

Форма № 24

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інформатики та радіоелектроніки, комп'ютерних наук і технологій  
(повне найменування інституту, факультету)

Системного аналізу та обчислювальної математики

(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

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

Виконав: студент 2 - курсу, групи КНТ – 819м

Спеціальності 124 Системний аналіз  
(код і найменування спеціальності)

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

Бут Д.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Подковаліхіна О.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Дубровін В.І.

(прізвище та ініціали)

Інститут, факультет Інформатики та радіоелектроніки, комп'ютерних наук і технологій

Кафедра Системного аналізу та обчислювальної математики

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 124 Системний аналіз

(код і найменування)

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

(назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

проф. Г.В. Корніч

« \_\_\_\_\_ »

20 \_\_\_\_\_ року

## ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Бута Данила Руслановича

(прізвище, ім'я, по батькові)

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

керівник проекту (роботи) Подковаліхіна Олена Олександрівна, к.ф.-м.н., доц.,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 30 » листопада 2020 року № 363

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 14.12.2020

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які належить розробити) У першому розділі було проведено аналіз останніх публікацій та досліджень за темою роботи. У другому розділі наведено постановку задачі про надійність в умовах статистичної невизначеності. Описано програмну реалізацію для знаходження оптимальних розв'язків задачі з вхідними параметрами, розподіленими за рівномірним законом для 10%, 20% та 30% відхилення методом перебору даних в пакеті MATLAB. Здобуто оптимальні плани задачі для 9000 запусків. Розроблено різні варіанти критеріїв оптимальності. Проведено аналіз оптимальних планів розглянутого прикладу задачі для семи критеріїв оптимальності, на підставі котрого для кожного з варіантів відхилень обрано один план для реалізації, такий щоб надійність приладу була максимальною. В третьому розділі описано техніко-економічне обґрунтування дипломного проекту. В

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням об'єкта)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	Подковаліхіна О. О., к.ф.- м.н., доц		
2	Подковаліхіна О. О., к.ф.- м.н., доц		
3	Левченко Н.М., д-р. – держ.упр., проф.		
4	Коробков О.В., ст. викл		
Нормоконтроль	Широкорад Д.В., к.ф.-м.н., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання « 03 » вересня 2020 року.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	Сформулювати мету та основні завдання дипломної роботи	03.09.2020-18.09.2020	
	Опрацювати літературу та наукові розробки за темою роботи	18.09.2020-09.10.2020	
	Розробка програм для розв'язання задач	09.10.2020-23.10.2020	
	Розрахунки та аналіз результатів	23.10.2020-20.11.2020	
	Підсумки та висновки щодо дипломної роботи. Оформлення пояснювальної записки	20.11.2020-04.12.2020	
	Попередній захист дипломного проекту та отримання рецензій	04.12.2020-13.12.2020	
	Захист дипломного проекту	14.12.2020	

Студент(ка)

(підпис)

Бут Д.Р

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Подковаліхіна О.О

(прізвище та ініціали)

Нормо-контролер

(підпис)

Широкорад Д.В.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 52 сторінки, 11 таблиць, 1 додаток, 9 джерел, 10 рисунків.

Об'єкт дослідження – моделі динамічного програмування.

Предмет дослідження – задача про надійність електронного пристрою в умовах статистичної невизначеності.

Мета роботи – аналіз оптимального розв'язку задачі про надійність електронного пристрою з рівномірними вхідними параметрами для різних критеріїв оптимальності.

Метод дослідження – метод перебору.

Розглянуто задачу про надійність в умовах статистичної невизначеності. Описано програмну реалізацію для знаходження оптимальних розв'язків задачі з вхідними параметрами розподіленими за рівномірним законом для 10%, 20% та 30% відхиленням методом перебору даних в пакеті MATLAB. Проведено аналіз оптимальних планів розглянутого прикладу задачі для семи критеріїв оптимальності, на підставі котрого для кожного з варіантів відхилень обрано один план для реалізації, такий щоб надійність приладу була максимальною.

МОДЕЛІ ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ, ЗАДАЧА ПРО НАДІЙНІСТЬ, МЕТОД ПЕРЕБОРУ, СТАТИСТИЧНА НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ, БЕЗПЕРЕРВНИЙ РІВНОМІРНИЙ РОЗПОДІЛ, КРИТЕРІЙ ОПТИМІЗАЦІЇ, MATLAB.

## SUMMERY

The object of research - models of dynamic programming.

The subject of research - is the problem of the reliability of an electronic device in conditions of statistical uncertainty.

The purpose of the work is to analyze the optimal solution of the problem of reliability of an electronic device with uniform input parameters for different optimality criteria.

The research method - is a method of complete search.

The problem of reliability in conditions of statistical uncertainty is considered. Describes a software implementation for finding optimal solutions of the problem with input parameters distributed according to the uniform law for 10%, 20% and 30% deviation by the method of data search in the MATLAB package. The analysis of optimal plans of the considered example of the problem for seven criteria of optimality is carried out, on the basis of which for each of variants of deviations one plan for realization is chosen so that reliability of the device was the maximum.

## ЗМІСТ

Завдання.....	2
Реферат.....	5
Summary.....	7
Вступ.....	9
1 Аналіз предметної області .....	10
2 Задача про надійність електронного пристрою .....	15
2.1 Постановка задачі.....	15
2.2 Програмна реалізація задачі про надійність з рівномірними вхідними параметрами .....	16
2.3 Результати розрахунків задачі про надійність.....	17
2.4 Критерії оптимальності та аналіз результатів .....	22
3 Техніко-економічне обґрунтування .....	26
4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях .....	37
Висновки.....	51
Перелік посилань .....	52
Додаток А. Код програми.....	53

## ВСТУП

Надійність – це комплексна властивість виробів, що характеризується безвідмовною роботою, довговічністю, ремонтпридатністю. Вихід з ладу, відмова хоча б одного елемента призводить до відмови всього виробу або погіршення якості роботи. Різні елементи пристрою – лампи, транзистори, мікросхеми, трансформатори, електродвигуни, механізми, тощо – мають неоднакову надійність.

Проблеми безвідмовної (надійної) роботи виробів мають величезне значення, так як впливають на економічні показники і, що не менш важливо, впливають на соціальні та науково-технічні фактори; висока надійність виробів стимулює прискорення науково-технічного прогресу, низький рівень надійності гальмує технічний розвиток.

