

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

ІНСТИТУТ ІНФОРМАТИКИ ТА РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК І ТЕХНОЛОГІЙ

(повне найменування інституту, факультету)

КАФЕДРА СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ

МАТЕМАТИКИ

(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему Задача про завантаження літака з вхідними параметрами,  
розподіленими за рівномірним законом

Виконав: студентка 2-го курсу, групи КНТ-818м

Спеціальності 124 - Системний аналіз  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)  
Інтелектуальні технології та прийняття рішень  
в складних системах

Родькіна А.Є.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Подковаліхіна О.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Стеганцев Є.В.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**  
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Інформатики та радіоелектроніки, Факультет  
комп'ютерних наук і технологій  
 Кафедра Системного аналізу та обчислювальної математики  
 Ступінь вищої освіти магістр  
 Спеціальність 124 Системний аналіз  
(код і назва спеціальності)

Освітня програма(спеціалізація) Інтелектуальні технології та прийняття  
рішення в складних системах  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

проф. Г.В. Корніч

“ ” \_\_\_\_\_ 2019 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТКИ**

групи КНТ- 818м Родькіної Анастасії Євгенівни  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Задача про завантаження літака з вхідними  
параметрами, розподіленими за рівномірним законом  
 керівник проекту (роботи)

Подковаліхіна Олена Олександрівна, канд. фіз.-мат. наук, доцент.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНТУ від « 9 » грудня 20 19 року № 438

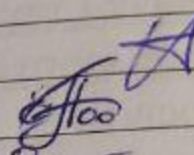
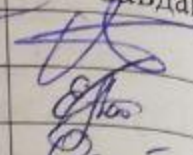
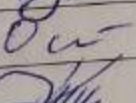
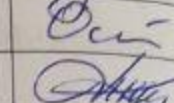
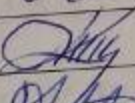
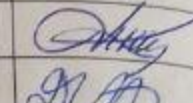
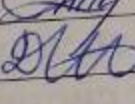
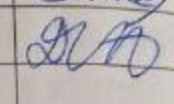
2. Строк подання студентом проекту (роботи) \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Перелік літературних джерел згідно  
теми дослідження

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які належить  
 розробити) В першому розділі проведено теоретичний аналіз та аналіз  
літератури з теми дипломної роботи. В другому розділі сформульовано та  
модельовано функцію оптимальної невизначеності на двійковій  
розв'язок задачі про завантаження літака з вхідними параметрами, роз-  
поділеними за рівномірним законом. Проведено аналіз віршаних  
розв'язків. У третьому розділі сформульовано роботу щодо, як ви-  
глядіє нормальний функціонал. У четвертому розділі дослідження  
спробились науково-дослідницької роботи.

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

6. Консультація розділів проекту(роботи)

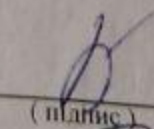
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	приймає виконав завдання
1	Корнієв Г.В., завідувач нар.		
2	Подковаліхіна О.О., керівник		
3	Остапенко В.В., доцент, канд. техн. наук.		
4	Коробко О.В., ст. викладач		
5	Широкорад О.В., керівник праєр		

7. Дата видачі завдання « 02 » вересня 2019 року.

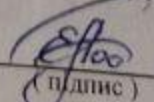
### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Прим
1	Формулювання теми та завдання на дипломну роботу.	02.09.2019 - 10.09.2019	
2	Опрацювання літератури та наукових праць за темою дипломної роботи.	11.09.2019 - 24.09.2019	
3	Розробка програми для візуалізації задачі.	25.09.2019 - 14.10.2019	
4	Розрахунок та аналіз результатів	15.10.2019 - 30.10.2019	
5	Підсумки та висновки щодо дипломної роботи. Оформлення пояснювальної записки.	02.11.2019 - 06.12.2019	
6	Попередній захід дипломного проекту та отримання рецензії	9.12.2019 - 11.12.2019	
7	Захід дипломного проекту	17.12.2019	

Студент(ка)

  
(підпис)

Керівник проекту (роботи)

  
(підпис)

Родькіна А.Є.  
(прізвище та ініціали)

Подковаліхіна О.О.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 92 с., 34 рисунків, 6 таблиць, 27 формул, 23 джерел.

Об'єкт дослідження – моделі динамічного програмування.

Предмет дослідження – задача про завантаження літака з вхідними параметрами, розподіленими за рівномірним законом.

Метод дослідження – аналітичний.

Мета роботи – дослідити вплив статистичної невизначеності на оптимальний розв'язок задачі про завантаження літака з вхідним параметрами, розподіленими за рівномірним законом.

Здійснено моделювання впливу статистичної невизначеності на оптимальний розв'язок задачі про завантаження літака. Показано, що у цьому випадку можливі декілька варіантів планів, які для конкретних реалізацій випадкових параметрів можуть бути оптимальними. Розглянуто альтернативні критерії оптимальності для таких задач.

Отримано результати розрахунку задачі про завантаження літака з вхідними параметрами, розподіленими за рівномірним законом, та проведено аналіз отриманих результатів.

**ЗАДАЧА ПРО ЗАВАНТАЖЕННЯ ЛІТАКА, СТАТИСТИЧНА НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ, ОПТИМАЛЬНИЙ РОЗВ'ЯЗОК, КРИТЕРІЇ ОПТИМАЛЬНОСТІ, РІВНОМІРНИЙ ЗАКОН.**

## ЗМІСТ

Завдання на дипломний проект .....	2
Реферат .....	4
Вступ.....	7
1 Теоретична частина .....	10
1.1 Аналіз літератури .....	10
1.2 Загальна постановка задачі динамічного програмування .....	13
1.3 Експертні системи .....	16
2 Практична частина .....	19
2.1 Постановка задачі.....	19
2.2 Математична постановка задачі .....	19
2.3 Задача про завантаження літака в умовах статистичної невизначеності .....	20
2.4 Критерії оптимальності та аналіз результатів .....	35
2.5 Експертні системи .....	42
3 Техніко-економічне обґрунтування .....	50
3.1 Планування науково-дослідницьких робіт .....	50
3.2 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідницьких робіт .....	54
3.2.1 Розрахунок основної заробітної плати .....	54
3.2.2 Розрахунок додаткової заробітної плати.....	55
3.2.3 Відрахування на єдиний соціальний внесок .....	55
3.2.4 Визначення витрат на матеріали .....	56
3.2.5 Витрати на спеціальне обладнання .....	57
3.2.6 Розрахунок накладних витрат.....	61
3.3 Розрахунок економічної ефективності науково-дослідницьких робіт .....	62
4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	66
4.1 Аналіз потенційних небезпек .....	66
4.2 Заходи по забезпеченню безпеки .....	68
4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітраїї та гігієни праці .....	70

4.4 Заходи з пожежної небезпеки .....	77
4.5 Заходи по забезпеченню безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	79
Висновки.....	88
Перелік посилань .....	89
Додаток А Програмна реалізація для розв’язання стохастичної задачі у програмному середовищі SciLab.....	91

## ВСТУП

Динамічне програмування – математичний метод пошуку оптимальних рішень з керування багатокроковими процесами, в яких стан досліджуваних систем змінюється в часі або поетапно. Подібні системи і процеси мають широке поширення в реальному світі, а необхідність ефективного керування ними об'єктивно визначає важливість і актуальність використання математичних методів розв'язання відповідних задач. Теоретичною основою методу динамічного програмування є принцип оптимальності, який має широку сферу застосування в економіці, техніці, природознавстві, військовій справі.

Регулярне вивчення багатокрокових процесів почалось з робіт російського математика А.А. Маркова початку ХХ століття. Його дослідження були продовжені в 40-х роках американським математиком А. Вальдом, що призвело до виникнення так званого послідовного аналізу. Вперше основні принципи оптимального управління багатокроковими процесами найбільш повно і систематизовано були сформульовані в 50-х роках ХХ століття американським математиком Р. Беллманом.

У перших задачах, розв'язаних методом ДП, розглядалися процеси, що розвиваються у часі, що і пояснює наявність терміна «Динамічне» в назві методу. Термін «програмування» означає, що метод ДП може бути представлений у вигляді чіткої послідовності арифметичних і логічних операцій, тобто у вигляді алгоритму, за яким можна скласти програму розв'язання відповідних задач на електронно-обчислювальних машинах. Інакше метод динамічного програмування називається «динамічним плануванням»; ця назва, з огляду на різноманіття значень терміна «програмування», більшою мірою розкриває сутність і призначення розглянутого методу.

Динамічне програмування можна використовувати як для розв'язання задач, пов'язаних з динамікою процесу або системи, так і для статичних задач, пов'язаних, наприклад, з розподілом ресурсів. Це значно розширює сферу застосування динамічного програмування для розв'язання задач керування. А можливість спрощення процесу рішення, яка досягається за рахунок обмеження області та кількості, досліджуваних при переході до чергового етапу варіантів, збільшує перевагу цього комплексу методів.

Помилки в керуванні складними, дорогими або навіть унікальними економічними системами мають надзвичайно високу ціну. Для виключення або, щонайменше, зниження ризику виникнення таких помилок неминуче доводиться вдаватися до використання моделей динамічного програмування, що враховують і виражають в математичній формі весь спектр істотних співвідношень між різними кількісними характеристиками і параметрами керованих систем та оточуючого реального світу.

Іншими словами, модель являє собою опис досліджуваних систем, процесів або явищ (звичайно, не абсолютно точно, а наближене). Задачі управління, що спираються на грамотно побудовані моделі, призводять до достовірних, прийнятних для практичного застосування результатів, однак є вельми складними, і для їх розв'язання, як правило, не існує простих рецептів і явних формул. Тим самим об'єктивно виникає потреба в розробці спеціальних математичних методів розв'язання поставлених задач.

Актуальність моделі динамічного програмування задачі про завантаження полягає в тому, що задача про завантаження та різні її модифікації широко застосовуються в практиці в прикладній математиці, криптографії, економіці, логістиці, для пошуку рішення оптимального завантаження різних транспортних засобів: літаків, кораблів, автомобілів, залізничних вагонів тощо. Кожного разу, коли з'являється необхідність розмістити товари в складі або ж завантажити в транспортний засіб, з'являється проблема – розмістити вантаж так, щоб зайняти якомога менше



місця, або, іншими словами, ми стикаємося з завданням про оптимальне завантаження.

Мета роботи: дослідити та смодельовати вплив статистичної невизначеності на оптимальний розв'язок задачі про завантаження літака з вхідними параметрами, розподіленими за рівномірним законом. Розв'язати задачу про завантаження літака з вхідними параметрами, розподіленими за рівномірним законом та провести аналіз отриманих результатів.

Завдання роботи:

1. Теоретичний аналіз, аналіз літератури з теми дипломної роботи.
2. Сформувавши алгоритми для розв'язання задачі завантаження літака в умовах статистичної невизначеності.
3. Аналіз результатів розв'язання задачі завантаження літака за критеріями оптимальності.

## 1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Аналіз літератури

Точно невідомо, хто перший навів математичне формулювання задачі про завантаження (задача про рюкзак, англ. Knapsack problem). Одну з перших згадок про неї можна відшукати в статті англійського математика Джорджа Балларда [1, 2], яка була опублікована в 1897.

Активне дослідження цього питання розпочалось після видання книги у 1957 році американського математика Джорджа Бернарда Данцига під назвою «Дискретно-змінні екстремальні проблеми» (англ. «Discrete Variable Extremum Problem») [3], особливо в 1970-90-і роки як видатними теоретиками, так і відомими практиками [4]. Задача про ранець є однією з 21 NP-повних задач Річарда Карпа (англ. Richard Karp), викладених у його статті під назвою "Reducibility Among Combinatorial Problems" в 1972 році [5].

Значний інтерес до цієї задачі був викликаний достатньо простим її формулюванням, великою кількістю її різновидів, властивостей і, водночас, складністю алгоритмів їх розв'язання. Відома на сьогодні більшість алгоритмів на практиці здатні розв'язувати різні постановки задач досить великих розмірів. Однак, унікальне формулювання задачі, а також той факт, що вона присутня як підзадача у більших, дещо загальніших проблемах, робить її важливою для проведення нових наукових досліджень.

Наочна інтерпретація задачі про ранець привела до того, що вона знайшла широке застосування в різних областях знань: в математиці, інформатиці та на стику цих наук – в криптографії. В одній з робіт із обчислювальної лінгвістики [6] запропоновано формулювання задачі автоматичного реферування текстів, окремий випадок якої відповідає постановці задачі про ранець.

На підставі задачі про ранець був створений перший алгоритм асиметричного шифрування. Ще в 1976 році ідея криптографії з відкритими

ключами була вперше представлена Уїтфілдом Діффі і Мартіном Хеллманом на Національній комп'ютерній конференції (англ. National Computer Conference) [7]. У галузі криптоаналізу в 1977 році було опубліковано метод "зустріч посередині" та запропоновано відповідну атаку (англ. Meet-in-the-Middle Attack), яку названо класом атак на криптографічні алгоритми, що асимптотично зменшують тривалість повного перебору за рахунок принципу "розділяй і володарюй", однак значно збільшують об'єм необхідної пам'яті [8].

Також ця задача може слугувати моделлю для розв'язання великої кількості промислових задач [9, 10], а саме:

- розміщення різних предметів на складі заданої площі, де потрібно максимально заповнити площу складу предметами максимальної цінності;
- розкрій тканини, де з наявного куска матеріалу потрібно отримати максимальну кількість викрійок певної форми, дотримуючись обмеження на текстуру тканини;
- розрахунок оптимальних капіталовкладень, де під час планування подальшої діяльності виробничої системи, яка складається з декількох підприємств, необхідно визначити, яку суму коштів виділити кожному з них, щоб отримати максимальний загальний прибуток від їхнього використання.

Згадки про задачу про рюкзак можна знайти в багатьох книгах, наприклад:

- Беллман Р. - «Динамічне програмування» 1960 р.;
- Вентцель Є.С. - «Елементи динамічного програмування» 1964 р.;
- Вагнер Г. - «Основи дослідження операцій» 1973 р.;
- Каліхман І. Л. - «Динамічне програмування в прикладах і задачах» 1979 р.;
- Зайченко Ю. П. - «Дослідження операцій» 1979 р.;
- Акуліч, І. Л. - «Математичне програмування в прикладах та задачах» 1986 р.;
- Кремер Н. Ш. - «Дослідження операцій в економіці» 1997 р.;

- Скляр Б. - «Цифровий зв'язок: Теоретичні основи і практичне застосування» 2004 р.;
- Таха Х. А. - «Введення в дослідження операцій» 2005 р.;
- Лежньов А.В. - «Динамічне програмування в економічних задачах» 2006 р.;
- Келлерер Г., Пферши У., Пизингер Д. - «Knapsack problems» 2013 р.;
- Грешилов А. А. - «Математичні методи прийняття рішень» 2014 р.;
- Кузюрін Н. Н, Фомін С. А. - «Ефективні алгоритми і складність обчислень» 2019 р.;
- Солтіс М. - «Введення в аналіз алгоритмів» 2019 р.

Задачу про рюкзак також можна побачити в наукових статтях. Наприклад, у 2010 році Абдель Лісер та Рафаель Лопез написали дуже цікаву статтю «Stochastic Quadratic Knapsack with Recourse» (англ. «Стохастичний квадратичний ранець з регресом»). Ця стаття присвячена дослідженню різних розширень класичної задачі на рюкзаку на випадок, коли різні елементи формулювання задачі зазнають певної ступеня невизначеності, описаної випадковими змінними. Це приводить проблему рюкзака у сферу стохастичного програмування. У цій роботі було запропоновано модель двоступеневого квадратичного рюкзака з регресом, в якій введено обмеження ймовірності на ємність рюкзака на першій ступені. Таке обмеження було використано вперше в двоступеневій моделі [11].

В 2013 році була опублікована стаття «Exact solution of the robust knapsack problem» (англ. «Точне рішення надійної задачі про рюкзак»), авторами якої є Мікеле Монасія, Ульріх Пферсчі та Паоло Серафіні. В цій статті було розглянуто невизначений варіант задачі з рюкзаком, при якому вага предметів заздалегідь точно не відома, але належить до заданого інтервалу, а верхня межа накладається на кількість предметів, вага яких відрізняється від очікуваної. Для цієї проблеми було надано алгоритм динамічного програмування та представлено методи, спрямовані на

зменшення його просторової та часової складності. Також, було обчислювально порівняно ефективність запропонованого алгоритму з результатами різних точних алгоритмів, представлених на даний момент в літературі для надійних проблем оптимізації [12].

Як бачимо з хронології публікації книг та статей, дослідженням задачі про рюкзак займається багато науковців, тому постійно з'являються нові або вдосконалюються старі методи та алгоритми розв'язку.

## 1.2 Загальна постановка задачі динамічного програмування

Динамічне програмування – метод оптимізації, пристосований до операцій, в яких процес прийняття рішення може бути розбитий на етапи (кроки). Початок розвитку динамічного програмування відноситься до 50–х років ХХ ст. Він пов'язаний із ім'ям Р. Беллмана.

