

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Інститут електроенергетики
(інститут)
Факультет інформаційних технологій
(факультет)
Кафедра системного аналізу та управління
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра
(бакалавра, магістра)
студентки Кондрацової Катерини Костянтинівни
(ПІБ)
академічної групи 124м-22-1
(шифр)
спеціальності 124 «Системний аналіз»
(код і назва спеціальності)
спеціалізації Системний аналіз
за освітньо-професійною програмою Системний аналіз
(офіційна назва)
на тему
Удосконалення еволюційного методу розв'язання транспортних задач
логістики на прикладі мережі АЗС
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційно ї роботи	Желдак Т.А.			
розділів:				
Інформаційно- аналітичний	Желдак Т.А.			
Спеціальний	Желдак Т.А.			
Рецензент	Мещеряков Л.І.			
Нормоконтроле р	Хом'як Т.В.			

Дніпро
2023

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
Системного аналізу і управління

_____ к.т.н, доц. Желдак Т.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2023 року

Завдання
на кваліфікаційну роботу
ступеня магістра
(бакалавра, магістра)

студентці Кондрацовій Катерині Костянтинівні академічної групи 124М-22-1
(прізвище та ініціали) (шифр)
спеціальності 124 - Системний аналіз
на тему «Удосконалення еволюційного методу розв'язання транспортних
задач логістики на прикладі мережі АЗС», затверджену наказом ректора НТУ
«Дніпровська політехніка» від 09.10.2023 № 1227-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Інформаційно-аналітичний	<i>Проаналізувати проблеми на об'єкті дослідження, часові та статистичні характеристики розходу пального на АЗС. Виконати аналіз можливих методів розв'язання задачі керування запасами</i>	10.10.2023
Спеціальний	<i>Удосконалити метод оптимізації логістичних процесів на підприємстві Оцінити ефективність реалізації, дати рекомендації щодо досліджених методів</i>	20.11.2023

Завдання видано _____ к.т.н, доц. Желдак Т.А.
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі _____ 01.09.2023

Дата подання до екзаменаційної комісії _____ 12.12.2023

Прийнято до виконання _____ Кондрацова К.К.
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 86 сторінок, 17 таблиць, 20 рисунків, 4 додатків, 20 джерел.

Об'єкт дослідження: логістичні процеси постачання пального в мережі АЗС ПАТ «Н-трейдинг».

Предмет дослідження: створення інформаційних систем підтримки прийняття рішень щодо оптимізації логістичних процесів в мережі АЗС.

Проблема управління запасами є однією з найважливіших в організаційному управлінні. Але, як правило, в цій області не існує типових рішень - умови на кожному підприємстві або фірмі унікальні і включають безліч обмежень і різних особливостей. З цим пов'язані і проблеми, що виникають при розробці математичної моделі і визначенні оптимальної стратегії управління запасами.

Мета роботи: покращення техніко-економічних показників роботи мережі АЗС за рахунок оптимізації витрат на логістичні процеси.

В *інформаційно-аналітичному розділі* розглянуто діяльність ПАТ «Н-трейдинг», а також структура формування запасів на підприємстві, приводиться загальна схема побудови оптимальної стратегії управління запасами. При цьому враховується існуючий ряд обмежень на об'єми замовлень.

У *спеціальному розділі* описані алгоритми та реалізації інформаційних систем розподілу пального між АЗС та бензовозами шляхом випадкового пошуку та задачу визначення пріоритету обслуговування АЗС методом аналізу ієрархій. Виконано порівняння двох алгоритмів та дано рекомендації щодо їх застосування.

Практична цінність роботи полягає в створенні інформаційних систем підтримки прийняття рішень при управлінні запасами, яка дозволяє звести до мінімуму об'єм загальних очікуваних витрат за весь період планування запасів і досягти бажаного рівня обслуговування споживачів.

МОДЕЛЬ, ЗАПАСИ, УПРАВЛІННЯ, ПРОГНОЗУВАННЯ, ПОСТАЧАЛЬНИКИ, СПОЖИВАЧІ, НАДІЙНІСТЬ, ВИТРАТИ, КАПІТАЛ.

ABSTRACT

Explanatory note: 86 pages, 17 tables, 20 drawings, 4 apps, 20 sources.

Object of study: inventory control processes in fuel stations network of "N-trading" PJSC.

Subject of research: management information systems software inventory of fuel at gas stations and prioritize their services.

The problem of inventory management is one of the most important in organizational management. But as a rule, in that there is no standard solutions provided for each company or firm unique and include many different features and limitations. Resulting in the mathematical models development and the optimal strategy determining for inventory management related to this problem.

Objective: To improve the technical and economic performance of oil stations network by optimizing the costs of inventory control.

In the information-analytical section covers the activities of "N-trading" and structure formation of stocks in the company, driven by a general scheme for constructing optimal strategies of inventory control. This takes into account a number of existing limits on volume orders.

A special section describes the algorithms and implementation of information systems division between fuel stations and fuel trucks through random search and the task of determining priority of service stations by analytic hierarchy process. A comparison of two algorithms was made and recommendations for their application were given.

The practical value of the work is to create information systems for decision-making in inventory management is to minimize the amount of total expected costs over the entire planning period stocks and achieve the desired level of customer service.

MODEL, STOCK, MANAGEMENT, FORECASTING, SUPPLIERS, CONSUMERS, RELIABILITY, COST OF CAPITAL.

ЗМІСТ

	Стор.
Перелік умовних скорочень	6
ВСТУП	7
1. ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 ТОВ «Н-трейдинг» як об'єкт господарської діяльності	9
1.2 Технологічний процес транспортної логістики	16
1.3 Визначення проблеми та постановка задачі дослідження	21
1.4 Відомі методи розв'язання транспортних задач логістики	23
1.5 Метод аналізу ієрархій в задачах прийняття рішень	30
1.6 Культурний алгоритм вирішення оптимізаційних задач	38
1.7 Висновки до розділу	40
2. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	44
2.1 Задача оптимізації маршрутів розвезення палива	44
2.2 Розв'язання задачі оптимізації маршрутів розвезення палива генетичним алгоритмом	47
2.3 Розв'язання задачі оптимізації маршрутів розвезення палива культурним алгоритмом та порівняння рішень	56
2.4 Задача вибору черговості обслуговування АЗС	61
2.5 Розв'язання задачі вибору черговості обслуговування АЗС	65
2.6 Висновки до розділу	70
ВИСНОВКИ	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75
ДОДАТКИ	77
Додаток А. Матеріали дипломної роботи	77
Додаток Б. Відгук наукового керівника	78
Додаток В. Лістинг програмного забезпечення, що реалізує генетичний алгоритм для розв'язання задачі оптимізації завантаження бензовозів	79
Додаток Г. Лістинг програмного забезпечення, що реалізує культурний алгоритм для розв'язання задачі оптимізації завантаження бензовозів	83
Додаток Д. Динаміка заробітної плати по підприємству ПАТ «Н-Трейдинг»	86

Перелік умовних скорочень

ПАТ – публічне акціонерне товариство;

АЗС – автозаправна станція;

ПММ – паливно-мастильні матеріали;

ГА – генетичний алгоритм;

КА – культурний алгоритм;

ЦФ – цільова функція.

ВСТУП

Великий інтерес до оптимізації рівня запасів викликаний, насамперед, складним становищем, у якому виявилися багато вітчизняних підприємств після початку перебудови економіки. Незважаючи на досить тривалий період розвитку нових відносин між операторами ринку, сучасна вітчизняна практика керування запасами, найчастіше, характеризується:

- стихійно або традиційно сформованою методикою керування запасами,
- високим рівнем помилок прогнозування потреби в запасі, викликаним нестабільністю економічного середовища,
- недостатньою статистичною базою розрахунку рівня запасів і зв'язаним з цією відсутністю спроб алгоритмізації роботи з керування запасами, слабкою взаємодією служб різних функціональних областей логістики, зв'язаних з формуванням запасів,
- відсутністю чітко сформульованої логістичної стратегії керування запасами.

Проблема керування запасами є однією з найбільш важливих в організаційному керуванні. Але, як правило, у цій області не існує типових рішень - умови на кожному підприємстві або фірмі унікальні і включають безліч обмежень і різних особливостей. З цим зв'язані і проблеми, що виникають при розробці математичної моделі і визначенні оптимальної стратегії керування запасами. Всі викладені фактори визначають актуальність теми даної дипломної роботи.

Об'єктом дослідження в роботі є логістичні процеси постачання пального в мережі АЗС ПАТ «Н-трейдинг».

Мета дипломної роботи: покращення техніко-економічних показників роботи мережі АЗС за рахунок оптимізації витрат на логістичні процеси.

Предметом дослідження було обрано створення інформаційних систем підтримки прийняття рішень щодо оптимізації логістичних процесів в мережі АЗС.

У даній роботі досліджується діяльність ПАТ «Н-трейдинг», а також структура формування запасів на підприємстві, приводиться загальна схема побудови оптимальної стратегії управління запасами. При цьому враховується існуючий ряд обмежень на об'єми замовлень, обумовлених витратами та транспортування пального та на місткість бензовозів.

Раніше в роботі бакалавра для поставлених у роботі задач та реалізації інформаційних систем були обрані алгоритми відповідно: для розподілу пального між АЗС та бензовозами – генетичний алгоритм, для задачі визначення пріоритету обслуговування АЗС – метод аналізу ієрархій.

В даній роботі виконується дослідження альтернативних методів, які мають на меті підвищити швидкість отримання рішень та їх повторюваність. Також буде виконано порівняння рішень, отриманих запропонованим методом і попередніми, та будуть дані рекомендації щодо подальшого використання розглянутих методів для розв'язання кола оптимізаційних задач.

Практична цінність представленої роботи полягає в створенні інформаційних систем підтримки прийняття рішень при управлінні запасами, яка дозволяє звести до мінімуму об'єм загальних очікуваних витрат за весь період планування запасів і досягти бажаного рівня обслуговування споживачів.

1 ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 ПАТ «Н-трейдинг» як об'єкт господарської діяльності.

«Н-трейдинг» була заснована 1945 року як виробниче об'єднання, що включало всі нафтовидобувні підприємства на території України. Після розпаду СРСР і початку приватизації в Україні «Н-трейдинг» 1994 року була перетворена на акціонерне товариство. У 1995-1997 роках майже половину акцій компанії було продано приватним інвесторам. 1998 року уряд передав 50%+1 акцію «Н-трейдинг» до статутного фонду державної компанії «Нафтогаз України». 1999 року «Н-трейдинг» запустила програму американських депозитарних розписок першого рівня.

У 2000-х роках «Н-трейдинг» придбала чималу мережу автозаправних станцій. На сьогодні компанії належать 563 АЗС по всій території України. «Н-трейдинг» - найбільша нафтогазовидобувна компанія України. Її видобуток в 2021 році склав 2,27 млн. тон нафти та конденсату та 2,17 млрд. куб.м газу. Частина Публічного акціонерного товариства (далі – ПАТ) «Н-трейдинг» в видобутку нафти та газового конденсату складає 68%, в видобутку газу - 11%.

Центральний офіс «Н-трейдинг» розташований у Києві. 50% + 1 акція компанії належить НАК «Нафтогаз України». Акції «Н-трейдинг» котируються на «Українській біржі» (Київ). Вони включені до індексу Української біржі, що є головним показником активності ринку акцій України. Депозитарні розписки на акції «Н-трейдинг» торгуються на Франкфуртській фондовій біржі.

Структура керування ПАТ «Н-трейдинг» представлена на рисунку 1.1.

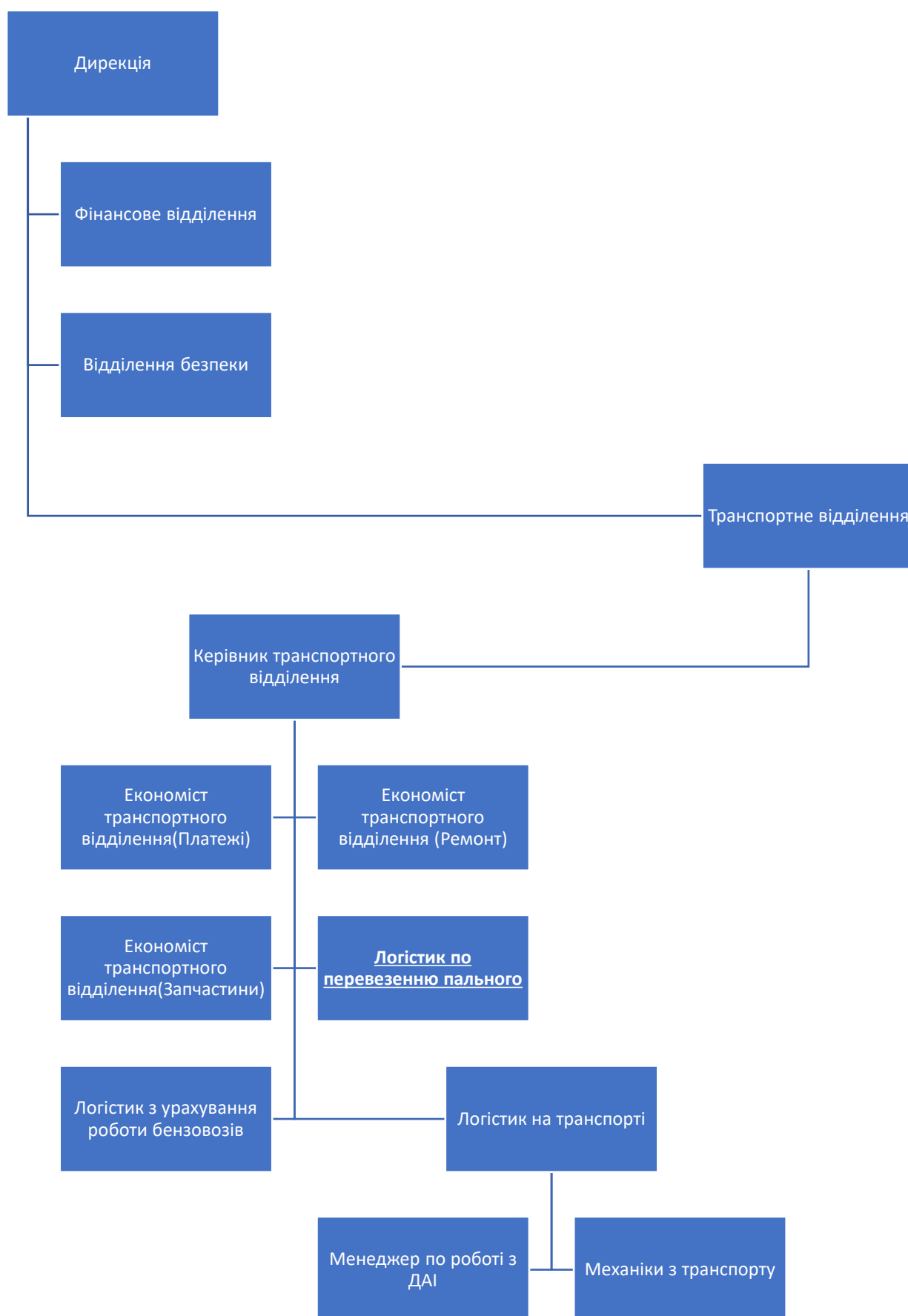


Рис. 1.1. Структура керування ПАТ «Н-трейдинг»

З рис. 1.1 видно, що особа, яка приймає рішення щодо поповнення запасів пального по АЗС, а саме логістик з перевезення пального, входить до транспортного відділення й має безпосереднім керівником начальника цього відділення. Його задача – надавати керівнику добовий план обслуговування АЗС, постачання на них пального різних видів і недопущення ситуації відмови у обслуговуванні.

Роздрібна ціна реалізації паливно-мастильних матеріалів (далі ПММ) через АЗС визначається в основному підприємством-монополістом на ринку нафтопродуктів. На всіх підприємствах, що реалізують ПММ, ціна постачання розраховується методом від зворотного з метою мінімізації оподаткування як по ПДВ, так і по податку на прибуток. При цьому враховуються наступні статті збутових витрат:

- Заробітна плата;
- Податки на ФЗП і списання патентів;
- Оренда: АЗС, легкового і вантажного транспорту, офісу;
- Ж/д тариф;
- Збереження ПММ і перевірка устаткування;
- ПММ на вантажний і легковий транспорт;
- Запасні частини і технічне обслуговування вантажних авто;
- Електроенергія, послуги зв'язку, за воду і стоки;
- Розрахункове обслуговування банком;
- Інші матеріальні витрати (канцтовари, хозтовари, картриджі та ін.).

Як показано на рис 1.2, кінцева ціна пального містить у собі: ціну закупівлі в НПЗ і торговельну (збутову) надбавку підприємства, яка в свою чергу є прибутком ПАТ «Н-трейдинг» і статті збутових витрат: $C_{отп} = C_{зак} + H_{сб} = C_{зак} + З + Пр$.

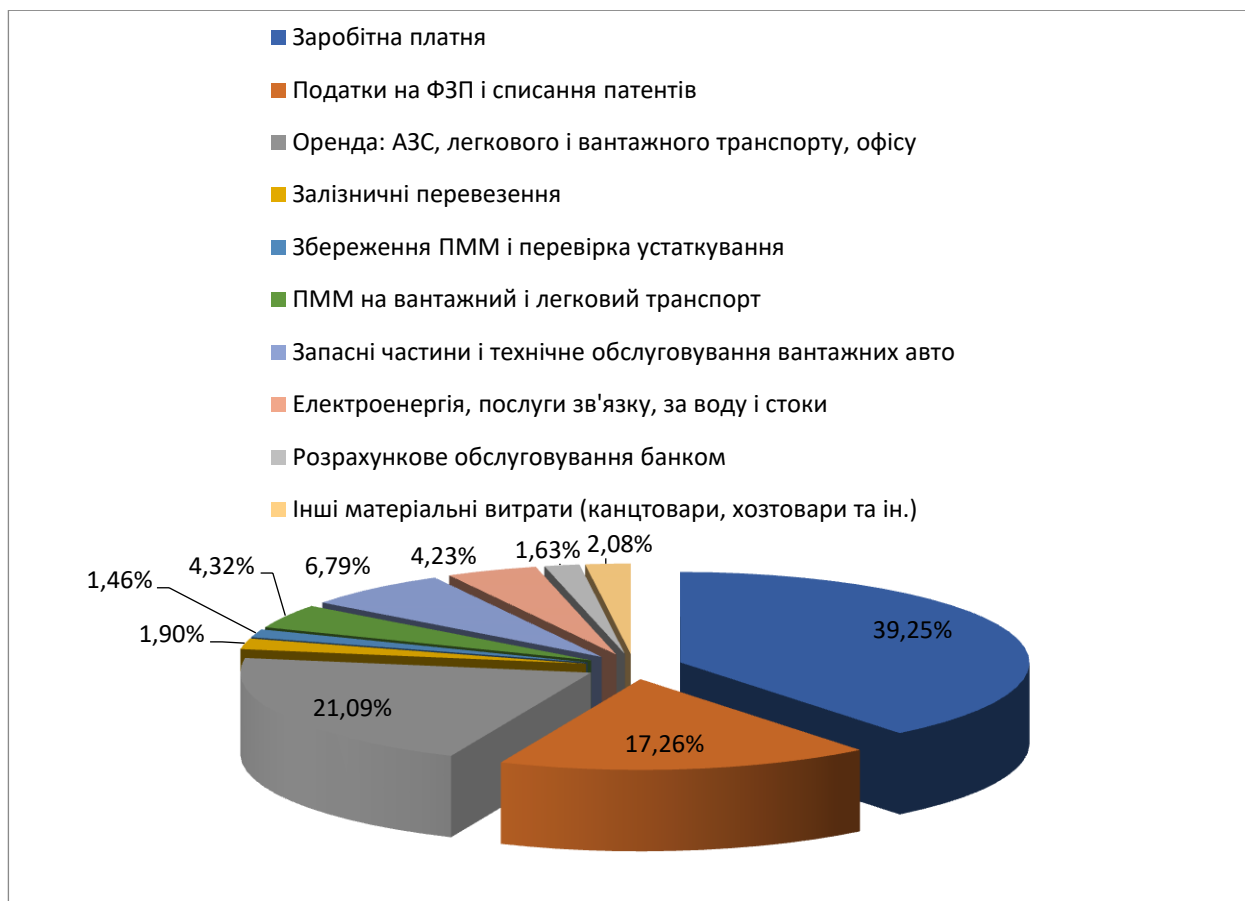


Рис. 1.2. Структура витрат за статтями витрат ПАТ «Н-трейдинг» у 2021 р.

Основна частина доходів ПАТ «Н-трейдинг» надходить від реалізації нафтопродуктів, що ілюструє рисунок 1.3. За даними підприємства за 2021 р. дохід від реалізації ПММ через АЗС компанії склав 94%.

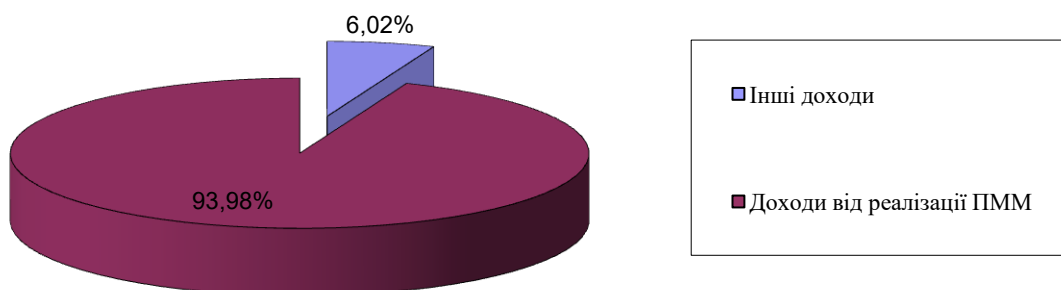


Рис. 1.3. Структура доходів підприємства в 2021 р.

6% доходів ПАТ «Н-трейдинг» складає реалізація через АЗС інших продуктів нафтохімії, а також товарів народного споживання і виробничо-технічного призначення, а саме:

- Мاستила;
- Напоїв;
- Тютюнових виробів;
- Продуктів харчування (лише запаковані продукти швидкого харчування: чіпси, пластівці, батончики, морозиво тощо);
- Господарчі товари, включаючи автомобільну хімію;
- Засоби малої електроніки: ліхтарі, зарядні пристрої, адаптери тощо.

