsilon-1}), \dots, (l_{ik} + l_{ik}^{\varepsilon-1}), \dots, (l_{im} + l_{mj}^{\varepsilon-1})) \quad (2.5)$$

Або у вигляді згортки із врахуванням комутативної множення і суми, у вигляді

$$l_{ij}^{\varepsilon} = \min_{k=1N} ((l_{ik} + l_{kj}^{\varepsilon-1}) = (l_{ik}^{\varepsilon-1} + l_{kj})) \quad (2.6)$$

де l_{ij}^{ε} - величина найкоротшого вузла I до j .

При піднесенні матриці L в степінь існує поріг ε^k , при якому $L^{\varepsilon} = L^{\varepsilon_{k+1}}$, тобто подальше множення матриці L^{ε} та L не призводить до зміни матриці L^{ε_k} , величина ε_k , при цьому, визначається максимальним числом ребер (максимальним рангом) найкоротших шляхів між будь якою парою вузлів в структурі, в границі $\varepsilon_k \leq L \leq 1$. Матриця L^{ε_k} називається дискретною і характеристичною.

Для спрощення розрахунків, якщо не потрібно визначати ранг шляху мінімальної ваги, тобто найкоротший, операції багатократного піднесення матриці L в степінь, можна замінити послідовним піднесенням утворених проміжних матриць в квадрат-множення їх на самих себе, тобто отримати $L^2, L^4, L^8, \dots, L^r$ ($r = N - 1$). В отриманих таким чином матрицях будуть знаходитись елементи, рівні величинам всіх найкоротших шляхів рангів, не

більше відповідно $2,4,8,\dots,r$. При введенні процедури порівняння кожної наступної проміжної матриці з попередньою, число матричних ітерацій, потрібних для досягнення необхідного результату, скорочується по можливості отримання на наступному кроці дисперсії матриці. Приведена відносно алгоритму Дейкстри. Розрахункова складність метода Шимбела складає $O(N^2)$ [8].

Цей метод є найбільш простим і наглядним.

2.3 Загальна структура методики оптимального топологічного розміщення об'єктів управління та обслуговування структури АСУ підприємства

Методика оптимального топологічного розміщення об'єктів управління та обслуговування структури АСУ підприємства буде мати наступний вигляд:

- 1 Ознайомлення з керуючими документами щодо тактико-технічних вимог до топологічного розміщення елементів управління та обслуговування. Вибір необхідних даних, їх аналіз.
- 2 Класифікація задач та аналіз критеріїв вироблення рішень в різних умовах;
- 3 Формування топологічної структури АСУ. Аналіз топології об'єкта, вибір показника оптимізації та його обґрунтування, щодо даної структури АСУ.
- 4 Вибір методу пошуку найкоротших шляхів в заданій структурі об'єкта, ознайомлення з порівняльною характеристикою методу пошуку найкоротших шляхів;
- 5 Формування задачі розміщення центрів управління та пунктів обслуговування всіх типів інфраструктури АСУ на основі рішення мінімакських та максимінних задач за заданим критерієм;
- 6 Отримання результатів рішення задачі оптимального топологічного розміщення спеціальних елементів структури АСУ за допомогою програмного продукту Nant14;

- 7 Формування висновків що результатів роботи, що буде проведена;
- 8 Прийняття рішення по оптимальному розміщенню спеціальних елементів структури АСУ.

Висновок до другого розділу

Дослідження методів визначення найкоротших шляхів що вони умовно розділяють на дві групи і мають свої недоліки і переваги, а саме:

- інтерфейсні методи, що використовують нумерацію вузлів і ребер графа, що являє собою модель структури об'єкта проектування. До них відносяться метод Ханойської вежі, алгоритм Форда – Беллмана, Форда-Фокерсона і Беллмана-Каляба, Дейкстри і Флойда. При цьому перший із назначених алгоритмів застосовуємо при однотипній довжині ребер графів, решта – при довільних;
- матричні методи, що використовують операції над матрицями. Характерними представниками даної групи методів являються методи Шимбеля, Отермана і решти, при чому другий з них відрізняється від першого тим, що дозволяє окрім визначення безпосередньої величини безпосередніх шляхів провести його ідентифікацію, тобто відшукати послідовність вершин або ребер (дуг), що входять в нього.