Якщо моделі лінійного програмування можна використовувати в економіці для прийняття великомасштабних планових рішень у важких ситуаціях, то моделі динамічного програмування застосовуються при вирішенні задач значно меншого масштабу, наприклад, при розробці правил управління запасами, які встановлюють момент поповнення запасів і розмір замовлення, який поповнюють; при розробці принципів календарного планування виробництва та вирівнювання зайнятості в умовах попиту на продукцію, який коливається; при розподілі дефіцитних капітальних вкладень між можливими новими напрямками їх використання; при складанні календарних планів поточного та капітального ремонту складного обладнання та його заміни; при розробці довгострокових правил заміни основних фондів, які вибувають із експлуатації і т. д.

В реально функціонуючих великих економічних системах щонеділі потрібно приймати мікроекономічні рішення. Моделі динамічного

програмування цінні тим, що дозволяють на основі стандартного підходу з використанням при мінімальній втручанні людини приймати таке рішення. І якщо кожне окремо взяте таке рішення малоістотне, то в сукупності ці рішення можуть надати великий вплив на прибуток.

Наведемо загальну постановку задачі динамічного програмування. Розглядається керований процес, наприклад, економічний процес  $s_0$  розподілу коштів, використання ресурсів на протязі ряду літ, заміни обладнання, поповнення запасів і тому подібне. В результаті керування система (об'єкт керування)  $S$  переходить з початкового стану в стан  $\hat{s}$ . Припустимо, що керування можна розбити на  $n$  кроків, тобто рішення приймається послідовно на кожному кроці, а керування, що переводить систему  $S$  із початкового стану в кінцеве, являє собою сукупність  $n$  покрокових керувань.

Позначимо через  $X_k$  керування на  $k$ -му кроці ( $k=1,2,\dots,n$ ). Змінні  $X_k$  задовольняють деяким обмеженням і в цьому сенсі називаються допустимими ( $X_k$  може бути числом, точкою в  $n$ -мірному середовищі, якісною ознакою).

Нехай  $X(X_1, X_2, \dots, X_n)$  – керування, яке переводить систему  $S$  з початкового стану  $s_0$  в стан  $\hat{s}$ . Позначимо через  $s_k$  стан системи після  $k$ -го кроку керування. Отримуємо послідовність станів  $s_0, s_1, \dots, s_{k-1}, s_k, \dots, s_{n-1}, s_n = \hat{s}$ , яку зобразимо колами (Рисунок 1.1).

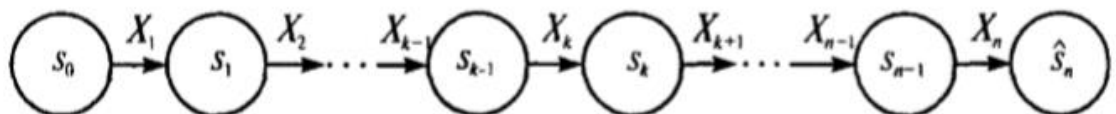


Рисунок 1.1 – Послідовність станів

Показник ефективності розглянутої керованої операції – цільова функція – залежить від початкового стану і керування:

$$Z = F(s_0, X) \quad (1.1)$$

Зробимо декілька припущень.

1. Стан  $s_k$  системи в кінці  $k$ -го кроку залежить тільки від попереднього стану  $s_{k-1}$  і керування на  $k$ -му кроці  $X_k$  (та не залежить від попередніх станів та керувань). Ця вимога називається відсутністю післядії. Сформульоване положення записується в вигляді рівнянь

$$s_k = \varphi_k(s_{k-1}, X_k), k = 1, 2, \dots, n, \quad (1.2)$$

які називаються рівняннями станів.

2. Цільова функція (1.1) є адитивною від показника ефективності кожного кроку. Позначимо показник ефективності  $k$ -го кроку через

$$Z_k = f_k(s_{k-1}, X_k), k = 1, 2, \dots, n, \quad (1.3)$$

тоді

$$Z = \sum_{k=1}^n f_k(s_{k-1}, X_k). \quad (1.4)$$

Задача покрокової оптимізації (задача динамічного програмування) формулюється так: визначити таке допустиме керування  $X$ , що переводить систему  $S$  з початкового стану  $s_0$  в стан  $\hat{s}$ , при якому цільова функція (1.4) приймає найбільше (найменше) значення.

Виділимо особливості моделі динамічного програмування:

1. Задача оптимізації інтерпретується як  $n$ -кроковий процес керування.
2. Цільова функція дорівнює сумі цільових функцій кожного кроку.
3. Вибір керування на  $k$ -му кроці залежить тільки від стану системи на цьому кроці, не впливає на попередні кроки (немає зворотнього зв'язку).
4. Стан  $S_k$  після  $k$ -го кроку керування залежить тільки від попереднього стану  $S_{k-1}$  і керування  $X_k$  (відсутність післядії).
5. На кожному кроці керування  $X_k$  залежить від кінцевого числа керованих змінних, а стан  $S_k$  - від кінцевого числа параметрів.

### 1.3 Експертні системи

Сучасні технології розробки комп'ютерних програмних систем базуються на використанні інтелектуальних інформаційних систем. Однією з найбільш значущих областей штучного інтелекту є експертні системи.

Експертною системою називають систему підтримки прийняття рішень, яка містить знання з певної вузької предметної області, а також може пропонувати користувачу рішення проблем з цієї галузі і обґрунтовувати їх. Експертна система складається з бази знань, механізму логічного виводу і підсистеми обґрунтувань.

Архітектура ЕС представлена на рисунку 1.2 [13]. База знань відображає знання експертів. Однак далеко не кожен експерт в змозі грамотно викласти всю структуру своїх знань. Виявленням знань експерта і поданням їх в базу знань займаються фахівці – інженери знань. Експертна система повинна володіти механізмом придбання знань для введення знань у базу і їх подальше оновлення. У простому випадку – це інтелектуальний



редактор, який дозволяє вводити одиниці знань в базу, а також проводити їх аналіз на несуперечливість.

Області застосування систем, заснованих на знаннях, можуть бути згруповані в декілька основних класів: прогнозування, планування, контроль і управління, навчання.

Технологію побудови експертних систем називають інженерією знань. Цей процес вимагає специфічної форми взаємодії творця експертної системи, якого називають інженером знань, і одного або кількох експертів в деякій предметній області. Інженер знань "витягує" з експертів процедури, стратегії, емпіричні правила, які вони використовують при вирішенні завдань, і вбудовує ці знання в експертну систему.



Рисунок 1.2 – Архітектура експертної системи

Ядро експертної системи складає база знань, яка створюється і накопичується в процесі її побудови. Знання виражені в явному вигляді і організовані так, щоб спростити ухвалення рішень. Накопичення та організація знань – одна з найважливіших характеристик експертної системи.

Найбільш корисною характеристикою експертної системи є те, що вона застосовує для вирішення проблем високоякісний досвід. Цей досвід може представляти рівень мислення найбільш кваліфікованих експертів у даній області, що веде до рішень творчих, точних і ефективних. Саме високоякісний досвід у поєднанні з умінням його застосовувати робить систему рентабельною, здатної заслужити визнання на ринку. Цьому також сприяє гнучкість системи.

Система може нарощуватися поступово відповідно до потреб бізнесу або замовника. Це означає, що можна спочатку вкласти порівняно скромні кошти, а потім нарощувати можливості системи по мірі необхідності.

Іншою корисною рисою експертних систем є наявність у них прогностичних можливостей. Експертна система може функціонувати в якості моделі вирішення задачі в заданій області, даючи очікувані відповіді в конкретній ситуації і показуючи, як зміняться ці відповіді в нових ситуаціях. Експертна система може пояснити детально, яким чином нова ситуація привела до змін. Це дозволяє користувачеві оцінити можливий вплив нових фактів або інформації і зрозуміти, як вони пов'язані з рішенням. Аналогічно користувач може оцінити вплив нових стратегій або процедур на рішення, додаючи нові правила або змінюючи вже існуючі.

Важливою властивістю експертних систем є можливість їх застосування для навчання і тренування персоналу. Експертні системи можуть бути розроблені з розрахунком на подібний процес навчання, так як вони вже містять необхідні знання та здатні пояснити процес свого міркування.

## 2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Постановка задачі

Літак завантажується предметами  $n$  різноманітних типів, кожний предмет типу  $j$  дає прибуток  $C_j$  одиниць та важить  $a_j$  тонн. Вантажопідйомність літака  $b$  тонн. Обрати предмети, погрузка яких дозволить отримати максимальний прибуток без перевищення вантажопідйомності літака.

### 2.2 Математична постановка задачі

Задача про завантаження – це задача про раціональне завантаження судна (літака, автомобіля і т. д.), яке має обмеження по об'єму або вантажопідйомності. Кожен поміщений на судно вантаж приносить певний прибуток. Задача полягає в визначенні завантаження судна такими вантажами, які приносять найбільший сумарний прибуток.

Математична постановка задачі про завантаження:

$$f_1(y_1) = \max_{x_1, \dots, x_n} \left\{ \sum_{j=1}^n c_j x_j \right\} \quad (2.1)$$

$$\sum_{j=1}^n a_j x_j \leq y_i$$

$$x_j \geq 0 - \text{цілі}, j = \overline{1, n}$$

$$y_i = b$$

$c_j$  – прибуток, отримуваний від перевезення одного предмета типу  $j$ ,  
 $a_j$  – вага цього предмета,

$x_j$  – кількість предметів  $j$ -го типу (управління),

$y_i$  – частина вантажопідйомності літака, виділена для предметів  $\overline{j, n}$  (стан),

$f_j(y_j)$  – максимальний прибуток від погрузки предметів  $\overline{j, n}$ , якщо в літаку виділено  $y_i$  тонн для цих предметів.

Три елемента моделі динамічного програмування визначаються в такий спосіб:

1. Етап  $j$  ставиться відповідно предмету  $j$ -го найменування,  $j = 1, 2, \dots, n$ .

2. Варіанти розв'язку на етапі  $j$  описуються кількістю предметів  $j$ -го типу, що підлягають завантаженню. Відповідний прибуток дорівнює  $c_j x_j$ . Значення  $x_j$  укладено в межах від 0 до  $[y / y_j]$ .

3. Стан  $x_j$  на етапі  $j$  виражає сумарна вага предметів, рішення про завантаження яких прийняті на етапах  $j, j+1, \dots, n$ . Це визначення відображає той факт, що обмеження по вазі є єдиним, яке пов'язує  $n$  етапів разом.

### 2.3 Задача про завантаження літака в умовах статистичної невизначеності

Рівняння  $3x_1 + 2x_2 + x_3 \leq y_1$  є обмеженням вантажопідйомності літака. Нижче наведена умова детермінованої задачі про завантаження літака.

$f_1(y_1) = \max_{x_1, x_2, x_3} \{45x_1 + 30x_2 + 15x_3\}$	
$3x_1 + 2x_2 + x_3 \leq y_1$	
$x_j$ - целые, $y_1 = 5$	
$\max x_3 = [5/1]$	$\overline{x_3} = 0,5$
$\max x_2 = [5/2]$	$\overline{x_2} = 0,2$
$\max x_1 = [5/3]$	$\overline{x_1} = 0,1$

Рисунок 2.1 – Умова задачі про завантаження літака.

Існують різні методи розв'язання задачі про завантаження літака (задачі про рюкзак). Розв'язок даної детермінованої задачі був знайдений у дипломній роботі бакалавра методом перебору та методом динамічного програмування. При розв'язанні задачі методом динамічного програмування було отримано такі ж самі 5 розв'язків, як і при вирішенні задачі методом перебору даних.

$x^*=(0,0,5)$	$F(x^*)=75$
$x^*=(1,0,2)$	$F(x^*)=75$
$x^*=(0,1,3)$	$F(x^*)=75$
$x^*=(1,1,0)$	$F(x^*)=75$
$x^*=(0,2,1)$	$F(x^*)=75$

Рисунок 2.2 – Розв'язок задачі

На практиці вага та прибуток від перевезення предметів може змінюватися в деякому діапазоні. Тому актуальним є розв'язання задачі в умовах невизначеності. Найпростішим видом невизначеності є статистична невизначеність, яку можна задати функцією розподілу, або типом і параметрами розподілу. Можна очікувати, що у цьому випадку для окремих реалізацій наборів випадкових параметрів оптимальні плани будуть різні.

Для розв'язування стохастичної задачі про завантаження літака візьмемо вхідні дані (вартість перевезення), що підпорядковуються рівномірному закону розподілу з 10%, 30%, 50% відхиленням від детермінованих значень.

Вхідну матрицю  $C$ , що підпорядковується рівномірному закону, ми будемо задавати за допомогою функції `unifrnd` пакету `Statistics Toolbox` програмного середовища `Matlab`.

Функція `unifrnd(A,B)` – призначена для генерації псевдовипадкових чисел по неперервному рівномірному розподілу для кожної пари параметрів  $A, B$ . Далі наведено значення матриці  $C$  для кожного варіанту відхилення.

- Матриця C для 10% відхилення :

$C = [\text{unifrnd}(41.5, 49.5) \text{ unifrnd}(27, 33) \text{ unifrnd}(13.5, 16.5)]$

- Матриця C для 30% відхилення :

$C = [\text{unifrnd}(31.5, 58.5) \text{ unifrnd}(21, 39) \text{ unifrnd}(10.5, 19.5)]$

- Матриця C для 50% відхилення :

$C = [\text{unifrnd}(22.5, 67.5) \text{ unifrnd}(15, 45) \text{ unifrnd}(7.5, 22.5)]$

```
octave:2> C=[unifrnd(41.5,49.5) unifrnd(27,33) unifrnd(13.5,16.5)]
C =
    48.143    32.283    15.387

octave:3> C=[unifrnd(31.5,58.5) unifrnd(21,39) unifrnd(10.5,19.5)]
C =
    45.722    33.206    15.307

octave:4> C=[unifrnd(22.5,67.5) unifrnd(15,45) unifrnd(7.5,22.5)]
C =
    38.504    24.383    11.617
```

Рисунок 2.3 – Результат роботи функції unifrnd

Для кожного із варіантів розподілу було запущено програмний код 2000 разів і отримали оптимальні плани для задачі в умовах статистичної невизначеності.

Для програмної реалізації методу перебору у випадку статистичної невизначеності з вхідними даними, отриманими за допомогою функції unifrnd, був використаний пакет Scilab.

Пакет Scilab призначений для виконання інженерних і наукових обчислень та математичного моделювання систем. За своїми можливостями пакет Scilab можна порівняти з відомим математичним пакетом Mathcad, а по своєму інтерфейсу схожий на пакет Matlab. Однак при цьому пакет Scilab – програма вільного розповсюдження (безкоштовна). Існують версії Scilab для різних операційних систем: Linux, Windows, MacOS.

Scilab дозволяє здійснювати такі інженерні та наукові обчислення:

- розв'язання нелінійних рівнянь і систем;

- розв'язання задач лінійної алгебри;
- розв'язання задач оптимізації;
- диференціювання та інтегрування;
- обробка експериментальних даних (інтерполяція і апроксимація, метод найменших квадратів);
- розв'язання звичайних диференціальних рівнянь і систем.

Крім того, Scilab надає широкі можливості по створенню і редагуванню різних видів графіків і поверхонь.

Нижче приведений результат роботи програми з вхідними даними матриці  $C = (38.504 \ 24.383 \ 11.617)$  для 50% відхилення.

Командное окно Scilab 6.0.2

```

c =

    38.504    24.383    11.617
a =

    3.    2.    1.
b =

    5.

f_opt_<_f_<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<
f_opt =

    0.
x_opt =

    0.    0.    0.

f_opt_<_f_<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<
f_opt =

    11.617
x_opt =

    0.    0.    1.

f_opt_<_f_<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<
f_opt =

    23.234
x_opt =

    0.    0.    2.

f_opt_<_f_<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<
f_opt =

    34.851
x_opt =

    0.    0.    3.