Покажемо розподіл цієї частини прибутку на рис. 1.4 на підставі даних 2021 року

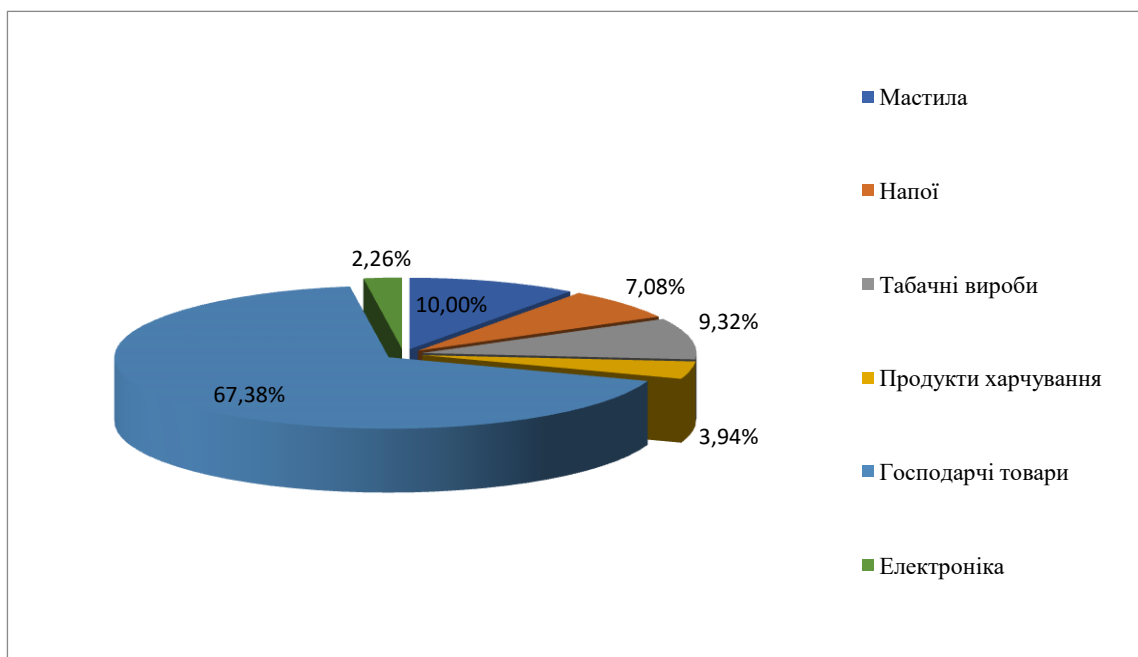


Рис. 1.4. Розподіл доходів підприємства від реалізації супутніх товарів

За підсумками 2013 року підприємство ПАТ «Н-трейдинг» через мережу АЗС у місті Дніпрі реалізувало нафтопродуктів на загальну суму 621,76 млн. грн. З них:

- Бензину А-98 на суму – 89,22 млн. грн.
- Бензину А-92 на суму – 114,59 млн. грн.

- Бензину А-95 на суму – 212,14 млн. грн.
- Дизельного пального на суму – 205,80 млн. грн.

Для наочності, процентне співвідношення за видами пального проілюструємо на рисунку 1.5.

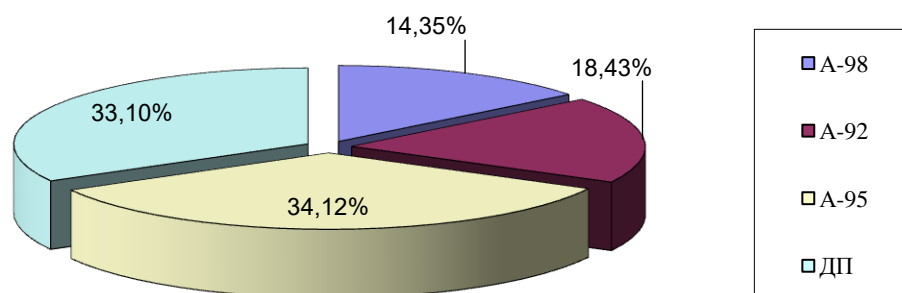


Рис. 1.5. Споживання ПММ по видах нафтопродуктів у 2013 році через мережу АЗС

Проаналізуємо діяльність підприємства. За даними динаміки продажів пального, наведеними у додатку Д, складемо графік, що відображає зміну доходів від реалізації ПММ через мережу АЗС ПАТ «Н-трейдинг» протягом 2020-2021 років.

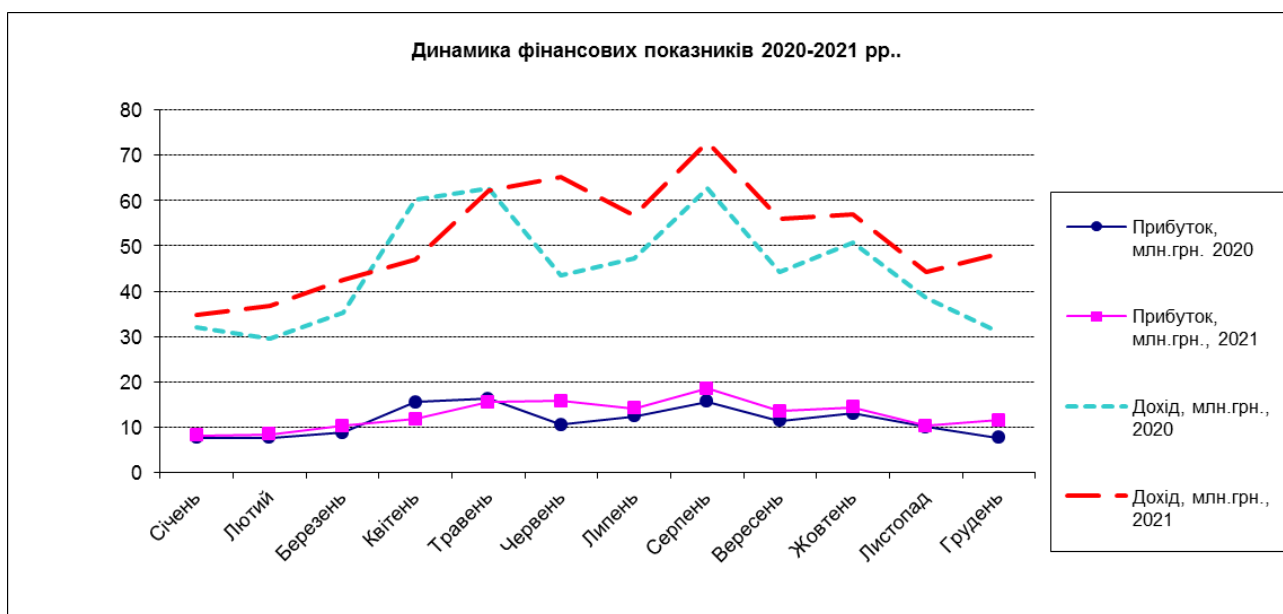


Рис. 1.6. Динаміка обсягів реалізації і доходів підприємства за 2020-2021 р.

Як бачимо з динаміки на рисунку 1.6, доходи підприємства від реалізації ПММ мають тенденцію до росту. В середньому дохід від реалізації продук-

ції зріс у 2021 році на 16,1%, а прибуток від реалізації за той самий період зріс на 12,2%. Неважко помітити, що максимальний дохід від продажу ПММ компанія мала в період квітня-травня та серпня місяців. Це можна пояснити тим, що в цей проміжок часу на землях України проходять збиральні і посівні роботи. Попит на нафтопродукти в цей період високий.

За період часу 2020-2021 років кількість працівників підприємства і рівень їхньої заробітної плати також змінювалися. Згідно даним додатка Г, середня заробітна плата співробітників підприємства в 2021 році склала 11082 грн, що на 251 грн. більше, ніж заробітна плата за період 2020 року. Що стосується чисельності персоналу, то в період 2021 року вона збільшилася на 76 осіб. Переважна більшість нових співробітників прийшла на посаді операторів АЗС і товарних операторів, заправників.

Потреба підприємства в нових кадрах полягає в збільшенні збуту реалізованої продукції через автозаправні станції «Укрнафта» через відкриття і здачу в експлуатацію ще 2-х нових об'єктів. У 2021 році кількість АЗС, що належать до афілійованих з «Н-трейдинг» компаній, в місті Дніпрі становить 69. Проаналізувавши дані додатку Д про динаміку ПАТ «Н-трейдинг», зведемо підсумкові показники в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1. Показники динаміки ПАТ «Н-трейдинг»

№	Показники	2020 р.	2021 р.	Приріст, %
1	Кількість АЗС	67	69	3,0%
2	Кількість персоналу	538	614	14,1%
3	Середня зарплатня	10831	11082	2,3%
4	Обсяги реалізації (млн. л)	19,906	22,277	11,9%
5	Доходи від реалізації (млн. грн.)	537,455	623,746	16,1%
6	Прибутки від діяльності (млн. грн.)	134,391	151,930	12,2%

З таблиці 1.1 можна зробити наступні висновки:

1) підприємство «Н-трейдинг» невпинно розвивається і має стабільний попит на своє пальне;

2) кількість персоналу збільшується активніше, ніж зростання кількості АЗС;

3) середня зарплата персоналу за розглянутий період зросла на величину, співставну з офіційним показником інфляції в країні (3,3%);

4) обсяги реалізації випереджають темпи зростання кількості АЗС, отже потенціал для розширення бізнесу ще не вичерпаний;

5) темпи зростання доходів від реалізації продукції випереджають темпи зростання прибутку, що свідчить про зростання ціни на пальне протягом розглянутого періоду та одночасне зростання витрат.

У перспективі підприємство має на меті зайняти лідируючі позиції на ринку нафтопродуктів, що складаються в забезпеченні ПММ та іншою продукцією нафтохімії кінцевих споживачів, а також розширити мережу партнерських АЗС на території України, тим самим збільшивши свої доходи.

1.2 Технологічний процес транспортної логістики

В дані дипломній роботі будемо розглядати мережу із 69 автозаправних станцій ПАТ «Н-трейдинг», розташованих у місті Дніпропетровську. кожна з них щоранку подає на центральний офіс звіт, у якому вказує залишок на поточний момент по усіх видах пального.

Особа, що приймає рішення, робить висновок про необхідність поповнення того чи іншого резервуару на тій чи іншій АЗС паливом певного типу.

Ознаками необхідності поповнення пального на тій чи іншій заправці є вичерпання залишку до рівня суми обов'язкового невичерпного мінімуму (1000 літрів) та середньодобового продажу (індивідуальний для кожної заправки та кожного виду пального. Середньодобові обсяги споживання пального по АЗС підприємства зведені в таблицю 1.2.

З таблиці можна побачити, що добове споживання коливається у значних межах, а профіль споживання майже не залежить від місця розташування АЗС.

Споживання пального А-98 у 3-4 рази менше, ніж пального інших марок. Попит на дизельне паливо стабільний і високий.

Таблиця 1.2

Середньодобові обсяги реалізації на окремих АЗС

АЗС	Номер	Обсяг реалізації, л			
		А-98	А-92	А-95	ДТ
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
АЗС№23 (5180)	1	417.6	1989.1	1484.8	2039.3
АЗС№20(1646)	2	402.3	1515.8	1562.5	1419.5
АЗС№12(1592)	3	441.5	1583.8	1013.9	1440.4
АЗС№11(1591)	4	427.5	1538.9	1001.7	1484.4
АЗС№10(1590)	5	548.3	1558.4	1003.9	1630.9
АЗС№7(1416)	6	514.4	1611.1	1478.8	1663.3
АЗС№6(1415)	7	544.5	2031.2	1478.5	2016.4
АЗС№5(1398)	8	514.9	2056.1	675.8	2088.3
АЗС№3(1396)	9	493.0	1991.8	634.4	1845.8
АЗС№2(1388)	10	436.9	1936.1	832.1	1929.8
АЗС№5(1260)	11	425.5	1999.0	920.5	1887.3
АЗС№2(1259)	12	372.8	1888.2	895.2	1744.5
АЗС№8(1258)	13	377.2	1732.6	417.5	1838.6
АЗС№5(1257)	14	351.8	1745.8	993.3	1710.2
АЗС№10(1256)	15	650.9	1830.3	975.0	1809.4
АЗС№7(1226)	16	490.1	1685.6	962.8	1670.6
АЗС№8(1077)	17	399.9	1019.5	1063.8	930.3
АЗС№25(1064)	18	393.0	1475.5	421.1	1597.0
АЗС№29(1061)	19	398.6	1404.6	413.8	1578.6
АЗС№32(1059)	20	444.9	1661.1	359.1	1721.7
АЗС№2(1058)	21	433.1	1898.5	343.4	1872.1
АЗС№13(1055)	22	400.4	1801.3	339.4	1929.2
АЗС№26(1054)	23	413.0	1888.4	333.7	1845.5
АЗС№30(1052)	24	443.4	1979.0	759.1	1807.6
АЗС№28(1050)	25	358.3	1937.1	821.7	1901.1
АЗС№11(1049)	26	382.5	1753.0	844.3	1766.6
АЗС№9(1041)	27	388.3	1765.2	733.5	1823.7
АЗС№23(1039)	28	365.8	1812.1	777.2	1867.4
АЗС№4(1038)	29	378.6	1899.3	840.6	1873.2
АЗС№27(1036)	30	582.7	1842.7	868.7	1795.0
АЗС№03/022(1030)	31	609.3	1820.1	974.6	1758.0
АЗС№9(1024)	32	606.4	1793.1	943.3	1721.1
АЗС№12(1021)	33	632.8	1882.6	909.6	1758.0
АЗС№4(1018)	34	569.9	1942.0	871.7	2067.5
АЗС№7(1017)	35	602.6	1951.9	960.6	1996.1
АЗС№14(1014)	36	471.2	2097.5	904.1	1997.5
АЗС№31(1013)	37	351.6	1921.9	2065.2	2080.8
АЗС№18(1011)	38	412.4	2017.1	1547.6	2050.0

Продовження таблиці 1.2.

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-
A3C№6(1006)	39	444.5	1957.7	1444.4	2051.6
A3C№14(243)	40	377.4	2038.6	1562.7	2025.9
A3C№16(242)	41	442.0	1695.4	1530.1	1723.0
A3C№03/021(240)	42	451.2	1675.3	1452.8	1633.4
A3C№20(238)	43	434.9	1610.2	1532.9	1698.8
A3C№03/060(1048)	44	427.7	1572.7	1461.6	1472.0
A3C№03/058(1044)	45	352.9	1417.5	1426.0	1413.1
A3C№03/042(1042)	46	388.8	1519.3	1548.9	1535.5
A3C№03/057(1020)	47	434.7	1468.0	1448.1	1432.2
A3C№03/044(256)	48	442.6	1810.9	1462.0	1731.4
A3C№03/041(255)	49	385.4	1919.8	328.3	1871.1
A3C№2(1511)	50	367.0	1975.0	447.8	1919.1
A3C№4(1512)	51	409.7	2092.1	568.7	2053.5
A3C№16(1515)	52	360.6	1914.9	470.1	1917.2
A3C№17(1516)	53	447.2	1949.2	397.7	1950.5
A3C№3(1553)	54	377.5	2066.6	419.5	2026.1
A3C№5(1554)	55	385.0	2009.0	455.5	2046.4
A3C№6(1555)	56	389.1	2059.2	2003.8	2034.0
A3C№7(1556)	57	353.9	2080.7	365.4	1952.7
A3C№8(1557)	58	402.7	1554.8	658.0	1662.1
A3C№9(1558)	59	446.2	1685.2	651.9	1594.7
A3C№10(1559)	60	354.6	1897.4	525.1	1814.7
A3C№12(1562)	61	350.1	1634.1	432.9	1682.4
A3C№13(1563)	62	373.5	1804.4	633.2	1851.8
A3C№14(1564)	63	416.3	1882.5	418.2	1704.4
A3C№15(1565)	64	438.0	1795.7	662.6	1611.8
A3C№18(1552)	65	438.4	1898.1	567.2	1810.6
A3C№17(1010)	66	425.8	1880.7	630.3	1992.2
A3C№33(1578)	67	385.2	1957.6	1071.3	2096.7
A3C№16(1576)	68	421.7	2024.0	758.0	1995.5
A3C№4(1577)	69	366.7	2077.6	843.9	1941.6

Однак, далеко не завжди слід доводити ситуацію до стану, коли залишок палива сягає найнижчого припустимого рівня. Річ у тім, що об'єм резервуарів на АЗС (25 кубічним метрів) дозволяє злити більше ніж половину бензовоза в один відсік. Оскільки в структурі логістичних витрат доставка пального на АЗС має значну частку, бензовоз не може їздити на певну заправку щоразу, як там закінчується пальне і зазвичай везе одразу кілька видів пального. У виключних випадках він заповнюється різними видами пального для двох станцій, але частіше везе певну комбінацію на одну певну АЗС.

Розташування, відстань до нафтобаз та обсяги резервуарів кожного з видів пального усіх АЗС, що входять до ПАТ «Н-трейдинг» наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Адрес та технічні характеристики АЗС

№ ПП	Адреса АЗС	Відстань в км до		Об'єм резервуарів, тис. л.				Кіль- кість КОЛОНОК
		НБ №1	НБ №2	А-98	А-92	А-95	ДТ	
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-
1	м. Дніпро, вул. Вітчизняна, 67 а	12	18	15	25	20	25	4
2	м. Дніпро, вул. Гаванська, 15 д	9	23	15	25	20	25	4
3	м. Дніпро, Донецьке шосе, 91 а	15,5	17	15	20	20	20	6
4	м. Дніпро, вул. Янтарна, 69 д	12,5	10	15	20	20	20	5
5	м. Дніпро, вул. Метробудівська, 19 б	23	27	15	20	20	20	6
6	м. Дніпро, вул. Винокурова, 4 д	11	13	20	20	20	20	6
7	м. Дніпро, вул. Передова, 530 к	18	21	20	20	20	20	6
8	м. Дніпро, вул. Донецьке шосе, 182	18,5	19	20	20	20	20	5
9	м. Дніпро, пр. Олександра Гальченка, 19	19	16	20	20	20	20	5
10	м. Дніпро, вул. Набережна Січеславська, 57 а	21	17,5	15	25	20	25	5
11	м. Дніпро, Набережна Заводська, 56	22	18,5	15	25	20	25	5
12	м. Дніпро, вул. Космічна, 30	17	17	15	25	20	25	4
13	м. Дніпро, пр. Пилипа Орлика, 18 а	23	9	15	15	15	15	4
14	м. Дніпро, вул. Каштанова, 9	8	16	15	15	25	15	4
15	м. Дніпро, вул. 2-річчя Перемоги, 61 а	9	29	25	20	25	20	4
16	м. Дніпро, пр. Слобожанський, 2 б	6	13	25	20	20	20	3
17	м. Дніпро, пр. Слобожанський, 1 б	6	13	15	20	20	20	4
18	м. Дніпро, пр. Пилипа Орлика, 23 а	23	11	15	20	15	20	3
19	м. Дніпро, вул. Ульянова, 17	25	14	15	20	15	20	5
20	м. Дніпро, вул. Набережна Перемоги, 42 з	17	13	15	25	15	25	3
21	м. Дніпро, вул. Мазепи, 80	15	7	15	25	15	25	5
22	м. Дніпро, вул. Бориса Кротова, 40	23	11,5	15	25	15	25	6
23	м. Дніпро, вул. Курчатівська, 3	23	11,5	15	25	15	25	6
24	м. Дніпро, вул. Коцюбинського, 1	22,5	12,5	15	25	20	25	4
25	м. Дніпро, вул. Курчатівська, 5	23	11,5	15	25	25	25	4
26	м. Дніпро, вул. Богдана Хмельницького, 164	22	8	15	25	20	25	4
27	м. Дніпро, вул. Томська, 7 а	9	29	15	20	20	20	4
28	м. Дніпро, пр. Поля, 93 б	23	5	15	20	20	20	4
29	м. Дніпро, вул. Матлахова, 2 а	26	9	15	20	20	20	4
30	м. Дніпро, вул. Богдана Хмельницького, 24 з	21	6	15	15	20	15	4
31	м. Дніпро, вул. Старокодацька, 1	17	7	20	15	20	15	4
32	м. Дніпро, вул. Січових стрільців, 27 д	24	6,5	15	15	20	15	3
33	м. Дніпро, пр. Гагаріна, 38 а	23	10	15	15	20	15	3
34	м. Дніпро, вул. Малиновського, 108	2	20	15	15	20	15	3
35	м. Дніпро, вул. Робітничка, 23 ж	26	6,5	15	25	20	25	3
36	м. Дніпро, вул. Братів Трофімових, 181	24	7,5	15	25	20	25	5
37	м. Дніпро, вул. Ярослава Мудрого, 64	22	8	15	25	20	25	5
38	м. Дніпро, вул. Набережна Перемоги, 146	12	19	15	25	20	25	5
39	м. Дніпро, вул. Донецьке Шосе, 25 а	15	7,5	15	25	20	25	5
40	м. Дніпро, вул. Донецьке шосе, 2 г	16	8,5	15	25	20	25	5
41	м. Дніпро, вул. Стуса, 39	27	12	15	25	20	25	3

Продовження таблиці 1.3.

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-	-9-
42	м. Дніпро, пр. Героїв, 2 а	14,5	6,5	25	25	25	25	5
43	м. Дніпро, Запорізьке шосе, 88	17	8,5	20	25	20	25	4
44	м. Кам'янське, пр. Перемоги, 29	67,5	45,5	20	25	20	25	4
45	м. Кам'янське, вул. Петровського, 251а	64	40	20	25	20	25	3
46	м. Кам'янське, вул. Димитрова, 74	69,5	49,5	20	25	20	25	5
47	м. Кам'янське, вул. Дніпровська, 16	67	44	15	25	20	25	3
48	м. Кам'янське, пр. Аношкіна, 39 а	65,5	47	15	25	20	25	5
49	м. Кам'янське, б-р. Героїв, 2 а	73	56,5	15	25	15	25	4
50	м. Дніпро, пр. Слобожанський, 114 а	13	18	15	25	25	25	4
51	м. Дніпро, пл. Десанників, 9	24	28	15	20	20	20	3
52	м. Дніпро, пр. Гагаріна, 105 а	21	11	15	20	20	20	5
53	м. Дніпро, Набережна Перемоги, 110	15	11	15	20	15	20	3
54	м. Дніпро, вул. 6-ої стрілецької дивізії, 5	19	8,5	15	20	15	20	6
55	м. Дніпро, вул. Томська, 292	5	25	15	20	15	20	6
56	м. Дніпро, вул. Святослава Хороброго, 60	27	15	15	20	25	20	4
57	м. Дніпро, Запорізьке шосе, 53	16,5	7,5	15	20	15	20	5
58	м. Дніпро, вул. Тиха, 41	12	7	15	20	20	20	6
59	м. Дніпро, вул. Набережна Заводська, 55	21	22	15	20	20	20	3
60	м. Дніпро, пр. Слобожанський, 41	8	18	15	20	20	20	6
61	м. Дніпро, Донецьке шосе, 1 к	16	7	15	20	20	20	4
62	м. Дніпро, Донецьке шосе, 124 в	15	6,5	15	20	20	20	6
63	м. Дніпро, пр. Мазепи, 1 д	23	12,5	15	20	15	20	5
64	м. Кам'янське, пр. Аношкіна, 1 а	70,5	50,5	15	20	20	20	5
65	м. Дніпро, вул. Криворізька, 60	88	70,5	15	20	20	20	4
66	м. Дніпро, пр. Калинина, 87	25	32	15	20	20	20	5
67	м. Дніпро, вул. Набережна Заводська, 33	18	16	15	20	20	20	3
68	м. Дніпро, вул. Красногірська, 2	10	15,5	15	20	20	20	4
69	м. Дніпро, вул. Винокурова, 8	12	15	15	20	20	20	4

З таблиці 1.3 легко побачити, що найсуттєвіше відрізняються відстані від АЗС до нафтобаз. Це є одним з ключових факторів при виборі порядку обслуговування та формування розкладу руху бензовозів.