Таким чином, при використанні одного з вказаних індексних або матричних методів визначаються найкоротші шляхи від кожного елемента структури складної системи до кожного, тобто від кожної вершини графа-еквівалента структури до решти. Даний масив значень упорядковується в формі матриці найкоротших шляхів, яка в свою чергу служить основою застосування принципу гарантованого результату для прийняття рішення по розміщенню об'єктів управління та обслуговування, оскільки він найбільш адекватний

задачі, що стоїть і дозволяє легко реалізувати процедуру пошуку мінімакса (максиміна) і мінісуми, що складають його основний зміст.

РОЗДІЛ 3

ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ ЩОДО ОПТИМАЛЬНОГО ТОПОЛОГІЧНОГО РОЗІЩЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ

3.1 Формалізація задачі розміщення об'єктів управління елементів автоматизованої системи управління підприємством за принципом гарантованого результату за критерієм Вальда

При проектуванні, як розподілених, так і зосереджених систем, що мають дискретну структуру, виникає задача «найкращого» розміщення об'єктів управління посеред множини елементів структури об'єкту проектування. Наприклад, якщо об'єкт проектування представляє собою деяку групу територіально рознесених підсистем, то вершина графа, використовуємого в якості формальної моделі такої автоматизованої системи управління підприємством, будуть окремі підсистемами – елементи її структури, а ребрами (дугами) мережа доріг, каналів зв'язку або іншими комунікаціями. Необхідно оптимально розмістити об'єктів управління автоматизованої системи управління підприємством, тобто знайти вершину або вершини, що задовольняють заданому критерію розміщення.

Як правило, в більшості задач проектування, в якості таких критеріїв задаються:

- мінімальність часу проїзду;
- його вартість;
- відстань;
- число транзитів від місця розміщення об'єкту управління до найбільш віддаленого («найгіршого» відносно заданого критерію) елемента автоматизованої системи управління підприємством.

Таким чином задача розміщення об'єкту управління виливається в задачу пошуку найкращого з усіх найгірших варіантів рішень відносно умови, що

визначається заданим критерієм оптимальності. Задачі такого типу і називаються мінімаксними задачами розміщення (максимінними, якщо в якості критерію розглядається значення надійності, пропускної здатності і т.д).

Формалізація вказаних задач вельми зручна при використанні апарата теорії графів. В цьому випадку центр графа структури автоматизованої системи управління підприємством є місцем розміщення об'єкта управління і найбільш віддалена вершина графа буде знаходитись на мінімально можливій відстані в порівнянні з рештою можливих місць розміщення об'єкта управління.

Розглянемо реально механізм формалізації і рішення даної задачі. Будемо рахувати, що для будь якої вершини x_i з множини X вершини графа структури автоматизованої системи управління підприємством існує підмножина таких вершин x_j графа, яка досягається з вершини x_i за допомогою найкоротшого шляху зі зваженими довжинами $d(x_i x_j)$ і підмножина таких вершин X графа, з яких вершина x_i може бути досягнута з використанням найкоротших шляхів, що мають зважені довжини $d(x_i x_j)$.

Для кожної вершини графа x_i графа визначено три числа:

$$S_0(x_i) = \max_{x_j \in X} \{d(x_i x_j)\} \quad (3.1)$$

$$S_i(x_i) = \max_{x_j \in X} \{d(x_j x_i)\} \quad (3.2)$$

$$S_{0i}(x_i) = \max_{x_j \in X} \{d(x_i x_j) + d(x_j x_i)\}. \quad (3.3)$$

Ці числа відповідно називають числами зовнішнього, внутрішнього і зовнішньо-внутрішнього розподілення вершин x_i .

Вершина x_0^* для якої справедлива умова

$$S_0(x_0^*) = \min_{x_j \in X} \{S_0(x_j)\} = \min_{x_j \in X} \max_{x_j \in X} \{d(x_j x_i)\}. \quad (3.4)$$

називають зовнішнім центром графа, в ній розміщений відповідно зовнішній об'єкт управління автоматизованої системи управління

підприємством. Число $S_0(x_0^*)$ зовнішнього розподілу вершини x_0^* , що є зовнішнім центром графа, називається зовнішнім радіусом графа.

$$P_0 = S_0(x_0^*) \quad (3.5)$$

Вершина x_i^* , число внутрішнього розподілу якого задовольняє умові

$$S_i(x_i^*) = \min_{x_j \in X} \{S_i(x_j)\} = \min_{x_j \in X} \max_{x_j \in X} \{d(x_j x_i)\}. \quad (3.6)$$