```

Рисунок 2.4 – Результат работы программы



```

Командное окно Scilab 6.0.2
f_opt_<_f_<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<
f_opt =

    46.468
x_opt =

    0.  0.  4.

f_opt_<_f_<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<
f_opt =

    58.085
x_opt =

    0.  0.  5.

f_opt_<_f_<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<
f_opt =

    59.234
x_opt =

    0.  1.  3.

f_opt_<_f_<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<
f_opt =

    60.383
x_opt =

    0.  2.  1.

f_opt_<_f_<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<
f_opt =

    61.738
x_opt =

    1.  0.  2.

f_opt_<_f_<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<
f_opt =
    
```

Рисунок 2.5 – Результат работы программы



№	C			x_opt	f_opt
1	53.817	31.100	12.169	1 1 0	84.917
2	56.294	35.327	15.607	1 1 0	91.621
3	46.312	35.774	16.409	0 2 1	87.957
4	32.962	22.311	19.155	0 0 5	95.775
5	36.691	38.612	14.240	0 2 1	91.464
6	32.957	31.410	18.441	0 0 5	92.205
7	46.936	22.795	14.961	1 0 2	76.858
8	44.311	34.452	13.365	0 2 1	82.269
9	33.672	28.565	17.796	0 0 5	88.98
10	46.591	27.975	11.961	1 1 0	74.566
11	54.057	30.698	14.184	1 1 0	84.755
12	38.347	23.042	15.328	0 0 5	76.64
13	58.500	28.562	16.037	1 0 2	90.574
14	42.272	34.741	11.007	0 2 1	80.489
15	37.349	23.467	15.077	0 0 5	75.385
16	31.806	27.837	16.869	0 0 5	84.345
17	34.435	38.050	18.122	0 2 1	94.222
18	48.346	34.406	13.800	1 1 0	82.752
19	35.400	25.399	16.353	0 0 5	81.765
20	42.183	38.435	13.866	0 2 1	90.736
21	31.873	32.872	13.334	0 2 1	79.078
22	53.041	32.081	15.639	1 1 0	85.122
23	41.939	35.242	17.293	0 2 1	87.777

Рисунок 2.8 – Дані, отримані в умовах статистичної невизначеності з 30% відхиленням

№	C			x_opt	f_opt
1	32.164	15.216	12.353	0 0 5	61.765
2	31.209	42.711	17.033	0 2 1	102.455
3	60.285	27.755	11.280	1 1 0	88.04
4	63.570	37.293	18.611	1 1 0	100.863
5	56.492	18.820	21.308	0 0 5	106.54
6	51.684	34.642	21.788	0 0 5	108.94
7	23.202	42.403	22.388	0 0 5	111.94
8	40.147	31.019	15.797	0 0 5	78.985
9	66.272	43.341	18.746	1 1 0	109.613
10	25.2651	33.5748	8.8800	0 2 1	76.0296
11	34.027	43.441	17.467	0 2 1	104.349
12	32.625	15.279	15.455	0 0 5	77.275
13	61.238	31.131	10.446	1 1 0	92.369
14	36.5424	29.7788	9.7364	0 2 1	69.294
15	26.798	42.493	16.779	0 2 1	101.765
16	34.061	18.978	19.490	0 0 5	97.45
17	58.064	39.676	17.219	1 1 0	97.74
18	62.632	16.435	14.041	1 0 2	90.715
19	42.671	24.123	12.325	1 0 2	67.321
20	30.235	39.763	13.735	0 2 1	93.261
21	39.581	40.125	21.966	0 0 5	109.83
22	45.0280	37.1820	9.1373	0 2 1	83.5013
23	28.197	21.610	20.951	0 0 5	104.755

Рисунок 2.9 – Дані, отримані в умовах статистичної невизначеності з 50% відхиленням

Отримали 4 варіанти оптимальних розв'язків: (005), (110), (021), (102).

Щоб проаналізувати розподіл прибутків для цих варіантів, ми побудували порівняльний графік в Excel та діаграми типу «ящик з вусами» за допомогою мови програмування R.

Діаграма "Ящик з вусами" (англ. Box and Whisker Chart, Box Plot) зазвичай використовується в описовій статистиці, дає змогу швидко досліджувати один або більше наборів даних в графічному вигляді та відображає основні характеристики розподілу даних. Нижче наведена структура такої діаграми.

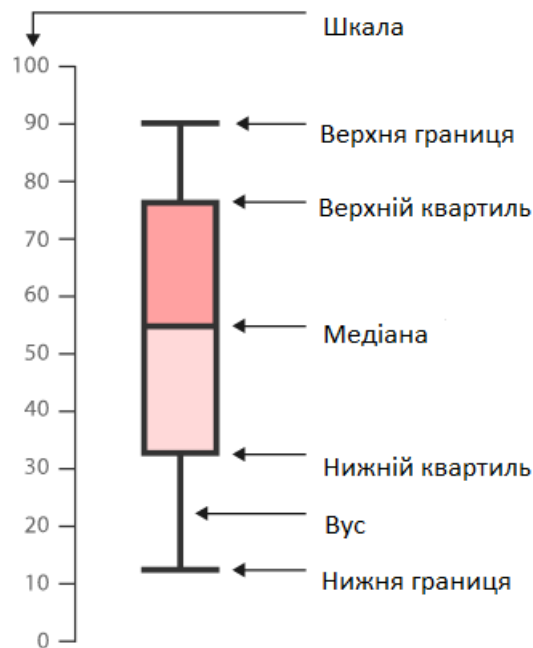


Рисунок 2.10 – Структура діаграми «ящик з вусами»

Нижня та верхня сторона прямокутника відповідає першому та третьому квантилю. Перший квантиль – це значення, нижче якого знаходиться 25% сукупності. Другий квантиль ділить сукупність даних навпіл і третій квантиль відокремлює 25% максимальних значень.

Міжквартильний розмах – це відстань між 3-м і 1-м квартилями. Міжквартильний розмах є робастний, тобто не залежить від аномальних відхилень.

Медіана – це рівень показника, який ділить набір даних на дві рівні половини. Значення в одній половині прямокутника менше, а в іншій більше медіани.

Верхня та нижня границя – це максимальне та мінімальне значення вибірки.

Вуса – це прямі лінії, що йдуть від ящика. Вони використовуються для позначення ступеня розкиду (дисперсії) за межами верхнього і нижнього квартилей.

На жаль, Excel не може будувати такі діаграми, але ми можемо створити свою діаграму "ящик з вусами" за допомогою гістограми і планок похибок. Перш ніж будувати діаграму, ми зробили деякі допоміжні розрахунки. Кінцеві результати допоміжних розрахунків приведені нижче.

Показатель	0 0 5	0 2 1	1 0 2	1 1 0
Количество	634	510	353	503
Среднее	78,837	78,010	77,286	77,507
Станд откл	2,872	2,443	2,791	2,577
Минимум	61,600	70,002	68,921	69,996
Квартиль1	77,204	76,5885	75,568	75,795
Медиана	79,625	78,438	77,770	77,614
Квартиль3	81,05625	79,827	79,353	79,68
Максимум	82,475	82,361	82,256	81,981
Низ	77,204	76,5885	75,568	75,795
2Q Коробка	2,421	1,849	2,202	1,819
3Q Коробка	1,431	1,389	1,583	2,066
Усы -	1,419	2,535	2,903	2,301
Усы +	1,431	1,389	1,583	2,066

Рисунок 2.11 – Допоміжні розрахунки для відхилення 10%

Показатель	0 0 5	0 2 1	1 0 2	1 1 0
Количество	668	565	314	453
Среднее	86,454	83,090	81,538	82,520
Станд откл	8,651	7,852	7,863	8,522
Минимум	54,830	58,311	59,062	54,305
Квартиль1	80,829	78,224	76,627	77,102
Медиана	88,878	84,061	81,637	83,693
Квартиль3	93,6025	89,224	87,478	89,11
Максимум	97,500	97,163	97,062	97,002
Низ	80,829	78,224	76,627	77,102
2Q Коробка	8,049	5,837	5,010	6,591
3Q Коробка	4,725	5,163	5,841	5,417
Усы -	3,898	7,939	9,584	7,892
Усы +	4,725	5,163	5,841	5,417

Рисунок 2.12 – Допоміжні розрахунки для відхилення 30%

Показатель	0 0 5	0 2 1	1 0 2	1 1 0
Количество	628	537	341	494
Среднее	93,039	87,728	86,859	87,513
Станд откл	16,174	14,093	13,409	13,895
Минимум	11,865	44,639	50,537	40,087
Квартиль1	83,293	78,4136	77,140	78,6855
Медиана	97,093	90,429	87,790	89,112
Квартиль3	106,0138	98,388	97,194	97,761
Максимум	112,440	111,984	111,883	111,106
Низ	83,293	78,4136	77,140	78,6855
2Q Коробка	13,800	12,015	10,650	10,426
3Q Коробка	8,921	7,959	9,404	8,649
Усы -	6,426	13,596	14,689	13,345
Усы +	8,921	7,959	9,404	8,649

Рисунок 2.13 – Допоміжні розрахунки для відхилення 50%

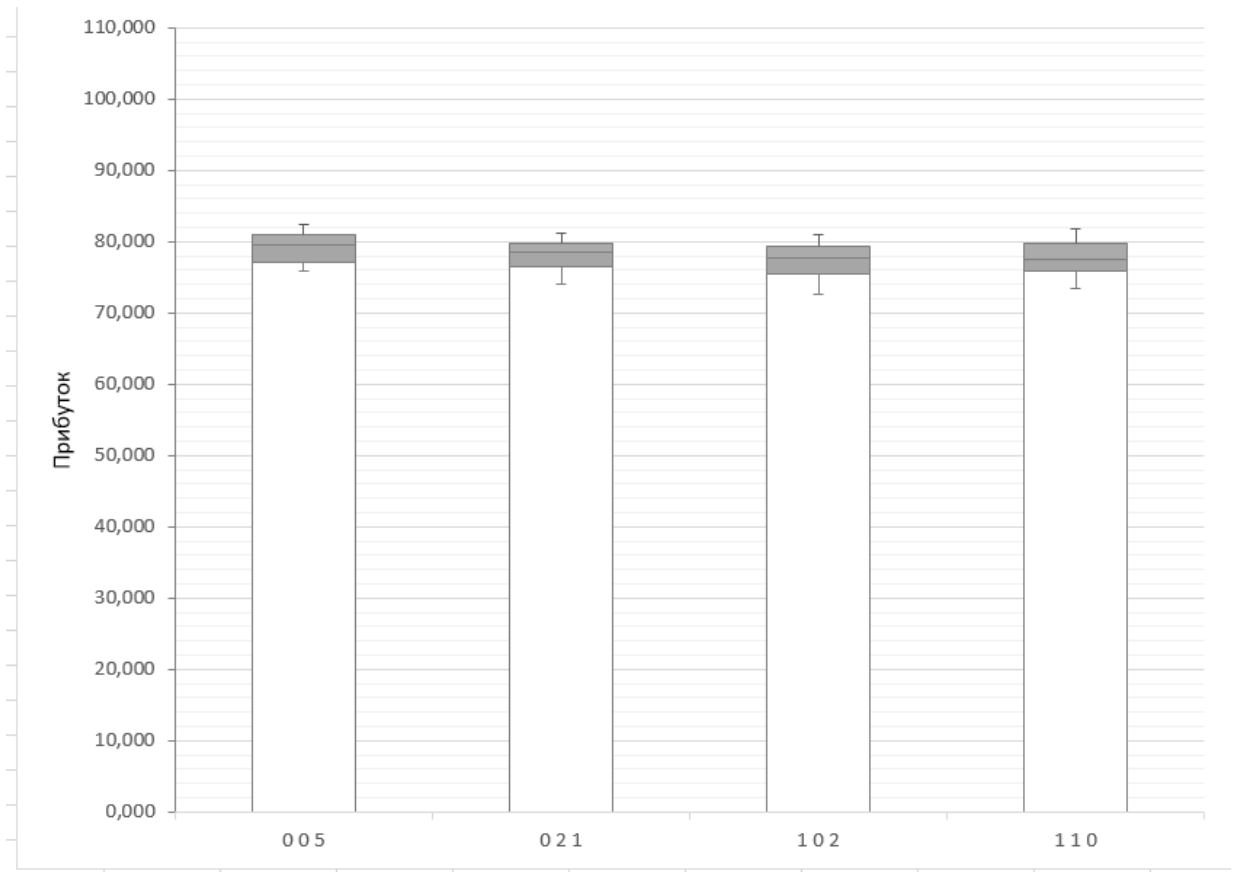


Рисунок 2.14 – Діаграма ящик з вусами (Еxcel) для 10%

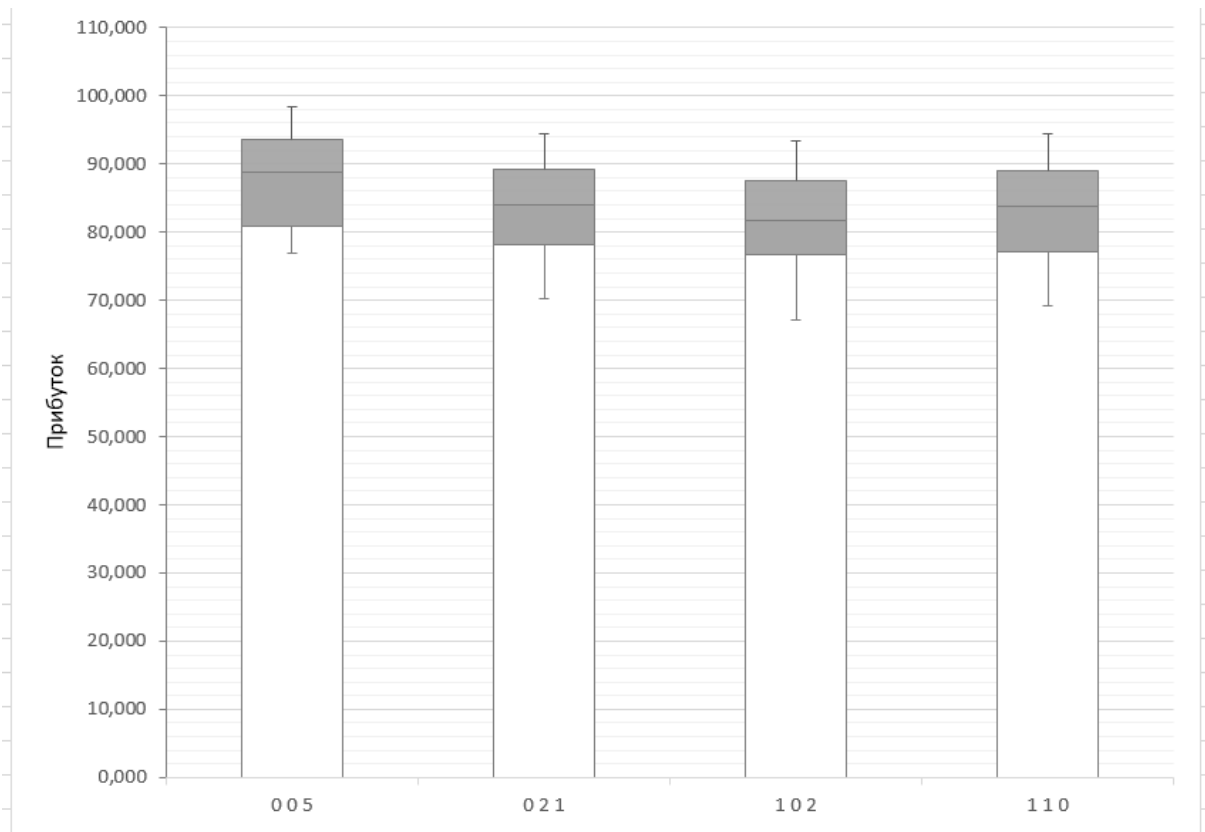


Рисунок 2.15 – Діаграма ящик з вусами (Еxcel) для 30%

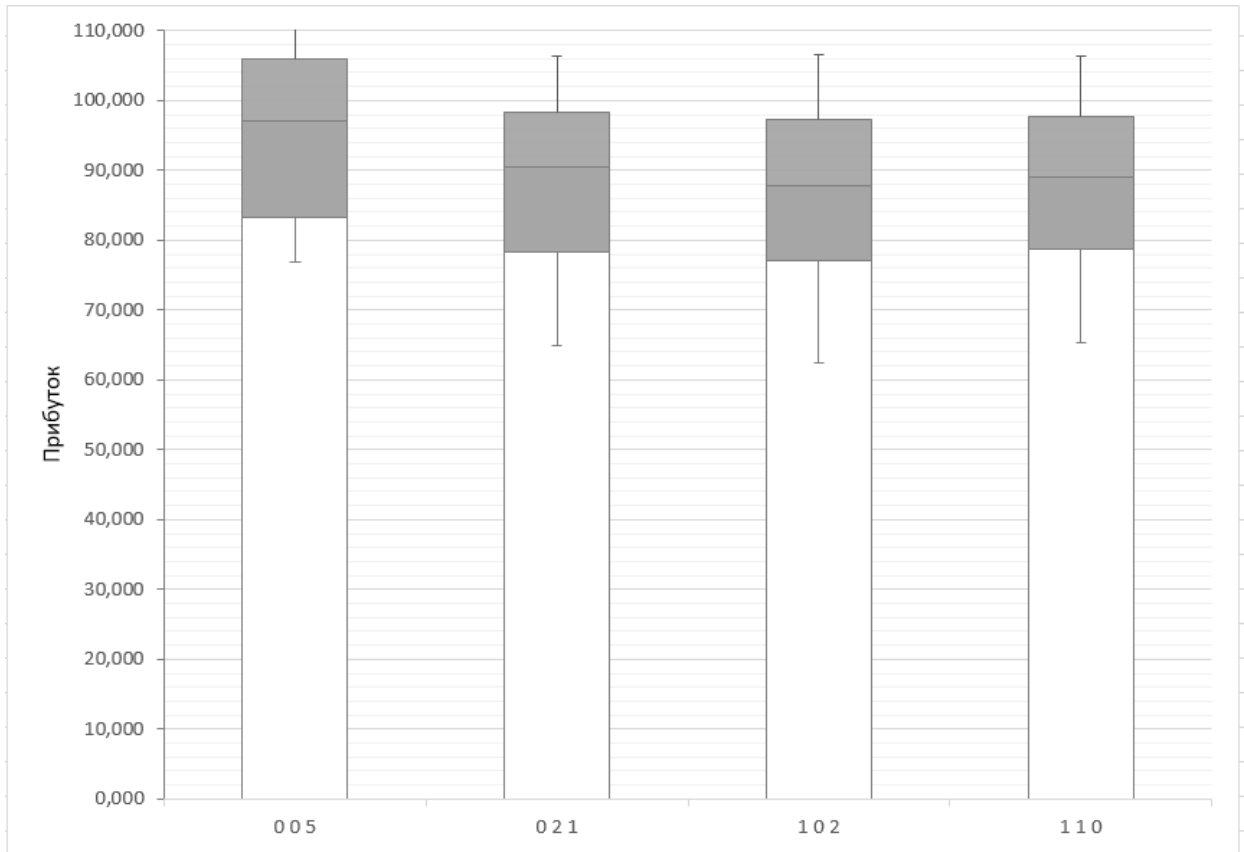


Рисунок 2.16 – Діаграма ящик з вусами (Excel) для 50%

Також, для аналізу даних ми побудували діаграму «ящик з вусами» та використали для цього найбільш популярну і зручну мову програмування R, яка призначена для статистичної обробки даних і роботи з графікою.