В реальному житті значення не завжди задані чіткою величиною, а можуть варіюватися від багатьох умов. Таким чином задане значення надійності може змінюватися, наприклад, від призначення приладу, умов його експлуатації, тощо.

## 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

Задача про завантаження – це одна з NP-повних задач комбінаторної оптимізації. Задача про завантаження та її модифікації часто виникають в економіці, прикладній математиці, криптографії, генетиці та логістиці для знаходження оптимального завантаження транспорту (літака, поїзда, трюму корабля) або складу. Мета цієї задачі полягає в розташуванні якомога більшого числа цінних речей, за умови, що загальний обсяг (або вага) всіх предметів, здатних поміститися в завантажуваний об'єкт, обмежений. Існує дуже багато модифікацій задачі про завантаження, такі як: задача про рюкзак, задача про завантаження літака, корабля, поїзда, задача про надійність та інші.

Задача про надійність є дуже актуальна у наш час, коли конструюється та виготовляється безліч електронних пристроїв, тому розв'язання цієї задачі безпосередньо впливає на надійність та довговічність сучасних машин та механізмів. Слід зауважити те, що ця задача є окремим випадком задачі про рюкзак. Головна відмінність полягає в тому, що у цій задачі цільова функція є мультиплікативною, а не адитивною. Тобто розв'язок задачі про надійність складається з добутку усіх оптимальних рішень, у той час як розв'язок задачі про рюкзак складається з суми оптимальних розв'язків на окремих кроках.

Багато авторів в своїх роботах розглядали задачу про рюкзак та різні модифікації цієї задачі.

У роботі [1, 2] Р. Беллманом була розглянута задача про завантаження корабля, у якій потрібно завантажити корабель вантажем, що складається з окремих предметів різних типів. Ці предмети мають різну вагу та різну вартість, тому виникає задача – як завантажити корабель з обмеженою вантажопідйомністю вантажем найбільшої цінності.

Також Р. Беллманом була розглянута задача про надійність на основі дублювання компонент. Прилад, який необхідно побудувати, складається з деякого числа послідовних ступенів. Надійність приладу буде визначатись як

ймовірність його безвідмовної роботи. Приймаючи до уваги послідовне положення, повну ймовірність можна взяти як добуток ймовірностей безвідмовної роботи окремих ступенів. Якщо надійність недостатня, то можна розмістити в кожній ступені паралельно компоненти-дублери. Надійність будь-якої окремої ступені залежатиме від числа паралельно діючих компонент. Основною метою розв'язання цієї задачі є максимізація загальної надійності.

В роботі [3] автором Таха Х.А. було розглянуто задачу про завантаження. Це задача про раціональне завантаження корабля (літака, автомобіля і т.і.), що має обмеження за об'ємом чи вантажопідйомністю. Кожен розміщений на корабель вантаж приносить певний дохід. Необхідно визначити як завантажити корабель таким вантажем, що приносить найбільший сумарний дохід.

Також задачу про завантаження машини було розглянуто в роботі [4]. О.С. Вентцель. Є визначений набір предметів, відомі їх вага та вартість, також відома вантажопідйомність машини. Потрібно визначити які предмети необхідно взяти в машину для того, щоб їх сумарна вартість була максимальною.

Автори Пападимитриу Х. та Стайглиц К. в своїй роботі [5] розглянули задачу про рюкзак: необхідно заповнити рюкзак певної місткості предметами, що мають найбільшу важливу користь. Авторами доведена теорема, що задача про цілочисельний рюкзак є NP-повною.

В статті [6] було розглянуто в загальному вигляді задачу про рюкзак. Перед походом в рюкзак, що має обмежену місткість з набору предметів, що характеризується вагою та цінністю, необхідно покласти ті предмети, що максимізують сумарну цінність вантажу та поміщаються за вагою в рюкзак.

У літературі можна зустріти обґрунтування і аналіз багатьох методів розв'язання задачі про рюкзак та її модифікації, серед розповсюджених є метод перебору, метод динамічного програмування, точний метод гілок і кордонів, метод мурашиних колоній, а також евристичний метод.

Одним з найбільш розповсюджених для розв'язання цієї задачі є метод динамічного програмування. Він був розроблений Р. Беллманом [1, 2]. Термін “динамічне програмування” був запроваджений ним в 40-х роках для характеристики процесу розв'язування проблем, при якому потрібно знаходити найкращі рішення, одне за одним. Пізніше, в 1953 році, він уточнив його в сучасному розумінні, називаючи так задачі, безпосередньо пов'язані з розв'язуванням вкладених підзадач для пошуку розв'язку всієї задачі

Також метод динамічного програмування використовували в своїх роботах Таха Х.А.[3], О.С. Вентцель[4] та інші. Динамічне програмування (ДП) визначає оптимальне розв'язок  $n$ -мірної задачі шляхом її декомпозиції на етапів, кожен з яких представляє підзадачу щодо однієї змінної. Обчислювальна перевага такого підходу полягає в тому, що потрібно розв'язувати одновимірні оптимізаційні задачі замість великої  $n$ -мірної задачі. Фундаментальним принципом ДП, що становить основу декомпозиції задачі на етапи, є оптимальність. Так як природа кожного етапу розв'язку залежить від конкретної оптимізаційної задачі, ДП не пропонує обчислювальних алгоритмів безпосередньо для кожного етапу. Обчислювальні аспекти розв'язання оптимізаційних задач на кожному етапі проектуються і реалізуються окремо (що, звичайно, не виключає застосування єдиного алгоритму для всіх етапів)

Динамічне програмування (інакше «динамічне планування») є особливим методом оптимізації розв'язків, спеціально пристосованим до «багатокрокових» (або «багатоетапних») операцій. Розглянемо деяку операцію  $O$ , що розпадається на ряд послідовних «кроків» або «етапів», – наприклад, діяльність галузі промисловості протягом ряду господарських років; або ж подолання групою літаків декількох смуг протиповітряної оборони; або ж послідовність тестів, що застосовуються при контролі апаратури. Деякі операції (подібно вищенаведеним) дробляться на кроки природно; в деяких членування доводиться вводити штучно – скажімо, процес наведення ракети на ціль можна умовно розбити на етапи, кожен з яких займає якийсь час  $\Delta t$

У роботі [7] запропоновано ще один метод розв'язання задачі про рюкзак, а саме за допомогою алгоритмів мурашиних колоній. Це нові перспективні методи оптимізації, що базуються на моделюванні поведінки колонії мурах. Колонія мурах може розглядатися як багатоагентна система, в якій кожен агент (мураха) функціонує за дуже простими правилами. На противагу майже примітивній поведінці агентів, поведінка всієї системи виходить напрочуд розумною.