називається внутрішнім центром графа. В ній відповідно розміщується внутрішній об'єкт управління автоматизованої системи управління підприємством. Аналогічно зовнішньому, внутрішній радіус графа буде дорівнювати

$$P_i = S_i(x_i^*). \quad (3.7)$$

Деяка вершина x_{0i}^* , число зовнішньо-внутрішнього розподілу, яка задовольняє умові

$$S_{0i}(x_{0i}^*) = \min_{x_j \in X} \{S_{0i}(x_j)\} = \min_{x_j \in X} \max_{x_j \in X} \{d(x_j x_{0i}) + d(x_j x_i)\}. \quad (3.8)$$

називається зовнішньо внутрішнім центром графа, відповідно розміщується об'єкт управління автоматизованої системи управління підприємством. При цьому зовнішньо-внутрішній радіус графа буде визначатись виразом

$$P_{0i} = S_{0i}(x_{0i}^*). \quad (3.9)$$

Як висновок необхідно відмітити, що граф може містити декілька центрів кожного типу, тобто в такому випадку при розміщенні відповідних об'єктів управління в структурі автоматизованої системи управління підприємствоме вибір, що дозволяє включати допоміжні умови для реалізації кінцевого варіанта розміщення.

Слід також підкреслити, що зовнішній об'єкту управління характеризує відповідну вершину «на передачу», тобто властивість виконувати задану умову при досягненні її рештою вершин з гарантованим обхватом P_0 . Аналогічно внутрішній об'єкту управління описує вершину з точки зору її властивостей «на прийом», тобто на її досягнення зі сторони решти вершин з гарантованим діапазоном P_i . Зовнішньо-внутрішній об'єкти управління представляють собою вершини, де гарантовано, з радіусом P_{0i} , враховуються її властивості як «на передачу», так і «на прийом» [10].

3.2 Проектування місць розміщення об'єктів обслуговування елементів автоматизованої системи управління підприємством за принципом недостатньої підстави за критерієм Бернуллі

Широко розповсюджена і інша група задач розміщення. Мова йде про оптимальне, відносно заданого критерію, розміщення об'єктів обслуговування в структурі автоматизованої системи управління підприємством, при цьому, як правило, основними вимогами є мінімальність суми відстаней до всіх вершин графа від нього і навпаки. Задачі даного типу відносяться до міні сумних задач розміщення. Для проектування місць розміщення об'єктів обслуговування елементів автоматизованої системи управління підприємством застосування апарату теорії графів, дасть можливість отримати результати рішення міні сумних задач медіани графа автоматизованої системи управління підприємством за принципом Бернуллі.

Розглянемо детальніше механізм формалізації рішення даної задачі.

Для кожної вершини визначимо три числа $\delta_0(x_i)$, $\delta_i(x_i)$, $\delta_{0i}(x_i)$

$$\delta_0(x_i) = \sum_{x_j \in x} d(x_i, x_j) \quad (3.10)$$

$$\delta_i(x_i) = \sum_{x_j \in x} d(x_j, x_i) \quad (3.11)$$

$$\begin{aligned} \delta_{0i}(x_i) &= \sum_{x_j \in x} [d(x_i, x_j) + d(x_j, x_i)] = \\ &= \sum_{x_j \in x} d(x_i, x_j) + \sum_{x_j \in x} d(x_j, x_i) = \delta_0(x_i) + \delta_i(x_i), \end{aligned} \quad (3.12)$$

які називають відповідно зовнішніми, внутрішніми і зовнішньо-внутрішніми передаточними числами в вершинах x_i .

Вершина \bar{x}_0 для якої виконується умова

$$\delta_0(\bar{x}_0) = \min_{x_i \in x} \{\delta_0(x_i)\} = \min_{x_i \in x} \left\{ \sum_{x_j \in x} d(x_i, x_j) \right\}, \quad (3.13)$$

яка називається зовнішньою медіаною графа, в ній розміщена відповідно зовнішній об'єкт обслуговування автоматизованої системи управління підприємством.

Вершина \bar{x}_i внутрішнє передатне число, що визначається виразом

$$\delta_i(\bar{x}_i) = \min_{x_i \in x} \{\delta_i(x_i)\} = \min_{x_i \in x} \left\{ \sum_{x_j \in x} d(x_j, x_i) \right\}. \quad (3.14)$$

являється внутрішньою медіаною графа. В ній розміщується внутрішній об'єкт обслуговування автоматизованої системи управління підприємством.