Крім того, різна (від 3 до 6) кількість заправних колонок обумовлює суттєво різну пропускну здатність АЗС, що також може стати фактором при виборі порядку обслуговування.

Типовий вигляд заявки на обслуговування представлений на рисунку 1.10. цей електронний документ, що видається на руки експедитору, який супроводжує бензовоз, пов'язує водія, машину, нафтобазу, з якої буде відвантажено пальне з АЗС та видом і обсягом пального, яке на неї постачається.

Потенційно одною машиною можуть бути обслуговані заявки від однієї до п'яти АЗС, оскільки кожен бензовоз має 5 різних відсіків, куди може бути

залите різне пальне. На практиці бензовоз виїжджає одночасно до однієї або двох станцій.

Дата	
------	--

Заявка			
У відповідності до договору просимо Вас завантажити (дата) з НБ 1 товар вв кількості товарно-транспортної накладної			
Водій :			
ТОВ "Н-трейдинг"			
Нафтобаза №1			
№	Пункт розвантаження (адреса,вказати по кожному пункту окремо)	Вид НП	Кількість куб.
1			
2			
3			
4			
5			
	ВСЬОГО		

Рис. 1.7. Вигляд замовлення

В розпорядженні нашого підприємства є 27 бензовозів, що обслуговують вище згадані 69 заправок. Кожен бензовоз має п'ять секцій, об'ємом відповідно 10, 6, 9, 6 та 7 кубічних метрів (нумерація йде починаючи з голови машини). завдяки такому нерівномірному поділу, в певний час на певну АЗС можна привезти 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 21, 22 або 23 кубічних метрів пального.

1.3 Визначення проблеми та постановка задачі дослідження

Враховуючи викладене вище, однією із задач, які стоять перед особою, яка приймає рішення (логістик по перевезенню пального), є формування добо-

вого завдання бензовозам на обслуговування потреб АЗС у нафтопродуктах. Неформальне формулювання проблеми звучить наступним чином:

Потрібно отримати такий план розподілу нафтопродуктів по відсіках бензовозів, який би забезпечував мінімізацію цільової функції сукупних витрат на підтримання запасів, не порушуючи обмеження на безперебійну роботу всіх АЗС, вичерпання будь-якого виду пального на яких неприпустиме.

Наведена задача є комбінаторною і полягає у зв'язуванні виду пального, відсіку бензовоза, та номера АЗС, на яку він відправляється.

На можливі рішення накладається ряд природних обмежень:

- бензовоз вирушає у рейс, маючи всі відсіки заповненими паливом у різній комбінації, порожні відсіки не припустимі;

- за один рейс один бензовоз може доставити на одну заправку від 6 до 23 кубічних метрів пального одного виду (менше не дозволяє розмір відсіку, більше – розмір резервуарів АЗС);

- після доставки пального для кожної АЗС по кожному виду пального має виконуватися умова неможливості вичерпання запасів протягом доби (за ймовірністю);

- номери відсіків та їх об'єм фіксовані;

- протягом доби бензовоз може виконати не більше рейсів, ніж встигне за відведену зміну (з урахуванням часу в дорозі, заправки та зливу пального);

- кожен відсік бензовозу або зливається на даній АЗС повністю, або не зливається взагалі.

Математичний опис даної задачі наведений у спеціальному розділі.

Інша задача, яку необхідно виконати – встановлення пріоритету обслуговування. Після того, як особа, яка приймає рішення, визначає бензовози і їх маршрути на поточний день, має бути прийняте рішення про черговість обслуговування, на яку впливає ряд факторів. Неформально задача формулюється наступним чином:

Визначити послідовність обслуговування множини АЗС, вважаючи, що кожна з них обслуговується окремо і послідовно, враховуючи наступні критерії:

- відстань від АЗС до нафтобази (час бензовоза в дорозі);
- ступінь завантаженості шляхів від автобази до АЗС (впливає на час в дорозі);
- інтенсивність попиту на даній АЗС (визначає ймовірність вичерпання залишку);
- кількість наливних колонок на АЗС (визначає інтенсивність розходу);
- залишок пального на момент прийняття рішення на даній АЗС (визначає ймовірність вичерпання залишку).

Оскільки задача є багатокритеріальною, необхідно запропонувати математичний механізм узгодження критеріїв.

1.4 Відомі методи розв'язання транспортних задач логістики

Для розбиття транспортної мережі на райони розроблений спеціальний метод, що базується на відомому комбінаторному методі «гілок і границь».

У процесі дослідження були розглянуті різні прийнятні варіанти модифікації методу «гілок і границь». Усі варіанти пройшли комплексне тестування, метою якого було встановити для кожного варіанта ступінь задоволення вибраному критерію якості розбиття.

Для оцінки якості розбиття була проведена серія обчислювальних експериментів. На початковому етапі різні варіанти модифікації пройшли тестування на задачах малої вимірності. Це були задачі розбиття на 2 або 3 райони для транспортних мереж, що містять від 8 до 18 пунктів доставки.

Якість отриманого розбиття оцінювалася за критерієм сумарної довжини маршрутів комівояжера, які визначалися як результат розв'язання задачі комівояжера для кожного із районів окремо. Результати розбиття транспортної мережі на райони за модифікованим методом «гілок і границь» порівнювалися з результатами, отриманими методом прямого перебору всіх можливих варіантів розбиття, тобто з дійсно оптимальними результатами.

Для дослідження були використані пункти доставки, що розташовувалися на місцевості випадковим чином. Відстань між ними визначалися по прямій. Пари безпосередньо зв'язаних між собою пунктів доставки відбиралися також випадково.

Кількість пунктів у районах розбиття строго фіксувалась. У випадку розбиття на два райони вона дорівнювала одній другій від загальної кількості пунктів. У випадку розбиття на три райони – одній третій. Таке обмеження дозволило зменшити загальну кількість можливих варіантів перебору і забезпечити порівняння результатів розбиття з дійсно оптимальним варіантом.

Значно актуальнішою є задача одержання районів розбиття, що займають приблизно однакові площі, або ж районів розбиття, при об'їзді всіх пунктів яких буде потрібно проїхати приблизно однакові відстані. При такій постановці вимог до розмірів району повний перебір для відшукування оптимального варіанта можливий тільки для задач із дуже малою вимірністю, що не викликає особливого інтересу. Тому при розробці та аналізі нових модифікацій методу «гілок і границь» спочатку розглядалися алгоритми розбиття на райони з рівною кількістю пунктів доставки. Серед цих алгоритмів був відібраний найбільш прийнятний варіант, на підставі котрого і був розроблений остаточний варіант модифікованого методу «гілок і границь» стосовно задачі районування транспортної мережі.

Запропонована остаточна модифікація методу «гілок і границь» дозволяє формувати райони, що незначно відрізняються друг від друга довжиною маршрутів комівояжера.

Далі була проведена перевірка остаточного алгоритму розбиття для пунктів доставки, що випадковим способом нанесені на карту міста. Вимірність задачі – до 60 пунктів доставки. Для оцінки відстаней між пунктами доставки були визначені довжини найкоротших маршрутів, що з'єднують ці пункти. Отримане розбиття транспортної мережі на райони модифікованим методом «гілок і границь» було нанесено на карту, після чого оцінювалось на предмет реального застосування та практичної доцільності.

Слід відзначити, що задачі, подібні до описаної, відносяться до класу комбінаторних, які є складними для розв'язання за допомогою класичних методів оптимізації. Найпростіший з таких методів - алгоритм повного перебору, виконує перевірку всіх можливих варіантів рішень, отримуючи таким чином точне рішення. Проте повний перебір всіх $2n$ рішень при $n > 50$ є доволі громіздким, що робить неможливим практичне використання даного алгоритму. Задача, представлена в даній дипломній роботі є комбінаторною цілочисельною задачею поліноміальної складності.

Часові обмеження на розрахунки не дозволяють нам у повній мірі використовувати метод гілок та меж для мережі з 69 АЗС та 2 нафтобаз. Тому як альтернатива був розглянутий не точний метод випадкового пошуку. Тому для її вирішення було використано більш сучасний та зручний еволюційний метод пошуку – генетичний алгоритм, що відображає природну еволюцію методів вирішення проблем, і в першу чергу задач оптимізації.

Генетичні алгоритми — це процедури пошуку, засновані на механізмах природного відбору і спадкоємства. У них використовується еволюційний принцип виживання найбільш пристосованих особин. Вони відрізняються від традиційних методів оптимізації декількома базовими елементами. Зокрема, генетичні алгоритми:

- обробляють не значення параметрів самого завдання, а їх закодовану форму;
- здійснюють пошук рішення виходячи не з єдиної точки, а з їх деякої популяції;
- використовують тільки цільову функцію, а не її похідні або іншу додаткову інформацію;
- застосовують імовірнісні, а не детерміновані правила вибору.

Перераховані чотири властивості, які можна сформулювати також як кодування параметрів, операції на популяціях, використання мінімуму інформації про завдання і рандомізація операцій приводять у результаті до стійкості гене-

тичних алгоритмів і до їх переваги над іншими широко вживаними технологіями.

Опис алгоритму. Задача кодується таким чином, щоб її вирішення могло бути представлено в вигляді масиву, подібного до інформації складу хромосоми. Цей масив часто називають саме так «хромосома». Генетичні алгоритми оперують сукупністю особин (популяцією), які являють собою рядки, що кодують одне з рішень задачі. Цим ГА відрізняється від більшості інших алгоритмів оптимізації, які оперують лише з одним рішенням, покращуючи його.

За допомогою функції пристосованості серед всіх особин популяції виділяють:

- найбільш пристосовані (більш відповідні рішення), які отримують можливість схрещуватися і давати потомство
- найгірші (погані рішення), які видаляються з популяції і не дають потомства.

Таким чином, пристосованість нового покоління в середньому вище попереднього.

У класичному ГА:

- початкова популяція формується випадковим чином
- розмір популяції (кількість особин N) фіксується і не змінюється протягом роботи всього алгоритму
- кожна особина генерується як випадкова L -бітна рядок, де L - довжина кодування особини
- довжина кодування для всіх особин однакова.

Алгоритм роботи. На рисунку 1.7 зображена схема роботи алгоритму:



Рис. 1.7. Блок-схема класичного генетичного алгоритму

Ввівши початкові умови, а також умову зупинки алгоритму та згенерувавши певним чином початкову популяцію, алгоритм виконує циклічно до виконання умови зупинки чотири кроки, які також називають стадіями:

- 1) формування проміжної популяції (intermediate generation) шляхом відбору (selection) поточного покоління;
- 2) схрещування (recombination) особин проміжної популяції шляхом кросовера (crossover), що призводить до формування нового покоління;
- 3) мутація нового покоління;
- 4) формування нового покоління з проміжної популяції або з проміжної та попередньої через оцінку ступеню пристосованості особин.

Перші дві стадії (відбір і схрещування) ілюструє схема на рисунку 1.8:

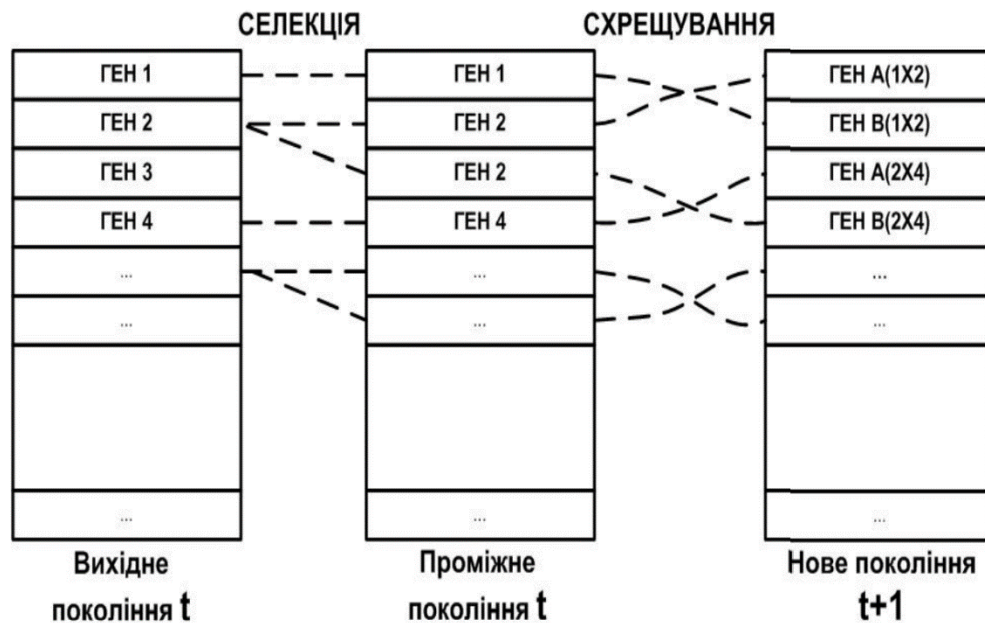


Рис. 1.8. Перші дві стадії генетичного алгоритму

Відбір. Проміжна популяція - це набір особин, які отримали право розмножуватися. Найбільш пристосовані особини можуть бути записані туди кілька разів, найменш пристосовані з великою ймовірністю туди взагалі не потраплять. У класичному ГА ймовірність кожної особини потрапити в проміжну популяцію пропорційна її пристосованості, тобто працює пропорційний відбір (proportional selection).

Схрещування. Особини проміжної популяції випадковим чином розбиваються на пари, потім з деякою вірогідністю схрещуються, в результаті чого виходять два нащадка, які записуються в нове покоління, або не схрещуються, тоді в нове покоління записується сама пара. У класичному ГА застосовується рівномірний оператор кросовера (1-point crossover): для батьківських рядків випадковим чином вибирається точка розділу, нащадки виходять шляхом обміну відрубаними частинами.

011010.01010001101 -> 111100.01010001101

111100.10011101001 -> 011010.10011101001

Мутація. До отриманого в результаті відбору і схрещування новому поколінню застосовується оператор мутації, необхідний для "вибивання" популяції з локального екстремуму і сприяючий захисту від передчасної збіжності.

Кожен біт кожної особини популяції з деякою вірогідністю інвертується. Ця ймовірність зазвичай дуже мала, менше 1%.

1011001100101101 -> 1011001101101101

Можна вибирати деяку кількість точок в хромосомі для інверсії, причому їх число також може бути випадковим. Також можна інвертувати відразу деяку групу посліпль йдуть точок. Серед рекомендацій з вибору ймовірності мутації нерідко можна зустріти варіанти $1/L$ або $1/N$.

Застосовування генетичних алгоритмів. Генетичні алгоритми в різних формах застосовуються до вирішення багатьох наукових і технічних проблем. Генетичні алгоритми використовуються при створенні інших обчислювальних структур, наприклад, автоматів або мереж сортування. У машинному навчанні вони використовуються при проектуванні нейронних мереж або керуванні роботами. Вони також застосовуються при моделюванні розвитку в різних предметних областях, включаючи біологічні (екологія, імунологія і популяційна генетика) та соціальні (такі як економіка і політичні) системи.

Проте, можливо найбільш популярне застосування генетичних алгоритмів - оптимізація багатопараметричних функцій. Багато реальних задач можуть бути сформульовані як пошук оптимального значення, де значення - складна функція, що залежить від певних вхідних параметрів. У деяких випадках, потрібно знайти ті значення параметрів, при яких досягається найкраще точне значення функції. В інших випадках, точний оптимум не потрібний - рішенням може вважатися будь-яке значення, краще за певну задану величину. У цьому випадку, генетичні алгоритми - часто найбільш прийнятний метод для пошуку "прийнятних" значень. Сила генетичного алгоритму полягає в його здатності маніпулювати одночасно багатьма параметрами, що використовується в сотнях прикладних програм, включаючи проектування літаків, налаштування параметрів алгоритмів і пошуку стійких станів систем нелінійних диференціальних рівнянь.

1.5 Метод аналізу ієрархій в задачах прийняття рішень

При аналізі реальної системи число елементів і їх взаємозв'язків настільки велике, що перевищує здатність експертів сприймати інформацію в повному обсязі. В цьому випадку реальність підрозділяється на складові частини за допомогою ієрархії.

Ієрархія є певним типом системи, заснованим на припущенні, що елементи системи можуть групуватися в окрему множину. Елементи кожної групи знаходяться під впливом елементів деякої цілком визначеної групи і, у свою чергу, впливають на елементи іншої групи, але елементи в кожній групі незалежні.

Ієрархія – система, що складається з підсистем, що функціонують як ціле на одному рівні і що є складовими системи більш високого рівня, стаючи підсистемами цієї системи.

У найбільш елементарному вигляді ієрархія будується з вершини (цілей – з погляду управління), через проміжні рівні (критерії, від яких залежать наступні рівні) до найнижчого рівня (який зазвичай є переліком альтернатив). Наприклад, при виборі житла слід врахувати наявність певних критеріїв вибору квартири, необхідних для вибору (вартість, площа, комфортність, інфраструктура району, транспорт, стан житла, сусіди, престиж та інші). Цьому прикладу відповідає ієрархія, на першому рівні який знаходиться ціль – «Житло», на другому чинники, що уточнюють ціль, і на кінець, на останньому рівні три різні квартири, які мають бути оцінені по відношенню до критеріїв другого рівня.

Існує декілька видів ієрархій:

1) Домінантні ієрархії – ієрархія з основою у вершині (схоже на перевернуте дерево, як те що представлено на рисунку 1.9).

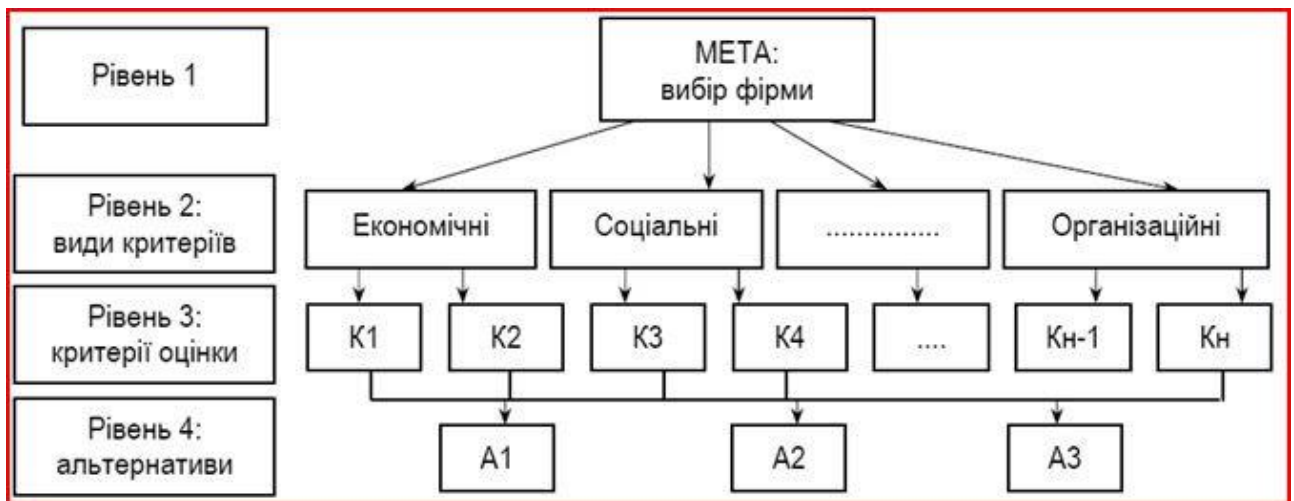


Рис. 1.9. Приклад ієрархії

- 2) Холархії – домінантні ієрархії із зворотним зв'язком.
- 3) Модулярні ієрархії або «Китайський ящик» – ієрархія, зростаюча в розмірах від простих елементів до усе більш крупних сукупностей.

Ієрархія називається повною, якщо кожен елемент заданого рівня функціонує як критерій для всіх елементів нижчого рівня, в інших випадках - ієрархія неповна.

Побудова ієрархії виходить з природної здібності людей думати логічно і творчо, визначати події і встановлювати відношення і спиратися, таким чином, на принцип ідентичності і декомпозиції. На практиці не існує встановленої процедури генерування цілей, критеріїв і видів діяльності для включення в ієрархію.

Для вирішення складніших проблем, ієрархія яких не може бути зведена до 3-х або 4-х рівневій структурі, можлива наступна їх декомпозиція за ієрархією. У вершині ієрархії встановлюється єдиний елемент – фокус – формулювання досліджуваної проблеми.

В другий (не обов'язковий) рівень слід включати різні економічні, політичні і соціальні сили, що впливають на результат.

Третій рівень – актори, які реально впливають на ситуацію шляхом маніпулювання цими силами.

Четвертій рівень – переслідувані цілі кожного актора.

П'ятій рівень (не обов'язковий) включає політики акторів, за допомогою яких вони намагаються досягти своїх цілей.

Шостий рівень – альтернативні можливі сценарії або результати, за які береться кожен актор заради досягнення своїх цілей.

Сьомий рівень – узагальнений результат, як результат реалізації і взаємодії можливих альтернативних сценаріїв розвитку проблеми.

При побудові ієрархії слід пам'ятати, що основні цілі встановлюються на вершині ієрархії, їх підцілі безпосередньо нижче за вершину, сили, що обмежують акторів (дійових осіб) ще нижче. Сили домінують над рівнем самих акторів, які, в свою чергу, домінують над рівнем своїх цілей, нижче за яких буде рівень їх можливих дій, і в самому низі знаходиться рівень різних можливих результатів.