У статті [8] розглядаються чотири найбільш популярних алгоритми рішення задачі про рюкзак: повний перебір, жадібний та генетичний алгоритми, а також метод гілок та кордонів (як скорочення метода повного перебору). Усі методи розділені на дві групи. Першу групу утворюють точні методи, до яких відносяться повний перебір та метод гілок і меж. Друга група - наближені методи, вона представлена жадібним і генетичним алгоритмом. Метою даної роботи є вивчення різних варіантів постановки задачі про рюкзак, реалізація основних методів розв'язку цих задач, класифікація і порівняння цих методів. Порівнюючи ці методи можна зробити висновок, що при виборі алгоритму розв'язку доводиться вибирати між точними алгоритмами, які не застосовні для рюкзаків великої розмірності, і наближеними, які працюють швидко, але не забезпечують оптимального рішення задачі. Вибір використання того чи іншого методу є спірним питанням. Все залежить від постановки задачі, а також від того, які цілі поставлені. Якщо потрібно знайти точне розв'язання, то необхідно використовувати точні методи. У ситуації невеликого набору вхідних даних (до 10-20 предметів), краще застосовувати методи перебору або гілок і меж, в силу простоти реалізації. Якщо ж точність рішення не грає великої ролі, або вхідні дані такі, що жоден з точних методів не працездатний, то для розв'язку задачі можна використовувати лише наближені алгоритми.

При моделюванні фізичних (обробка сигналів), хімічних (моделювання хімічних реакцій), економічних (календарне планування, розподіл інвестицій), біологічних (ідентифікація генів) процесів, в сільському господарстві (планування сівозміни), в екології (рішення задачі збереження запасів лісу), а

також при вирішенні інженерних задач часто доводиться розв'язувати різні задачі динамічного програмування. Оптимізаційні задачі в стохастичній постановці припускають облік випадкового характеру процесів, що протікають в модельованих системах. Застосування того чи іншого методу оптимізації для розв'язання задачі в стохастичній постановці обумовлено специфікою прикладної задачі. У роботі [9] розглянуто принципову можливість обліку випадкового характеру модельованих процесів в рамках динамічного програмування в дискретному часі. В якості критерію оптимізації використовується математичне очікування. Було розглянуто розв'язання стохастичної задачі розподілу ресурсів на основі методу динамічного програмування використовується байесовський підхід.

## 2 ЗАДАЧА ПРО НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ

### 2.1 Постановка задачі

Розглянемо таку задачу про надійність електронного пристрою. Конструюється електронний прилад, що складається з  $j$  основних компонентів. Всі компоненти з'єднані послідовно, тому вихід з ладу однієї з них призводить до відмови всього приладу. Надійність приладу можна підвищити шляхом дублювання кожної компоненти. Кожна компонента може складатися з  $x_i$  блоків. Загальна вартість приладу не повинна перевищувати  $y$  грошових одиниць. Кожна компонента  $j$ , що складається з  $x_i$  блоків, характеризується вартістю  $C_{ij}$  та надійністю  $R_{ij}$ . Потрібно визначити кількість блоків  $x_j$  в компоненті  $j$ , щоб надійність приладу була максимальною, а ціна не перевищувала заданої величини [3].

Як приклад розглянемо задачу про надійність з наступними вхідними даними:  $y = 10, n = 3, m = 3$ ,  $C_{ij}$  наведені в таблиці 2.1;  $R_{ij}$  підпорядковуються закону безперервного розподілу з 10%, 20% та 30% відхиленнями від значень, наведених в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – вхідні дані

$x_i$	$j = 1$		$j = 2$		$j = 3$	
	$C_1$	$R_1$	$C_2$	$R_2$	$C_3$	$R_3$
1	1	0.6	3	0.7	2	0.5
2	2	0.8	5	0.8	4	0.7
3	3	0.9	6	0.9	5	0.9

## 2.2 Програмна реалізація задачі про надійність з рівномірними вхідними параметрами

На практиці надійність компонентів приладу 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.

Будемо розв'язувати задачу методом перебору за допомогою програмного середовища MATLAB. Значення параметрів  $R_{ij}$  будемо задавати за допомогою функції `unifrnd(A,B)` пакету `StatisticsToolbox`.

Функція `unifrnd(A,B)` призначена для генерації псевдовипадкового числа, що підпорядковуються неперервному рівномірному розподілу на відрізьку  $[A,B]$ .

- Матриця R для 10% відхилення матиме такий вид:

$$R = [ \text{unifrnd}(0.9*0.6, 1.1*0.6) \text{unifrnd}(0.9*0.7, 1.1*0.7) \text{unifrnd}(0.9*0.5, 1.1*0.5) \\ \text{unifrnd}(0.9*0.8, 1.1*0.8) \text{unifrnd}(0.9*0.8, 1.1*0.8) \text{unifrnd}(0.9*0.7, 1.1*0.7) \\ \text{unifrnd}(0.9*0.9, 1.1*0.9) \text{unifrnd}(0.9*0.9, 1.1*0.9) \text{unifrnd}(0.9*0.9, 1.1*0.9) ] ;$$

- Матриця R для 20% відхилення матиме такий вид:

$$R = [ \text{unifrnd}(0.8*0.6, 1.2*0.6) \text{unifrnd}(0.8*0.7, 1.2*0.7) \text{unifrnd}(0.8*0.5, 1.2*0.5) \\ \text{unifrnd}(0.8*0.8, 1.2*0.8) \text{unifrnd}(0.8*0.8, 1.2*0.8) \text{unifrnd}(0.8*0.7, 1.2*0.7) \\ \text{unifrnd}(0.8*0.9, 1.2*0.9) \text{unifrnd}(0.8*0.9, 1.2*0.9) \text{unifrnd}(0.8*0.9, 1.2*0.9) ] ;$$