Особливості мови R:

- підтримує широкий спектр даних – включаючи вектори, матриці, списки і фрейми;
- підтримує безліч статистичних методів для роботи з найрізноманітнішими даними і кількістю даних;
- володіє відмінною розширюваністю – до програми можна підключати більше 400 пакетів у вигляді бібліотек для різних цілей;
- дає можливість створювати якісну графіку, яка включає в тому числі і математичні символи.

Переваги мови R:



- відкритий код програмного інтерфейсу;
- можливість роботи на будь-якій операційній системі;
- взаємодіє з іншими мовами;
- дозволяє працювати з великими обсягами даних.

Для побудови діаграми «ящик з вусами» ми використали функцію `boxplot()`. Основними елементами діаграми є:

- прямокутник, дві протилежні сторони якого відповідають першому та третьому квантилям розподілу (ці квантили відділяють першу та останню чверті даних у впорядкованому за зростанням масиві); якщо діаграма розташована вертикально, це будуть нижня та верхня сторони, а за її горизонтального розташування – ліва та права;

- відрізок у середині прямокутника, що відповідає медіані розподілу (це значення яке перебуває у центрі впорядкованого за зростанням масиву даних);

- вуси – два вертикальні (за вертикального розташування діаграми) або горизонтальні (за її горизонтального розташування) відрізки, що виходять з протилежних сторін прямокутника;

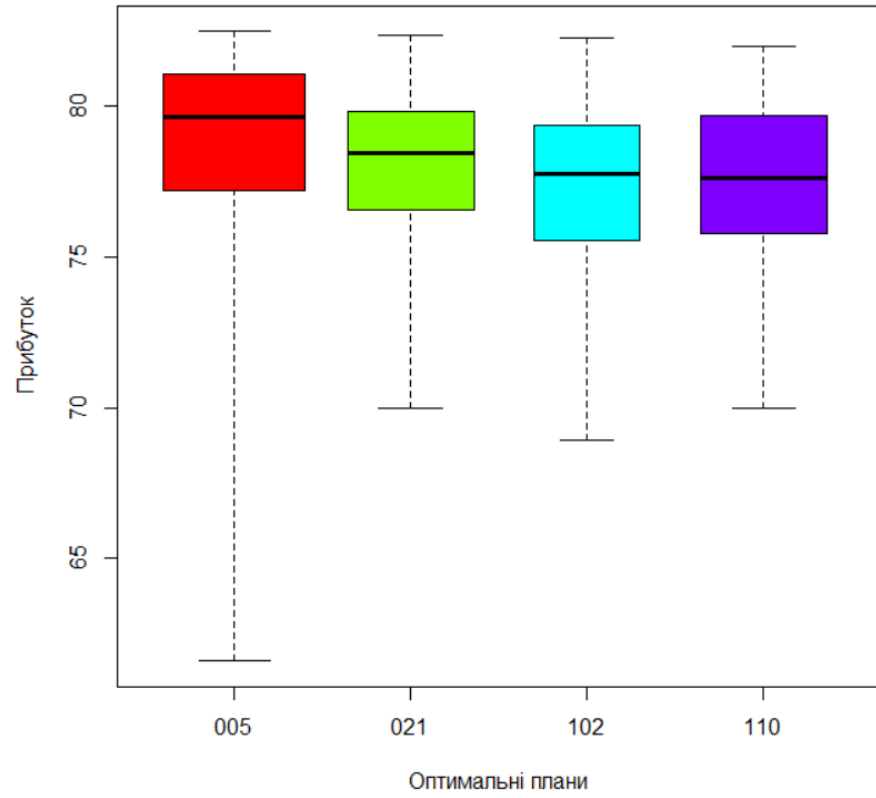


Рисунок 2.17– Діаграма ящик з вусами (R) для 10%

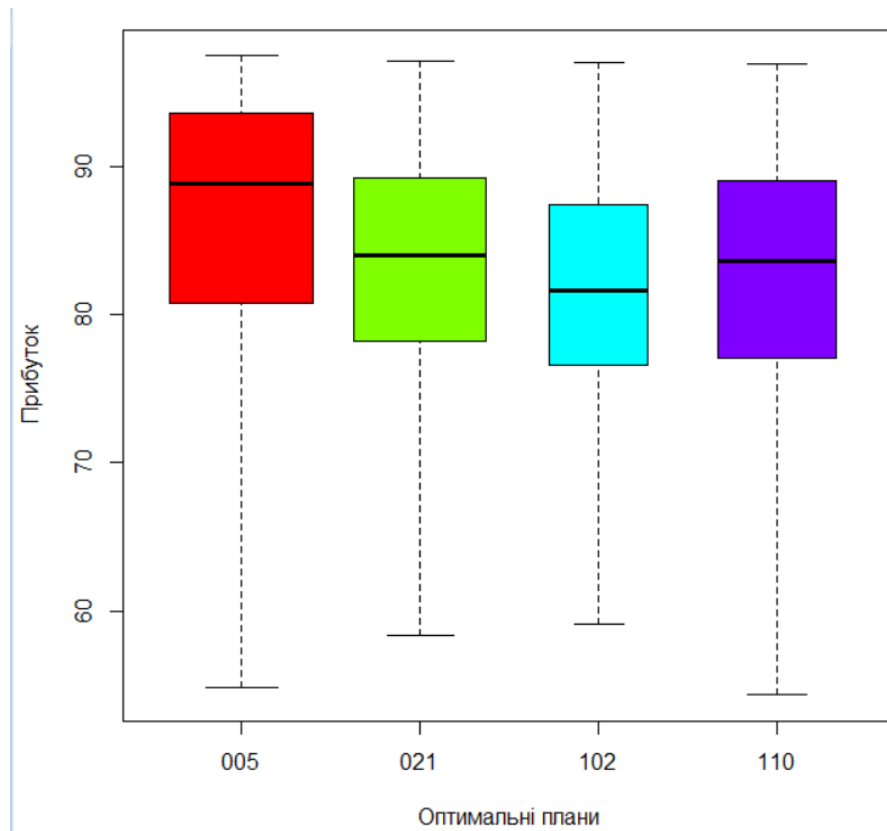


Рисунок 2.18– Діаграма ящик з вусами (R) для 30%

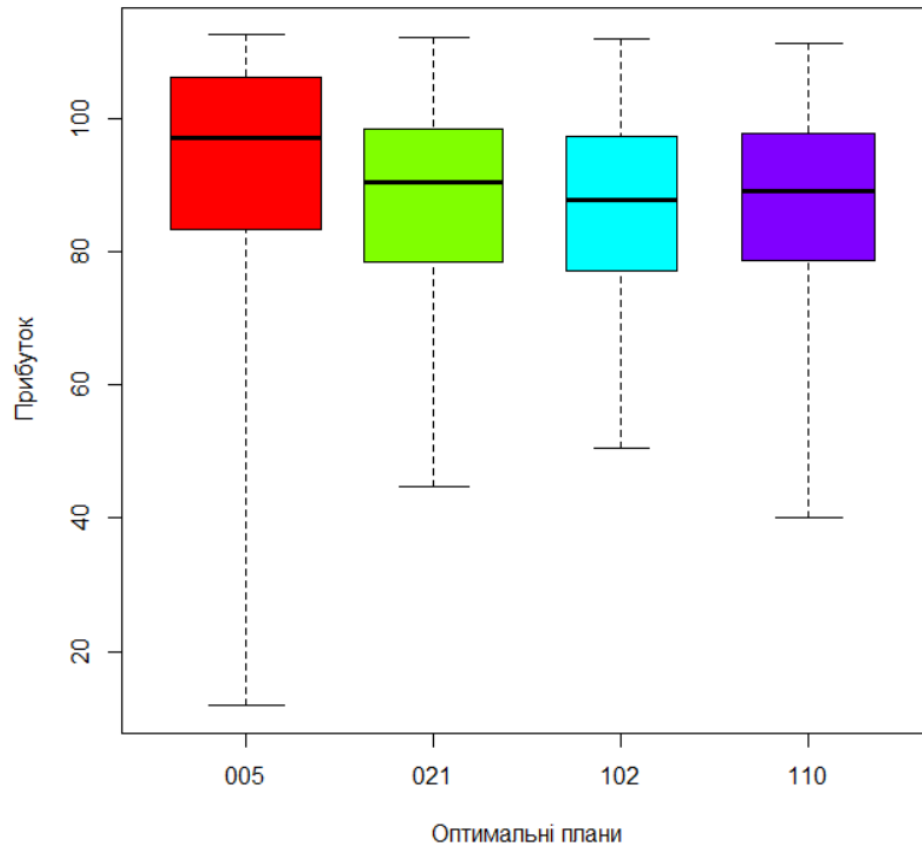


Рисунок 2.19 – Діаграма ящик з вусами (R) для 50%

#### 2.4 Критерії оптимальності та аналіз результатів

Для того, щоб прийняти остаточне рішення, який план дає максимальний прибуток для чотирьох отриманих розв'язків, потрібно задати критерії оптимальності.

Сформулюємо наступні критерії:

- середньоарифметичний прибуток
- ймовірність того, що буде отримано прибуток, більше ніж 75 одиниць.

Аналіз результатів для даних з відхиленнями від детермінованих значень (10%, 30%, 50%) та для різної кількості запусків (500, 1000, 2000) наведений нижче.

500	Результаты					
Набор	10%		30%		50%	
	среднее	> 75, %	среднее	> 75, %	среднее	> 75, %
0 0 5	79,015	87,28%	84,792	83,82%	94,104	88,05%
0 2 1	78,268	86,89%	83,243	86,57%	88,640	84,09%
1 0 2	77,321	78,67%	81,618	79,22%	86,655	78,82%
1 1 0	77,197	75,38%	82,173	81,03%	87,467	80,65%
1000	Результаты					
Набор	10%		30%		50%	
	среднее	> 75, %	среднее	> 75, %	среднее	> 75, %
0 0 5	78,640	86,59%	85,757	86,92%	94,166	87,25%
0 2 1	78,095	87,11%	83,288	86,18%	89,100	84,33%
1 0 2	77,313	78,66%	81,767	80,00%	86,865	79,77%
1 1 0	77,302	78,17%	82,703	83,98%	87,414	80,24%
2000	Результаты					
Набор	10%		30%		50%	
	среднее	> 75, %	среднее	> 75, %	среднее	> 75, %
0 0 5	78,837	87,54%	86,454	88,62%	93,039	85,03%
0 2 1	78,010	86,47%	83,090	84,78%	87,728	80,45%
1 0 2	77,286	79,32%	81,538	78,66%	86,859	78,89%
1 1 0	77,507	82,50%	82,520	81,24%	87,513	81,58%

Рисунок 2.20 – Аналіз результатів середньоарифметичного прибутку та ймовірність того, що буде отримано прибуток, більше ніж 75 одиниць.

Як бачимо, збільшивши кількість запусків до 2000 разів, ми маємо підстави вважати, що для всіх випадків розподілу за двома наведеними критеріями найкращим набором є набір (005), тому що він для кожного із критеріїв і для кожного із розподілів дає найбільше середньоарифметичне значення та максимальну ймовірність того, що прибуток буде більшим за 75 од. Якщо ми будемо брати інші критерії, то можливо у нас зміниться оптимальний план.

Також, ми проаналізували максимальне, мінімальне значення прибутку та кількість розв'язків для чотирьох випадків розподілу. Аналіз цих параметрів наведений нижче.

500	Результаты		
Набор	10%	30%	50%
	макс	макс	макс
0 0 5	82,460	97,320	111,940
0 2 1	82,076	95,790	111,319
1 0 2	81,837	95,778	109,269
1 1 0	81,981	97,002	111,089

1000	Результаты		
Набор	10%	30%	50%
	макс	макс	макс
0 0 5	82,475	97,320	112,370
0 2 1	82,361	95,790	111,984
1 0 2	82,256	95,778	111,883
1 1 0	81,981	97,002	111,089

2000	Результаты		
Набор	10%	30%	50%
	макс	макс	макс
0 0 5	82,475	97,500	112,440
0 2 1	82,361	97,163	111,984
1 0 2	82,256	97,062	111,883
1 1 0	81,981	97,002	111,106

Рисунок 2.21 – Аналіз результатів максимального прибутку

Отже, отримали точний результат, що максимальний прибуток дає набір (005) для даної кількості експериментів.

500	Результаты		
Набор	10%	30%	50%
	мин	мин	мин
0 0 5	70,555	59,140	45,067
0 2 1	71,632	58,830	47,393
1 0 2	69,269	60,410	58,381
1 1 0	69,996	58,858	47,328

1000	Результаты		
Набор	10%	30%	50%
	мин	мин	мин
0 0 5	61,600	59,140	45,067
0 2 1	70,331	58,830	46,101
1 0 2	69,269	60,410	50,537
1 1 0	69,996	58,858	46,165

2000	Результаты		
Набор	10%	30%	50%
	мин	мин	мин
0 0 5	61,600	54,830	11,865
0 2 1	70,002	58,311	44,639
1 0 2	68,921	59,062	50,537
1 1 0	69,996	54,305	40,087

Рисунок 2.22 – Аналіз результатів мінімального прибутку

Проаналізувавши дані мінімального прибутку, ми можемо зробити висновок, що ми не маємо однозначної відповіді. Але якщо вважати найточнішими дані, отримані від найбільшої кількості запусків, то бачимо, що мінімальний прибуток для відхилення 10% має набір (005) у розмірі 61,6 одиниць, для відхилення 30% - набір (110) у розмірі 54,305, для відхилення 50% набір (005) у розмірі 11,865 одиниць.

500	Результаты		
Набор	10%	30%	50%
	кол-во	кол-во	кол-во
0 0 5	173	173	159
0 2 1	122	134	132
1 0 2	75	77	85
1 1 0	130	116	124

1000	Результаты		
Набор	10%	30%	50%
	кол-во	кол-во	кол-во
0 0 5	328	344	306
0 2 1	256	275	268
1 0 2	164	150	173
1 1 0	252	231	253

2000	Результаты		
Набор	10%	30%	50%
	кол-во	кол-во	кол-во
0 0 5	634	668	628
0 2 1	510	565	537
1 0 2	353	314	341
1 1 0	503	453	494

Рисунок 2.23 – Аналіз результатів кількості розв’язків з різними наборами

Очевидно, що максимальну кількість розв’язків має набір (005) для всіх варіантів відхилення та кількості запусків програми.

500	Результаты		
Набор	10%	30%	50%
	кол-во	кол-во	кол-во
0 0 5	34,60%	34,60%	31,80%
0 2 1	24,40%	26,80%	26,40%
1 0 2	15,00%	15,40%	17,00%
1 1 0	26,00%	23,20%	24,80%

1000	Результаты		
Набор	10%	30%	50%
	кол-во	кол-во	кол-во
0 0 5	32,80%	34,40%	30,60%
0 2 1	25,60%	27,50%	26,80%
1 0 2	16,40%	15,00%	17,30%
1 1 0	25,20%	23,10%	25,30%

2000	Результаты		
Набор	10%	30%	50%
	кол-во	кол-во	кол-во
0 0 5	31,70%	33,40%	31,40%
0 2 1	25,50%	28,25%	26,85%
1 0 2	17,65%	15,70%	17,05%
1 1 0	25,15%	22,65%	24,70%

Рисунок 2.24 – Аналіз результатів кількості розв’язків з різними наборами у відсотковому співвідношенні

Можемо зробити висновок, що максимальну кількість розв’язків має набір (005), а саме 31-35%.