Найбільш поширеними типами ієрархій є домінантні ієрархії, що підрозділяються на два типи:

- ієрархія прямого процесу, що проектує існуючий стан проблеми на найбільш вірогідне або логічне майбутнє (умови «сьогоднішнього» дня передбачають те, що буде «завтра»)

- ієрархія зворотного процесу, що визначає політики управління для досягнення бажаного майбутнього.

Для таких видів ієрархії визначений найбільш загальний порядок їх побудови. Ієрархія прямого процесу:

1. Макрообмеження довкілля.
2. Соціальні і політичні обмеження.
3. Сили.
4. Цілі.
5. Актори.
6. Цілі акторів.
7. Політики Акторів.
8. Контрастні сценарії.
9. Узагальнений сценарій.

Ієрархія зворотного процесу:

1. Попередні сценарії.
2. Проблеми і можливості.
3. Актори і коаліції.
4. Цілі акторів.
5. Політики Акторів.
6. Окремі політики управління, що впливають на результат.

У МАІ елементи задачі порівнюються попарно по відношенню до їх дії («вазі» або «інтенсивності») спільну для них характеристику. Отримані парні порівняння складають масив чисел, який оформляється у вигляді матриці. Порівнюючи набір складових проблеми один з одним, отримуємо квадратну матрицю. Це зворотно симетрична матриця, тобто

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}. \quad (1.1)$$

Хай A_1, A_2, \dots, A_n – множина n елементів і w_1, w_2, \dots, w_n – відповідно їх пріоритети, або інтенсивності. За допомогою МАІ порівнюється пріоритет, або інтенсивність, кожного елементу з пріоритетом, або інтенсивністю, будь-якого іншого елементу множини по відношенню до спільної для них властивості або мети. Порівняння пріоритетів можна подати у вигляді матриці. Матриця може складатися лише з одного рядка або одного стовпця, які називаються векторами.

Оскільки, w_1, w_2, \dots, w_n наперед невідомі, то попарні порівняння елементів проводять з використанням суб'єктивних думок, що чисельно оцінюються за шкалою.

Коли проблема подана ієрархічно, матриця складається для порівняння відносної важливості критеріїв на другому рівні по відношенню до загальної цілі на першому рівні. Подібні матриці мають бути побудовані для парних порівнянь кожної альтернативи на третьому рівні по відношенню до критеріїв другого рівня і так далі Матриця складається таким чином. Якщо записати порівнювану ціль вгорі, а порівнювані елементи зліва і зверху, на перерізі відпо-

відного рядка та стовпця записуються переваги критеріїв. Так, в прикладі із вибором житла (див. рис. 1), критерії другого рівня необхідно порівняти попарно по відношенню до спільної цілі першого рівня.

Для порівняння квартир буде потрібно вже не одна, а шість матриць, оскільки необхідно порівняти квартири одну відносно другої за кожним критерієм (таблиця 1.4).

Таблиця 1.4

Порівняти квартир

Критерій	K1	K2	K3
K1			
K2			
K3			

Шкала порівнянь. Якби доводилося порівнювати явища, для яких передбачена система вимірів, що склалася, то як відношення в елементи таблиці можна було б заповнити відношення дійсних мір. У випадку ж економічних, політичних і інших задач, парні порівняння можна проводити з використанням думок про відносну важливість компонентів. Потім ці думки виражаються чисельно за спеціально розробленою шкалою відносної важливості (таблиця 1.5). Ефективність шкали доведено теоретично при порівнянні з багатьма іншими шкалами.

Таблиця 1.5

Шкала Сааті

Значення	Відносна важливість
1	рівна важливість
3	помірна перевага одного над іншим
5	істотна перевага одного над іншим
7	значна перевага одного над іншим
9	дуже сильна перевага одного над іншим
2, 4, 6, 8	відповідні проміжні значення

Порівняння починають з лівого елемента матриці. Визначається на скільки він важливіше чим другий. При порівнянні елемента із самим собою відношення дорівнює одиниці. Якщо перший елемент важливіший, ніж другий, то використовується ціле число з шкали, інакше використовується зворотна вели-

чина. У будь-якому випадку зворотні один до одного відношення заносяться в симетричні позиції матриці. Тому матриці завжди будуть позитивними і зворотно симетричними, для їх заповнення необхідно провести врахування лише $n(n-1)/2$ думок, де n - загальне число порівнюваних елементів.

При заповненні матриці слід керуватися правилами:

Правило 1

Якщо $a_{ij} = \alpha$, то $a_{ji} = \frac{1}{\alpha}$

Правило 2

Якщо думки такі, що A_i має однакову з A_j відносну важливість, то $a_{ij} = a_{ji} = 1$; зокрема $a_{ii} = 1$ для всіх i .

Правило 3

Всі вічка матриці заповнюються значеннями однієї і тієї ж шкали. Як приклад розглянемо заповнені матриці для задачі вибору житла

Узгодженість матриць. Для здобуття результатів, відповідних дійсності в МАІ рекомендується перевіряти узгодженість заповнюваних матриць.

Під узгодженістю матриці розуміється її чисельна узгодженість і транзитивність. Досконалу узгодженість важко досягти при вимірюванні навіть найбільш точними інструментами на практиці, тому потрібний спосіб оцінки погоженості. Якщо при обчисленні відхилень від узгодженості вони перевищуватимуть допустимі межі, то судження потрібно перевірити ще раз.

Обчислення індексу узгодженості (ІС).

1. Підсумовується кожен стовпець суджень.
2. Сума першого стовпця множиться на величину першої компоненти нормалізованого вектору пріоритетів, сума другого стовпця на другу компоненту і так далі.
3. Отримані числа підсумовуються. Їх сума позначається λ_{\max} .
4. $ІС = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$, де n – число порівнюваних елементів.
5. Відношення узгодженості $ОС = ІС / n_{\text{вип}}$, де $n_{\text{вип}}$ - число випадкової узгодженості.

Випадкові узгодженості для матриць різного порядку вибираються з таблиці 1.6. Величина ОС має бути порядку 10% або менш, аби бути прийнятною. В деяких випадках допускається ОС до 20%, але не більш, інакше треба перевірити судження.

Таблиця 1.6

Випадкові узгодженості для матриць

Порядок матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Випадкова узгодженість	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Обчислення локальних пріоритетів. По заповнених матрицях парних порівнянь критеріїв при подальшій математичному обробці формуються вектори пріоритетів, що виражають відносну силу, величину, бажаність, "цінність" кожного окремого об'єкту.

Вектор пріоритетів - нормалізований - головний власний вектор матриці. Такі вектори необхідно обчислити для кожної матриці, причому обчислення можна проводити різними способами:

1. Підсумовувати елементи кожного рядка і нормалізувати діленням кожної суми на суму всіх елементів; сума отриманих результатів дорівнюватиме одиниці. Перший елемент результуючого вектора буде пріоритетом першою об'єкту, другий - другого об'єкту і так далі

2. Підсумовувати елементи кожного стовпця і отримати зворотні величини цих сум. Нормалізувати їх так, щоб їх сума дорівнювала одиниці, розділити кожну зворотну величину на суму всіх зворотних величин.

3. Розділити елементи кожного стовпця на суму елементів цього стовпця (тобто нормалізувати стовпець), потім скласти елементи кожного отриманого рядка і розділити цю суму на число елементів рядка.

4. Помножити n елементів кожного рядка і витягувати корінь n -ого степеню. Нормалізувати отримані числа.

5. Підносити матрицю до довільно великих ступенів. Обчислювати суми елементів рядків і нормалізувати отримані суми.

Найбільш точним є останній спосіб. Проте без відповідної комп'ютерної підтримки він представляє певну трудність. На практиці використовують переважно четвертий спосіб.

Розглянемо його. Хай дана матриця $A(n, n)$.

1. Компонента власного вектора i -го рядка обчислюється за формулою

$$b_i = \sqrt[n]{a_{i1} \times a_{i2} \times a_{i3} \times \dots \times a_{in}}. \quad (1.3)$$

2. Після того, як отримані компоненти власного вектора для всіх n рядків (b_1, b_2, \dots, b_n) проводиться його нормалізація. Для цього обчислюється сума компонент власного вектора $\sum_{i=1}^n b_i$. Потім кожен елемент b_i ділиться на знайдену суму. Таким чином, отримуємо нормалізований власний вектор.

$$\bar{X} = \left(\frac{b_1}{\sum b_i}, \frac{b_2}{\sum b_i}, \dots, \frac{b_n}{\sum b_i} \right) = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n). \quad (1.4)$$

Пріоритети синтезуються, починаючи з другого рівня вниз. Локальні пріоритети перемножуються на пріоритет відповідного критерію на вищестоящому рівні і підсумовуються по кожному елементу відповідно до критеріїв, на які впливає цей елемент. (Кожний елемент другого рівня умножається на одиницю, тобто на вагу єдиної цілі самого верхнього рівня.) Це дає складений, або глобальний пріоритет того елемента, який потім використовується для зважування локальних пріоритетів елементів, що порівнюються по відношенню до нього як до критерію і розташовані рівнем нижче. Процедура продовжується до самого нижнього рівня.

Якщо отримані пріоритети k -го рівня, то пріоритети для елементів $(k+1)$ рівня обчислюються за формулою:

$$x_j^{k+1} = \sum_{i=1}^n x_i^k b_{ij}, \quad (1.5)$$

де x_j^{k+1} - глобальний пріоритет j -го критерію на $(k+1)$ рівні, x_i^k - глобальний пріоритет i -го критерію на k рівні, b_{ij} - локальний пріоритет j -го критерію на $(k+1)$ рівні за i -м критерієм k -го рівня.

Коли обчислені всі пріоритети для елементів нижнього рівня (тобто для альтернатив) особа, що приймає рішення обирає альтернативу, базуючись на одержаних результатах.

1.6 Культурний алгоритм вирішення оптимізаційних задач

Культурні алгоритми (КА) — це гілка еволюційних обчислень, де крім популяційного компонента є компонент знань, який називається простором переконань. У цьому сенсі культурні алгоритми можна розглядати як розширення традиційного генетичного алгоритму.

Культурні алгоритми були введені Рейнольдсом [17] як посиленна модифікація ройового пошуку, при якому частинки рою (пошукові агенти) мають різний вплив один на одного, оскільки «спілкуються» (як люди) і здатні «переконувати» один одного (як люди) в тому чи іншому перспективному напрямку пошуку рішення.

Простір переконань культурного алгоритму розділений на окремі категорії. Ці категорії представляють різні сфери знань, які має населення щодо простору пошуку.

Простір переконань оновлюється після кожної ітерації найкращими особами популяції. Найкращих особин можна вибрати за допомогою функції пристосованості, яка оцінює продуктивність кожної особини в популяції подібно до генетичних алгоритмів [18]. Культурні алгоритми передбачають (залежно від обраної складності) зберігання наступних видів інформації:

1) Нормативні знання - набір бажаних діапазонів цінностей для індивідів у компоненті популяції, наприклад прийнятна поведінка для агентів у популяції (параметри кросинговера, мутації і т.д.).

2) Доменно-специфічні знання - застосовується інформація про область проблеми культурного алгоритму (визначається задачею і обмеженнями. Наприклад: величина штрафу або мінімальна схожість рішень).

3) Знання ситуації - конкретні приклади важливих подій, наприклад, інформація про знайдені успішні та/або невдалі рішення (іноді важливіше знати, які рішення неприпустимі, ніж які хороші).

4) Часове знання - історія простору пошуку, наприклад, часові моделі процесу пошуку (чи покращується рішення в часі, і як треба керувати пошуком).

5) Просторові знання - інформація про топографію простору пошуку (які області є перспективними, які взагалі ні).

У найпростіших реалізаціях достатньо лише знання ситуації – хто з агентів досяг якого успіху і на якому саме кроці. Таким чином КА реалізує концепцію пошукової оптимізації шляхом врахування досвіду, здобутого в ході рішення задачі. Ілюстрацією використання простору переконань за Рейнольдсом [17] є рисунок 1.10.

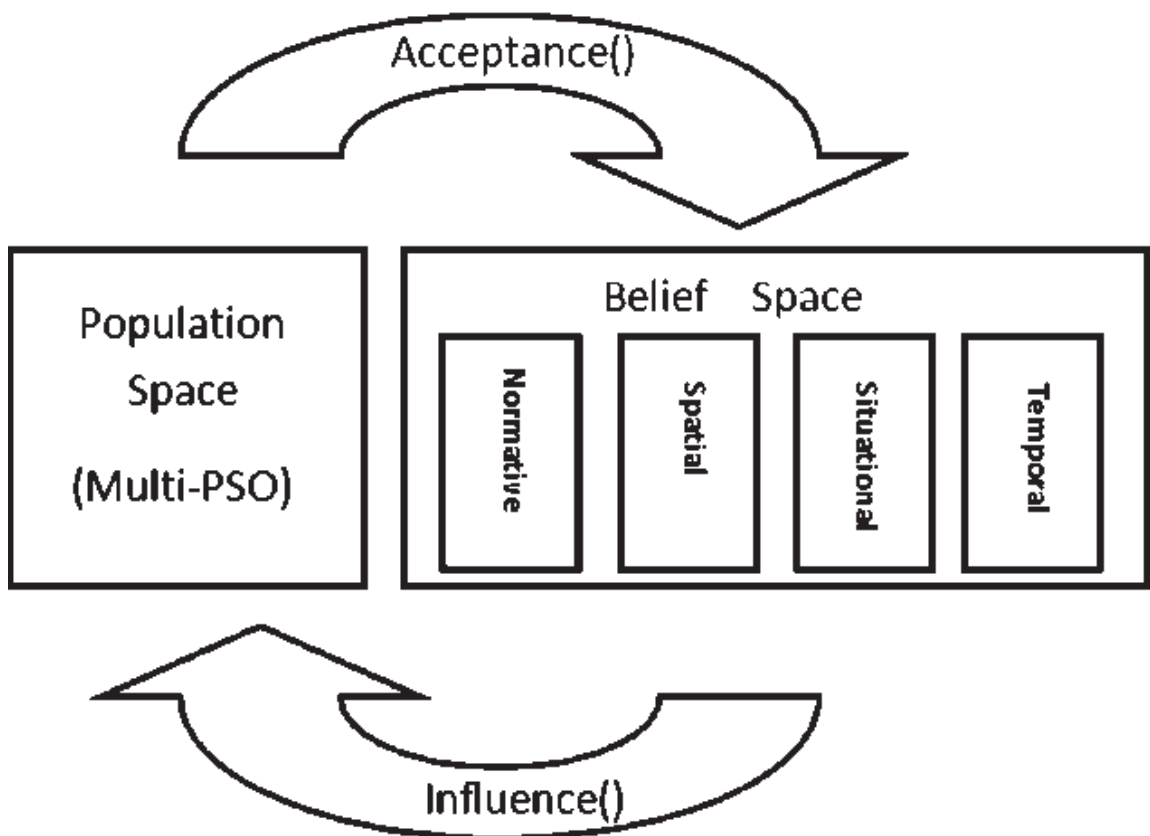


Рис. 1.10. Робота культурного алгоритму і простір переконань

Популяційний компонент культурного алгоритму приблизно такий же, як і генетичного алгоритму: селекція, кросинговер, мутація, але культурні алгоритми вимагають взаємодії між популяцією і простором переконань.

Найкращі пошукові агенти (представники населення) можуть оновлювати простір переконань за допомогою функції прийняття (*acceptance*).

Водночас, певні знання з простору переконань (попередні вдалі рішення, налаштування параметрів кросинговера чи мутації, ...) можуть впливати на населення (поточну популяцію пошукових агентів) через функцію впливу (*influence*). Функція впливу може впливати на популяцію, змінюючи як окремих її представників, так і опції їх діяльності.

Узагальнено культурний алгоритм складається з наступних кроків:

Крок 1. Ініціалізація початкової популяції розміром n (відповідно до простору рішення та його обмежень). Лічильник ітерацій $t = 0$

Крок 2. Ініціалізація простору переконань (наприклад, встановлення специфічних для предметної області знань і заданих діапазонів значень, занесення в простір переконань кращих з першого покоління рішень, тощо)

Крок 3. Повторювати, доки не буде виконано умову завершення (умовою завершення може бути кількість ітерацій, астрономічний час або кількість епох, коли рішення не покращується):

Крок 3.1. Оцінити кожного представника поточного покоління і визначити його пристосованість, а відповідно – ймовірність дати нащадків за певним типом селектора (турнірний, ранговий, пропорційний, порівняльний...). Оновити значення *best*. $t = t + 1$.

Крок 3.2. Виконати кросинговер для випадкових пар батьків, ши n нащадків.

Крок 3.3. Для кожного нащадка виконати мутацію з поточним значенням рівня мутації (може бути мінімальним або поступово зменшуватись)

Крок 3.4. Конкретизація (*specialization*). Якщо відношення значення цільової функції i –того агента до цільової функції j –того агента $f_i/f_j > k_{in}$

(розглядається задача мінімізації), то i -тий агент робить крок в бік j -того в просторі рішень. Розмір кроку може бути обмеженим, наприклад трьома генами, а може поступово зменшуватись в ході роботи алгоритму (починаємо з 20-ти генів закінчуємо одним).

Крок 3.5. Узагальнення (*generalization*). Якщо дисперсія рішень стає більше за встановлену максимально припустиму $D \geq D_{max}$, випадкове рішення робить крок до центру мас популяції (новіша версія [19] - найгірше з рішень популяції або таке, що найбільш порушує обмеження).

Крок 3.6. Розділення (*fission*). Якщо дисперсія популяції стає меншою від заданої $D \leq D_{min}$, випадковий (або найгірший) пошуковий агент відкидається випадковим чином (рівномірно в ОДЗ або відбивається через центр мас).

Крок 3.7. Поширення знань (*propagation knowledge*). Якщо $mod\left(\frac{t}{k}\right) = 0$, частина рішень n/α з популяції зберігається в пам'яті для наступного використання при поповненні поколінь. k, α – параметри алгоритму.

Крок 3.8. Зворотне поширення досвіду (*back propagation*). Якщо $mod\left(\frac{t}{q}\right) = 0$, $q \neq k$, така ж частина рішень n/α гине і змінюється копіями рішень з пам'яті (гинути можуть як випадкові, так і найгірші). q – параметр алгоритму.

Крок 4. Вивести найкраще рішення з пам'яті.

Щодо параметрів культурного алгоритму, одностайності в його авторів і дослідників немає, але загальна рекомендація [20] така: $\alpha = 3 \dots 8$; q, k – прості числа в інтервалі [10...20], наприклад 11 і 13.

КА має бути більш ефективним за ГА, оскільки він реалізує концепцію пошукової оптимізації шляхом врахування досвіду, здобутого в ході рішення задачі. Разом з цим слід врахувати, що оптимальні рішення в задачах з обмеженнями зазвичай знаходяться на краю або в куті області допустимих значень, відтак необхідно максимально інтенсифікувати пошук в області, прилеглий до цієї межі. Цей алгоритм дозволяє «привернути увагу» до таких місць. Нарешті в культурному алгоритмі одночасно реалізовані майже всі пошукові оператори:

- кросинговер
- мутація
- пам'ять;
- обмін інформацією;
- селективний відбір.

Чи реально КА буде мати перевагу над ГА, перевіримо при вирішенні типових задач у спеціальному розділі.

1.7 Висновки до розділу

Проблема управління запасами є однією з найважливіших в організаційному управлінні. Але, як правило, в цій області не існує типових рішень - умови на кожному підприємстві або фірмі унікальні і включають безліч обмежень і різних особливостей. З цим пов'язані і проблеми, що виникають при розробці математичної моделі і визначенні оптимальної стратегії управління запасами.

Об'єктом для дослідження були обрані логістичні процеси постачання пального в мережі АЗС ТОВ «Н-трейдинг».

Відповідно предметом дослідження є створення інформаційних систем підтримки прийняття рішень щодо оптимізації логістичних процесів в мережі АЗС.

Аналіз господарської діяльності підприємства «Н-трейдинг» показав, що це ТОВ невпинно розвивається і має стабільний попит на своє пальне; кількість персоналу збільшується пропорційно зростанню кількості АЗС; середня зарплата персоналу за розглянутий період зростала приблизно пропорційно інфляції а обсяги реалізації випереджають темпи зростання кількості АЗС, отже потенціал для розширення бізнесу ще не вичерпаний. Крім того, показано, що темпи зростання доходів від реалізації продукції випереджають темпи зростання обсягів, що свідчить про зростання ціни на пальне протягом розглянутого періоду.

У перспективі підприємство має на меті зайняти лідируючі позиції на ринку нафтопродуктів, що складаються в забезпеченні ПММ та іншою продукці-

єю нафтохімії кінцевих споживачів, а також розширити мережу АЗС «Укрнафта» на території України тим самим збільшивши свої доходи.

Водночас у собівартості продукції значну частину мають логістичні операції доставки та зберігання пального на АЗС. Це обумовлює мету даної роботи: покращення техніко-економічних показників роботи мережі АЗС за рахунок оптимізації витрат на керування запасами.

Для досягнення поставленої мети в спеціальному розділі пропонується вирішити дві математичні задачі.

1. Потрібно отримати такий план розподілу нафтопродуктів по відсіках бензовозів, який би забезпечував мінімізацію цільової функції сукупних витрат на підтримання запасів, не порушуючи обмеження на безперебійну роботу всіх АЗС, вичерпання будь-якого виду пального на яких неприпустиме.

Наведена задача є комбінаторною і полягає у зв'язуванні виду пального, відсіку бензовоза, та номера АЗС, на яку він відправляється. На можливі рішення накладається ряд природних обмежень.

2. Визначити послідовність обслуговування множини АЗС, вважаючи, що кожна з них обслуговується окремо і послідовно, враховуючи декілька критеріїв та запропонувати математичний механізм узгодження критеріїв.

Для розв'язання першої пропонується застосувати культурний алгоритм, порівнявши його із використаним раніше генетичним алгоритмом. Для розв'язання другої задачі – метод аналізу ієрархій.

2 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Задача оптимізації маршрутів розвезення палива

Однією із задач, які стоять перед особою, яка приймає рішення (логістик по перевезенню пального), є формування добового завдання бензовозам на обслуговування потреб АЗС у нафтопродуктах. Як зазначено в розділі 1.3, потрібно отримати такий план розподілу нафтопродуктів по відсіках бензовозів, який би забезпечував мінімізацію цільової функції сукупних витрат на підтримання запасів, не порушуючи обмеження на безперебійну роботу всіх АЗС, вичерпання будь-якого виду пального на яких неприпустиме.

Наведена задача є комбінаторною і полягає у зв'язуванні виду пального, відсіку бензовоза, та номера АЗС, на яку він відправляється.