І останнє, деяка вершина \bar{x}_{0i} , що задовольняє умові

$$\begin{aligned} \delta_{0i}(\bar{x}_{0i}) &= \min \{ \delta_{0i}(x_i) \} = \min \left\{ \sum_{x_j \in x} [d(x_i, x_j) + d(x_j, x_i)] \right\} = \\ &= \min \left\{ \sum_{x_j \in x} d(x_i, x_j) + \sum_{x_j \in x} d(x_j, x_i) \right\} = \min \{ \delta_0(x_i) + \delta_i(x_i) \}. \end{aligned} \quad (3.15)$$

називається зовнішньо-внутрішньою медіаною графа, в ній розміщується зовнішньо-внутрішній об'єкт обслуговування автоматизованої системи управління підприємством.

Очевидно, що граф може включати в себе декілька медіан кожного типу, тобто в структурі автоматизованої системи управління підприємством може бути ряд вершин, де також на вибір слід розмістити об'єкт обслуговування, що має в цьому випадку відповідати властивість мінімальності суми відстаней від нього до решти вершин графа, або до нього від всіх вершин, або тим і іншими властивостями одночасно [10].

3.3 Програмна реалізація задач оптимального топологічного розміщення об'єктів управління та обслуговування всіх типів

Програмний продукт реалізації задач оптимального топологічного розміщення об'єктів управління та обслуговування всіх типів може бути на основі програмних додатків операційної системи Windows і називатися Project.exe.

Програмна реалізація задач оптимального топологічного розміщення об'єктів управління та обслуговування має послідовність рішення задач та включає в себе такі блоки:

Блок 1. Формування вихідної матриці (матриці найкоротших шляхів). Їх розмірність задається заздалегідь всіма, заповнюється в довільному порядку, згідно заданих вихідних даних.

Блок 2. У відповідності з (3.1) визначаються і записуються в вектор $S1$ Максимальні значення елементів в строках вихідної матриці.

Блок 3. У відповідності з (3.2) визначаються, записуються в вектор $S2$ максимальні значення елементів в стовпчиках вихідної матриці.

Блок 4. З елементів масиву $S1$ у відповідності з (3.1), (3.5) знаходиться мінімальний шлях, при цьому запам'ятовується його номер і значення.

Блок 5. Виконується вивід результатів рішення, виводиться номер вершини (вершин) зовнішнього об'єкта управління і величина зовнішнього радіуса графа.

Блок 6. З елементів масиву S_2 згідно (3.6) (3.7) знаходиться мінімальний, його номер і значення зберігаються.

Блок 7. Організовується вивід результатів рішення виводиться номер вершини (вершин) внутрішнього центру управління і величина внутрішнього радіуса графа.

Блок 8. У відповідності з (3.3) попарно враховуються суми елементів одноіменних строк і стовпчиків вихідної матриці, яких знаходиться максимальне значення, що записується в вектор S_4 .

Блок 9. З елемента масиву S_4 згідно (3.8) і (3.9) вибирається мінімальний і блоком 10 відповідний йому номер вершини (вершини) зовнішньо-внутрішнього об'єкту управління і значення зовнішньо-внутрішнього радіуса графа.

Блок 11. У відповідності з (3.10) і (3.12) виконується додавання значень елементів по строках вихідної матриці, результати додавання запам'ятовуються в обнулених після попереднього використання масивах S_1 та S_2 відповідно.

Блок 12. З елементів масиву S_1 згідно (3.13) і знаючи мінімальний.

Блок 13. Виводиться оптимальний результат – номер вершини (вершин) зовнішнього інтерфейсу обслуговування.

Блок 14. З елементів масиву S_2 згідно (3.14) знаходиться мінімальний.

Блок 15. Виводиться оптимальний результат – номер вершини (вершин) внутрішнього об'єкту обслуговування.

Блок 16. Згідно (3.14) по елементно додаються значення векторів S_1 та S_2 і отримані суми сум заносяться в обнулений масив S_3 .

Блок 17. Виводиться відповідний номер вершини (вершин) зовнішньо-внутрішнього об'єкту обслуговування.

Реалізація послідовності рішення задачі у вигляді програмного продукту дозволяє перевірити правильність математичного апарату та досить наочно

продемонструвати перспективи практичного його застосування. Для вирішення даної задачі може бути використане середовище програмування Delphi, яке дозволяє у значному ступені використовувати обчислювані ресурси сучасних ЕОМ, що забезпечить вирішення задачі з необхідною точністю та у дуже стислі терміни часу. Також використання у Delphi принципів об'єктно-орієнтованого програмування значно спростить процес розробки прикладного програмного забезпечення [30].