Проаналізувавши результати для декількох параметрів, можемо зробити висновок, що результати залежать від кількості запусків програми. Чим більше даних, тим точніший буде результат. Але ми простежуємо закономірність, що 2000 запусків не є достатньою кількістю для якісного результату. Тому доцільним буде проведення аналізу з великим обсягом даних для отримання точного результату.



Також ми провели порівняльний аналіз розв'язків задачі про завантаження за критеріями оптимальності з вхідними даними розподіленими за рівномірним та нормальним законом [14] для 1000 запусків.

Критерії оптимальності:

- середньоарифметичний прибуток;
- ймовірність того, що буде отримано прибуток, що перевищує 75 одиниць.

Результати аналізу для 10%, 30 % та 50% відхилення приведені нижче.

відхилення	10%			
розподіл	рівномірний		нормальний	
показник	середньоарифметичне	> 75, %	середньоарифметичне	> 75, %
0 0 5	78,6399	86,5854%	76,2628	86,3192%
0 2 1	78,0953	87,1094%	75,8856	83,1169%
1 0 2	77,3131	78,6585%	70,7439	70,5556%
1 1 0	77,3022	78,1746%	75,6433	70,2439%

Рисунок 2.25 – Аналіз розв'язків за критеріями оптимальностями для відхилення 10%

відхилення	30%			
показник	рівномірний		нормальний	
розподіл	середньоарифметичне	> 75, %	середньоарифметичне	> 75, %
0 0 5	85,7567	86,9186%	78,6747	86,3502%
0 2 1	83,2882	86,1818%	78,0888	84,3003%
1 0 2	81,7665	80,0000%	77,1853	76,9737%
1 1 0	82,7032	83,9827%	77,4706	77,9817%

Рисунок 2.26 – Аналіз розв'язків за критеріями оптимальностями для відхилення 30%

відхилення	50%			
показник	рівномірний		нормальний	
розподіл	середньоарифметичне	> 75, %	середньоарифметичне	> 75, %
0 0 5	94,1658	87,2549%	81,1499	86,1765%
0 2 1	89,1004	84,3284%	80,1073	84,0136%
1 0 2	86,8649	79,7688%	78,5848	76,6234%
1 1 0	87,4142	80,2372%	79,2901	79,2453%

Рисунок 2.27 – Аналіз розв’язків за критеріями оптимальностями для відхилення 50%

Як бачимо, для двох варіантів розподілу переважає розв’язок (0, 0, 5). Отже, можемо зробити висновок, що розв’язок (0, 0, 5) є оптимальним як для рівномірного, так і для нормального розподілу даних для наведених критеріїв та кількості запусків.

## 2.5 Експертні системи

Створення експертних систем - це спроба значного розширення області застосування комп’ютерної техніки і суттєвого збільшення її можливостей як допомоги людині у її інтелектуальній роботі.

Експертна система завантаження літака може реалізовувати вибір аналітичними засобами найбільш оптимального типу грузів для завантаження літака та визначення вигідності того чи іншого типу грузів. Даний вибір є трудомістким завданням, що дозволяє отримати суттєву економічну вигоду.

Таким чином, розробка і створення відповідних комп’ютерних програмних систем і комплексів дозволяє підвищити ефективність прийняття управлінських рішень щодо завантажень, тим самим значно поліпшивши основні показники фінансової діяльності.

CLIPS – це середовище розробки інтелектуальних систем. CLIPS (С Language Integrated Production System) являється одним із поширених інструментальних засобів розробки експертних систем. Представляючи собою логічно повне середовище, що містить вбудований редактор, інтерпретатор та засоби налагодження, CLIPS є оболонкою експертної системи. CLIPS підтримує функціональний, процедурний та об'єктно-орієнтований стиль програмування, а також продукційну модель знань.

Нами було розроблено експертну систему по вибору типу грузів для завантаження літака за допомогою CLIPS.

Мета: розв'язати задачу вибору оптимального набору типів грузів, щоб отримати найбільший прибуток.

Факти: [Усі набори] = «000», «001», «002», «011», «005», «100», «021», «020», «012».

[Оптимальні набори] = «005», «021».

[Рішення] = «вибрати цей набір типів грузів», «знайдено альтернативний варіант», «шукати далі», «розглянути усі варіанти», «рішення не прийнято».

Рекомендації:

Дія, які потрібно відтворити.

[Рішення] = «вибрати цей набір типів грузів», «знайдено альтернативний варіант», «шукати далі», «розглянути усі варіанти», «рішення не прийнято».

Правила:

ЯКЩО [Усі рішення] = 000 ТО 000: Шукати далі.

ЯКЩО [Усі рішення] = 001 ТО 001: Шукати далі.

ЯКЩО [Усі рішення] = 002 ТО 002: Шукати далі.

ЯКЩО [Усі рішення] = 011 ТО 011: Знайдено альтернативний варіант.

ЯКЩО [Усі рішення] = 005 ТО 005: Вибрати цей набір проектів.

ЯКЩО [Усі рішення] = 100 ТО 100: Знайдено альтернативний варіант.

ЯКЩО [Усі рішення] = 021 ТО 021: Вибрати цей набір проектів.

ЯКЩО [Усі рішення] = 020 ТО 020: Знайдено альтернативний варіант.

ЯКЩО [Усі рішення] = 012 ТО 012: Знайдено альтернативний варіант.

ЯКЩО [Усі рішення] = 023 ТО 023: Рішення не прийнято.

ЯКЩО [Усі рішення] = 125 ТО 125: Рішення не прийнято.

ЯКЩО [Рішення] = Вибрати цей набір типів грузів ТО Рішення очевидне. Записуємо цей типів грузів та реалізуємо.

ЯКЩО [Рішення] = Знайдено альтернативний варіант ТО Починаємо пошук з початку. Якщо оптимальний набір не буде знайдено, то записуємо альтернативний набір і вважаємо його оптимальним.

ЯКЩО [Рішення] = шукати далі ТО Шукати далі: потрібно продовжити пошук з самого початку.

ЯКЩО [Рішення] = розглянути усі варіанти ТО Розглянути усі варіанти: 1) перерахувати суму витрат; 2) перерахувати суму доходів; 3) порівняти з попередніми результатами.

ЯКЩО [Рішення] = рішення не прийнято ТО Рішення не прийнято: вибираємо інший алгоритм вирішення задачі про завантаження літака.

Реалізація експертної системи в середовищі CLIPS.

```
(deftemplate fact
  (field subject (type SYMBOL))
  (field property (type SYMBOL))
)

(deftemplate action
  (field to_do (type STRING))
)

(deffacts basic_state_1
  (fact (subject nabor1)(property vibor))
)

(deffacts basic_state_2
  (fact (subject nabor2)(property none))
)

(deffacts basic_state_3
  (fact (subject vibor)(property this_project))
)
```

)

```
(defrule vibor1
  (fact (subject nabor1)(property vibor_1))
  =>
  (assert (action (to_do "sovet1")))
  (printout t "Набір типів грузів 000 не обирається." crlf))
```

```
(defrule vibor2
  (fact (subject nabor1)(property vibor_2))
  =>
  (assert (action (to_do "sovet2")))
  (printout t " 005: Сумарні витрати дорівнюють 5 млн од. А сумарні
прибутки дорівнюють 75 млн од. і це є максимальним числом." crlf)
)
```

```
(defrule vibor3
  (fact (subject nabor1)(property vibor_3))
  =>
  (assert (action (to_do "poisk+")))
  (printout t " 001: Сумарні витрати не перевищують порогове значення 5.
Але сумарні прибутки дорівнюють 15. Це не максимальне число, тому
продовжуємо пошук. " crlf)
)
```

```
(defrule one
  (fact (subject nabor1)(property first_1))
  =>
  (assert (action (to_do "not+")))
  (printout t " 000: Сумарні витрати не перевищують порогове значення 5.
Але сумарні прибутки дорівнюють 0. Цей набір типів грузів не обираємо
навіть у найгіршому випадку." crlf)
)
```

```
(defrule two
  (fact (subject nabor1)(property second_2))
  =>
  (assert (action (to_do "sovet3")))
  (printout t " 002: Сумарні витрати не перевищують порогове значення 5.
Але сумарні прибутки дорівнюють 30. Це не максимальне число, тому
продовжуємо пошук. " crlf)
)
```

```
(defrule three
  (fact (subject nabor1)(property third_3))
```

```

=>
(assert (action (to_do "sovet4")))
(printout t " 011: Сумарні витрати не перевищують порогове значення 5.
Але сумарні прибутки дорівнюють 45. Це не максимальне число, але цей
набір є альтернативним." crlf)
)

(defrule four
  (fact (subject nabor1)(property four_4))
  =>
  (assert (action (to_do "sovet5")))
  (printout t " 100: Сумарні витрати не перевищують порогове значення 5.
Але сумарні прибутки дорівнюють 45. Це не максимальне число, але цей
набір є альтернативним." crlf)
)

(defrule five
  (fact (subject nabor1)(property fifth_5))
  =>
  (assert (action (to_do "this_vibor+")))
  (printout t "021: Сумарні витрати дорівнюють 5 млн од. А суммарні
прибутки дорівнюють 75 млн од. і це є максимальним числом." crlf)
)

(defrule six
  (fact (subject nabor1)(property sixth_6))
  =>
  (assert (action (to_do "sovet5")))
  (printout t "020: Сумарні витрати не перевищують порогове значення 5. Але
сумарні прибутки дорівнюють 60. Це не максимальне число, тому
продовжуємо пошук." crlf)
)

(defrule seven
  (fact (subject nabor1)(property seventh_7))
  =>
  (assert (action (to_do "sovet6")))
  (printout t "012: Це альтернативний варіант. витрати не перевищують
порогове значення 5." crlf)
)

(defrule these
  (or (fact (subject vibor)(property these))
      (action (to_do "these+")))
  =>

```

```

(printout t "Нам підходить цей набір." crlf)
)

(defrule this_project
  (or (fact (subject vibor)(property this_project))
      (action (to_do "this_project+")))
  =>
  (printout t "005: Обираємо цей набір типів грузів." crlf)
)

(defrule not
  (or (fact (subject vibor)(property not))
      (action (to_do "not+")))
  =>
  (printout t "Вибір не зроблений." crlf)
)

(defrule this_vibor
  (or (fact (subject vibor)(property this_vibor))
      (action (to_do "this_vibor+")))
  =>
  (printout t "Вибір зроблений." crlf)
)

(defrule eight
  (or (fact (subject vibor)(property eight_8))
      (action (to_do "125+")))
  =>
  (printout t "125: Порогове значення перевищено! " crlf)
)

(defrule nine
  (or (fact (subject vibor)(property nine_9))
      (action (to_do "023+")))
  =>
  (assert (action (to_do "sovet10")))
  (printout t " 023: Порогове значення перевищено!" crlf)
)

```

Результат роботи програми:

```

          CLIPS (V6.10 07/01/98)
CLIPS> (load "C:/Users/Алёна/Desktop/clips.CLP")
CLIPS> Defining deftemplate: fact
Defining deftemplate: action
Defining deffacts: basic_state_1
Defining deffacts: basic_state_2
Defining deffacts: basic_state_3
Defining defrule: vibor1 +j
Defining defrule: vibor2 +j
Defining defrule: vibor3 +j
Defining defrule: one +j
Defining defrule: two +j
Defining defrule: three +j
Defining defrule: four +j
Defining defrule: five +j
Defining defrule: six +j
Defining defrule: seven +j
Defining defrule: these +j
+j
Defining defrule: this_project +j
+j
Defining defrule: not +j
+j
Defining defrule: this_vibor +j
+j
Defining defrule: eight +j
+j
Defining defrule: nine +j
+j
TRUE
CLIPS> (reset)
CLIPS> (run)
005: Обираємо цей набір типів грузів.
CLIPS>

```

Рисунок 2.28 – Результат роботи програми. Зчитування даних.

Як проводився запуск?

1. Відкриваємо діалогове вікно програми CLIPS.
2. Натискаємо комбінацію кнопок Ctrl + L. Відкривається вікно, де вибираємо файл clips.CLP
3. Після того, як програма вибрала цей файл вводимо з клавіатури (reset).



4. Далі натискаємо комбінацію клавіш Ctrl + R або вводиться (run), тим самим запускаючи наш код.

5. Отримали результат для нашої експертної системи.

Після запуску коду програма вибрала дані і видала відповідь TRUE. Це означає, що всі змінні, факти і правила описані вірно.

```
TRUE
CLIPS> (reset)
CLIPS> (run)
005: Обираємо цей набір типів грчзів.
CLIPS>
```

Рисунок 2.29 – Результат роботи програмного коду.

На рисунку 2.29 бачимо результат роботи нашого програмного коду. Ми отримали набір проектів (005). Він дає нам максимальний сумарний прибуток при мінімальних сумарних витратах. Отже, експертна система працює справно та отриманий результат задовольняє умові поставленого завдання.

### 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

#### 3.1 Планування науково-дослідних робіт

Щоб розрахувати економічну ефективність необхідно вибрати конкретну методику розрахунку економічної ефективності серед багатьох існуючих і яка більшою мірою відповідає науково-дослідної роботи. Для цього слід розробити такі напрямки:

- розробити етапи проведення науково-дослідних робіт (НДР);
- призначити трудомісткість етапів, кількість виконавців, тривалість проведення етапів;
- розробити план-графік проведення роботи, який визначає послідовність виконання робіт та терміни;
- розрахунок витрат на проведення НДР.

Весь комплекс науково-дослідних робіт можна підрозділити на типові етапи - таблиця 3.1. При кожному етапі вказуються виконавці і тривалість виконання робіт.

Таблиця 3.1 – Етапи роботи

Номер етапу	Найменування етапу	Тривалість, днів	Зміст роботи
I	Підготовчий	9	Отримання проектного завдання. Підбір і аналіз літератури і аналогів. Розробка, уточнення завдання та затвердження технічного завдання.

## Продовження таблиці 3.1 – Етапи роботи

II	Виконання теоретичних розробок по темі	10	Складання методики. Розробка питань теми, напрямку робіт і перелік питань для досліджень.
III	Проведення розрахункових досліджень на ЕОМ	25	Виконання розрахунків. Внесення виправлень у розроблені програми.
IV	Узагальнення отриманих результатів	21	Узагальнення отриманих результатів, досліджень, визначення шляхів подальшого їхнього використання, місця і напрямки використання отриманих результатів.
V	Заключний	5	Складання звіту, обговорення його затвердження, оформлення графічного матеріалу. Техніко-економічні розрахунки ефективності результатів досліджень.

Весь комплекс дослідження можна розділити на етапи. Для кожного етапу вказуються трудомісткість, кількість виконавців і тривалість робіт.

Для дослідження необхідні програміст-аналітик та економіст, так як, при даній роботі, виникає необхідність в консультації програміста-аналітика та економіста через специфіку і вимоги.

Розрахунок тривалості кожного етапу проводиться по формулі (3.1)

$$T_{ци} = \frac{Q_i}{R_i}, \quad (3.1)$$

де  $T_{ци}$  – тривалість циклу, дні;

$Q_i$  – трудомісткість робіт, люд.-дн.;

$R_i$  – кількість виконавців, люд.;

Результати розрахунків зводять у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Тривалість етапів НДР

Етап НДР	Трудомісткість		Виконавці		Тривалість, днів
	Людино- днів	% до під- сумку	Спеціальність	Кількість, чол.	
I	18	24	Програміст- аналітик, консультант	2	9
II	10	13,3	Консультант	1	10
III	25	33,3	Консультант	1	25
IV	16	21,3	Консультант	1	15
IV	5	6,7	Програміст- аналітик	1	5
V	1	1,3	Консультант	1	1
Разом	75	100		2	65

За даними таблиці 3.2 складається зведений стрічковий графік  
планування дослідження.