- Матриця R для 30% відхилення матиме такий вид:

$$R = [ \text{unifrnd}(0.7*0.6, 1.3*0.6) \text{unifrnd}(0.7*0.7, 1.3*0.7) \text{unifrnd}(0.7*0.5, 1.3*0.5) \\ \text{unifrnd}(0.7*0.8, 1.3*0.8) \text{unifrnd}(0.7*0.8, 1.3*0.8) \text{unifrnd}(0.7*0.7, 1.3*0.7) \\ \text{unifrnd}(0.7*0.9, 1.3*0.9) \text{unifrnd}(0.7*0.9, 1.3*0.9) \text{unifrnd}(0.7*0.9, 1.3*0.9) ] ;$$

Зразок програмного коду для відхилення 10% для матриці R наведено у Додатку А

Вхідними даними для програми методу перебору даних є матриця  $C$  (матриця вартостей), матриця  $R$  (матриця надійностей) та  $y$ –максимальна сума витрат. В програмі перебираємо всі можливі варіанти розв’язків, для яких підраховуємо надійність. Потім перевіряємо чи перевищує вартість компонент значення  $y$ , якщо вони задовольняють наше обмеження в математичній постановці задачі і дають максимальну надійність, то виводимо на екран цей набір значень. В результаті запуску програми методу перебору даних ми отримуємо один результат, приклад роботи програми наведений на рис. 2.1.

```

C =
    1     3     2
    2     5     4
    3     6     5

R =
    0.6378    0.7568    0.4627
    0.8661    0.8212    0.6437
    0.8601    0.9084    0.9824

_____Відповідь_____

reliability =

    0.6439

nabor =

    2     1     3

```

Рисунок 2.1 – Приклад результату роботи програми для 10% відхилення

### 2.3 Результати розрахунків задачі про надійність

Для кожного з варіантів відхилення було зроблено 3000 запусків програмного коду. Результати зображенні на діаграмах “Ящик з вусами”, що

були побудовані за допомогою мови R (Рисунок 2.2 – 2.10). По довжині ящика зображено міжквартильний розмах вибірки для кожного із оптимальних наборів. Середня лінія зображує середнє значення вибірки. На кінцях вусів зображено максимальне і мінімальне значення вибірки.

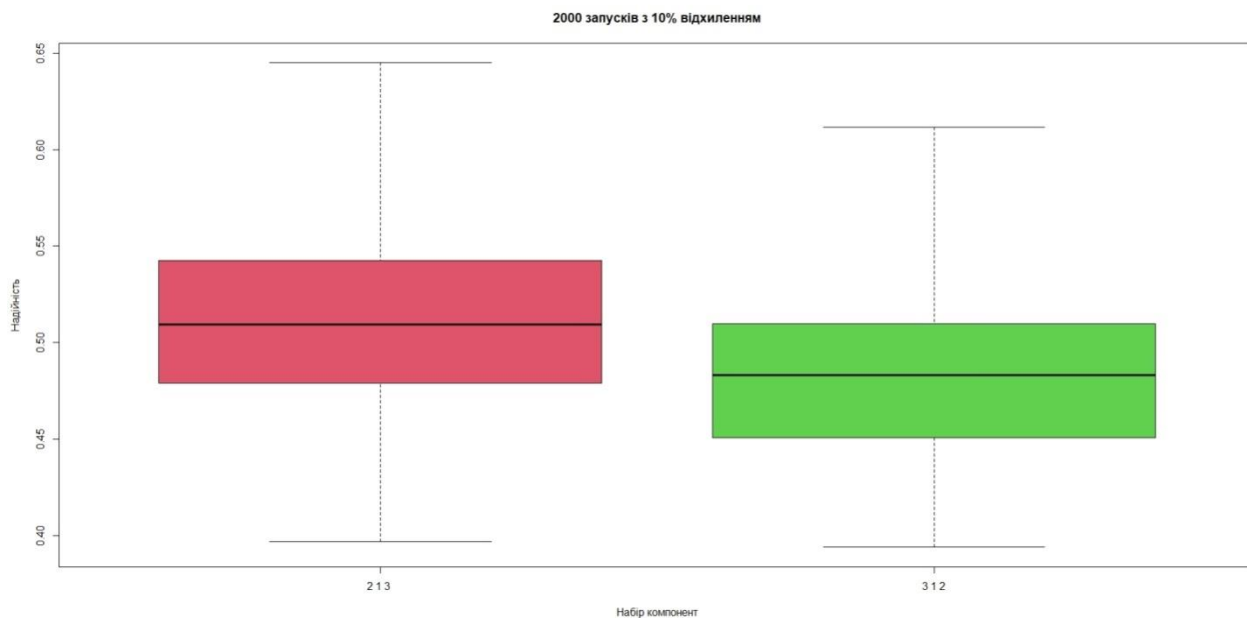


Рисунок 2.2– “Ящик з вусами” для 10% відхилення 1000 запусків

Як можна побачити на діаграмі: при 10% відхиленні існує лише 2 оптимальних наборів значень.