Для спрощення вводу-виводу даних та більшої наочності при користування програмою, її інтерфейс представлений формою. Код програми відповідно, буде складатися з модулів. На головній формі формується вихідна матриця. Модуль програми, що відповідає основній формі, містить основну частину коду. Розглянемо його основні структурні елементи.

За допомогою компонента задається кількість вершин графа, між якими необхідно визначити найкоротші шляхи, в даній програмі.

Кількість вершин обмежена і обмеження становить 15 вершин. Хоча при необхідності може бути збільшена чи зменшена.

За допомогою компонента складається матриця шляхів, в разі відсутності зв'язку між вершинами водиться символ.

Процедура, що обробляє подію здійснює усі необхідні розрахунки та побудову матриці найкоротших шляхів згідно алгоритму пошуку найкоротших шляхів на основі метод Шимбела.

Процедура, що обробляє подію починає пошук в отриманій матриці найкоротших шляхів точок найбільш оптимального розміщення зовнішніх, внутрішніх та зовнішньо-внутрішніх центрів управління та пунктів обслуговування в заданій структурі розподіленого об'єкта, а також відповідних їм радіусів. Результат пошуку виводиться в компоненти S_6 – зовнішній об'єкт управління; S_t – внутрішній об'єкт управління; S_{0t} – зовнішньо-внутрішній центр управління; V_0 - зовнішній пункт обслуговування; V_t – внутрішній об'єкт обслуговування, V_{0t} – зовнішньо-внутрішній об'єкт обслуговування, що спостерігаємо на формі з результатами роботи.

Розроблена послідовність рішення задачі може бути реалізована у вигляді програмного продукту за допомогою персональної ЕОМ у середовищі програмування Delphi, що дозволяє вирішувати задані розміщення об'єктів управління та обслуговування в заданій структурі АСУ з урахуванням відстані між об'єктами.

3.4 Застосування методики оптимального топологічного розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством

Структура методики оптимального топологічного розміщення об'єктів управління та обслуговування структури автоматизованої системи управління підприємством включає:

- ознайомлення з керуючими документами щодо тактико-технічних вимог до топологічного розміщення елементів управління та обслуговування. Вибір необхідних даних, їх аналіз;
- класифікація задач та аналіз критеріїв вироблення рішень в різних умовах;
- формування топологічної структури автоматизованої системи управління підприємством. Аналіз топології об'єкта, вибір показника оптимізації та його обґрунтування, щодо даної структури автоматизованої системи управління підприємством;
- вибір методу пошуку найкоротших шляхів в заданій структурі автоматизованої системи управління підприємством, ознайомлення з порівняльною характеристикою методу пошуку найкоротших шляхів;
- формування задачі розміщення об'єктів управління та обслуговування всіх типів інфраструктури автоматизованої системи

управління підприємствомна основі рішення мінімаксних та максимінних задач за заданим критерієм;

- отримання результатів рішення задачі оптимального топологічного розміщення елементів структури автоматизованої системи управління підприємствомза допомогою розробленого програмного продукту;
- формування висновків щодо результатів роботи, що буде проведена;
- прийняття рішення по оптимальному розміщенню елементів структури автоматизованої системи управління підприємством.

Застосуємо дану методику для рішення практичної задачі. При виборі топологічної структури автоматизованої системи управління підприємствомпобудуємо її у вигляді графів (Рис 3.1).

Де вершини графа x_1, x_2, \dots, x_q – це об’єкти управління, решта вершин, окрім x_1 – це центр управління підприємством, на підпорядкуванні їм об’єкти забезпечення.

Ребра графа є відстані між даними об’єктами, розділені на певні коефіцієнти.

При рішенні задачі розміщення об’єктів управління та обслуговування в даній структурі по розробленій методиці за допомогою програмного продукту, отримаємо наступний результат.

А саме:

- об’єкти управління всіх типів пропонується розмістити в вершинах x_1 та x_6 ;
- об’єкти обслуговування всіх типів в вершині x_3 .

У разі деградації автоматизованої системи управління та виходу із ладу вершини x_1 – центру управління підприємством, за методикою пропонується управління перемістити в вершину x_3 .

Висновок до третього розділу

Формалізація вказаних задач вельми зручна при використанні апарата теорії графів. В цьому випадку центр графа структури автоматизованої системи управління підприємством є місцем розміщення центру управління об'єкта і найбільш віддалена вершина графа буде знаходитись на мінімально можливій відстані в порівнянні з рештою можливих місць розміщення центру управління.