етап НДР	виконавець	серпень					вересень																					
		26	27	28	29	30	2	3	4	5	6	9	10	11	12	13	16	17	18	19	20	23	24	25	26	27	30	
1	консультант																											
	програміст-аналітик																											
2	консультант																											
	програміст-аналітик																											
3	консультант																											
	програміст-аналітик																											
4	консультант																											
	програміст-аналітик																											
5	консультант																											
	програміст-аналітик																											

Рисунок 3.1 – Графік виконання НДР

етап НДР	виконавець	жовтень																									
		1	2	3	4	7	8	9	10	11	14	15	16	17	18	21	22	23	24	25	28	29	30	31			
1	консультант																										
	програміст-аналітик																										
2	консультант																										
	програміст-аналітик																										
3	консультант																										
	програміст-аналітик																										
4	консультант																										
	програміст-аналітик																										
5	консультант																										
	програміст-аналітик																										

Рисунок 3.2 – Графік виконання НДР

етап НДР	виконавець	листопад																
		1	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	25
1	консультант																	
	програміст-аналітик																	
2	консультант																	
	програміст-аналітик																	
3	консультант																	
	програміст-аналітик																	
4	консультант																	
	програміст-аналітик																	
5	консультант																	
	програміст-аналітик																	

Рисунок 3.3 – Графік виконання НДР

### 3.2. Розрахунок витрат на проведення НДР

Для визначення витрат на розробку програми складається калькуляція кошторисної вартості робіт, яка включає наступні статті:

- основна заробітна плата;
- додаткова заробітна плата;
- єдиний соціальний внесок;
- витрати на спеціальне обладнання;
- матеріали і комплектуючі вироби;
- накладні витрати;
- податки.

#### 3.2.1. Розрахунок основної заробітної плати

Витрати за цією статтею складаються з планового фонду зарплати всіх категорій працівників, зайнятих в розробці програми. Розрахунок зарплати ведеться на підставі даних про трудомісткості, представлених в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахунок основної заробітної плати

Посада виконавця	Чисельність, чол.	Місячний оклад	Кількість місяців роботи	Сума заробітної плати, грн.
Програміст-аналітик	1	9 140	3	27 420

## Продовження таблиці 3.3 – Розрахунок основної заробітної плати

Консультант	1	10 200	0,5	5100
Разом	2			32 520

## 3.2.2 Розрахунок додаткової заробітної плати

Додаткову заробітну плату приймають рівною 8% від основної заробітної платні робітників й розраховують за формулою

$$ЗП_{\text{доп}} = \sum ЗП_{\text{осн}} \cdot 8\% \quad (3.2)$$

Підставивши величину основної заробітної плати в дану формулу, отримуємо:

$$ЗП_{\text{доп}} = 32\,520 \cdot 0,08 = 2\,601,6 \text{ грн}$$

## 3.2.3 Відрахування на єдиний соціальний внесок

Ці відрахування складають 22% і беруться від основної та додаткової зарплати.

$$СВ = (\sum ЗП_{\text{осн}} + ЗП_{\text{доп}}) \cdot 22\% \quad (3.3)$$

$$CB = (32\,520 + 2\,601,6) * 0,22 = 7\,726,75 \text{ грн}$$

### 3.2.4 Визначення витрат на матеріали

У цю статтю включають вартість основних і допоміжних матеріалів, напівфабрикатів, що купуються, і комплектуючих виробів, необхідних для розробки програми (папір, диски, картридж тощо) При виконанні дослідження використовується 3 найменування матеріалів: диск CD-R - 20 грн.; фарба на принтер - 100 грн. і папір 90 грн. (1 упаковка).

Розрахуємо вартість основних матеріалів  $M_0$  за формулою:

$$M = \sum_{i=1}^n (C_i \cdot N_i (1 + K_{ТЗ}) - C_{i0} \cdot N_{i0}), \quad (3.4)$$

де  $K_{ТЗ}$  – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати ( $K_{ТЗ}=0,05$ );

$C_i$  – ціна і-го найменування матеріалу, грн.;

$N_i$  – необхідна потреба в матеріалі і-го найменування;

$C_{i0}$  – ціна зворотних відходів і-го найменування матеріалу, грн.  $C_{i0}=0$ ;

$N_{i0}$  – кількість зворотних відходів і-го найменування матеріалу  $N_{i0}=0$ ;

$n$  – кількість найменувань матеріалів.

$$M=(20+100+90) * (1+0,05) = 220,5 \text{ грн.}$$



Отже, витрати складають 220,5 грн.

### 3.2.5 Витрати на спеціальне обладнання

У цю статтю входять витрати на придбання, транспортування, монтаж і налагодження нестандартного обладнання.

Практично, в даному випадку, в цій статті враховуються витрати на оплату машинного часу ЕОМ при проведенні досліджень. Для чого необхідно скласти кошторис «витрат на утримання і експлуатацію устаткування» виходячи з якої визначиться вартість одного машино-години роботи ПК, після множення якої на машинний час пішло на дослідження отримаємо витрати на оплату машинного часу.

До спеціального обладнання належить таке обладнання, яке використовується тільки для проведення окремої дослідної роботи. Вартість спеціального устаткування для проведення НДР визначають на підставі їхньої кількості, цін по прейскурантах. Результати розрахунку занесено до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Розрахунок вартості спецобладнання

Устаткування	Марка, ДСТ	Кількість на тему	Ціна за одиницю, грн.	Вартість, грн.
1. Ноутбук	Asus X407UB-EK245 (90NB0HQ1-M03520) (2.3 ГГц) /8 ГБ	1	9 500	9 500
Разом				9 500

Розрахуємо суму амортизаційних відрахувань. Балансова вартість комп'ютера складається з вартості ноутбука, і оплати транспортування цього устаткування в офіс.

Оскільки основна робота проводиться програміст-аналітиком на комп'ютері, тоді розрахуємо амортизаційні відрахування для обладнання. Ціна обладнання – 9 500 грн. Норма амортизаційних відрахувань на комп'ютер складає  $H_a = 25\%$ . Ефективний фонд роботи комп'ютера склав 37 робочих днів (використовувався на 3 та 4 етапах при моделюванні багаторівневих сигналів і узагальнення отриманих результатів).

Амортизаційні відрахування визначають за формулою:

$$A = B_o \cdot \frac{H_a}{100} = B_o \cdot 25\% \quad (3.5)$$

де  $B_o$  – балансова вартість обчислювальної техніки, грн.;

$H_a$  – норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення OEM, %.

Тоді

$$A = 9\,500 \cdot 25\% = 2\,375 \text{ грн.}$$

Статтю «Експлуатація обладнання» розраховують підсумовуванням витрат на електроенергію і допоміжні матеріали.

$$C_e = N_H \cdot \Phi_{ef} \cdot K_{зч} \cdot K_{зн} \cdot C_e \quad (3.6)$$

де  $N_H$  – номінальна потужність ЕОМ, кВт;

$\Phi_{ef}$  – річний ефективний фонд часу роботи ЕОМ, машино-год;

$K_{зч}$  – середній коефіцієнт завантаження за часом;

$K_{зн}$  – коефіцієнт завантаження по потужності;

$C_e$  – ціна одного кВт · год електроенергії, грн ./ (кВт · год).

Номинальна потужність ЕОМ - 0,5 кВт. Річний ефективний фонд часу роботи ЕОМ становить 1800 годин. Середні коефіцієнти завантаження за часом і за потужністю рівні відповідно 0,8 і 0,4. Ціна однієї кіловат-години електроенергії становить 2,11 грн.

Отримуємо

$$C_B = 0,5 * 1\,800 * 0,8 * 0,4 * 2,11 = 607,68 \text{ грн.}$$

Зарплата обслуговуючого персоналу розраховується за формулою 3.8:

$$ЗП_{обсл} = ФЗП_p \left(1 + K_{відр}\right) \frac{t_{обсл}}{\Phi_{эф.обсл}}, \quad (3.7)$$

де  $ФЗП_p$  – річний фонд заробітної плати (основної і додаткової) обслуговуючих робітників, грн.

$K_{відр}$  – коефіцієнт, що враховує відрахування на єдиний соціальний внесок;

$t_{обсл}$  – час протягом року, необхідне на технічне обслуговування ЕОМ, год/рік;

$\Phi_{эф.обсл}$  – річний ефективний фонд часу обслуговуючого персоналу, год/рік.

Місячна заробітна плата обслуговуючого персоналу становить 5 000 грн., а річний фонд заробітної плати відповідно дорівнює 60 000 грн. Річний ефективний фонд робочого часу обслуговуючого ПК працівника дорівнює

1750 год / рік. На обслуговування одного ПК витрачається по 1 годині на місяць, що в рік становить 12 годин.

$$ЗП_{\text{обсл}} = 60000(1 + 0,22) \frac{12}{1750} = 501,94 \text{ грн.}$$

Стаття «Поточний ремонт обладнання» приймається рівною 3% від балансової вартості обладнання і становить 285 грн.

Стаття «Інші витрати» приймається рівною 3% від суми всіх попередніх статей витрат на утримання і експлуатацію обладнання. Сума всіх попередніх статей дорівнює 3 641,42 грн. 3% від суми складають 109,2 грн.

Розраховані статті витрат на утримання і експлуатацію обладнання внесені в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Кошторис витрат на утримання і експлуатацію обладнання

Найменування статті витрат	Сума, грн
Амортизація обладнання	2 375
Експлуатація обладнання (крім витрат на поточний ремонт)	607,68
Заробітна плата основна і додаткова обслуговуючих робітників з відрахуваннями на соціальні заходи	501,94
Поточний ремонт обладнання	285
Інші витрати	109,24
Разом	3 878,86

Витрати на оплату машинного часу ЕОМ для написання і налагодження програмних засобів визначаються за формулою

$$C_{мо} = B_{екс} \cdot t_{мо}, \quad (3.8)$$

де  $C_{мо}$  – витрати на оплату машинного часу, грн;

$B_{екс}$  – експлуатаційні витрати на одну годину машинного часу цієї цифрової ЕОМ, грн. / машино-год.;

$t_{мо}$  – машинний час цифрової ЕОМ для написання і налагодження даного програмного продукту, машино-год.

Експлуатаційні витрати на одну годину машинного часу використовуваної ЕОМ розраховують діленням суми витрат таблиці 3.5 на річний ефективний фонд часу роботи ЕОМ. Річний ефективний фонд часу роботи ЕОМ дорівнює 1800 годин. В результаті експлуатаційні витрати на одну годину машинного часу дорівнюють:

$$B_{екс} = 3\,878,86 : 1\,800 = 2,15 \text{ грн./ машино-год.}$$

ЕОМ експлуатується 32 дні в одну зміну, що становить в сумі 256 годин. Таким чином, витрати на оплату машинного часу складуть:

$$C_{мо} = 2,15 * 256 = 550,4 \text{ грн}$$

### 3.2.6 Розрахунок накладних витрат

До накладних витрат відносяться витрати на загальне управління і

загальногосподарські потреби (заробітна плата апарату управління, канцелярські витрати і т.д.), утримання та експлуатацію будівель. Накладні витрати включаються до вартості розробки програми непрямым шляхом – у відсотках до основної заробітної плати розробників. В даному випадку накладні витрати становлять 25% до основної заробітної плати розробників, що складає 8 130 грн.

Складемо кошторис усіх витрат, результати розрахунку занесемо в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Кошторис витрат на виконання НДР

Вид витрат	Сума витрат, грн.	Процент витрат, %
Основна заробітна плата	32 520	62,8
Додаткова заробітна плата	2 601,6	5
Єдиний соціальний внесок	7 726,75	14,9
Основні матеріали	220,5	0,4
Витрати на спецобладнання	550,4	1,1
Накладні витрати	8 130	15,7
Разом	51 749,25	100
ПДВ (20%)	10 349,25	
Разом (з ПДВ)	62 099,1	

### 3.3 Розрахунок економічної ефективності НДР

Ефективність прикладних НДР визначається, як зіставлення річного економічного ефекту від застосування результатів розрахункових досліджень в умовах виробництва та використаних капіталовкладень для здійснення досліджень та втілення їх у виробництво.

$$E_{\text{фак}} = \frac{\text{Економ.ефект}}{\text{Капіталовкладення}}. \quad (3.9)$$

Підставляючи фактичну економічну ефективність з нормативною ( $E_n=0,10\dots0,15$ ), робиться висновок про доцільність досліджень. Якщо  $E_{\text{фак}} > E_n$  або  $=E_n$  то дослідження визнаються економічно ефективними. У зворотному випадку дослідження не слід виконувати, тому що економічний зиск від таких досліджень малий. Економічну ефективність досліджень можливо оцінити по строку окупності витрат на їхнє проведення та втілення.

$$T_{\text{ок}}^{\text{фак}} = \frac{\text{Капіталовкладення}}{\text{Економ.ефект}}. \quad (3.10)$$

Фактичний строк окупності капіталовкладень зіставляється з нормативним строком окупності капіталовкладень, прийнятий для промисловості (приблизно 6 років), і на основі порівняння робиться висновок про доцільність досліджень.

Для теоретичних досліджень у більшості випадків важко чи навіть неможливо розрахувати економічний ефект, тому доцільно визначити їхню

техніко-економічну ефективність з урахуванням наступних показників:

- важливість дослідження;
- складності розробки;
- результативності й можливості використання.

Важливість теоретичного дослідження оцінюють по його призначенню:

- рішення проблемних питань;
- задоволення вимог спеціальної техніки; пошук принципово нових конструктивних і технологічних рішень тощо.

Складність виконання роботи визначають порівнянням отриманих результатів даного дослідження з результатами відомих аналогічних досліджень з обліком грошових і трудових витрат на їхнє проведення.

Результативність НДР можна визначити по повноті рішень поставленого завдання: отриманий результат відповідає плановому, задовільний (часткове рішення) чи негативний.

Аналіз залежності між цими показниками й витратами на їхнє досягнення дає можливість кількісної оцінки техніко-економічної ефективності теоретичних НДР по формулі:

$$K_{\text{НДР}} = \frac{J^n \cdot R \cdot T}{V_{\text{НДР}} \cdot t_{\text{НДР}}}, \quad (3.11)$$

де  $K_{\text{НДР}}$  – рівень ефективності дослідження (коефіцієнт техніко-економічної ефективності НДР);

$J = 2$  – важливість роботи;

$R = 1,5$  – результативність роботи;

$T = 2$  – технічна складність виконання НДР;

$V_{\text{НДР}} = 62\,099,1$  грн – витрати на проведення НДР;



$t_{\text{НДР}} = 65$  дні – час проведення НДР;

$n = 2,5$  – показник використання результатів НДР

При значенні  $K_{\text{НДР}} \geq 1$  дослідницька робота вважається ефективною.

Отже, розрахуємо  $K_{\text{НДР}}$ :

$$K_{\text{ндр}} = (2^{2.5} * 1,5 * 2) : (62\,099,1 * 0,26) = 1,051$$

Після розрахунку (4.11) отримаємо рівень ефективності дослідження  $K_{\text{НДР}} = 1,051$ . Це більше 1, тому робимо висновок, що дана дослідницька робота є ефективною.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності. Мета охорони праці – забезпечення безпечних, нешкідливих і сприятливих умов праці.

Для виконання трудових обов'язків з урахуванням положень нормативних вимог з безпеки праці, та для практичної реалізації теми: «Задача про завантаження літака з вхідними параметрами, розподіленими за рівномірним законом», передбачається засвоєння основних заходів з охорони праці на робочих місцях в адміністративних приміщеннях. Під час роботи для забезпечення комфортних умов праці застосовується: комп'ютер, знищувач документів, принтер-сканер, люмінесцентна лампа, настільна лампа, вентилятор, іонізатор повітря, зволожувач повітря.

### 4.1. Аналіз потенційних небезпек

Обладнання, яке використовується можна умовно розділити на дві групи:

а) обладнання, яке безпосередньо забезпечує робочий процес (наприклад, комп'ютерна та різноманітна периферійна техніка при роботах в офісі);

б) обладнання, яке підтримує комфортні умови праці (наприклад, опалювальні прилади, кондиціонери, іонізатори повітря для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщеннях).

До основних небезпечних факторів трудового процесу відносяться:

- ураження електричним струмом, у наслідок несправності електроболаднання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм різного ступеню або навіть до летального наслідку;
- механічне травмування в наслідок не раціонального розташування робочих місць, що є порушенням вимог ергономіки;
- підвищенні нервово-психічні навантаження, внаслідок специфіки роботи, а саме постійний контакт з клієнтами, колегами по роботі, керівництвом, контрагентами при вирішенні робочих питань (деякі з них можуть бути конфліктними, суперечливими), що може викликати емоційний дискомфорт, внутрішнє роздратування та емоційну нестабільність під час короткотривалих певних негативних ситуацій, та може призвести до захворювань нервової системи, зниження насаги на працю та стресових станів;
- захворювання кістково-м'язового апарату, у зв'язку з тривалим статичним напруженням м'язів спини, шії, рук і ніг, що призводить до ушкодження опорно-рухового апарату;
- негативний вплив електромагнітних (в тому числі і рентгенівських) випромінювань при використанні моніторів персональних комп'ютерів (далі ПК) з електронно-променевою трубкою, що призводить до погіршень зору, зниження імунітету;
- недостатнє або надмірне освітлення робочих місць, в зв'язку з несправністю, або хибним вибором освітлювальних приладів, в зв'язку з неправильним розташуванням робочих місць по відношенню до джерел природного та штучного освітлення, що призводить до погіршення зору або ефекту засліплення;
- дискомфортний рівень шуму, який створюється перетворювачем напруги електронно-обчислювальної машини (далі ЕОМ), її технічною периферією, а також при спілкуванні працівників, що призводить до роздратування та зниження працездатності;

- незадовільні параметри мікроклімату в робочих приміщеннях, у зв'язку із відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальних систем, які можуть викликати загальні захворювання;
- можливість загоряння, в зв'язку з порушенням правил протипожежної безпеки, використанням несправного електрообладнання, або відсутністю систем пожежної сигналізації і пожежогасіння, що призводить до пожежі;
- неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, які призводять до паніки та загибелі людей;
- сухе повітря, через оснащення офісної будівлі кондиціонерами, центральним опаленням та великої кількості людей, що у сукупності викликає подразнення та пересихання шкіри, постійну сонливість та втомленість.