На можливі рішення накладається ряд природних обмежень:

- бензовоз вирушає у рейс, маючи всі відсіки заповненими паливом у різній комбінації, порожні відсіки не припустимі;
- за один рейс один бензовоз може доставити на одну заправку від 6 до 23 кубічних метрів пального одного виду (менше не дозволяє розмір відсіку, більше – розмір резервуарів АЗС);
- після доставки пального для кожної АЗС по кожному виду пального має виконуватися умова неможливості вичерпання запасів протягом доби (за ймовірністю);
- номери відсіків та їх об'єм фіксовані;
- протягом доби бензовоз може виконати не більше рейсів, ніж встигне за відведену зміну (з урахуванням часу в дорозі, заправки та зливу пального);
- кожен відсік бензовозу або зливається на даній АЗС повністю, або не зливається взагалі.

Для математичного опису задачі введемо наступні позначення:

$t = 4$ – кількість видів пального, якими оперує підприємство;

$M = 69$ – кількість АЗС, які обслуговують наші автобази;

$m = M \cdot t = 206$ – кількість резервуарів з паливом на усіх автобазах;

$z = 5$ – кількість відсіків у кожному бензовозі, ємність яких, починаючи від кабіни, дорівнює відповідно 10, 6, 9, 6 та 7 куб.м;

$N = 27$ – кількість парку бензовозів, доступних для навантаження;

$n = N \cdot z = 135$ – кількість відсіків, які можна одночасно заповнити паливом;

$X_{n \times m}$ – бінарна матриця призначення, $x_{i,j} = 1$, якщо паливо у відсіку $i = 1..n$ призначене для перевезення у резервуар $j = 1..m$, інакше $x_{i,j} = 0$;

$Q_{1 \times m}$ – вектор залишків пального в резервуарах на момент прийняття рішення, куб.м;

$V_{1 \times m}$ – вектор математичних очікувань середньодобового споживання по заправках та видах палива, куб.м;

$S_{1 \times m}$ – вектор середньоквадратичних відхилень середньодобового споживання по заправках та видах палива, куб.м;

$Y_{n \times 1}$ – вектор розмірів відсіків по всіх автомобілях, куб.м;

$L_{M+1 \times M+1}$ – матриця відстаней між заправками по дозволеним для переміщення шляхам, а також між заправками і нафтобазою (в даній роботі розглядається постачання з однієї нафтобази для простоти), км;

$c = 18$ грн/км – вартість руху бензовозу незалежно від навантаження;

$d = 132$ грн/тон – вартість навантаження і зливання тони нафтопродуктів стандартним бензовозом;

$\alpha_t = 0,78..0,88$ – коефіцієнт щільності, залежний від виду пального та від навколишньої температури;

$R_{N \times M+1 \times M+1}$ – двійковий тривимірний масив переміщень, надалі розглядається, як вектор з оптимізованих попередньо двійкових квадратних матриць, у яких $r_{q,p}^k = 1$, якщо бензовоз $k = 1..N$ здійснює переміщення з пункту $q = 1..M + 1$ до пункту $p = 1..M + 1$, інакше $r_{q,p}^k = 0$.

Враховуючи введені позначення, запишемо спочатку обмеження задачі.

$$\forall k = 1..N \quad \sum_{i=5k-4}^{5k} \left(\sum_{j=1}^m (x_{i,j}) \right) = \begin{cases} 5, & \text{if } \sum R^N > 0; \\ 0, & \text{if } \sum R^N = 0 \end{cases} \quad (2.1)$$

Обмеження (2.1) показує, що для будь-якого бензовоза виконується умова: якщо він вирушає з нафтобази (матриця його переміщень не нульова), він має всі відсіки заповненими.

$$\forall j = 1..m \quad \sum_{i=1}^n (x_{i,j} \cdot Y_i) \leq (W_j - Q_j + V_j - 2S_j) \quad (2.2)$$

Обмеження (2.2) показує, що у кожен резервуар може бути злито одночасно з усіх відсіків усіх бензовозів не більше пального, ніж об'єм резервуару за винятком залишку на початок дня плюс нижня межа очікуваного попиту протягом доби (рівень відхилення на 2 СКВ відповідає ймовірності у 2%).

$$\forall j = 1..m \quad \sum_{i=1}^n (x_{i,j} \cdot Y_i) + Q_j \geq (V_j + 2S_j) \quad (2.3)$$

Обмеження (2.3) показує, що у кожен резервуар необхідно злити з усіх відсіків таку кількість пального, щоб з урахуванням залишку на початок доби отримана кількість перевищувала верхню межу середньодобового споживання з ймовірністю 0,98 (математичне очікування + 2 СКВ).

$$x_{i,j} = 1 \vee 0 \quad (2.4)$$

Обмеження (2.4) показує, що бензовоз або везе («1») у i -тому відсіку пальне для j -того резервуару певної АЗС пального того виду, що там міститься, або ж не везе («0»).

Перехід від секцій бензовоза до маршрутів здійснюється за допомогою формули

$$\forall k = 1..N \quad \text{if} \quad \sum_{i=5k-4}^{5k} \left(\sum_{j=1}^m (x_{i,j}) \right) = 5, \quad \text{then} \quad r_{q,p}^k = \min(A_z^z\{1; x_{i,j} \neq 0\}) \quad (2.5)$$

Тобто, для кожного бензовозу, якщо він виходить у рейс, маршрут є мінімальною перестановкою із заправок, які слід відвідати (до них везеться пальне) і першого пункту (нафтобази). На практиці формула (2.5) застосовується рідко – в більшості випадків бензовоз зливає усе пальне (38 куб.м) на одній АЗС. Таким чином, більшість маршрутів у розгляді – маятникові.

Цільова функція оптимізації матиме вигляд

$$F = \sum_{k=1}^N \sum_{q=1}^{M+1} \sum_{p=1}^{M+1} c(r_{q,p}^k \cdot L_{q,p}) + \alpha d \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{i,j} Y_j \rightarrow \min \quad (2.6)$$

Її сенс полягає у тому, що у рейс мають вийти з урахуванням обмежень мінімум бензовозів (друга частина), які для задоволення потреби у пальному по всіх АЗС мають здійснити мінімальний пробіг. Логіка останнього рішення полягає у тому, що поповнення запасів пального на усіх АЗС має здійснюватися мінімальною кількістю рейсів.

2.2 Розв'язання задачі оптимізації маршрутів розвезення палива генетичним алгоритмом

Як вже було згадано, описана задача є комбінаторною, а отже NP-складною. Тому для її вирішення був обраний генетичний алгоритм, де хромосомами виступали матриці X .

Лістинг розробленого програмного забезпечення наведено у додатку В.

Оскільки розробка генетичного алгоритму не входила в задачі роботи, була використана розроблена раніше авторами програма. Нами були визначені оптимальні налаштування алгоритму для розв'язання нашої задачі:

- максимальний час обчислення – 600 секунд;

- кількість особин у популяції – 100;
- кросовер – одно точковий, ступінь кросоверу – випадкове число в діапазоні від 0,4 до 0,9, як рекомендовано в літературі [13];
- метод селекції особин, що дають нащадків – турнірний з вибором двох різних батьків з першої чверті популяції;
- рівень мутації (ймовірність, що утворені нащадки будуть змінені випадковим чином) – 0,75;
- ступінь мутації (кількість генів, що інвертуються випадково) – 1.

Аби проілюструвати особливості й складнощі рішення задачі (2.1)-(2.6), проілюструємо її розв'язання на прикладі задачі малої розмірності. Наприклад, п'ять АЗС мають стан, який описаний в першій таблиці на рисунку 2.1. В таблиці (лівий верхній кут) для кожного виду пального по кожній АЗС зазначені послідовно:

- середнє споживання за добу V_j ,
- залишок пального на момент формування завдання Q_j ,
- середнє квадратичне відхилення споживання протягом останнього місяця S_j та
- обсяг резервуару для даного виду пального W_j .

Двійкова матриця X описує одне з припустимих рішень (умови (2.1) і (2.4) виконуються). При цьому цільова функція, обчислена з урахуванням матриці відстаней перевезень (ліворуч внизу) за (2.6) враховує порушення обмежень (2.2) – на зайве пальне, яке не може бути злите в даний резервуар даної АЗС і має бути повернуте на нафтобазу, та обмеження (2.3) – на виникнення дефіциту пального (на певній АЗС певний вид пального закінчиться раніше, ніж відбудеться наступна поставка).

Витрати на перевезення враховуються завдяки багатовимірному масиву переїздів для бензовозів, які будуються за (2.5) з використанням жадібного алгоритму (їхати в найближчий пункт призначення). Витрати на порушення обмежень рахуються з використанням методу штрафних функцій.

A3C	Пальне	V	Q	S	W	X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Обмеження 2	Обмеження 3																	
A3C1	A98	4	1	0.5	15	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	2	15	18	0														
	A92	20	7	1	25	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	25	23	0												
	A95	15	12	0.5	20	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	20	27	0											
	ДТ	20	4	2	25	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
A3C2	A98	5	11	1	15	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	25	18	7	36	0													
	A92	16	11	1.1	20	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	9	20	40	0											
	A95	10	5	1.3	20	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
	ДТ	15	6	0.7	20	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
A3C3	A98	11	7	0.8	20	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
	A92	15	7	1	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
	A95	18	5	1.2	20	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
	ДТ	10	14	1	20	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
A3C4	A98	7	8	0.5	15	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
	A92	17	7	0.7	15	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
	A95	18	11	0.8	25	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
	ДТ	12	12	0.4	15	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
A3C5	A98	6	10	0.5	15	17	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
	A92	20	12	1	25	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
	A95	9	14	0.5	15	19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
	ДТ	20	16	0.6	25	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
SumX						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
Y						10	6	9	6	7	10	6	9	6	7	10	6	9	6	7	10	6	9	6	7	10	6	9	6	7	10	6	9	6	7	10	6	9	6	7	10	6	9	6	7	10	6	9	6	7	10	6	9	6	7
Обмеження 1						sX	5	dX	0		sX	5	dX	0		sX	5	dX	0		sX	5	dX	0		sX	5	dX	0		sX	5	dX	0		sX	5	dX	0		sX	5	dX	0		sX	5	dX	0						
Обмеження 2						S(X)	dS																																																
Обмеження 3						V+	Несгача																																																
Надлишок						29																																																	
Загалом T						29																																																	
Загалом грн						3828																																																	
Загалом T						40.6																																																	

L	A3C1	A3C2	A3C3	A3C4	A3C5	Нафтобаза
A3C1	0	18	18.5	19	2	20
A3C2	19	0	15	26	13	20
A3C3	18	17	0	7	6	9
A3C4	19	27	6	0	12	28
A3C5	2	13	6	13	0	15
Нафтобаза	18	21	9	29	12	0

Масив переміщення бензовозів R											
A3C1						1					
A3C2							1				
A3C3								1			
A3C4									1		
A3C5										1	
Нафтобаза											1
A3C1	1										
A3C2		1									
A3C3			1								
A3C4				1							
A3C5					1						
Нафтобаза						1					
A3C1											
A3C2							1				
A3C3								1			
A3C4									1		
A3C5										1	
Нафтобаза											1
A3C1											
A3C2											1
A3C3											
A3C4											
A3C5											
Нафтобаза											

Рис. 2.1. Початковий стан рішення задачі на 5 АЗС і 6 бензовозів

Видно, рішення на рис. 2.1 є припустимим, але цільова функція при такому рішенні становитиме 15825 грн. для 5 АЗС. Це пов'язано з тим, що поперше, задіяні всі 6 бензовозів, кожен з яких об'їжджає дві, а іноді 3 АЗС і проїжджає від 46 до 75 км. По-друге, в трьох резервуарах двох АЗС порушується умова обмеження (2.2) – привезене пальне просто нікуди зливати, що призводить до додаткових 3828 грн. витрат. По-третє, водночас на чотирьох резервуарах трьох АЗС виникає ситуація, коли пальне закінчується і спостерігається його нестача, що обходиться у 5360 грн. додаткових витрат.

Натомість рішення на рисунку 2.2, отримане за допомогою генетичного алгоритму, також є припустимим за (2.1) та (2.4), але водночас є локально-оптимальним. Витрати на поповнення запасів пального в тій самій ситуації становлять 3402 грн. це пов'язано з тим, що

- використовуються на всі шість бензовозів, а лише п'ять;
- бензовози 1, 2, 3 і 4 обслуговують кожен лише одну АЗС і здійснюють маятниковий маршрут, не подорожуючи містом: їх пробіг від 18 до 57 км;
- бензовоз 6 обслуговує дві АЗС, відстань між якими 2 км, при цьому зливає 4 відсіки на АЗС5 і лише один відсік на АЗС1;
- не порушується жодне з обмежень (2.2) ат (2.3), таким чином на жоден вид пального не настає дефіцит і все привезене пальне розміщується в резервуарах;
- сукупна ємність пального, яке перевозиться для поповнення запасів – 190 куб.м, що менше від загальної можливості АЗС прийняти пальне – 362 куб.м.

Таким чином, отримане рішення в декілька разів краще ніж початкове наближення.

Для вхідних даних, представлених рядом станів заправок базового підприємства під час проходження виробничої практики, було отримано ряд рішень, які ілюструються рисунками 2.3 – 2.6.

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36			
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Рис. 2.3. Приклад рішення для одного з днів (фрагмент)

На рисунку 2.3 наведено фрагмент рішення (матриця X в даному випадку транспонована по відношенню до вигляду рис. 2.1 та 2.2) задачі при поповненні запасів одразу 69 заправок станцій. Використовуючи введені раніше позначення, пояснимо отриманий результат. З отриманого фрагменту рішення видно, що в розрахунковий день:

- перший бензовоз (рядки з 1 по 5 в матриці X) призначається на АЗС №2 (ємності з 5 по 8 в матриці X), де вивантажується повністю: 10 куб.м пального А-98 (5 резервуар), 15 куб.м пального А-92 (6 резервуар), 13 куб.м пального А-95 (7 резервуар) і повертається на нафтобазу;
- другий і третій бензовози не задіяні;
- четвертий бензовоз (рядки з 16 по 20 матриці X) призначається на АЗС №6, куди везе 16 куб.м пального А-98 (перші два відсіки) і розташовану непо-

далік АЗС №3, куди везе 15 куб.м пального А-92 і 7 куб.м. пального А-95 (резервуари 10 і 11 в таблиці X). Ці дві АЗС розташовані неподалік вздовж Донецького шосе, тому переїзд між ними вносить в рішення невелику суму;

– п'ятий бензовоз (рядки з 21 по 25 матриці X) вирушає на АЗС №7 (стовпці з 25 по 28), куди везе відповідно пального А-98 – 6 куб.м, А-92 – 9 куб.м, А-95 – 10 куб.м і дизельного пального 13 куб.м. та повертається на нафтобазу;

– шостий бензовоз (рядки з 26 по 30 матриці X) вирушає на АЗС №8 та АЗС №9 (стовпці з 29 по 32 та з 33 по 36 відповідно), куди везе лише дизельне пальне, яка зливає: 16 куб.м. – на АЗС №8 і 22 куб.м на АЗС №9.

Слід пам'ятати, що загалом у матриці X 135 рядків (кількість відсіків усіх бензовозів) і 206 стовпців (кількість резервуарів усіх АЗС).

Чи є отримане рішення оптимальним, сказати неможливо, адже воно було отримане методом випадкового пошуку. Але воно є субоптимальним і отримане за скінчений, заздалегідь визначений проміжок часу.

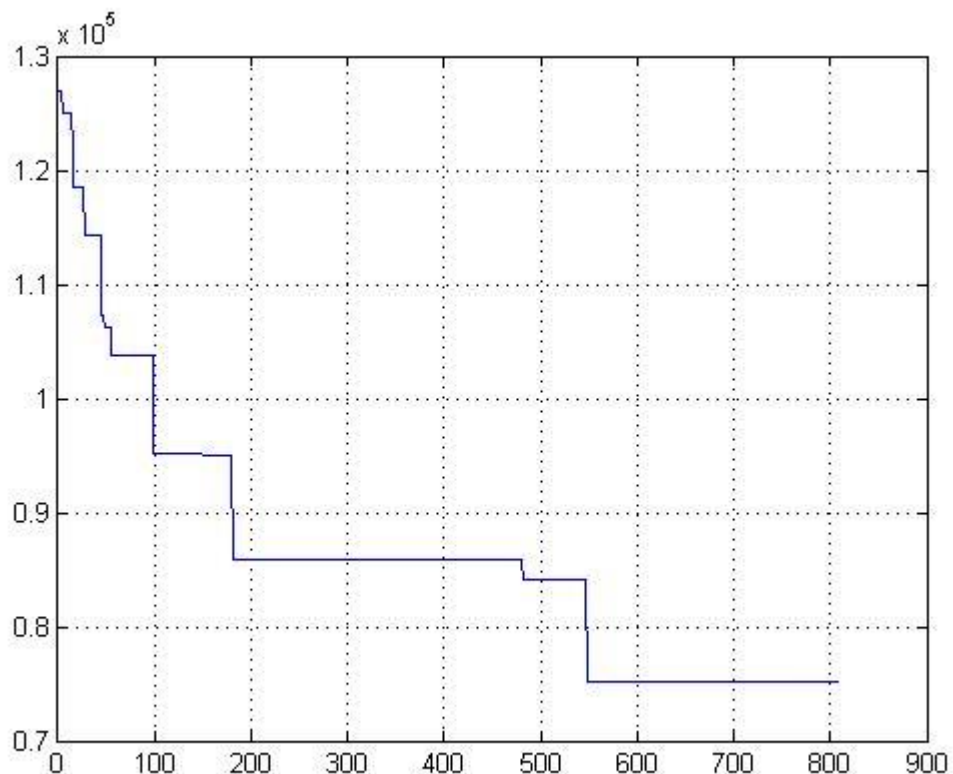


Рис. 2.4. Графік зміни цільової функції протягом рішення

Графік роботи генетичного алгоритму в часі ілюструє залежність на рисунку 2.4. Як видно з рисунку, рішення, яке кілька разів активно покращується

алгоритмом на початку роботи, потім протягом кількох сотень поколінь не може бути покращене. Якщо воно і не є глобальним оптимумом, то представляє доволі сильний локальний оптимум.

Рішення отримане на рис. 2.3-2.4 передбачає відправлення у рейс 17 бензовозів. Цільова функція при цьому становить 75 201 грн.

В ході запуску алгоритму на даних за різні дні протягом тижня і місяця були отримані рішення, які передбачають випуск від 12 до 26 бензовозів з сумарними витратами на транспортування від 51 925 грн. до 135 729 грн.

Розклад по кількості виходів бензовозів у рейс для одного з тижнів наведений на рисунку 2.3. Як видно з рисунку, в різні дні тижня, залежно від попиту в рейс може виходити різна кількість заправних бензовозів.

Зазвичай вони обслуговують кожен одну АЗС, але іноді, якщо відстань між АЗС не велика, їх може бути дві в 1 рейсі. На рисунку 2.5 наведена послідовність обслуговування всіх АЗС, що є партнерами «Н-трейдинг» протягом тижня:

- в понеділок 21 бензовоз обслуговує 24 АЗС,
- у вівторок 16 бензовозів 17 АЗС,
- в середу 14 бензовозів – 14 АЗС,
- в четвер 13 бензовозів – 13 АЗС,
- в п'ятницю 17 бензовозів - 18 АЗС,
- в суботу 12 бензовозів – 12 АЗС,
- в неділю 20 бензовозів – 21 АЗС.

День тижня	понеділок	вівторок	середа	четвер	п'ятниця	субота	неділя
Кількість бензовозів	21	16	14	13	17	12	20
Номери АЗС, що обслуговуються	3	6	10	1	2	5	4
	7	8	18	11	6	11	5
	8	14	22	15	7	15	12
	10	18	29	23	9	21	13
	11	27	34	24	13	30	14
	15	28	40	25	14	35	16
	24	33	42	36	20	38	17
	25	39	44	54	27	52	19
	26	43	45	55	37	57	26
	27	48	46	57	42	65	29
	30	51	47	60	47	66	30
	32	54	49	62	48	68	31
	34	59	55	63	50		37
	40	59	61		52		40
	42	60			55		41
	44	65			55		42
	45	69			58		51
	46				68		53
	48						57
	55						64
56						66	
58							
60							
68							

Рис. 2.5. Графік розподілу виходів бензовозів у рейс протягом тижня

Оскільки обраний нами генетичний алгоритм є алгоритмом випадкового пошуку, важливе значення має відповідь на питання, наскільки точно (за ймовірністю) він знаходить раціональне рішення.

Було проведено ряд досліджень, в ході яких була спроба відповісти на питання: скільки поколінь необхідно зробити генетичному алгоритму, аби гарантовано видавати однакове, найкраще із отриманих рішення. Графік, отриманий в ході дослідження, розміщений на рисунку 2.6.

З рисунку 2.6 можна помітити, що задача (2.1)-(2.6) має поліноміальну складність – зі зростанням кількості резервуарів, які необхідно заповнити (вісь абсцис) кількість поколінь необхідних для отримання стабільного результату зростає квадратично пропорційно по відношенню до розмірності задачі: якщо для дня, коли 20 АЗС виставляють свої заявки, достатньо 700-800 поколінь ге-

нетичного алгоритму, то для дня, коли одразу 50 АЗС потребують поповнення запасів пального, отримання стійкого субоптимального рішення потребує близько 5000 ітерацій. Інакше кажучи, зростання розмірності задачі в $50/20=2,5$ рази призводить до збільшення часу пошуку рішення в $5000/800=6,25$ разів.



Рис. 2.6. Дослідження впливу масштабу задачі на точність отриманого рішення

Поліноміальний характер залежності на рис. 2.6 та збіжність до локального оптимуму генетичного алгоритму змусили шукати альтернативне рішення задачі (2.1)-(2.6). в якості альтернативи був обраний розглянутий раніше культурний алгоритм.

2.3 Розв'язання задачі оптимізації маршрутів розвезення палива культурним алгоритмом та порівняння рішень

На першому етапі за допомогою КА було розглянуто ті самі приклади добових задач, що розв'язані раніше генетичним алгоритмом.

Для задачі, що описується рисунками 2.1 і 2.2, рішення вийшло еквівалентним з відмінністю на належність тої чи іншої АЗС до того чи іншого виду палива. Цільова функція також дорівнює 3402 грн. транспортних витрат на поповнення запасів на 5 АЗС, для обслуговування яких необхідно задіяти 4 бензо-

вози. Оскільки ця задача є доволі простою, порівняння методів може відбуватися хіба що за швидкістю отримання результатів. Для ГА наведене на рис. 2.2 рішення повторюється в середньому на 76 ітерації, для КА – в середньому на 21. При цьому кількість викликів цільової функції для ГА в середньому 202, для КА – 446. Така суттєва різниця обумовлена тим, що в ГА, як було наголошено раніше, використаний елітарний відбір з народженням в новому поколінні 2 особин при популяції в 50 пошукових агентів. Водночас в КА для простої задачі використано всього 20 пошукових агентів, але алгоритм передбачає на кожній з ітерацій створення одразу 20 особин нового покоління.