Як уже відмічалось вище розглянута група мінімаксних (максимінних) задач витікає з широкого використовуємого в теорії прийняття рішень принципу гарантованого результату. Цей же принцип лежить в основі багатьох положень теорії ігор, наприклад при визначенні нижньої і верхньої вартості парної гри $M \times N$ в різних стратегіях.

Очевидно, що граф може включати в себе декілька медіан кожного типу, тобто в структурі автоматизованої системи управління підприємством може бути ряд вершин, де також на вибір слід розмістити об'єкти обслуговування, що має в цьому випадку відповідати властивість мінімальності суми відстаней від нього до решти вершин графа, або до нього від всіх вершин, або тим і іншими властивостями одночасно.

Отже, на основі рішення практичної задачі приходимо до висновку, що дана методика розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством є правильною і відповідає всім необхідним вимогам.

ВИСНОВОК

1. Поставлене в роботі наукове завдання, щодо оптимізації топологічного розміщення об'єктів управління та обслуговування автоматизованої системи управління підприємством вирішене.

2. Загальним висновком по кожному етапу виконаної роботи є те, що в роботі були розглянуті різні види існуючих методів рішення задач такого типу, кожен з них є по своєму справедливим. Для розміщення об'єктів управління та обслуговування було здійснено мінімізацію відстаней між об'єктами, що привело до більш економічного використання ресурсів підприємства.

Максимальний результат і мінімум ризику – це і є результат. Його можливо досягнути лише завдяки ретельному дослідженню топології об'єкта проектування, оптимальному підбору методів пошуку екстремальних шляхів.

3. Основні наукові результати, які отримані в роботі та їх наукова цінність:

- результати аналізу життєвого циклу, структури автоматизованої системи управління підприємством та задач і критеріїв прийняття рішень щодо розміщення її елементів дали можливість визначити основні об'єкти структури автоматизованої системи управління підприємством – управління та забезпечення;
- обґрунтування методу пошуку рішення, щодо проектування місць автоматизованої системи управління підприємством. Наукова цінність полягає в тому, що цей метод дав можливість проектувати розміщення об'єктів управління за принципом гарантованого результату за критерієм Вальда;
- обґрунтування методів пошуку рішення, щодо проектування місць розміщення об'єктів обслуговування автоматизованої системи управління підприємством. Наукова цінність полягає в тому, що цей метод дав можливість проектувати розміщення об'єктів обслуговування за принципом недостатньої підстави за критерієм Бернуллі;

- обґрунтування і застосування методики оптимального топологічного розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством, яка включає способи пошуку рішення, щодо проектування місць розміщення об'єктів управління та обслуговування автоматизованої системи управління підприємством. Наукова цінність полягає в тому, що ця методика дала можливість оптимізувати топологію розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством, що привело до економії матеріальних ресурсів.

4. Практичним результатом в роботі є обґрунтування і застосування методики оптимального топологічного розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством, яка включає способи пошуку рішення, щодо проектування місць розміщення об'єктів управління та обслуговування автоматизованої системи управління підприємством. Практична цінність полягає в тому, що ця методика дала можливість оптимізувати топологію розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством, що привело до економії матеріальних ресурсів.

5. Результати роботи апробувались на семінарських заняттях і круглих столах в закладах вищої світи України, а їх впровадження можливе в невеликих підприємствах, при рішенні задачі оптимізації розміщення об'єктів управління та обслуговування. А саме об'єкти управління всіх типів пропонується розмістити в вершинах x та x_6 , а об'єкти обслуговування всіх типів в вершині x_3 . У разі деградації автоматизованої системи управління та виходу із ладу вершини x_1 – центру управління підприємством, за методикою пропонується управління перемістити в вершину x_3 .

6. На основі рішення практичної задачі приходимо до висновку, що дана методика оптимального топологічного розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством дає можливість оптимізувати топологію та її застосування приведе до економії матеріальних ресурсів підприємства.

Отже мета роботи щодо оптимізації топологічного розміщення елементів АСУ підприємством за заданих показниках мінімальних затрат досягнута.