#### 4.2. Заходи по забезпеченню безпеки

У приміщенні офісу застосовується широке різноманіття електроприладів: персональні комп'ютери, принтери, ксерокси, факси, освітлювальні прилади, кондиціонери, побутові електроприлади тощо. Небезпека ураження електричним струмом при використанні цих приладів з'являється при недотриманні заходів обережності, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища.

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: ПУЕ («Правила устрою електроустановок») і ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность».

Защитное заземление, зануление», величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення - 4 Ом; НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок», приміщення, в якому розташовуються ЕОМ, різноманітне устаткування, відноситься до класу пожежезабезпеченої зони П-Па, тому передбачений мінімальний ступінь захисту ізоляції обладнання IP44; ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» обладнання офісу має подвійну ізоляцію, яка складається з робочої та додаткової ізоляції; ГОСТ 12.2.007.0-75\* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» ЕОМ, периферійні пристрої ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ по способу захисту людини від ураження електричним струмом, належать до I класу, оскільки мають подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для приєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом. Експлуатація електроустановок і електроустаткування проводиться відповідно до НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безопасной эксплуатации электроустановок» та НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безопасной эксплуатации электроустановок потребителей».

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок не раціонального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неухважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електроннообчислювальних машин» зроблено більш зручне та раціональне розташування робочих місць, таким чином збільшена відстань між ними, яка відповідає нормованим значенням (площа на одне робоче місце має становити не менше ніж 6,0 м<sup>2</sup>, а об'єм не менше ніж 20,0 м<sup>3</sup>).

У зв'язку із стресовими ситуаціями та нервово-емоційними навантаженнями у працівників може виникнути ймовірність захворювань загально-невротичного характеру.

З метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» для робітників із застосування ЕОМ, передбачені регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожні дві години, а також обладнані побутові приміщення для відпочинку під час роботи, кімната психологічного розвантаження. В кімнаті психологічного розвантаження передбачені пристрої для приготування й роздачі тонізуючих напоїв, а також місця для занять фізичною культурою.

Для оптимізації відносин у колективі проводяться тренінги з залучанням психологів на теми: «Адаптація у новому колективі», «Поведінка в суспільстві». Для запобігання кістково-м'язових порушень у зв'язку з тривалим статичним напруженням м'язів спини, шиї, рук і ніг необхідно виконувати фізичні вправи 2-3 рази протягом робочого часу.

#### 4.3. Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Внаслідок роботи за ПК, на фізіологію людини негативно впливають електромагнітні випромінювання. Щоб зменшити наслідки впливу на людину та знизити негативні показники у робочій зоні до допустимих значень, згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75 «Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», вироби, які створюють електромагнітні поля, повинні мати захисні елементи (екрани, поглиначі і т.д.). Вимоги до захисних елементів повинні бути вказані в стандартах та технічних умовах на конкретні види виробів. Згідно з НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» та ДСанПіН 3.3.2.007-98

«Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», на робочих місцях обладнаних ПК встановлені рідкокристалічні монітори, які не є джерелами рентгенівського та електромагнітного випромінювань.

Основними причинами недостатньої або надмірної освітленості робочих місць є несправність або хибний вибір освітлювальних приладів, неправильне розташування робочих місць по відношенню до джерел освітлення.

Незадовільна освітленість на робочому місці або на робочій зоні може бути причиною зниження продуктивності та якості праці, отримання травм. Недостатнє або надмірне освітлення викликає зоровий дискомфорт, що виражається у відчутті незручності або напруженості. Тривале перебування в умовах зорового дискомфорту призводить до розсіювання уваги, зменшення зосередженості, зоровій і загальній втомі.

У офісному приміщенні, згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, передбачено сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі або штори.

Розрахунок загального штучного освітлення в приміщенні офісу розмірами  $A \times B \times C = 15,5 \times 7 \times 3,2$  м, з висотою робочої поверхні  $h_p = 0,8$  м, нормованим значенням штучного освітлення для кабінету  $E_n = 300$  лк.

1. Розраховуємо кількість рядів світильників у приміщенні  $N_p$ :

$$N_p = \frac{B}{(H - h_p) \cdot [L/h]}, \text{ шт}; \quad (4.1)$$

де:  $B$  - ширина приміщення, м;

$H$  - висота приміщення, м;

$h_p$  - висота робочої поверхні, м;

$[L/h]$  - числове значення коефіцієнта світильника;

$$N_p = \frac{7}{(3,2 - 0,8) \cdot 1,4} = 2, \text{ шт.}$$

2. Визначаємо максимально припустиму відстань між рядами світильника  $L_{\max}$  :

$$L_{\max} = \frac{B}{N_p}, \text{ м;} \quad (4.2)$$

де:  $B$  - ширина приміщення, м;

$N_p$  - кількість рядів світильників у приміщенні, шт;

$$L_{\max} = \frac{7}{2} = 3,5, \text{ м.}$$

3. Визначаємо значення індексу приміщення  $i$ , що характеризує співвідношення розмірів освітлювального приміщення і висоти розміщення світильників:

$$i = \frac{A \cdot B}{(H - h_p) \cdot (A + B)}; \quad (4.3)$$

де:  $A$  - довжина приміщення, м;

$B$  - ширина приміщення, м;

$H$  - висота приміщення, м;

$h_p$  - висота робочої поверхні, м;

$$i = \frac{15,5 \cdot 7}{(3,2 - 0,8) \cdot (15,5 + 7)} = 2,01.$$

4. Визначаємо значення коефіцієнта використання світлового потоку  $\eta$ , створюваного растровим світильником типу ЛВО. Вибирається з



урахуванням відбиття поверхонь приміщення та індексу приміщення і дорівнює  $\eta = 56\%$ .

5. Визначаємо сумарний світловий потік освітлювальної установки у даному приміщенні  $\Phi_{\Sigma}$ :

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_H \cdot A \cdot B \cdot k_3 \cdot z}{\eta}, \text{ лм}; \quad (4.4)$$

де:  $E_H$  - рівень нормованого загального освітлення, лк;

$A$  - довжина приміщення, м;

$B$  - ширина приміщення, м;

$k_3$  - коефіцієнт запасу (для кабінету  $k_3 = 1,4$ );

$z$  - коефіцієнт нерівномірності (мінімальної) освітленості (відношення середньої освітленості до мінімальної освітленості), як правило дорівнює (для люмінесцентних ламп  $z = 1,1$ );

$\eta$  - коефіцієнт використання світлового потоку;

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{300 \cdot 15,5 \cdot 7 \cdot 1,4 \cdot 1,1}{0,56} = 89512,5, \text{ лм.}$$

6. Визначаємо умовну загальну кількість світильників у приміщенні  $N_{cv}^*$ :

$$N_{cv}^* = \frac{A \cdot B}{L_{\max}^2}, \text{ шт}; \quad (4.5)$$

де:  $A$  - довжина приміщення, м;

$B$  - ширина приміщення, м;

$L_{\max}$  - максимально припустима відстань між рядами світильників, м;

$$N_{cv}^* = \frac{15,5 \cdot 7}{3,5^2} = 9, \text{ шт.}$$

7. Розраховуємо світловий потік умовного джерела світла  $\Phi_n^*$ :

$$\Phi_l^* = \frac{\Phi_\Sigma}{N_l^*}, \text{ лм}; \quad (4.6)$$

де:  $\Phi_\Sigma$  - сумарний світловий потік освітлювальної установки, лм;

$N_l^*$  - загальна кількість ламп у світильнику, яка розраховується за формулою:

$$N_l^* = N_{ce}^* \cdot n, \text{ шт}; \quad (4.7)$$

де:  $n$  - кількість ламп у світильнику, шт;

$$N_l^* = 9 \cdot 4 = 36, \text{ шт};$$

$$\Phi_l^* = \frac{89512,5}{36} = 2486,46, \text{ лм}.$$

8. Знаходимо коефіцієнт  $m$  - співвідношення між розрахунковим світловим потоком лампи  $\Phi_l^*$  та фактичним світловим потоком вибраної стандартної лампи  $\Phi_l$ :

$$m = \frac{\Phi_l^*}{\Phi_l}; \quad (4.8)$$

$$m = \frac{2486,46}{1050} = 2,37.$$

9. Визначаємо оптимальну (фактичну) кількість світильників у приміщенні  $N_{ce}$ :

$$N_{ce} = N_{ce}^* \cdot m, \text{ шт}; \quad (4.9)$$

де:  $N_{ce}^*$  - умовна загальна кількість світильників у приміщенні, шт;

$m$  - співвідношення між розрахунковим світловим потоком лампи та фактичним світловим потоком вибраної стандартної лампи;

$$N_{ce} = 9 \cdot 2,37 = 22, \text{ шт}.$$

10. Визначаємо фактичну кількість лампи у приміщенні  $N_n$ :

$$N_n = N_{ce} \cdot n, \text{ шт}; \quad (4.10)$$

де:  $N_{ce}$  - оптимальна (фактична) кількість світильників у приміщенні, шт;

$n$  - кількість ламп у світильнику, шт;

$$N_n = 22 \cdot 4 = 88, \text{ шт.}$$

11. Визначаємо загальну розрахункову освітленість  $E_p$  у приміщення, що створюється при застосування стандартних ламп:

$$E_p = \frac{\Phi_n \cdot N_n \cdot \eta}{A \cdot B \cdot k_3 \cdot z}, \text{ лк}; \quad (4.11)$$

де:  $\Phi_n$  - фактичний світловий потік вибраної стандартної лампи, лм;

$N_n$  - фактична кількість ламп у приміщенні, шт;

$\eta$  - коефіцієнт використання світлового потоку;

$A$  - довжина приміщення, м;

$B$  - ширина приміщення, м;

$k_3$  - коефіцієнт запасу;

$z$  - коефіцієнт нерівномірності (мінімальної) освітленості;

$$E_p = \frac{1050 \cdot 88 \cdot 0,56}{15,5 \cdot 7 \cdot 1,4 \cdot 1,1} = 309,68, \text{ лк.}$$

Виходячи з розрахунку загальне штучне освітлення в приміщенні офісу дорівнює 309,68 лк, що відповідає нормованому значенню освітлення і яке забезпечується за допомогою 22 растрових світильників типу ЛВО.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин»

та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою:

- використання більш сучасного обладнання;
- розташування принтерів та різноманітного устаткування колективного користування на значній відстані від більшості робочих місць працівників;
- переведення жорсткого диска в режим сну (Standby), якщо комп'ютер не працює протягом визначеного часу;
- використання блоків живлення ПК з вентиляторами на гумових підвісках;

Неправильне проектування або несправність систем опалення та вентиляції в приміщенні офісу може призвести до негативних впливів на здоров'я працівників у вигляді простудних захворювань, перегрівань, проблем із дихальними шляхами тощо.

Метеорологічні умови в приміщенні офісу – температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Роботи в офісному приміщенні, належать до категорії Іб - легка робота, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с;
- у теплий період року: температура 22-24°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень пристроями кондиціонування, вентиляції та дезодорації повітря, системами опалювання.

Оптимальні рівні позитивних (n+) і негативних (n-) іонів у повітрі приміщення з ВДТ відповідають вимогам ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» і становить:  $n+=1500-30000$  (шт. на  $1\text{см}^3$ );  $n- = 3000-5000$  (шт. на  $1\text{см}^3$ ). Підтримку оптимального рівня легких позитивних і негативних аероіонів у повітрі на робочих місцях забезпечуються за допомогою біполярних коронних аероіонізаторів. З метою усунення сухого повітря, в офісі встановлено ультразвуковий зволожувач повітря Boneco Air-O-Swiss U650, що має два режиму роботи: «холодний пар» та «теплий пар», має систему дезінфікування води шляхом нагріву до  $80^{\circ}\text{C}$ , змінні наповнювачі для картриджу, 8 годинний таймер, функція підтримки оптимального рівня вологості відносно температури. Також офісне приміщення декоровано кімнатними рослинами такими як фікус та діфінбахія, що допомогло покращити якість повітря та знизити рівень пилу у приміщенні.

#### 4.4. Заходи з пожежної безпеки

Горінням називається складний фізико-хімічний процес взаємодії горючої речовини та окислювача, який супроводжується виділенням тепла та випромінюванням світла.

Процес горіння призводить до пожежі.

Пожежа – неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі.

Комплекс протипожежних заходів для офісного приміщення обладнаного ПК з ВДТ розроблений згідно вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються при роботі у приміщенні обладнаному ПК з ВДТ:

- згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» у офісному приміщенні обладнаному ПК з ВДТ можлива пожежа класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В);
- відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», воно належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки – простір у приміщенні, у якому перебувають тверді горючі речовини та матеріали.

Оскільки офісне приміщення обладнане ПК з ВДТ належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки, тому відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості.

Обладнання, силові та освітленні мережі офісного приміщення обладнаного ПК з ВДТ відповідають вимогам пожежної безпеки, оскільки виконані відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок», та мають ступінь захисту ізоляції обладнання IP44 яка відповідає класу пожежанебезпечної зони П-Па до якої належить приміщення.

З технічних та організаційних заходів запобігання пожеж в офісному приміщенні обладнаному ПК з ВДТ передбачені наступні протипожежні заходи:

- згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», в офісному приміщенні обладнаному ПК з ВДТ встановлена система пожежної й охоронної сигналізації «Сигнал-ВКб». Яка забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика;
- оскільки офісне приміщення що обладнане ПК з ВДТ має площу 108,5 м<sup>2</sup>, тому відповідно до вимог п. 5 розділу VI «Вибір типу та необхідної

кількості вогнегасників», «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, передбачені вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 6 штук (з розрахунку один вогнегасник с величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг. і більше, на 20 м<sup>2</sup> площі приміщення). Додатково, на кожному поверсі будівлі, в якій розміщене приміщення обладнане ПК з ВДТ, передбачене два переносних порошкових вогнегасника – ВП-5. Відстань між вогнегасниками та місцями можливих загорянь не перевищує 10 м.

#### 4.5. Заходи по забезпеченню безпеки в надзвичайних ситуаціях

Заходи безпеки при проведенні рятувальних та інших невідкладних робіт.

Сутність рятувальних та інших невідкладних робіт – це усунення безпосередньої загрози життю та здоров'ю людей, відновлення життєзабезпечення населення, запобігання або значне зменшення матеріальних збитків. Рятувальні та інші невідкладні роботи включають також усунення пошкоджень, які заважають проведенню рятувальних робіт, створення умов для наступного проведення відновлювальних робіт. РІНР поділяють на рятувальні роботи і невідкладні роботи.

До рятувальних робіт відносяться:

- розвідка маршруту руху сил, визначення обсягу та ступеня руйнувань, розмірів зон зараження, швидкості і напрямку розповсюдження зараженої хмари чи пожежі;
- локалізація та гасіння пожеж на маршруті руху сил та ділянках

робіт;

- визначення об'єктів і населених пунктів, яким безпосередньо загрожує небезпека;
- визначення потрібного угруповання сил і засобів запобігання і локалізації небезпеки;
- пошук уражених та звільнення їх з-під завалів, пошкоджених та палаючих будинків, із загазованих та задимлених приміщень;
- розкриття завалених захисних споруд та рятування з них людей;
- надання потерпілим першої допомоги та евакуація їх (при необхідності) у лікувальні заклади;
- вивіз або вивід населення із небезпечних місць у безпечні райони;
- організація комендантської служби, охорона матеріальних цінностей і громадського порядку;
- відновлення життєздатності населених пунктів і об'єктів;
- пошук, розпізнавання і поховання загиблих; - санітарна обробка уражених;
- знезараження одягу, взуття, засобів індивідуального захисту, територій, споруд, а також техніки;
- соціально-психологічна реабілітація населення.

До невідкладних робіт відносяться:

- прокладання колонних шляхів та улаштування проїздів (проходів) у завалах та на зараженій території;
- локалізація аварій на водопровідних, енергетичних, газових і технологічних мережах;
- ремонт та тимчасове відновлення роботи комунально-енергетичних систем і мереж зв'язку для забезпечення рятувальних робіт;
- зміцнення або руйнування конструкцій, які загрожують обвалом і безпечному веденню робіт.

Рятувальні та інші невідкладні роботи здійснюються у три етапи.