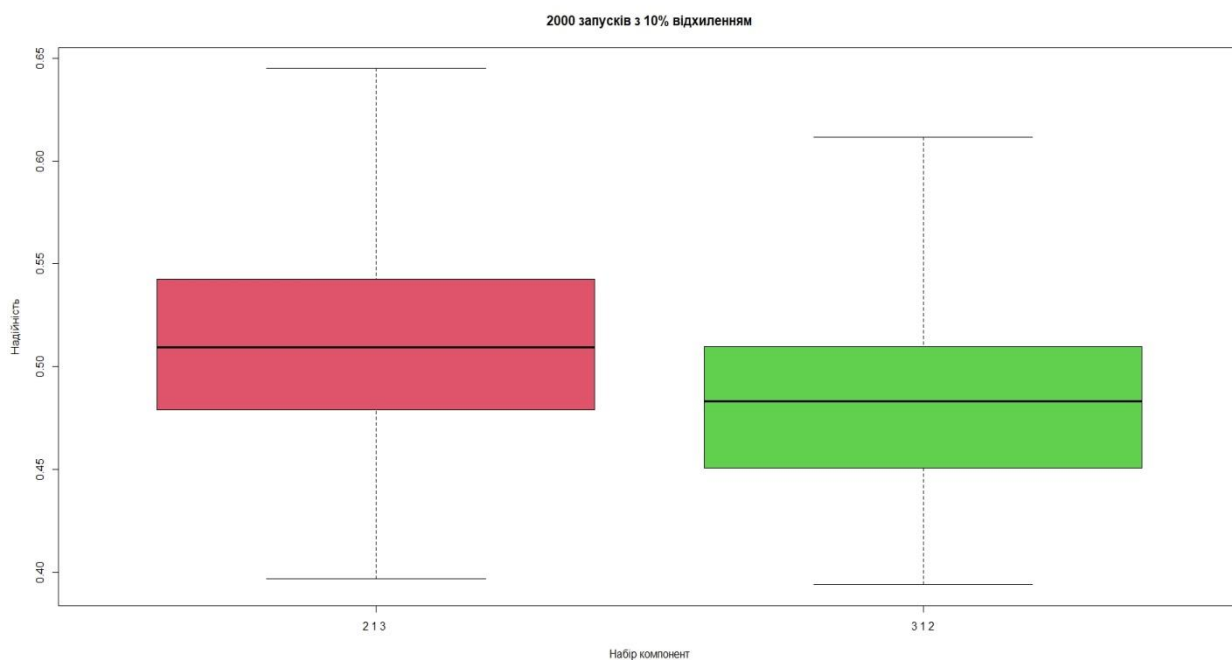


Рисунок 2.3– “Ящик з вусами” для 10% відхилення 2000 запусків

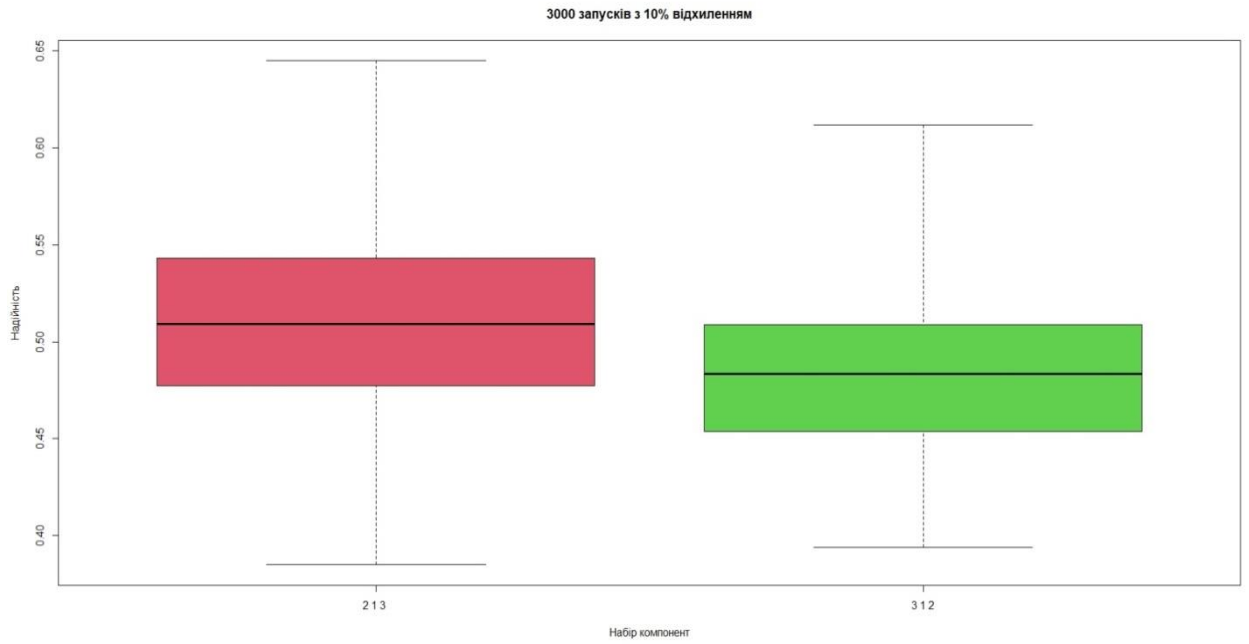


Рисунок 2.4– “Ящик з вусами” для 10% відхилення 3000 запусків

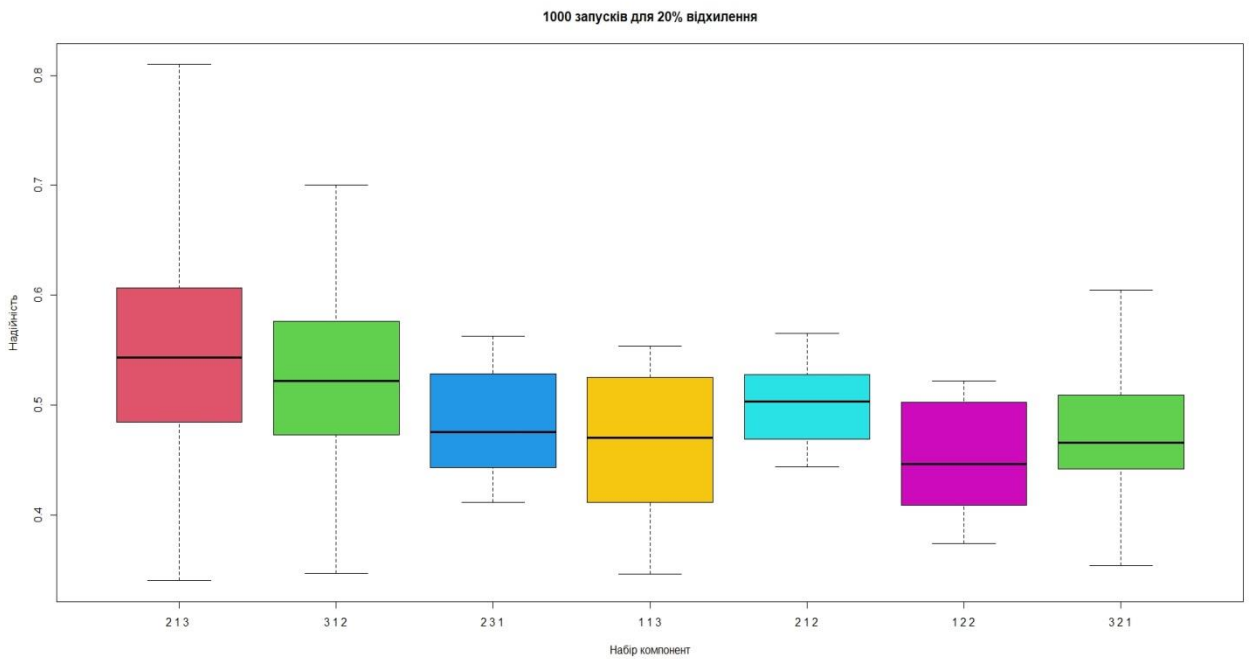


Рисунок 2.5– “Ящик з вусами” для 20% відхилення 1000 запусків

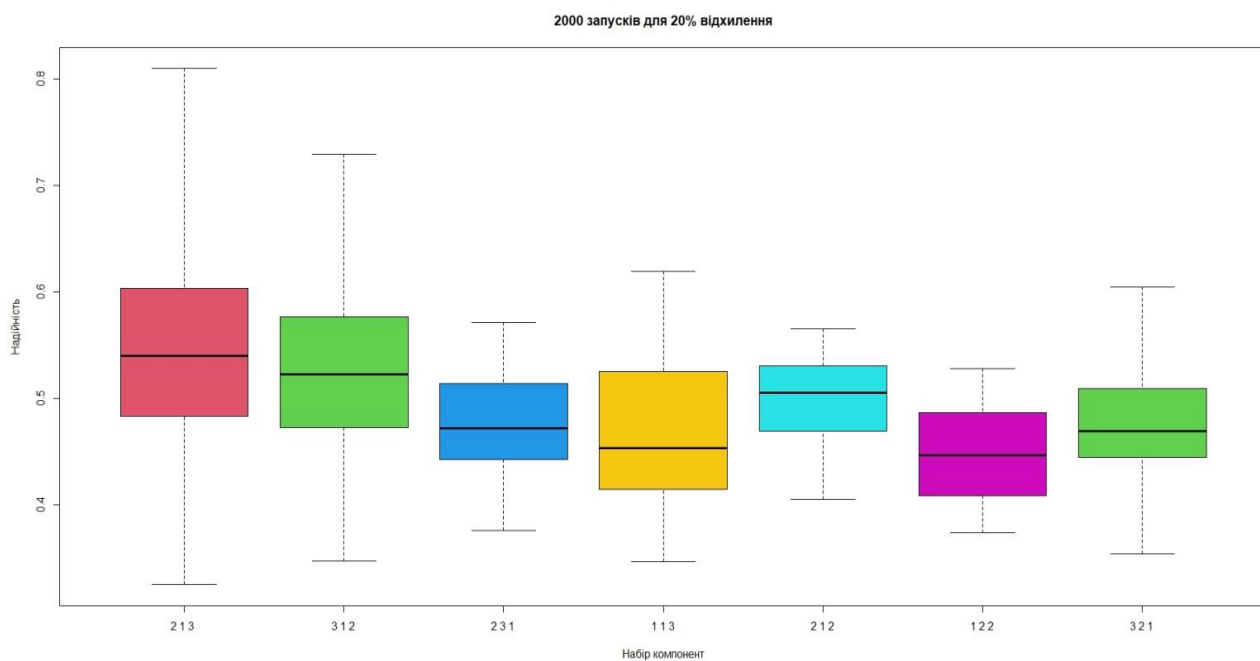


Рисунок 2.6— “Ящик з вусами” для 20% відхилення 2000 запусків

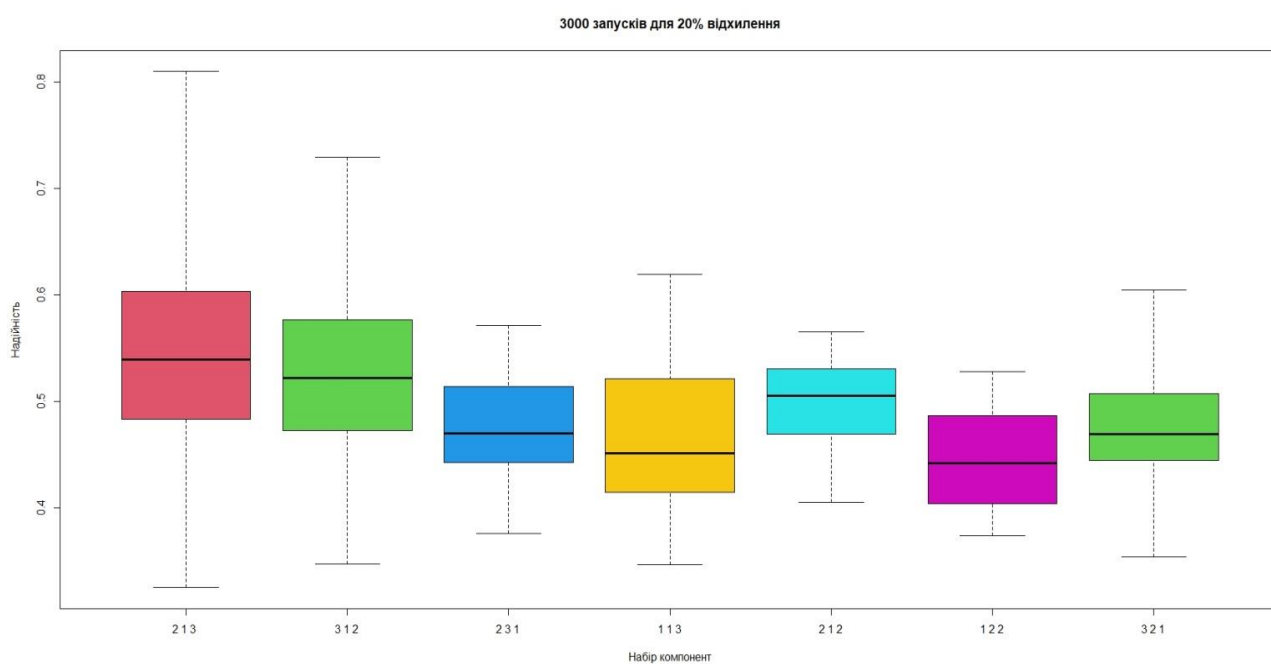


Рисунок 2.8— “Ящик з вусами” для 20% відхилення 3000 запусків

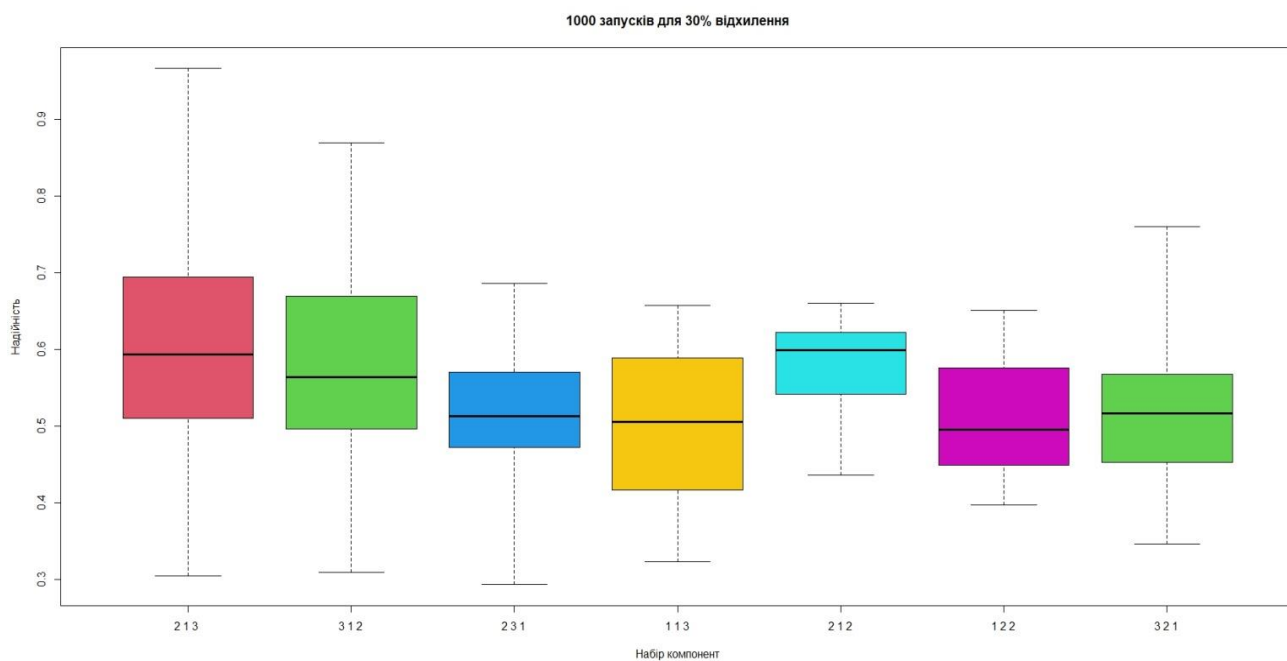


Рисунок 2.7– “Ящик з вусами” для 30% відхилення 1000 запусків

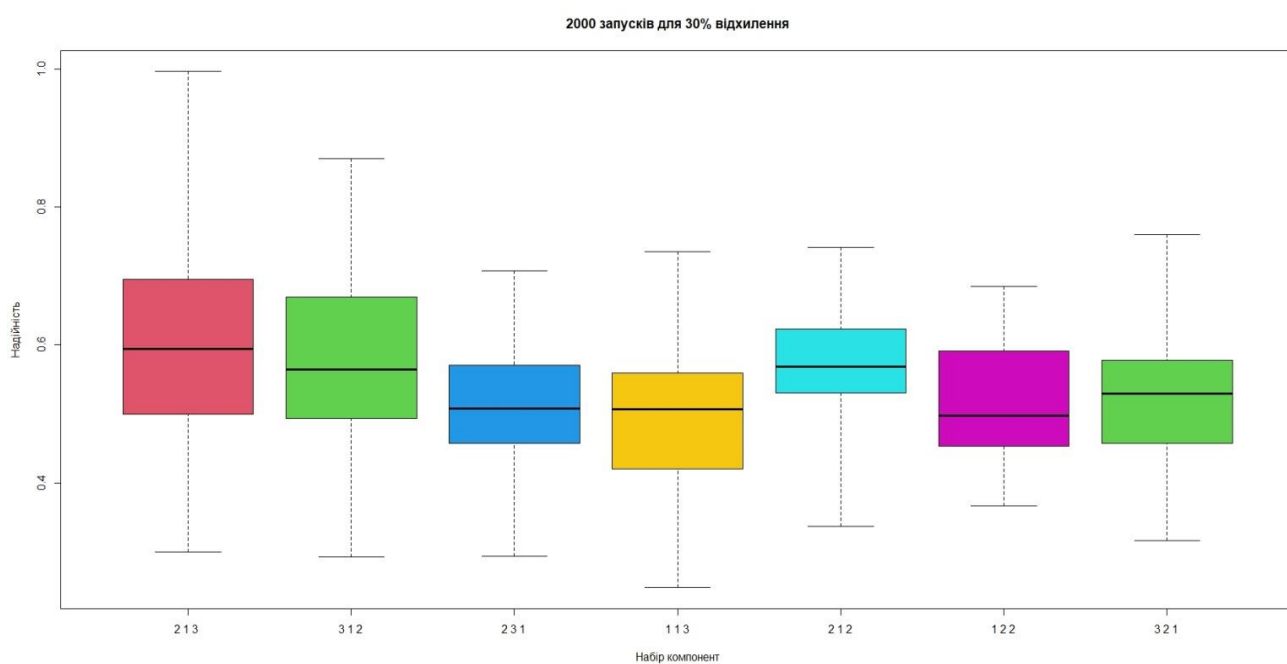


Рисунок 2.9– “Ящик з вусами” для 30% відхилення 2000 запусків

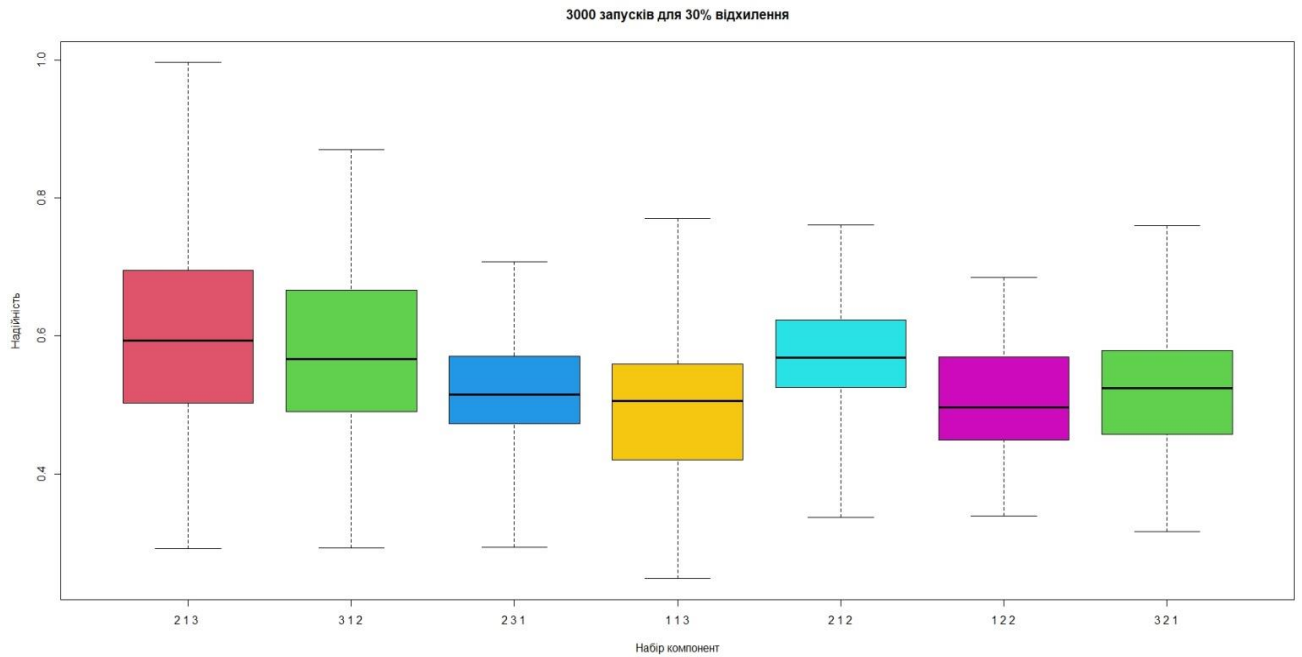


Рисунок 2.10– “Ящик з вусами” для 30% відхилення 3000 запусків

Для 20% і 30% відхилення з’явилося ще 5 інших наборів значень.

## 2.4 Критерії оптимальності та аналіз результатів

Для того, щоб обрати набір, який буде оптимальним для всіх випадків розподілу було розроблено сім критеріїв оптимальності. Але слід зауважити, що при виборі інших критеріїв відповідь може відрізнятись.