7. Напрямом подальших досліджень є аналіз, порівняння та застосування інших методів прийняття оптимальних рішень під час вибору топологічного розміщення елементів автоматизованої системи управління підприємством.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизовані системи. Терміни та визначення: ДСТУ 2226-93. – К.:–УкрНДІССІ, 1994, 92 с.
2. Автоматизована система управління[Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://znaimo.com.ua/Автоматизована_система_управління#link19.
3. Класи структур АСУ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: www.support17.com/component/content/471.html?task=view.
4. Комп'ютерні мережі: [навчальний посібник] / А. Г. Микитишин, М. М. Митник, П. Д. Стухляк, В. В. Пасічник. — Львів: «Магнолія 2006», 2013. – 256 с.
5. Буров Є. В. Комп'ютерні мережі: підручник / Євген Вікторович Буров. — Львів: «Магнолія 2006», 2010. – 262 с.
6. Медведев Н. Г. Аспекти інформаційної системи віртуальних приватних мереж / Н. Г. Медведев, Д.В. Москалик. – К: Европ. ун-та, 2002.
7. Демидов Б.А. Системно-концептуальные основы деятельности в военно-технической области: в 3 кн. Кн. 2. Организационно-методические основы деятельности в военно-технической области / Б.А. Демидов, А.Ф. Величко, И.В. Волощук; под ред. Б.А. Демидова. – К.: Технологічний парк, 2006. – 1152 с.
8. Информационные технологии в системах управления силами ВМФ (теория и практика, состояние и перспективы развития). –СПб.: Элмор, 2005. – 832 с.
9. Меньков А.В. Теоретические основы автоматизированного управления: Учебник для вузов / А.В. Меньков, В.А. Острейковский. – М.: Оникс, 2005. – 640 с.
10. Умрихин Ю.Д. Автоматизации проектирования сложных цифровых систем обработки информации и управления (реального времени) / Ю.Д. Умрихин, Г.А. Поляков. – М.: Минрадиопром, 1985. – 228 с

11. Ehrgott M. Multicriteria optimization. 2nd ed. Berlin, Springer Press, 2005, 323 p.
12. Saaty T. Decision making with the analytic hierarchy process. // International Journal of Services Sciences. 2008. № 1 (1)
13. Saaty T. L. The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. New York, McGraw-Hill, 1980, 281 p..
14. Gavalec M., Ram'ík J., Zimmermann K. Decision making and optimization. Cham, Springer Press, 2015, 225 p. (Vol. 677 of Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems)
15. Krivulin N. Rating alternatives from pairwise comparisons by solving tropical optimization problems. 2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), IEEE, 2015, pp. 162–167.
16. Krivulin N. Using tropical optimization techniques to evaluate alternatives via pairwise comparisons. 2016 Proceedings 7th SIAM Workshop on Combinatorial Scientific Computing. SIAM, 2016, pp. 62–72.
17. van Laarhoven P. J. M., Pedrycz W. A fuzzy extension of Saaty's priority theory. Fuzzy Sets and Systems, 1983, vol. 11, no. 1–3, pp. 229–241.
18. Ahn B. S. The analytic hierarchy process with interval preference statements. Omega, 2017, vol. 67, pp. 177–185.
19. Podinovski V. V. Interval articulation of superiority and precise elicitation of priorities. European J. Oper. Res., 2007, vol. 180, no. 1, pp. 406–417.
20. Koczkodaj W. W., Orłowski M. Computing a consistent approximation to a generalized pairwise comparisons matrix. Comput. Math. Appl., 1999, vol. 37, no. 3, pp. 79–85.
21. González-Pachón J., Rodríguez-Galiano M. I., Romero C. Transitive approximation to pairwise comparison matrices by using interval goal programming. J. Oper. Res. Soc., 2003, vol. 54, no. 5, pp. 532–538.
22. Dahl G. A method for approximating symmetrically reciprocal matrices by transitive matrices. Linear Algebra Appl., 2005, vol. 403, pp. 207–215.

23. Golan J. S. Semirings and affine equations over them. New York, Springer Press, 2003, 256 p. (Vol. 556 of Mathematics and its Applications)
24. Fishburn, P. Conjoint measurement in utility theory with incomplete product sets // Journal of Mathematical Psychology, 1967. № 4(1): 104-119.
25. Simanaviciene R. and Ustinovichius L. Sensitivity analysis for multiple criteria decision-making methods: TOPSIS and SAW. // Procedia Social and Behavioral Sciences. 2010. № 2.
26. Heidergott B., Olsder G. J., van der Woude J. Max Plus at work. Princeton, Princeton University Press, 2006, 226 p. (Princeton Series in Applied Mathematics).
27. Валькман Ю. Р. Моделирование НЕ-факторов – основа интеллектуализации компьютерных технологий / Ю.Р. Валькман, В.С. Быков, А.Ю. Рыхальский // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2007. – №1. – С. 39-61.
28. Математичні методи вирішення багатокритеріальних завдань [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/bitstream/123456789/2459/1/16.pdf>.
29. Графічні символи, що їх використовують на устаткуванні. Показчик та огляд (ІЗО 7000:2004, ЮТ): ДСТУ ІЗО 7000:2004. – [Чинний від 2006-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – IV, 231 с. – (Національний стандарт України).
30. Офіційний сайт Delphi [електронний ресурс].– Режим доступу: <https://www.delphiplus.org/delphi6-object-pascal/instrukciya-case.html> – Дата доступу: 07.11.2021.