На першому етапі вирішуються завдання:



- щодо екстреного захисту населення; - з запобігання-розвитку чи зменшення впливу наслідків;
- з підготовки до виконання РІНР. Основними заходами щодо екстреного захисту населення є:
- оповіщення про небезпеку; використання засобів захисту;
- додержання режимів поведінки;
- евакуація з небезпечних у безпечні райони;
- здійснення санітарно-гігієнічної, протиепідемічної профілактики і надання медичної допомоги;
- локалізація аварій;
- зупинка чи зміна технологічного процесу виробництва;
- попередження (запобігання) і гасіння пожеж.

На другому етапі проводяться:

- пошук потерпілих;
- витягання потерпілих з-під завалів, з палаючих будинків, пошкоджених транспортних засобів;
- евакуація людей із зони лиха, аварії, осередку ураження;
- надання медичної допомоги;
- санітарна обробка людей;
- знезараження одягу, майна, техніки, території;
- проведення інших невідкладних робіт, що сприяють і забезпечують здійснення рятувальних робіт.

На третьому етапі вирішуються завдання щодо забезпечення життєдіяльності населення у районах, які потерпіли від наслідків НС:

- відновлення чи будівництво житла;
- відновлення енерго-, тепло-, водо-, газопостачання, ліній зв'язку;
- організація медичного обслуговування;
- забезпечення продовольством і предметами першої необхідності;
- знезараження харчів, води, фуражу, техніки, майна, території;
- соціально-психологічна реабілітація;

- відшкодування збитків;
- знезараження майна, території, техніки.

Відновлювальні роботи здійснюють спеціально створені підрозділи (бригади). Залежно від рівня надзвичайної ситуації (загальнодержавного, регіонального, місцевого чи об'єктового) для проведення РІНР залучаються сили і засоби ЦО центрального, регіонального або об'єктового підпорядкування.

При аваріях на радіаційно-небезпечних об'єктах. При радіаційних аваріях викинуті із реактора радіонукліди піднімаються в атмосферу і переносяться у вигляді аерозолів на значну відстань. Потім вони випадають разом з пилом і дощем на місцевість, утворюючи обширні зони радіоактивного забруднення, які є небезпечними для людей і навколишнього середовища. Ступінь радіаційної небезпеки для населення визначається кількістю і складом радіонуклідів, викинутих у зовнішнє середовище, відстанню від місця аварії до населеного пункту, метеоумов і пори року в час аварії.

Організація і проведення РІНР при аварії на АЕС полягає у виконанні заходів, до яких відносяться:

- оповіщення населення про, аварію і постійне його інформування про наявну обстановку та порядок дій в даних умовах;
- використання засобів колективного і індивідуального захисту;
- організація дозиметричного контролю;
- проведення йодної профілактики населення, що опинилося в зоні радіоактивного зараження;
- введення обмеженого перебування населення на відкритій місцевості (режими радіаційного захисту);
- здійснення евакуації населення (за розпорядженням Уряду) та інші заходи.

Після евакуації населення приступають до дезактивації території і техніки. При аварії на ХНО з викидом (виливом) сильнодіючих отруйних речовин (СДОР).

При виникненні осередку хімічного ураження негайно оповіщаються робітники, службовці та населення, які опинилися в зоні зараження і в районах, яким загрожує небезпека зараження. Висилається радіаційна, хімічна і медична розвідка для уточнення місця, часу, типу і концентрації СДОР, визначення межі осередку ураження (зони зараження) та напрямку розповсюдження зараженого повітря. Готуються формування для проведення рятувальних робіт. На підставі даних, отриманих від розвідки та інших джерел, начальник ЦО об'єкта приймає рішення, особисто організовує проведення рятувальних робіт і заходів щодо ліквідації хімічного зараження.

Для ліквідації наслідків хімічного зараження та проведення рятувальних-робіт у першу чергу залучаються санітарні дружини, зведені загони (команди, групи) команди (групи) знезараження, формування механізації. Спочатку в осередок вводяться санітарні дружини, формування радіаційного і хімічного захисту, охорони громадського порядку та ін.

Особовий склад формувань забезпечується засобами індивідуального захисту, антидотами, індивідуальними протихімічними пакетами та підготовляються до порядку дій в осередку ураження.

В осередку хімічного ураження, перш за все, надається допомога потерпілим (ураженим), проводиться відбір за складністю поранення та організовується евакуація в медичні установи. Осередок ураження оточується – здійснюється знезараження місцевості, транспорту, споруд, а також санітарна обробка особового складу формувань і населення. В першу чергу, надягаються протигази на уражених, їм надається перша медична допомога, вводяться антидоти.

Формування знезаражування дегазують проїзди та переходи, територію, споруди, техніку, чим забезпечують дії інших формувань, а також виведення населення із осередку хімічного ураження.

Необхідно завжди пам'ятати, що при проведенні рятувальних робіт в осередку хімічного ураження можливий застій зараження повітря в підземних спорудах, приміщеннях, парках, закритих дворах, а також розповсюдження його по трубопроводах та тунелях. Тому після завершення рятувальних робіт або заміни формувань направляються на пункти спеціальної обробки. Пункти спеціальної обробки розгортаються на незараженій території (місцевості) та поблизу маршрутів виходу формувань і населення.

В осередку бактеріологічного (біологічного) ураження роботи здійснюються за рішенням старшого начальника ЦО. Роботами щодо ліквідації бактеріологічного осередку керує начальник ЦО об'єкта, а організацією та проведенням медичних заходів – начальник медичної служби.

В осередку бактеріологічного (біологічного) ураження організуються та проводяться:

- бактеріологічна розвідка та індикація бактеріальних засобів;
- карантинний режим або обсервація у відповідності з рішенням старшого начальника;
- санітарна експертиза;
- контроль зараження продовольства, харчової сировини, води та фуражу, їх знезараження;
- протиепідемічні; санітарно-гігієнічні, спеціальні профілактичні, лікувально-евакуаційні, протиепізоотичні, ветеринарно-санітарні заходи, а також санітарно-роз'яснювальна робота.

При організації робіт щодо ліквідації осередку бактеріологічного (біологічного) ураження враховуються:

- здатність бактеріальних засобів спричиняти інфекційні захворювання серед людей і тварин;
- здатність деяких мікробів і токсинів тривалий час зберігатися у зовнішньому середовищі;

- наявність та тривалість інкубаційного періоду виявлення хвороби;
- складність лабораторного виявлення застосованого збудника та тривалість визначення його виду;
- небезпечність зараження особового складу формувань та необхідність застосування засобів індивідуального захисту.

У випадку виявлення ознак застосування бактеріальних засобів у район негайно висилається бактеріологічна розвідка. На підставі отриманих даних, встановлюється зона карантину або зона обсервації, намічається обсяг та послідовність проведення заходів, а також порядок використання сил та засобів для ліквідації осередку бактеріологічного (біологічного) ураження. Карантинний режим установлюють з метою недопущення розповсюдження інфекційних захворювань за межі осередку. Ізоляційно-обмежуючі міри при обсервації менш суворі, чим при карантині.

У всіх випадках в осередку бактеріологічного (біологічного) ураження одного із першочергових заходів проведення профілактичного лікування населення від особливо небезпечних інфекційних хвороб. Для цього застосовуються антибіотики широкого спектру дії та інші препарати, що забезпечують профілактичний і лікувальний ефект, а також препарати, що є в індивідуальній аптечці АІ-2.

Після того, як буде визначено вид збудника, проводиться екстрена профілактика – застосування специфічних для даного захворювання препаратів: антибіотиків, сировоток та ін., своєчасне застосування яких зменшить кількість жертв і буде сприяти прискореній ліквідації осередку ураження.

Для проведення заходів з ліквідації осередку бактеріологічного ураження залучаються у першу чергу, сили і засоби, які опинилися на території осередку, в тому числі санітарно-епідемічні станції (СЕС), ветеринарні станції, пересувні протиепідемічні загони, спеціалізовані протиепідемічні бригади, лікарні, поліклініки та інші медичні і ветеринарні установи та формування.

Якщо цих сил і засобів недостатньо, то залучаються сили і засоби медичної та інших служб ЦО, які знаходяться за межами осередку. Перед введенням в осередок ураження проводяться заходи щодо забезпечення захисту особового складу формувань від інфекційних захворювань. Формування загального призначення залучаються для виявлення хворих та підозрілих на захворювання та їх ізоляцію, проведення знезараження території, будівель і споруд, санітарної обробки людей, дезінфікації одягу. В зоні карантину здійснюється суворий контроль за дотриманням населенням встановленого режиму поведінки, виконують інші заходи.

Інфекційних хворих госпіталізують і лікують в інфекційних лікарнях в осередку ураження, або розгортають тимчасові інфекційні стаціонари. Якщо необхідно, то хворих з особливо небезпечними інфекціями евакуюють спеціальними групами.

Осередок бактеріологічного (біологічного) ураження вважається ліквідованим після того, як з моменту виявлення останнього хворого пройде час, що дорівнює максимальному терміну інкубаційного періоду для даного захворювання.

Таким чином, у розділі розглянуто аналіз потенційних небезпек, що можуть вплинути на здоров'я працівників економіко-гуманітарної сфери під час виконання робочих обов'язків в адміністративному приміщенні. Заходи по забезпеченню безпеки, заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці, заходи з пожежної безпеки (в приміщенні офісу класом пожежі А (Е), категорією приміщення Д передбачені вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5, також встановлена система пожежної й охоронної сигналізації «Сигнал-ВК6», яка забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика) та заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях, а при проведенні рятувальних та інших невідкладних робіт.

Отже, було розглянуто основні потенційні небезпеки на підприємстві, які можуть трапитися з людиною під час виконання роботи в офісному приміщенні.

В ході виконання було запропоновано заходи щодо забезпечення безпеки людини на робочому місці, на території підприємства, по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни, з пожежної безпеки, а також у надзвичайних ситуаціях. Дуже важливими є фактори ризику виникнення порушення психологічного стану у офісних робітників, тож необхідно урізноманітнювати робочий процес та впроваджувати інші соціально психологічні заходи, це також сприяє запобіганню виникнення хронічної перевтоми.

Також проведені розрахунки щодо норм освітлення в офісному приміщенні. Дотримання основних правил безпеки, а також рекомендацій, які представлені в даному розділі, удосконалення робочого процесу з боку соціальних та психологічних робіт, зменшують ризик отримання травм та ушкоджень під час роботи.

## ВИСНОВКИ

У дипломній роботі було зроблено наступне:

- здійснено моделювання впливу статистичної невизначеності на оптимальний розв'язок задачі про завантаження літака;
- отримано результати розв'язку статистичної задачі та проведено аналіз отриманих результатів;
- розглянуто альтернативні критерії оптимальності для задачі;
- розроблено експертну систему для розв'язку задачі про завантаження літака.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. **Mathews, G. B.** On the partition of numbers [Текст] / G. B. Mathews // Proceedings of the London Mathematical Society. – 1897. – V. s1-28. – I. 1. – P. 486–490.
2. **Kellerer, H.** Knapsack Problems [Текст] / H. Kellerer, U. Pferschy, D. Pisinger. – Berlin : Springer Science+Business Media, 2004. – P. 548.
3. **Dantzig, G.B.** Discrete-variable extremum problems [Текст] / G. B. Dantzig // Operations Research. – 1957. – Vol. 5. – No. 2. – P. 266–277.
4. **Silvano, M.** Knapsack problems [Текст] / M. Silvano, P. Toth. – Great Britain : Wiley, 1990. – P. 306.
5. **Karp, P.** Reducibility Among Combinatorial Problems [Текст] / P. Karp ; ed.: R. E. Miller and J. W. Thatcher // Complexity of Computer Computations. – New York : Plenum, 1973. – P. 85–103.
6. **Riedhammer, K.** Packing the Meeting Summarization Knapsack [Текст] / K. Riedhammer, D. Gillick , B. Favre, D. Hakkani-Tür // INTERSPEECH 2008, 9th Annual Conference of the International Speech Communication Association, Brisbane, Australia, September 22–26, 2008. – P. 2436.
7. **Diffie, W.** New Directions in Cryptography [Текст] / W. Diffie, M. E. Hellman // IEEE Transactions on Information Theory. – 1976. – V. IT-22. – No 6. – P. 644–654.
8. **Silvano, M.** Knapsack problems: algorithms and computer implementations [Текст] / M. Silvano, P. Toth. – New York: John Wiley & Sons, 1990. – P. 306.
9. **Silvano, M.** Knapsack problems: algorithms and computer implementations [Текст] / M. Silvano, P. Toth // New York: John Wiley & Sons. – 1990. – P. 306.

10. **Бурков, В. Н.** Прикладные задачи теории графов [Текст] / В. Н. Бурков, И. А. Горгидзе, С. Е. Ловецкий. – Тбилиси: Мецниереба, 1974. – 231 с..
11. **Lisser, A.** Stochastic quadratic knapsack problem with recourse [Текст] / A. Lisser, R. Lopez // Electronic Notes in Discrete Mathematics. – 2010. – Vol. 36. – P. 97–104.
12. **Monaci, M.** Exact solution of the robust knapsack problem [Текст] / M. Monaci, U. Pferschy, P. Serafini // Computers & Operations research. – 2013. – Vol. 40. –P. 2625–2631.
13. Експертні системи [Електронний ресурс].– Режим доступу: [https://pidruchniki.com/74259/informatika/ekspertni\\_sistemi](https://pidruchniki.com/74259/informatika/ekspertni_sistemi)
14. **Омельчук, А. В.** Задача про завантаження літака з вхідними параметрами, розподіленими за нормальним законом [Текст] : диплом. работа бакалавра / А. В. Омельчук. – Національний університет «Запорізька політехніка», 2019. – 45 с.
15. **Алексеев, Е. Р.** Scilab: Рішення інженерних і математичних задач [Текст] / Е.Р.Алексеев, О.В.Чеснокова, Е.А.Рудченко. – М. : ALT Linux, БИНОМ. Лабораторія знань, 2008. – 260 с.
16. **Зайченко, Ю. П.** Дослідження операцій [Текст] : навчальний посібник для студентів вузів / Ю. П. Зайченко. – 2-ге вид. перераб. і доп. – Київ : Вища школа, головне видавництво, 1979. – 392 с.
17. **Кремер, Н. Ш.** Дослідження операцій в економіці [Текст] : навчальний посібник для вузів / Н. Ш. Кремер, Б. А. Путко, І. М. Трішін, М. Н. Фрідман; під ред. проф. Н.Ш.Кремера. – М. : Банки і біржі, ЮНИТИ, 1997. – 407 с.
18. **Таха, Х. А.** Введення в дослідження операцій [Текст] / Х. А. Таха. – 7-ме видання.: пер. з англ. – М. : Видавничий будинок «Вільямс», 2005. – 912 с.

19. **Лежньов, А. В.** Динамічне програмування в економічних задачах [Текст] : навчальний посібник / А. В. Лежньов. – М. : БИНОМ. Лабораторія знань, 2006. – 176 с.
20. **Акуліч, І. Л.** Математичне програмування в прикладах та задачах [Текст] : навчальний посібник для студентів економ. спец. вузів / І. Л. Акуліч. – М.: Вища школа, 1986. – 319 с.
21. **Беллман, Р.** Динамічне програмування [Текст] / Р. Беллман. – М. : ИЛ, 1960. – 400 с.
22. **Вентцель, Є. С.** Елементи динамічного програмування [Текст] / Є. С. Вентцель. – М. : Наука, 1964. – 175 с.
23. **Каліхман І. Л.** Динамічне програмування в прикладах і задачах [Текст] : навчальний посібник / І. Л. Каліхман, М. А Войтенко. – М. : Вища школа, 1979. – 125 с.

## ДОДАТОК А

Програмна реалізація для розв'язання стохастичної задачі у програмному середовищі SciLab

```

clc , clear , lines (0) , mode(0)
c=[ 38.504 24.383 11.617 ]
a = [ 3 2 1 ]
b = 5, y1 = b;
n = length (a );
s9 = y1 + 1; // s9 – Кол. состояний
u9 = 1 + floor ( b / min(a )); // u9 = 1 + floor (max(b ./ a));
x_min = zeros (1 , n); // [0 0 0 ]
x = x_min;
x_max = floor (b./a ); // [2 1 5 ]
f_opt =-%inf;
j = n;
while %t
    if x(j ) <= x_max(j )
        if a * x' <=b // если предметы войдут в самолет
            f = c * x';
            if f_opt < f
                disp ( 'f_opt < f <<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<')
                f_opt = f
                x_opt = x
                // disp ( ' ')
            elseif f == f_opt
                disp ('f_opt == f =====')
                f_opt

```

```
        x_opt = [x_opt ; x]
    end
end
j = n;
else // x(j) > x_max(j)
    x(j) = x_min(j);
    j=j-1;
    if j<=1e-5
        break
    end
end
end
// if
x(j) = x(j) + 1;
end
// while %t
write (6,'_=====')
write (6,'_ ОТВЕТ')
write (6,'_=====')
x_opt , f_opt
```