Проаналізуємо отримані результати за такими критеріями оптимальності:

- Ймовірність отримати цей набір;
- Середньоарифметична надійність;
- Ймовірність того, що буде отримано результат вище середньоарифметичної надійності;
- Ймовірність того, що буде отримано результат вище 0,504;
- Ймовірність того, що буде отримано результат вище 0,55;
- Ймовірність того, що буде отримано результат вище 0,45;
- Ймовірність того, що буде отримано результат вище 0,4.

Таблиця 2.2 – Аналіз результатів для 10% відхилення

У таблиці 2.2 наведені дані для 10% відхилення. Зеленим позначено кращий показник критерія. Можна побачити, що майже для всіх критеріїв найкращий результат показує набір 213. Для критерію «Ймовірність отримати >с/а, %» кращу відповідь показує набір 312, Але слід зауважити те, що це лише тому що середнє арифметичне менше ніж в наборі 213.

Таблиця 2.3 – Аналіз результатів для 20% відхилення.

Критерій	Вибірка					
	1000		2000		3000	
	Значення					
	213	312	213	312	213	312
Ймовірність отримати цей набір, %	88,6	11,4	87,9	12,1	87,5	12,5
Середнє арифметичне	0,5128	0,4836	0,5117	0,4821	0,5113	0,4828
Ймовірність отримати > с/а, %	48,4	48,2	48,1	50,4	48,4	50,3
Ймовірність отримати > 0,504, %	56,1	33,3	55,3	31,0	54,6	30,1
Ймовірність отримати > 0,55, %	19,8	4,4	19,7	3,7	20,2	3,7
Ймовірність отримати > 0,45, %	91,1	77,2	90,6	76,0	90,5	78,2
Ймовірність отримати > 0,4, %	99,8	99,2	99,8	98,8	99,6	99,2

Критерій	Вибірка	Значення						
		213	312	231	113	212	122	321
Ймовірність отримати цей набір, %	1000	64,30	21,30	3,50	1,50	1,50	2,30	5,60

Середнє арифметичне		0,55	0,52	0,48	0,47	0,50	0,45	0,47
Ймовірність отримати > c/a, %		47,90	48,83	37,14	53,33	53,33	43,48	48,21
Ймовірність отримати > 0,55, %		47,90	36,62	2,86	13,33	6,67	0,00	7,14
Ймовірність отримати > 0,5, %		68,12	60,09	34,29	46,67	53,33	17,39	28,57
Ймовірність отримати > 0,45, %		85,38	84,04	65,71	53,33	93,33	43,48	66,07
Ймовірність отримати > 0,4, %		96,11	98,59	100,00	86,67	100,00	78,26	92,86
Ймовірність отримати цей набір, %	2000	63,35	21,80	3,80	1,60	1,50	2,35	5,60
Середнє арифметичне		0,55	0,52	0,48	0,47	0,50	0,45	0,47