Детальніше дослідження залежності часу витраченого на пошук рішення залежно від складності задачі ілюструють таблиця 2.1 та рис. 2.7 і 2.8.

Таблиця 2.1

Порівняння ГА та КА на однаковій розмірності задач

Кількість одночасних заявок		Рішення за генетичним алгоритмом				Рішення за культурним алгоритмом			
АЗС	резервуарів	Середнє значення ЦФ	Краще значення ЦФ	Середня кількість ітерацій	Середня кількість викликів ЦФ	Середнє значення ЦФ	Краще значення ЦФ	Середня кількість ітерацій	Середня кількість викликів ЦФ
5	20	3402	3402	76.1	202.2	3402	3402	21.3	446
10	39	18283	18260	202.5	455	13037	12807	57.8	1156.353
15	59	36417	36095	406.7	863.4	29529	29177	100.9	2018.063
20	78	52807	51925	783.3	1616.6	39330	38889	143.5	2870.319
25	97	64114	63391	1189.4	2428.8	63905	63391	192.3	4808.033
30	117	76624	75201	1826.7	3703.4	70396	69733	238.5	5962.366
35	137	94873	91768	2313.9	4727.8	88713	88194	289.2	7230.992
40	156	113471	107758	3107.3	6314.6	91995	91223	340.8	10223.57
45	177	132491	124324	3927.5	7955	115055	113966	397.1	11912.54
50	196	146820	135729	5011.4	10122.8	121135	119733	446.6	13397.53
55	214	165629	150222	6133.3	12366.6	128836	126817	493.9	14816.12
60	235	185653	166271	7261.6	14623.2	140744	139523	556.8	22270.8

Аналізуючи дані в таблиці 2.1, слід звернути увагу на те, що показники часу витраченого на пошук рішення, оцінені за кількістю ітерацій та за кількістю звернень до цільової функції, суттєво відрізняються. І ця різниця зростає по

мірі зростання складності задачі (кількості АЗС, для яких вирішується задача одночасного обслуговування).

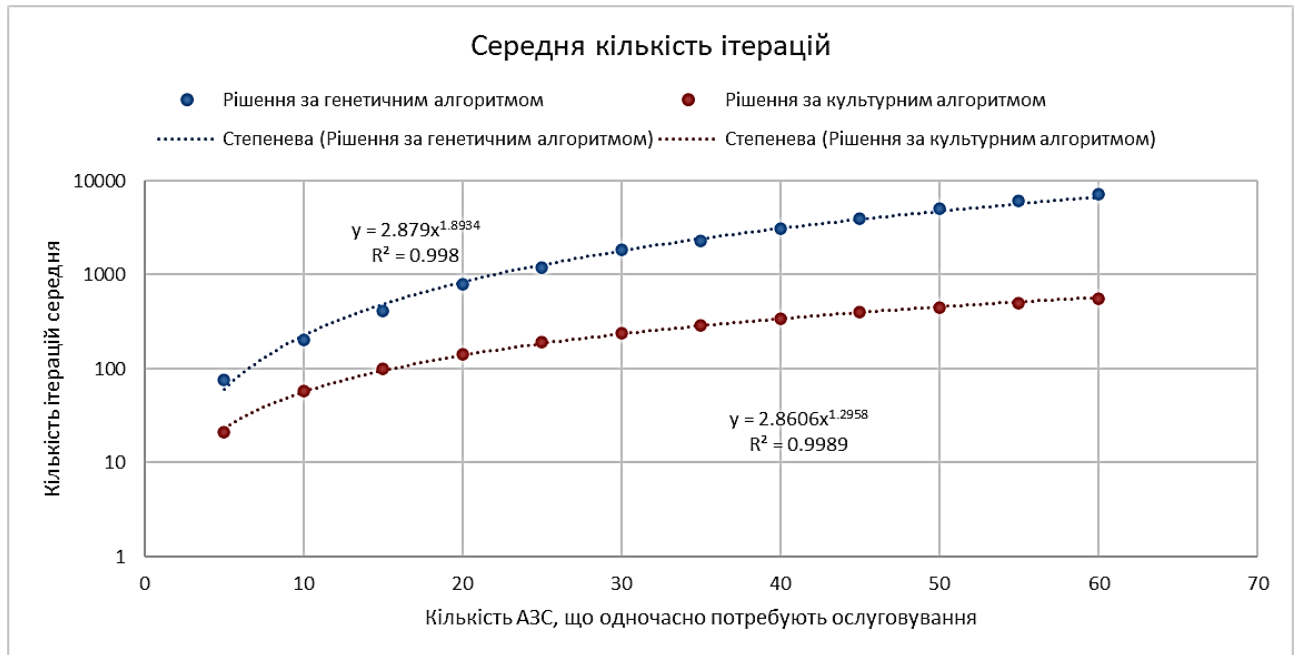


Рис. 2.7. Порівняння часу роботи алгоритмів за кількістю ітерації

Графіки на рисунку 2.7 показують, що культурний алгоритм незалежно від розмірності задачі потребує менше ітерацій. При цьому лінії тренду, побудовані за отриманими даними на рис. 2.7, показують, що ступінь функції складності ГА наближається до 2, як було показано у попередньому розділі, тоді як для культурного алгоритму вона близька до 1,3.

Водночас, графіки на рис. 2.8 показують, що культурний алгоритм стабільно більше разів звертається до цільової функції і ця кількість звернень зростає зі зростанням розмірності значно швидше, ніж у генетичного алгоритму.

Побудовані лінії тренду показують, що ступінь складності у алгоритмів порівняно однакова. При цьому степінь у апроксимаційної кривої для генетичного алгоритму все одно залишається вищим, ніж у культурного алгоритму (близько 1,81 проти близько 1,545).

Відмінність у відліках за віссю абсцис обумовлена тим, що показником розмірності на графіку 2.8 обрано кількість резервуарів, які необхідно наповнити.

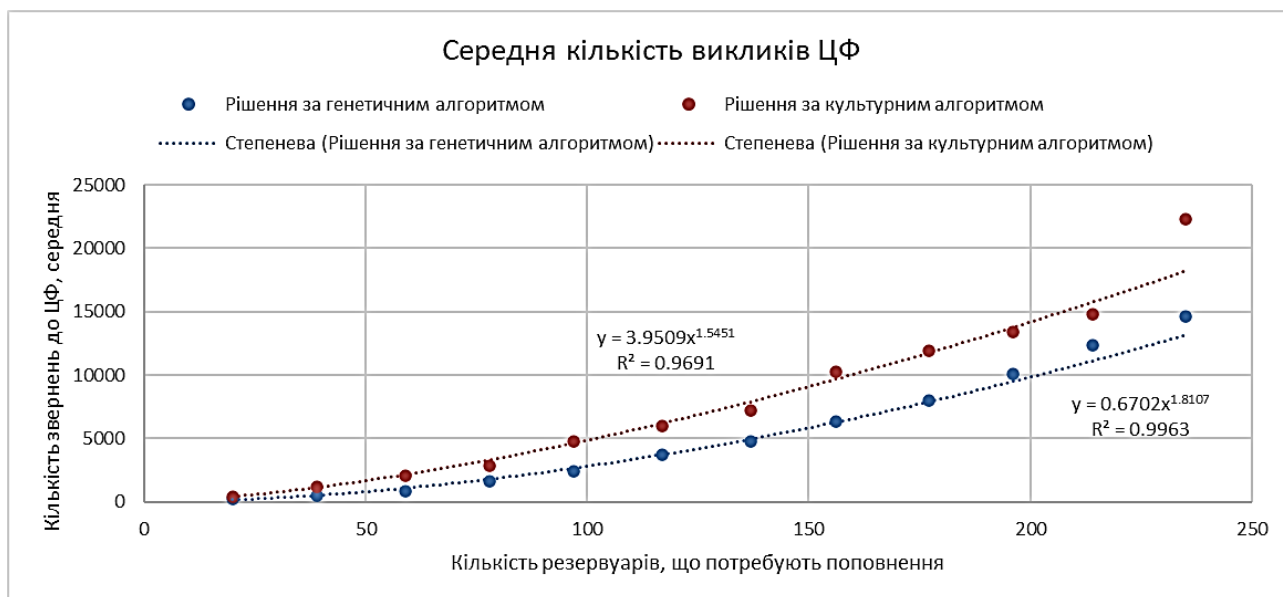


Рис. 2.8. Порівняння часу роботи алгоритмів за кількістю звернень до цільової функції

Відлік саме за резервуарами, що потребують наповнення, на думку автора є більш точним, оскільки саме кількість резервуарів породжує заявку, яка пов'язує певний вид пального, АЗС та відсік (чи декілька відсіків) бензовозу.

Співставлення результатів на рисунках 2.7 та 2.8 свідчить про те, що загалом на пошук рішення культурний алгоритм використовує більше часу (в кількості спроб – звернень до цільової функції задачі). Втім, такі результати обумовлені скоріше реалізацією ітерацій ГА, який у кожному новому поколінні оперує лише 2 елітними нащадками. Загальна ступенева тенденція на рис. 2.7 та 2.8 показує, що при рівній кількості пошукових агентів у кожному з поколінь КА буде суттєво випереджати ГА у пошуку рішення.

Іншу явну перевагу культурного алгоритму демонструють стовбці «Середнє значення ЦФ» та «Краще значення ЦФ» у таблиці 2.1. Аналізуючи ці результати, можна помітити, що лише двічі (при 5 АЗС та при 25) алгоритми збігаються до одного й того самого оптимуму. В решті випадків КА показує кращий результат, як за середнім значенням, так і з урахуванням дисперсії результатів. Цю перевагу ілюструє рисунок 2.9, на якому наведено порівняння алгоритмів ГА та КА за кращим отриманим значенням, а також за середнім отриманим значенням. З рисунку можна побачити, що в 10 з 12 випадків краще рішення

ня, отримане генетичним алгоритмом, поступається середньому рішенняю, отриманому культурним алгоритмом.

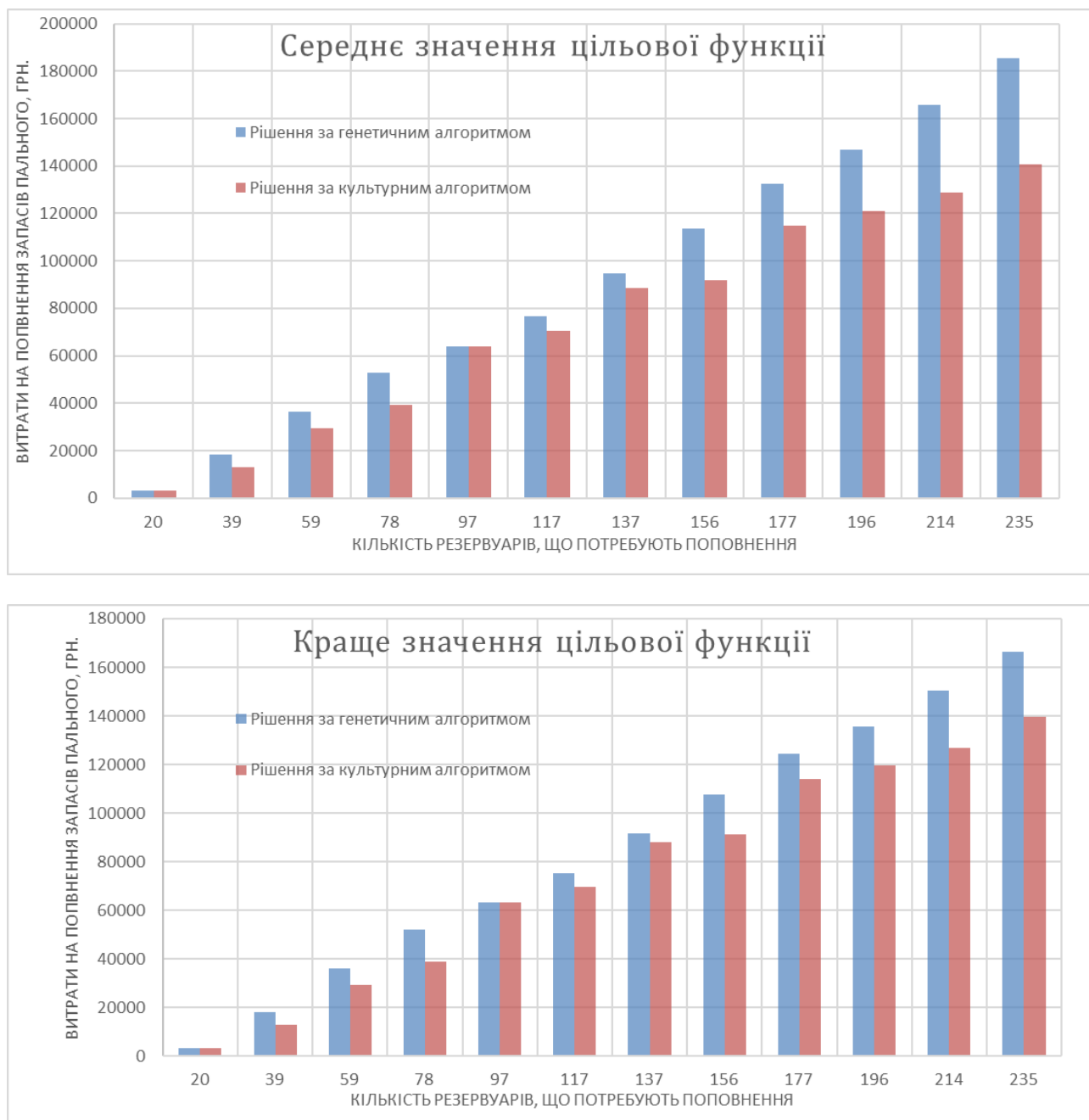


Рис. 2.9. Порівняння якості рішень алгоритмів за значенням цільової функції

Формулювання «середні значення» для показників швидкості та точності роботи алгоритмів, наведені в таблиці 2.1, пояснюються тим, що обидва алгоритми, які розглядалися, є випадковими, відтак забезпечують оптимальне рішення з певною ймовірністю. Для оцінки якості їхніх рішень потрібно мати вибірку випадків рішень. в наших експериментах кожен з алгоритмів запускався

по 100 разів з різними початковими умовами на кожній із заявок (5, 10, 15 АЗС, ... і т.д.). В таблиці наведені узагальнені показники за 100 запусками.

Отримані в таблиці 2.1, на рисунках 2.7 – 2.9 результати свідчать про те, що культурний алгоритм, запропонований у якості альтернативи для генетичного алгоритму рішення задачі оптимізації розподілу бензовозів, витрачаючи більше часу (в кількості звернень до цільової функції) знаходить рішення не гірше, ніж генетичний алгоритм. При цьому для задач більшої розмірності (від 30 АЗС, що потребують обслуговування одночасно) культурний алгоритм забезпечує значно краще рішення в середньому, ніж найкраще з рішень, отриманих генетичним алгоритмом. Все це дозволяє рекомендувати надалі використовувати в інформаційній системі планування руху бензовозів саме культурного алгоритму оптимізації.

Всі отримані в ході дослідження дані результати були передані на базове підприємство, де високо оцінені керівником транспортного відділення та логістом з керування запасами пального.

2.4 Задача вибору черговості обслуговування АЗС

Друга задача, яку необхідно виконати в даній дипломній роботі – встановлення пріоритету обслуговування АЗС, на які необхідно здійснити постачання пального протягом найближчої доби.

Визначення послідовності обслуговування множини АЗС виконується, виходячи з наступних умов: на нафтобазу бензовози поступають послідовно, завантажуються і лише після цього йдуть в рейс. Час завантаження одного бензовоза – 48 хвилин. В разі, якщо протягом доби необхідно обслужити 20 чи більше АЗС, послідовність обслуговування грає визначну роль, адже стан залишку пального на час прибуття бензовоза на АЗС може суттєво відрізнитися за рахунок попиту, що виник за час очікування, завантаження та транспортування.

Розглянемо наступні критерії, що визначають послідовність обслуговування:

1) залишок пального на момент прийняття рішення на даній АЗС в літрах – визначний критерій, адже чим меншим є залишок, тим більша ймовірність його вичерпання за час транспортування і тим раніше має обслуговуватись АЗС;

2) інтенсивність автомобільного руху вздовж автозаправної станції у кількості автомобілів на добу (шт./год усереднено) – чим вища, тим вище ймовірність того, що виникне піковий попит і запас буде вичерпано передчасно, отже необхідно обслужити таку заправку якнайшвидше;

3) кількість наливних колонок на АЗС (визначає можливу максимальну інтенсивність розходу за рахунок одночасного обслуговування) – чим більше колонок, тим скоріше слід обслуговувати дану заправку;

4) відстань від АЗС до нафтобази у км – напряму визначає час в дорозі, отже чим далі знаходиться АЗС від нафтобази, тим скоріше вона має обслуговуватись;

5) сукупний попит на всі види пального на даній АЗС у літрах – визначає швидкість, з якою зменшується запас – чим більша інтенсивність попиту, тим скоріше необхідно обслуговувати дану АЗС;

6) ступінь завантаженості шляхів від автобази до АЗС у балах (впливає на час в дорозі) – чим більша завантаженість шляхів (ймовірність заторів), тим раніше слід обслуговувати бензовоз для даної АЗС.

Числовий характер критеріїв для одного з днів (мають здійснюватися поставки на 14 АЗС) наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Показники критеріїв у абсолютних вимірах для 14 АЗС

№ АЗС	Залишок пального, л	Потік машин, шт./год	Кількість колонок	Відстань до НБ, км	Середня реалізація, л	Рівень заторів, бал
АЗС1	6889	467	8	8	6954	0,1
АЗС2	9743	223	10	59	5747	0,54
АЗС3	3976	960	12	46	1073	0,21
АЗС4	6705	227	12	48	1371	0,97
АЗС5	10591	934	10	67	5598	0,33
АЗС6	3666	848	10	49	4513	0,1
АЗС7	1405	333	6	30	4886	0,8
АЗС8	4060	169	6	36	6084	0,74
АЗС9	9575	310	8	31	1901	0,74
АЗС10	5212	804	10	67	6736	0,35
АЗС11	4788	114	8	54	3194	0,59
АЗС12	3507	396	8	59	1687	0,98
АЗС13	2922	1040	10	54	3399	0,28
АЗС14	4745	1001	10	12	1211	0,85
Макс	10591	1040	12	67	6954	0,98
Мін	1405	114	6	8	1073	0,1

Використовуючи природню (для критеріїв 1, 2, 3, 5 і 6) та севіджеву (для критерію 4) нормалізацію з урахуванням максимальних та мінімальних значень, отримуємо значення перелічених критеріїв у відносних одиницях, представлені для кожної АЗС в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Нормалізовані критерії вибору черговості обслуговування

№ АЗС	Залишок пального, л	Потік машин, шт./год	Кількість колонок	Відстань до НБ, км	Середня реалізація, л	Рівень корків, бал
A3C1	0,403	0,381	0,333	0,000	1,000	0,000
A3C2	0,923	0,118	0,667	0,864	0,795	0,500
A3C3	0,720	0,914	1,000	0,644	0,000	0,125
A3C4	0,430	0,122	1,000	0,678	0,051	0,989
A3C5	0,000	0,886	0,667	1,000	0,469	0,261
A3C6	0,754	0,793	0,667	0,695	0,585	0,000
A3C7	1,000	0,237	0,000	0,373	0,648	0,795
A3C8	0,711	0,059	0,000	0,475	0,852	0,727
A3C9	0,111	0,212	0,333	0,390	0,141	0,727
A3C10	0,586	0,745	0,667	1,000	0,963	0,284
A3C11	0,632	0,000	0,333	0,780	0,361	0,557
A3C12	0,771	0,305	0,333	0,864	0,104	1,000
A3C13	0,835	1,000	0,667	0,780	0,396	0,205
A3C14	0,636	0,958	0,667	0,068	0,023	0,852

Надалі використовуємо експертні оцінки, аби визначити пріоритети обслуговування АЗС за допомогою алгоритму, передбаченого методом, викладеним у розділі 1.6.

2.5 Розв'язання задачі вибору черговості обслуговування АЗС

Після створення ієрархії проблеми необхідно приступити до заповнення матриць парних порівнянь. Матриця парних порівнянь для другого рівня першої ієрархії має наступний вигляд (заповнена з урахуванням інтересів і думок керівництва). Експертні оцінки порівняння критеріїв наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Оцінка критеріїв за МАІ

		K1	K2	K3	K4	K5	K6	Пріоритет критерію	Нормалізований пріоритет
Залишок палива	K1	1,00	5,00	3,00	3,00	1,00	3,00	2,265	0,349452
Потік машин	K2	0,20	1,00	0,33	0,33	0,20	0,33	0,338	0,052093
Кількість колонок	K3	0,33	3,00	1,00	0,25	1,00	3,00	0,953	0,147065
Відстань до НБ	K4	0,33	3,00	4,00	1,00	0,14	0,20	0,697	0,107481
Середня реалізація	K5	1,00	5,00	1,00	7,00	1,00	0,33	1,506	0,232357
Завантаженість шляху	K6	0,33	3,00	0,33	3,00	0,14	1,00	0,723	0,111553
СУМА		3,20	20,00	9,67	14,58	3,49	7,87	6,48	1
Узгодженість критерію		1,12	1,04	1,42	1,57	0,81	0,88	Сума	6,84
Індекс узгодженості								0,17	
Відношення узгодженості, %								9,49	

Величина відношення узгодженості не має перевищувати 10%. В нашому випадку $VU=9,5\%$, тобто умови виконані, матриця добре узгоджена. У випадку коли матриця неузгоджена потрібно перевірити судження.

Тепер потрібно для кожного з критеріїв другого рівня скласти матриці порівнянь елементів третього рівня, які із ними пов'язані. Третій рівень ієрархії останній, на ньому необхідно скласти шість (за числом критеріїв – елементів вищого рівня) матриць для порівняння альтернатив. Альтернативами будуть виступати 14 АЗС, які мають обслуговуватись.

Після того, як всі ці матриці будуть заповнені, буде перевірена узгодженість думок експерта логіста при заповненні кожної з них, і в разі задовільного значення VU по цих матрицях будуть розраховані глобальні пріоритети порівнюваних об'єктів. Результати розрахунків наведені в таблицях 2.5 – 2.10.