ДОДАТОК А

АЛГОРИТМ ДЕЙКСТРА

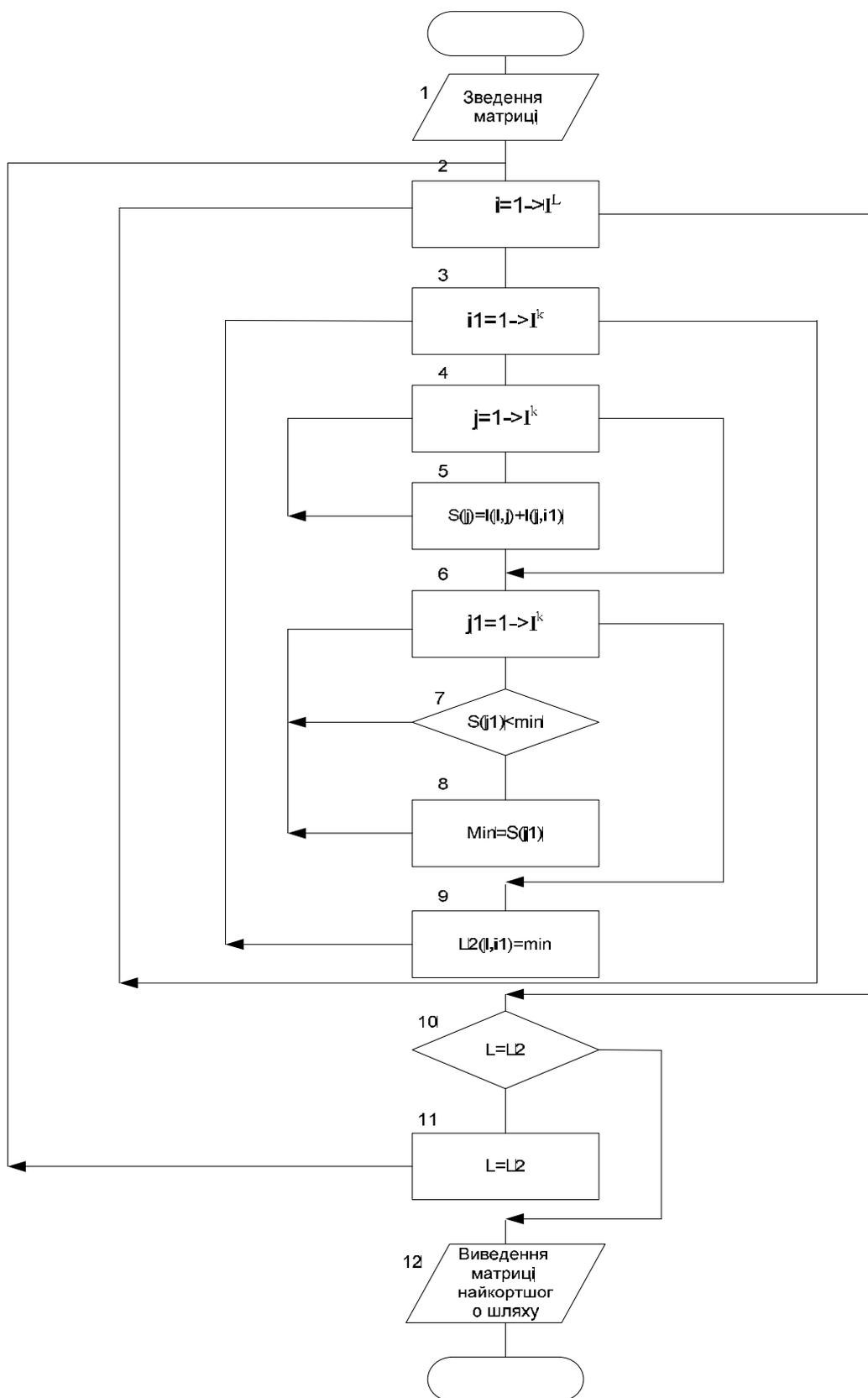


Рисунок А1 – Блок схема алгоритму Дейкстра