Таблиця 2.5

Матриці парних порівнянь за критерієм К1 – Залишок пального

K1	A3C1	A3C2	A3C3	A3C4	A3C5	A3C6	A3C7	A3C8	A3C9	A3C10	A3C11	A3C12	A3C13	A3C14	Пріоритет	Норм. пріоритет	
A3C1	1,00	3,00	0,50	1,00	5,00	0,50	0,50	0,50	3,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,841	0,049	
A3C2	0,33	1,00	0,25	0,33	2,00	0,25	0,20	0,25	1,00	0,25	0,25	0,25	0,20	0,25	0,357	0,021	
A3C3	2,00	4,00	1,00	2,00	8,00	1,00	0,50	1,00	4,00	2,00	2,00	1,00	0,50	2,00	1,640	0,095	
A3C4	1,00	3,00	0,50	1,00	5,00	0,50	0,50	0,50	3,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,841	0,049	
A3C5	0,20	0,50	0,13	0,20	1,00	1,13	0,10	0,13	0,50	0,14	0,14	0,13	0,11	0,14	0,190	0,011	
A3C6	2,00	4,00	1,00	2,00	8,00	1,00	0,50	1,00	4,00	2,00	2,00	1,00	0,50	2,00	1,641	0,095	
A3C7	2,00	5,00	2,00	2,00	10,00	2,00	1,00	2,00	5,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,434	0,141	
A3C8	2,00	4,00	1,00	2,00	8,00	1,00	0,50	1,00	4,00	2,00	2,00	1,00	0,50	2,00	1,641	0,095	
A3C9	0,33	1,00	0,25	0,33	2,00	0,25	0,20	0,25	1,00	0,25	0,25	0,25	0,20	0,25	0,357	0,021	
A3C10	2,00	4,00	0,50	2,00	7,00	0,50	0,50	0,50	4,00	1,00	1,00	0,50	0,50	1,00	1,149	0,067	
A3C11	2,00	4,00	0,50	2,00	7,00	0,50	0,50	0,50	4,00	1,00	1,00	0,50	0,50	1,00	1,149	0,067	
A3C12	2,00	4,00	1,00	2,00	8,00	1,00	0,50	1,00	4,00	2,00	2,00	1,00	0,50	2,00	1,641	0,095	
A3C13	2,00	5,00	2,00	2,00	9,00	2,00	0,50	2,00	5,00	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,188	0,127	
A3C14	2,00	4,00	0,50	2,00	7,00	0,50	0,50	0,50	4,00	1,00	1,00	0,50	0,00	1,00	1,149	0,067	
СУМА	20,87	46,5	11,13	20,87	87	11,13	6,5	11,13	46,2	16,64	16,64	11,13	8,01	16,64	17,216	1,000	
Узг.	1,02	0,96	1,06	1,02	0,96	1,06	0,92	1,06	0,96	1,11	1,11	1,06	1,02	1	14,430		
Індекс узгодженості															0,11	0,030	1,920
Відношення узгодженості, %																1,741	

Таблиця 2.6

Матриці парних порівнянь за критерієм К2 – Потік машин

K2	A3C1	A3C2	A3C3	A3C4	A3C5	A3C6	A3C7	A3C8	A3C9	A3C10	A3C11	A3C12	A3C13	A3C14	Пріоритет	Норм. пріоритет	
A3C1	1,00	2,00	0,50	2,00	0,50	0,50	2,00	3,00	2,00	0,50	5,00	2,00	0,50	0,50	1,155	0,064	
A3C2	0,50	1,00	0,25	1,00	0,33	0,33	0,50	2,00	1,00	0,33	3,00	0,50	0,25	0,25	0,575	0,032	
A3C3	2,00	4,00	1,00	4,00	2,00	2,00	3,00	5,00	4,00	2,00	10,00	3,00	1,00	1,00	2,538	0,142	
A3C4	0,50	1,00	0,25	1,00	0,33	0,33	0,50	2,00	1,00	0,33	3,00	5,00	0,25	0,25	0,575	0,032	
A3C5	2,00	3,00	0,50	3,00	1,00	1,00	3,00	5,00	3,00	2,00	9,00	3,00	0,50	0,50	1,849	0,103	
A3C6	2,00	3,00	0,50	3,00	1,00	1,00	3,00	5,00	3,00	2,00	9,00	3,00	0,50	0,50	1,849	0,103	
A3C7	0,50	2,00	0,33	2,00	0,33	0,33	1,00	2,00	2,00	0,50	4,00	1,00	0,33	0,33	0,823	0,046	
A3C8	0,33	0,50	0,20	0,50	0,20	0,20	0,50	1,00	0,50	0,25	2,00	0,50	0,20	0,20	0,387	0,022	
A3C9	0,50	1,00	0,25	1,00	0,33	0,33	0,50	2,00	1,00	0,33	3,00	0,50	0,25	0,25	0,575	0,032	
A3C10	2,00	3,00	0,50	3,00	0,50	0,50	2,00	4,00	3,00	1,00	8,00	2,00	0,50	0,50	1,468	0,082	
A3C11	0,20	0,33	0,10	0,33	0,11	0,11	0,25	0,50	0,33	0,13	1,00	0,25	0,10	0,10	0,211	0,012	
A3C12	0,50	2,00	0,33	2,00	0,33	0,33	1,00	2,00	2,00	0,50	4,00	1,00	0,33	0,33	0,823	0,046	
A3C13	2,00	4,00	1,00	4,00	2,00	2,00	3,00	5,00	4,00	2,00	10,00	3,00	1,00	1,00	2,538	0,142	
A3C14	2,00	4,00	1,00	4,00	2,00	2,00	3,00	5,00	4,00	2,00	10,00	3,00	1,00	1,00	2,538	0,142	
СУМА	16,03	30,83	6,72	30,83	10,98	10,98	23,25	43,5	30,83	13,88	81	23,25	6,72	6,72	17,910	1,000	
Узг.	1,03	0,99	0,95	0,99	1,13	1,13	1	0,94	1,19	1,19	0,96	1,07	0,95	0,95	14,300		
Індекс узгодженості																0,020	1,920
Відношення узгодженості, %																	1,204

Таблиця 2.7

Матриці парних порівнянь за критерієм К3 – Кількість колонок

К3	A3C1	A3C2	A3C3	A3C4	A3C5	A3C6	A3C7	A3C8	A3C9	A3C10	A3C11	A3C12	A3C13	A3C14	Пріоритет	Норм. пріоритет
A3C1	1,00	0,50	0,33	0,33	0,50	0,50	4,00	4,00	1,00	0,50	1,00	1,00	0,50	0,50	0,774	0,045
A3C2	2,00	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00	7,00	7,00	2,00	1,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,458	0,084
A3C3	3,00	2,00	1,00	1,00	2,00	2,00	10,00	10,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,560	0,147
A3C4	3,00	2,00	1,00	1,00	2,00	2,00	10,00	10,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2,00	2,00	1,560	0,090
A3C5	2,00	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00	7,00	7,00	2,00	1,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,458	0,084
A3C6	2,00	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00	7,00	7,00	2,00	1,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,458	0,084
A3C7	0,25	0,14	0,10	0,10	0,14	0,14	1,00	1,00	0,25	0,14	0,25	0,25	0,14	0,14	0,210	0,012
A3C8	0,25	0,14	0,10	0,10	0,14	0,14	1,00	1,00	0,25	0,14	0,25	0,25	0,14	0,14	0,210	0,012
A3C9	1,00	0,50	0,33	0,33	0,50	0,50	4,00	4,00	1,00	0,50	1,00	1,00	0,50	0,50	0,774	0,045
A3C10	2,00	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00	7,00	7,00	2,00	1,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,458	0,084
A3C11	1,00	0,50	0,33	0,33	0,50	0,50	4,00	4,00	1,00	0,50	1,00	1,00	0,50	0,50	0,774	0,045
A3C12	1,00	0,50	0,30	0,30	0,50	0,50	4,00	4,00	1,00	0,50	1,00	1,00	0,50	0,50	0,774	0,045
A3C13	2,00	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00	7,00	7,00	2,00	1,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,458	0,084
A3C14	2,00	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00	7,00	7,00	2,00	1,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,458	0,084
СУМА	22,5	12,29	6,53	6,53	12,29	12,29	80	80	22,5	12,29	22,5	22,5	12,29	12,29	17,380	1,000
Узг.	1	1,03	0,96	0,96	1,03	1,03	0,97	0,97	1	1,03	1	1	1,03	1,03	14,050	
Індекс узгодженості															0,000	1,920
Відношення узгодженості, %															0,200	

Таблиця 2.8

Матриці парних порівнянь за критерієм К4 – відстань до нафтобази

К4	A3C1	A3C2	A3C3	A3C4	A3C5	A3C6	A3C7	A3C8	A3C9	A3C10	A3C11	A3C12	A3C13	A3C14	Пріоритет	Норм. пріоритет
A3C1	1,00	0,11	0,14	0,13	0,10	0,13	0,20	0,17	0,20	0,10	0,11	0,11	0,11	0,50	0,166	0,010
A3C2	9,00	1,00	2,00	2,00	0,50	2,00	2,00	2,00	2,00	0,50	1,00	1,00	1,00	5,00	1,591	0,094
A3C3	7,00	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50	2,00	2,00	2,00	0,50	0,50	0,50	0,50	4,00	0,991	0,059
A3C4	8,00	0,50	2,00	1,00	0,50	1,00	2,00	2,00	2,00	0,50	0,50	0,50	0,50	4,00	1,160	0,069
A3C5	10,00	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	5,00	2,170	0,129
A3C6	8,00	0,50	2,00	1,00	0,05	1,00	2,00	2,00	2,00	1,00	0,50	0,50	0,50	4,00	1,160	0,069
A3C7	5,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	3,00	0,740	0,044
A3C8	6,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	2,00	1,00	2,00	0,50	0,50	0,50	0,50	3,00	0,869	0,052
A3C9	5,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	3,00	0,740	0,044
A3C10	10,00	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	5,00	2,170	0,129
A3C11	9,00	1,00	2,00	2,00	0,50	2,00	2,00	2,00	2,00	0,50	1,00	1,00	1,00	5,00	1,600	0,095
A3C12	9,00	1,00	2,00	2,00	0,50	2,00	2,00	2,00	2,00	0,50	1,00	1,00	1,00	5,00	1,600	0,095
A3C13	2,00	1,00	2,00	2,00	0,50	2,00	2,00	2,00	2,00	0,52	1,00	1,00	1,00	5,00	1,600	0,095
A3C14	2,00	0,20	0,25	0,25	0,20	0,25	0,33	0,33	0,33	0,20	0,20	0,20	0,20	1,00	0,310	0,018
СУМА	98	11,31	18,89	16,38	7,3	16,38	22,53	20,5	22,53	7,3	11,31	11,31	11,31	52,5	16,870	1,000
Узг.	0,96	1,07	1,11	1,13	0,94	1,13	0,99	1,06	0,99	0,94	1,07	1,07	1,07	0,96	14,480	
Індекс узгодженості															0,040	1,920
Відношення узгодженості, %															1,935	

Таблиця 2.9

Матриці парних порівнянь за критерієм К5 – Середня реалізація

К5	АЗС1	АЗС2	АЗС3	АЗС4	АЗС5	АЗС6	АЗС7	АЗС8	АЗС9	АЗС10	АЗС11	АЗС12	АЗС13	АЗС14	Пріоритет	Норм. пріоритет
АЗС1	1,00	2,00	10,00	5,00	2,00	2,00	2,00	2,00	4,00	1,00	2,00	5,00	2,00	5,00	2,599	0,141
АЗС2	0,50	1,00	9,00	5,00	2,00	2,00	1,00	1,00	3,00	0,50	2,00	5,00	2,00	5,00	2,073	0,112
АЗС3	0,10	0,11	1,00	5,00	0,13	0,14	0,11	0,11	4,00	0,10	2,00	0,50	2,00	0,50	0,260	0,014
АЗС4	0,20	0,20	2,00	1,00	0,25	0,25	0,20	0,20	3,00	0,20	0,33	1,00	0,33	1,00	0,456	0,025
АЗС5	0,50	0,50	8,00	4,00	1,00	2,00	0,50	0,50	4,00	0,50	2,00	4,00	2,00	4,00	1,724	0,093
АЗС6	0,50	0,50	7,00	4,00	0,50	1,00	0,50	0,50	3,00	0,50	2,00	4,00	2,00	4,00	1,442	0,078
АЗС7	0,50	0,50	7,00	4,00	0,50	1,00	0,50	0,50	4,00	0,50	2,00	4,00	2,00	4,00	1,472	0,080
АЗС8	0,50	1,00	9,00	5,00	2,00	2,00	1,00	1,00	3,00	0,50	2,00	5,00	2,00	5,00	2,073	0,112
АЗС9	0,25	0,33	3,00	2,00	0,33	0,33	0,33	0,33	4,00	0,25	0,50	2,00	0,50	2,00	0,695	0,038
АЗС10	1,00	2,00	10,00	5,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	1,00	2,00	5,00	2,00	5,00	2,546	0,138
АЗС11	0,50	0,50	5,00	3,00	0,50	0,50	0,50	0,50	4,00	0,50	1,00	3,00	1,00	3,00	1,108	0,060
АЗС12	0,20	0,20	2,00	1,00	0,25	0,25	0,20	0,20	3,00	0,20	0,33	1,00	0,33	1,00	0,456	0,025
АЗС13	0,50	0,50	5,00	3,00	0,50	0,50	0,50	0,50	4,00	0,50	1,00	3,00	1,00	3,00	1,108	0,060
АЗС14	0,20	0,20	2,00	1,00	0,25	0,25	0,20	0,20	3,00	0,20	0,33	1,00	0,33	1,00	0,456	0,025
СУМА	6,45	9,54	80	43,5	12,21	14,23	9,54	9,54	49	6,45	17,7	43,5	17,7	43,5	18,470	1,000
Узг.	0,91	1,07	1,12	1,07	1,14	1,11	1,13	1,07	1,85	0,89	1,06	1,07	1,06	1,07	15,640	
Індекс узгодженості															0,130	1,920
Відношення узгодженості, %															6,566	

Таблиця 2.10

Матриці парних порівнянь за критерієм К6 – завантаженість шляху

К6	АЗС1	АЗС2	АЗС3	АЗС4	АЗС5	АЗС6	АЗС7	АЗС8	АЗС9	АЗС10	АЗС11	АЗС12	АЗС13	АЗС14	Пріоритет	Норм. пріоритет
АЗС1	1,00	0,17	0,33	0,10	0,25	2,00	1,00	0,13	0,13	0,25	0,14	0,10	0,33	0,11	0,210	0,012
АЗС2	6,00	1,00	2,00	0,50	2,00	2,00	0,50	0,50	0,50	2,00	0,50	0,50	2,00	0,50	1,113	0,061
АЗС3	3,00	0,50	1,00	0,25	0,50	0,14	0,33	0,33	0,33	0,50	0,33	0,25	1,00	0,33	0,559	0,031
АЗС4	10,00	2,00	4,00	1,00	3,00	0,25	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	1,00	4,00	2,00	2,667	0,146
АЗС5	4,00	0,50	2,00	0,33	1,00	2,00	0,33	0,50	0,50	1,00	0,50	0,33	2,00	0,33	0,807	0,044
АЗС6	1,00	0,17	0,33	0,10	0,25	1,00	0,11	0,13	0,13	0,25	0,14	0,10	0,33	0,11	0,210	0,012
АЗС7	9,00	2,00	3,00	0,50	3,00	1,00	1,00	2,00	2,00	3,00	2,00	0,50	3,00	1,00	2,068	0,114
АЗС8	8,00	2,00	3,00	0,50	2,00	2,00	0,50	1,00	1,00	2,00	2,00	0,50	3,00	0,50	1,575	0,086
АЗС9	8,00	2,00	3,00	0,50	2,00	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00	2,00	0,50	3,00	0,50	1,575	0,086
АЗС10	4,00	0,50	2,00	0,33	1,00	2,00	0,33	0,50	0,50	1,00	0,50	0,33	2,00	0,33	0,807	0,044
АЗС11	7,00	2,00	3,00	0,50	2,00	0,50	0,50	0,50	0,50	2,00	1,00	0,50	3,00	0,50	1,332	0,073
АЗС12	10,00	2,00	4,00	1,00	3,00	0,25	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	1,00	4,00	2,00	2,667	0,146
АЗС13	3,00	0,50	1,00	0,25	0,50	0,50	0,33	0,33	0,33	0,50	0,33	0,25	1,00	0,33	0,559	0,031
АЗС14	9,00	2,00	3,00	0,50	3,00	0,25	1,00	2,00	2,00	3,00	2,00	0,50	3,00	1,00	2,068	0,114
СУМА	83	17,33	31,67	6,37	23,5	14,23	9,56	12,92	12,92	23,5	15,45	6,37	31,67	9,56	18,220	1,000
Узг.	0,96	0,06	0,97	0,93	1,04	1,11	1,09	1,12	1,12	1,04	1,13	0,93	0,97	1,09	14,390	
Індекс узгодженості															0,030	1,920
Відношення узгодженості, %															1,571	

Для кожної з цих матриць виконуються обчислення векторів локальних пріоритетів, перевіряється їх узгодженість, після чого можна переходити до обчислення глобальних пріоритетів для всіх елементів рівня.

Як видно з таблиць 2.5 – 2.10, за всіма критеріями індекс узгодженості не перевищує максимального припустимого рівня.

В результаті попарного добутку показників кожної альтернативи за критеріями та важливості критеріїв отримуємо рішення у вигляді, представленому в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11

Результат розв'язання задачі визначення пріоритетів обслуговування

а) сортування за АЗС

АЗС	Глобальний пріоритет	Послідовність обслуговування
АЗС1	0,062004	13
АЗС2	0,06434	9
АЗС3	0,075338	6
АЗС4	0,069847	8
АЗС5	0,06202	12
АЗС6	0,077833	4
АЗС7	0,089476	3
АЗС8	0,077466	5
АЗС9	0,038568	14
АЗС10	0,090721	2
АЗС11	0,062781	11
АЗС12	0,074505	7
АЗС13	0,091686	1
АЗС14	0,063415	10

б) сортування за пріоритетом

АЗС	Глобальний пріоритет	Послідовність обслуговування
АЗС13	0,091686	1
АЗС10	0,090721	2
АЗС7	0,089476	3
АЗС6	0,077833	4
АЗС8	0,077466	5
АЗС3	0,075338	6
АЗС12	0,074505	7
АЗС4	0,069847	8
АЗС2	0,06434	9
АЗС14	0,063415	10
АЗС11	0,062781	11
АЗС5	0,06202	12
АЗС1	0,062004	13
АЗС9	0,038568	14

Таким чином, використовуючи згортку шести критеріїв, що базуються на експертній оцінці, ми отримали рішення, у якому порядку мають завантажуватися бензовози – спочатку на АЗС 13, потім АЗС 10 і т.д.

2.6 Висновки до розділу

В даному розділі було вирішено дві задачі диспетчеризації бензовозів для розвозки пального у відповідності до потреб на АЗС.

Перша задача полягає у формуванні добового завдання бензовозам на обслуговування потреб АЗС у нафтопродуктах. Потрібно було отримати такий план розподілу нафтопродуктів по відсіках бензовозів, який би забезпечував мінімізацію цільової функції сукупних витрат на підтримання запасів, не порушуючи обмеження на безперебійну роботу всіх АЗС, вичерпання будь-якого виду пального на яких неприпустиме.

Наведена задача є комбінаторною і полягає у зв'язуванні виду пального, відсіку бензовоза, та номера АЗС, на яку він відправляється. На можливі рішення накладається ряд природних обмежень.

Для її розв'язання був використаний генетичний алгоритм, у якому в якості варійованої змінної виступає двійкова матриця, рядками якої є відсіки бензовозів, а стовпцями – резервуари на АЗС. Наявність «1» в певній клітині матриці зв'язує одночасно відсік бензовоза з АЗС та видом пального, яке туди перевозиться.

За допомогою генетичного алгоритму були складені добові графіки обслуговування АЗС за різні дні протягом тижня і місяця, які передбачають випуск від 12 до 26 бензовозів щодня з сумарними витратами на транспортування від 51 925 грн. до 135 729 грн.

Дослідження показали, що хоча теоретично використаний алгоритм не забезпечує глобального оптимуму рішення, отримані результати не можуть бути покращені за кілька сотень ітерацій. Інше дослідження показало поліноміа-

льну складність алгоритму – для отримання стійкого повторюваного рішення необхідно виконувати кількість ітерацій, пропорційну ступеню кількості АЗС для обслуговування.

В якості альтернативи генетичному алгоритму в даній роботі був розглянутий культурний алгоритм оптимізації, заснований на моделюванні поведінки груп людей. При порівнянні рішень широкого кола задач двома методами було з'ясовано, що культурний алгоритм, витрачаючи більше часу (в кількості звернень до цільової функції) знаходить рішення не гірше, ніж генетичний алгоритм. При цьому для задач більшої розмірності (від 30 АЗС, що потребують обслуговування одночасно) культурний алгоритм забезпечує значно краще рішення в середньому, ніж найкраще з рішень, отриманих генетичним алгоритмом. Все це дозволяє рекомендувати надалі використовувати в інформаційній системі планування руху бензовозів саме культурного алгоритму оптимізації.

Ще одна задача, яку необхідно виконати – встановлення пріоритету обслуговування. Після того, як особа, яка приймає рішення, визначає бензовози і їх маршрути на поточний день, має бути прийняте рішення про черговість обслуговування, на яку впливає ряд факторів. З використанням методу аналізу ієрархій були встановлені локальні пріоритети критеріїв, після чого через парні порівняння АЗС на множині уведених критеріїв були отримані глобальні оцінки пріоритетів рішень.

Результатом рішення другої задачі є порядок постановки бензовозів в чергу на завантаження на нафтобазі, якій мінімізує ризик вичерпання залишку пального на АЗС протягом часу обслуговування.

Всі отримані в ході дослідження дані результати були передані на базове підприємство, де високо оцінені керівником транспортного відділення та логістом з керування запасами пального.

ВИСНОВКИ

Проблема управління запасами є однією з найважливіших в організаційному управлінні. Але, як правило, в цій області не існує типових рішень - умови на кожному підприємстві або фірмі унікальні і включають безліч обмежень і різних особливостей. З цим пов'язані і проблеми, що виникають при розробці математичної моделі і визначенні оптимальної стратегії управління запасами.

Об'єктом для дослідження були обрані логістичні процеси постачання пального в мережі АЗС ПАТ «Н-трейдинг»

Відповідно предметом дослідження є створення інформаційних систем підтримки прийняття рішень щодо оптимізації логістичних процесів в мережі АЗС

Аналіз господарської діяльності підприємства «Н-трейдинг» показав, що це ТОВ невпинно розвивається і має стабільний попит на своє пальне; кількість персоналу збільшується пропорційно зростанню кількості АЗС; середня зарплата персоналу за розглянутий період зростала приблизно пропорційно інфляції а обсяги реалізації випереджають темпи зростання кількості АЗС, отже потенціал для розширення бізнесу ще не вичерпаний. Крім того, показано, що темпи зростання доходів від реалізації продукції випереджають темпи зростання обсягів, що свідчить про зростання ціни на пальне протягом розглянутого періоду.

У перспективі підприємство має на меті зайняти лідируючі позиції на ринку нафтопродуктів, що складаються в забезпеченні ПММ та іншою продукцією нафтохімії кінцевих споживачів, а також розширити мережу партнерських АЗС на території України, тим самим збільшивши свої доходи.

Водночас у собівартості продукції значну частину мають логістичні операції доставки та зберігання пального на АЗС. Це обумовлює мету даної роботи: покращення техніко-економічних показників роботи мережі АЗС за рахунок оптимізації витрат на керування запасами.

Для досягнення поставленої мети було вирішено дві задачі диспетчеризації бензовозів для розвозки пального у відповідності до потреб на АЗС.

Перша задача полягає у формуванні добового завдання бензовозам на обслуговування потреб АЗС у нафтопродуктах. Потрібно було отримати такий план розподілу нафтопродуктів по відсіках бензовозів, який би забезпечував мінімізацію цільової функції сукупних витрат на підтримання запасів, не порушуючи обмеження на безперебійну роботу всіх АЗС, вичерпання будь-якого виду пального на яких неприпустиме.

Наведена задача є комбінаторною і полягає у зв'язуванні виду пального, відсіку бензовоза, та номера АЗС, на яку він відправляється. На можливі рішення накладається ряд природних обмежень.

Для її розв'язання був використаний генетичний алгоритм, у якому в якості варійованої змінної виступає двійкова матриця, рядками якої є відсіки бензовозів, а стовпцями – резервуари на АЗС. Наявність «1» в певній клітині матриці зв'язує одночасно відсік бензовоза з АЗС та видом пального, яке туди перевозиться.

За допомогою генетичного алгоритму були складені добові графіки обслуговування АЗС за різні дні протягом тижня і місяця, які передбачають випуск від 12 до 26 бензовозів щодня з сумарними витратами на транспортування від 51 925 грн. до 135 729 грн.

Дослідження показали, що хоча теоретично використаний алгоритм не забезпечує глобального оптимуму рішення, отримані результати не можуть бути покращені за кілька сотень ітерацій. Інше дослідження показало поліноміальну складність алгоритму – для отримання стійкого повторюваного рішення необхідно виконувати кількість ітерацій, пропорційну ступеню кількості АЗС для обслуговування.

В якості альтернативи генетичному алгоритму в даній роботі був розглянутий культурний алгоритм оптимізації, заснований на моделюванні поведінки груп людей. При порівнянні рішень широкого кола задач двома методами було з'ясовано, що культурний алгоритм, витрачаючи більше часу (в кількості звер-

нень до цільової функції) знаходить рішення не гірше, ніж генетичний алгоритм. При цьому для задач більшої розмірності (від 30 АЗС, що потребують обслуговування одночасно) культурний алгоритм забезпечує значно краще рішення в середньому, ніж найкраще з рішень, отриманих генетичним алгоритмом. Все це дозволяє рекомендувати надалі використовувати в інформаційній системі планування руху бензовозів саме культурного алгоритму оптимізації.

Ще одна задача, яку необхідно виконати – встановлення пріоритету обслуговування. Після того, як особа, яка приймає рішення, визначає бензовози і їх маршрути на поточний день, має бути прийняте рішення про черговість обслуговування, на яку впливає ряд факторів. З використанням методу аналізу ієрархій були встановлені локальні пріоритети критеріїв, після чого через парні порівняння АЗС на множині уведених критеріїв були отримані глобальні оцінки пріоритетів рішень.

Результатом рішення другої задачі є порядок постановки бензовозів в чергу на завантаження на нафтобазі, якій мінімізує ризик вичерпання залишку пального на АЗС протягом часу обслуговування.

Всі отримані в ході дослідження дані результати були передані на базове підприємство, де високо оцінені керівником транспортного відділення та логістом з керування запасами пального.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Марченко В.М. Логістика: Підручник/ В.М. Марченко, В.В. Шутюк. – К.: Видавничий дім «Артек», 2018. — 312 с.
2. Кислий В.М., Біловодська О.А., Олефіренко О.М., Соляник О.М. Логістика: Теорія та практика: Навч. посіб. – К: Центр учбової літератури, 2010. – 360 с.
3. Транспортна логістика. Складові частини логістики: навч. посіб. [Текст]/ М.І. Данько [та ін.]; Українська держ. академія залізничного транспорту.– Х.: УкрДАЗТ, 2004.– 157 с.
4. Ханк Д.Э. Бизнес-прогнозирование.: Пер. с англ. 7-го изд. / Джон Э. Ханк, Артур Дж. Райтс, Дин У. Уичерн. – М.: Вильямс, 2003. – 651 с.: ил., табл., прил.
- 5 Штовба С. Д. Генетическая оптимизация размещения внешней рекламы торговых марок / С.Д. Штовба, О.В. Штовба, А.А. Яковенко // Весник Винницького національного технічного університета. 2011. - №2. - с.134-138.
6. Martello S. Knapsack Problems: Algorithms and Computer Implementations / Silvano Martello, Paolo Toth. - John Wiley & Sons, 1990. - 296 p.
7. Снитюк В.Є. Спрямована оптимізація і особливості еволюційної генерації потенційних розв'язків [Текст] / В.Є. Снитюк // VI міжнародна школа-семінар - "Теорія прийняття рішень", Ужгород, 1-6 жовтня 2012 р. – Ужгород: "Інвізор", 2012 – с. 182-183.
8. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / Под общ. редакцией проф. В.И. Сергеева. (Дыбская В.В., Зайцев Е.И., Сергеев В.И., Стерлигова А.Н. и др.) // М.: Инфра-М, 2006.- 976 с.
9. Стерлигова, А.Н. Управление запасами широкой номенклатуры: с чего начать? / А.Н. Стерлигова // Логинфо. - №12. - 2003. - С. 50-55. - №1. - 2004.- С. 46-49.
10. Галкина, Е. В. Ассоциативные правила в бизнес-анализе и контроле / Е. В. Галкина // Российское предпринимательство. – 2013. № 09. – С. 111-117.

11. Ус, С.А. Методи прийняття рішень [Текст]: навч. посібник / С. А. Ус. – Д.: ДВНЗ «НГУ», 2012, – 212 с.
12. Ус, С.А. Системи й методи прийняття рішень [Текст]: методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт / С. А. Ус. – Д.: ДВНЗ «НГУ», 2013, – 54 с.
13. Желдак Т. А. Нечіткі множини в системах управління та прийняття рішень: навч. посіб. / Т. А. Желдак, Л. С. Коряшкіна, С. А. Ус, за редакцією С. А. Ус ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2020. – 387 с.
14. Касьяненко В.О., Старченко Л.В. Моделювання та прогнозування економічних процесів: навч. посіб. Суми: Унів. книга. 2017. 184 с.
15. Катренко А.В. Теорія прийняття рішень. Підручник. К.: ВНУ. 2009. 448с.
16. Федорчук Є.Н. Програмування систем штучного інтелекту. Експертні системи. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2012. 168 с.
17. R. Reynolds, "An introduction to cultural algorithms," in Proceedings of the 3rd Annual Conference on Evolutionary, SebaldRiver Edge, NJ, 1994.
18. H.C. Kuo, C.H. Lin, Cultural Evolution Algorithm for Global Optimizations and its Applications, Journal of Applied Research and Technology, Volume 11, Issue 4, 2013, Pages 510-522, [https://doi.org/10.1016/S1665-6423\(13\)71558-X](https://doi.org/10.1016/S1665-6423(13)71558-X)
19. Z. Xue and Y. Guo, "Improved Cultural Algorithm based on Genetic Algorithm," in IEEE International Conference on Integration Technology, 2007.
20. A. P. Engelbrecht, Computational Intelligence: An Introduction 2nd Edition, JohnmWiley Publication, 2007.

Відгук
на кваліфікаційну роботу магістра
Студентки групи 124м-22-1 Кондрацової К.К.
(група) (ПІБ у родовому відмінку)
спеціальності 124 Системний аналіз

Тема роботи: «Розв'язання транспортних задач логістики на прикладі мережі АЗС»

Обсяг роботи 86 стор.

Мета роботи: покращення техніко-економічних показників роботи мережі АЗС за рахунок оптимізації витрат на логістичні процеси.

Актуальність теми обумовлена необхідністю використання точних математичних моделей при прийнятті рішень у задачах логістики торгових підприємств.

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з *об'єктом діяльності* магістра спеціальності 124 «Системний аналіз», оскільки присвячена оптимізації логістичних процесів постачання пального в мережі АЗС та застосуванню методів обчислювального інтелекту.

Виконані в кваліфікаційній роботі завдання відповідають вимогам до професійної діяльності фахівця освітньо-кваліфікаційного рівня магістра.

Практичне значення результатів кваліфікаційної роботи полягає в створенні інформаційних систем підтримки прийняття рішень при управлінні запасами, яка дозволяє звести до мінімуму об'єм загальних очікуваних витрат за весь період планування запасів і досягти бажаного рівня обслуговування споживачів.

Висновки підтверджують можливість використання результатів роботи в умовах широкого кола підприємств з постійним контролем запасу однотипної продукції (АЗС, кіоски з продажу води, пива, цигарок, морозива та ін.).

Оформлення пояснювальної записки та демонстраційного матеріалу до неї виконано згідно з вимогами. Роботу виконано самостійно, відповідно до завдання та у повному обсязі.

До роботи магістра є зауваження:

1) в дипломі не наведені скрін-копії роботи програмного забезпечення, що ілюструють процес пошуку рішення.

З урахуванням викладеного, кваліфікаційна робота магістра в цілому заслуговує оцінки: **«відмінно (90 балів)»**.

Керівник дипломної роботи магістра,

к.т.н., завідувач кафедри САіУ

Желдак Т.А.

Лістинг програмного забезпечення,
що реалізує генетичний алгоритм

для розв'язання задачі оптимізації завантаження бензовозів

1. Основна програма

```

clc;
clear;
close all;

%% Problem Definition

problem.CostFunction = @(x) Benzovozy(x);
problem.nVar = 69;

%% GA Parameters

params.MaxIt = 10000;
params.nPop = 100;

params.beta = 0.9;
params.pC = 0.89;
params.mu = 0.02;

%% Run GA

out = RunGA(problem, params);

%% Results

figure;
plot(out.bestcost, 'LineWidth', 2);
xlabel('Iterations');
ylabel('Best Cost');
grid on;

```

2. Функція запуску генетичного алгоритму

```

function out = RunGA(problem, params)

% Problem
CostFunction = problem.CostFunction;
nVar = problem.nVar;

% Params
MaxIt = params.MaxIt;
nPop = params.nPop;
beta = params.beta;
pC = params.pC;
nC = round(pC*nPop/2)*2;
mu = params.mu;

% Template for Empty Individuals
empty_individual.Position = [];
empty_individual.Cost = [];

% Best Solution Ever Found
bestsol.Cost = inf;

% Initialization
pop = repmat(empty_individual, nPop, 1);
for i = 1:nPop

% Generate Random Solution

```

```

pop(i).Position = randi([0, 1], 1, nVar);

% Evaluate Solution
pop(i).Cost = CostFunction(pop(i).Position);

% Compare Solution to Best Solution Ever Found
if pop(i).Cost < bestsol.Cost
    bestsol = pop(i);
end

end

% Best Cost of Iterations
bestcost = nan(MaxIt, 1);

% Main Loop
for it = 1:MaxIt

    % Selection Probabilities
    c = [pop.Cost];
    avgc = mean(c);
    if avgc ~= 0
        c = c/avgc;
    end
    probs = exp(-beta*c);

    % Initialize Offsprings Population
    popc = repmat(empty_individual, nC/2, 2);

    % Crossover
    for k = 1:nC/2

        % Select Parents
        p1 = pop(RouletteWheelSelection(probs));
        p2 = pop(RouletteWheelSelection(probs));

        % Perform Crossover
        [popc(k, 1).Position, popc(k, 2).Position] = ...
            MyCrossover(p1.Position, p2.Position);

    end

    % Convert popc to Single-Column Matrix
    popc = popc(:);

    % Mutation
    for l = 1:nC

        % Perform Mutation
        popc(l).Position = Mutate(popc(l).Position, mu);

        % Evaluation
        popc(l).Cost = CostFunction(popc(l).Position);

        % Compare Solution to Best Solution Ever Found
        if popc(l).Cost < bestsol.Cost
            bestsol = popc(l);
        end

    end

    % Merge and Sort Populations
    pop = SortPopulation([pop; popc]);

    % Remove Extra Individuals
    pop = pop(1:nPop);

    % Update Best Cost of Iteration
    bestcost(it) = bestsol.Cost;

    % Display Iteration Information

```

```

        disp(['Iteration ' num2str(it) ': Best Cost = ' num2str(bestcost(it))]);
    end

    % Results
    out.pop = pop;
    out.bestsol = bestsol;
    out.bestcost = bestcost;
end

```

3. Функція селекції батьків

```

function i = RouletteWheelSelection(p)

    r = rand*sum(p);
    c = cumsum(p);
    i = find(r <= c, 1, 'first');

end

```

4. Функція кросоверу

```

function [y1, y2] = MyCrossover(x1, x2)

    m = randi([1, 3]);

    switch m
        case 1
            [y1, y2] = SinglePointCrossover(x1, x2);
        case 2
            [y1, y2] = DoublePointCrossover(x1, x2);
        otherwise
            [y1, y2] = UniformCrossover(x1, x2);
    end

end

```

```

function [y1, y2] = SinglePointCrossover(x1, x2)

    nVar = numel(x1);
    j = randi([1, nVar-1]);

    y1 = [x1(1:j) x2(j+1:end)];
    y2 = [x2(1:j) x1(j+1:end)];

end

```

```

function [y1, y2] = DoublePointCrossover(x1, x2)

    nVar = numel(x1);

    q = randperm(nVar);
    j1 = min(q(1), q(2));
    j2 = max(q(1), q(2));

    y1 = [x1(1:j1) x2(j1+1:j2) x1(j2+1:end)];
    y2 = [x2(1:j1) x1(j1+1:j2) x2(j2+1:end)];

end

```

```

function [y1, y2] = UniformCrossover(x1, x2)

    alpha = randi([0, 1], size(x1));

    y1 = alpha.*x1 + (1-alpha).*x2;

```

```
    y2 = alpha.*x2 + (1-alpha).*x1;  
end
```

5. Функція мутації

```
function y = Mutate(x, mu)  
  
    flag = (rand(size(x)) < mu);  
  
    y = x;  
    y(flag) = 1 - x(flag);  
  
end
```

6. Функція сортування популяції

```
function pop = SortPopulation(pop)  
  
    [~, so] = sort([pop.Cost]);  
    pop = pop(so);  
  
end
```

Лістинг програмного забезпечення,
що реалізує культурний алгоритм
для розв'язання задачі оптимізації завантаження бензовозів

1. Основна програма

```

clc;
clear;
close all;
%% Problem Definition
CostFunction = @(x) Benzovozy(x);          % Cost Function
nVar = 69;                                % Number of Decision Variables
VarSize = [1 nVar];                       % Decision Variables Matrix Size
VarMin = -10;                              % Decision Variables Lower Bound
VarMax = 10;                               % Decision Variables Upper Bound
%% Cultural Algorithm Settings
MaxIt = 1000;                              % Maximum Number of Iterations
nPop = 50;                                  % Population Size
pAccept = 0.3;                             % Acceptance Ratio
nAccept = round(pAccept*nPop);             % Number of Accepted Individuals
alpha = 0.25;
beta = 0.15;
%% Initialization
% Initialize Culture
Culture.Situational.Cost = inf;
Culture.Normative.Min = inf(VarSize);
Culture.Normative.Max = -inf(VarSize);
Culture.Normative.L = inf(VarSize);
Culture.Normative.U = inf(VarSize);
% Empty Individual Structure
empty_individual.Position = [];
empty_individual.Cost = [];
% Initialize Population Array
pop = repmat(empty_individual, nPop, 1);
% Generate Initial Solutions
for i = 1:nPop
    pop(i).Position = unifrnd(VarMin, VarMax, VarSize);
    pop(i).Cost = CostFunction(pop(i).Position);
end
% Sort Population
[~, SortOrder] = sort([pop.Cost]);
pop = pop(SortOrder);
% Adjust Culture using Selected Population
spop = pop(1:nAccept);
Culture = AdjustCulture(Culture, spop);
% Update Best Solution Ever Found
BestSol = Culture.Situational;
% Array to Hold Best Costs
BestCost = zeros(MaxIt, 1);
%% Cultural Algorithm Main Loop
for it = 1:MaxIt
    % Influnce of Culture
    for i = 1:nPop
        % % 1st Method (using only Normative component)
        %
        %     sigma = alpha*Culture.Normative.Size;
        %     pop(i).Position = pop(i).Position+sigma.*randn(VarSize);

        % % 2nd Method (using only Situational component)
        %
        %     for j = 1:nVar
        %         sigma = 0.1*(VarMax-VarMin);
        %         dx = sigma*randn;
        %         if pop(i).Position(j)<Culture.Situational.Position(j)
        %             dx = abs(dx);
        %         elseif pop(i).Position(j)>Culture.Situational.Position(j)
        %             dx = -abs(dx);
        %         end
    end

```

```

%         pop(i).Position(j) = pop(i).Position(j)+dx;
%     end

% % 3rd Method (using Normative and Situational components)
for j = 1:nVar
    sigma = alpha*Culture.Normative.Size(j);
    dx = sigma*randn;
    if pop(i).Position(j)<Culture.Situational.Position(j)
        dx = abs(dx);
    elseif pop(i).Position(j)>Culture.Situational.Position(j)
        dx = -abs(dx);
    end
    pop(i).Position(j) = pop(i).Position(j)+dx;
end

% % 4th Method (using Size and Range of Normative component)
% for j = 1:nVar
%     sigma = alpha*Culture.Normative.Size(j);
%     dx = sigma*randn;
%     if pop(i).Position(j)<Culture.Normative.Min(j)
%         dx = abs(dx);
%     elseif pop(i).Position(j)>Culture.Normative.Max(j)
%         dx = -abs(dx);
%     else
%         dx = beta*dx;
%     end
%     pop(i).Position(j) = pop(i).Position(j)+dx;
% end

    pop(i).Cost = CostFunction(pop(i).Position);
end
% Sort Population
[~, SortOrder] = sort([pop.Cost]);
pop = pop(SortOrder);
% Adjust Culture using Selected Population
spop = pop(1:nAccept);
Culture = AdjustCulture(Culture, spop);
% Update Best Solution Ever Found
BestSol = Culture.Situational;
% Store Best Cost Ever Found
BestCost(it) = BestSol.Cost;
% Show Iteration Information
disp(['Iteration ' num2str(it) ': Best Cost = ' num2str(BestCost(it))]);
end

%% Results
figure;
%plot(BestCost, 'LineWidth', 2);
semilogy(BestCost, 'LineWidth', 2);
xlabel('Iteration');
ylabel('Best Cost');
grid on;

2. Функція реалізації обмежень
function Culture = AdjustCulture(Culture, spop)
    n = numel(spop);
    nVar = numel(spop(1).Position);
    for i = 1:n
        if spop(i).Cost<Culture.Situational.Cost
            Culture.Situational = spop(i);
        end
        for j = 1:nVar
            if spop(i).Position(j)<Culture.Normative.Min(j) ...
                || spop(i).Cost<Culture.Normative.L(j)
                Culture.Normative.Min(j) = spop(i).Position(j);
                Culture.Normative.L(j) = spop(i).Cost;
            end
            if spop(i).Position(j)>Culture.Normative.Max(j) ...
                || spop(i).Cost<Culture.Normative.U(j)
                Culture.Normative.Max(j) = spop(i).Position(j);
                Culture.Normative.U(j) = spop(i).Cost;
            end
        end
    end
end

```

```
        end
    end
end
Culture.Normative.Size = Culture.Normative.Max-Culture.Normative.Min;
end
```

Таблиця Д.1 Динаміка заробітної плати по підприємству ПАТ «Н-Треїдинг»

2020			
№ з/п	Персонал (посада)	Кількість	Середня місячна зарплата, грн.
1	Генеральний директор	1	47000
2	Заступник генерального директора з комерційних питань	1	41000
3	Заступник генерального директора з безпеки	1	38000
4	Начальник відділу реалізації	1	34000
5	Менеджери	2	17000
6	Головний інженер	1	40000
7	Технічна служба	6	13600
8	Інженер з охорони праці	1	17100
9	Начальник нафтобази	1	27000
10	Старший товарний оператор	1	24000
11	Слюсар	7	7600
12	Електрослюсар	9	9500
13	Товарні оператори	67	11500
14	Головний бухгалтер	1	27000
15	Заступник головного бухгалтера	1	24000
16	Бухгалтерія	3	11400
17	Обліковий відділ	4	10500
18	Голова служби АЗС	1	22000
19	Старший оператор АЗС	67	17000
20	Оператор АЗС	126	11400
21	Заправник	217	7600
22	Голова служби охорони	1	22000
23	Охоронці	18	7700
Разом		538	5827300
Сер. з/п.			10831
2021			
№ з/п	Персонал (посада)	Кількість	Середня місячна зарплата, грн.
1	Генеральний директор	1	50000
2	Заступник генерального директора з комерційних питань	1	45000
3	Заступник генерального директора з безпеки	1	42000
4	Начальник відділу реалізації	1	35000
5	Менеджери	2	18000
6	Головний інженер	1	42000
7	Технічна служба	6	15000
8	Інженер з охорони праці	1	18000
9	Начальник нафтобази	1	28000
10	Старший товарний оператор	1	25000
11	Слюсар	9	8000
12	Електрослюсар	9	10500
13	Товарні оператори	69	11500
14	Головний бухгалтер	1	28000
15	Заступник головного бухгалтера	1	25000
16	Бухгалтерія	4	12000
17	Обліковий відділ	4	11000
18	Голова служби АЗС	1	23500
19	Старший оператор АЗС	69	18000
20	Оператор АЗС	140	12000
21	Заправник	270	8000
22	Голова служби охорони	1	23000
23	Охоронці	20	8000
Разом		614	6804500
Сер.з/п.			11082
Динаміка			102.32%