Ймовірність отримати > c/a, %		47,28	48,62	42,11	46,88	53,33	44,68	47,32
Ймовірність отримати > 0,55, %		46,49	37,16	6,58	12,50	10,00	0,00	6,25
Ймовірність отримати > 0,5, %		67,40	59,63	30,26	37,50	60,00	23,40	30,36
Ймовірність отримати > 0,45, %		85,24	84,40	65,79	53,13	90,00	42,55	66,96
Ймовірність отримати > 0,4, %		95,97	98,39	97,37	90,63	100,00	78,72	93,75
Ймовірність отримати цей набір, %	3000	62,90	22,13	3,90	1,63	1,50	2,37	5,57
Середнє арифметичне		0,54	0,52	0,48	0,47	0,50	0,45	0,47
Ймовірність отримати > c/a, %		47,48	48,64	40,17	42,86	53,33	49,30	45,51
Ймовірність отримати > 0,55, %		46,10	37,20	7,69	12,24	11,11	0,00	5,99
Ймовірність отримати > 0,5, %		67,20	59,34	29,06	32,65	60,00	22,54	30,54
Ймовірність отримати > 0,45, %		85,27	84,34	65,81	51,02	88,89	42,25	67,07
Ймовірність отримати > 0,4, %		95,92	98,34	96,58	91,84	100,00	77,46	94,01

Зеленим так само позначено кращі на нашу думку показники. А жовтим позначено ті результати, значення яких перевищують значення зелених показників, але будемо вважати, що ці відповіді не є найкращими, бо ймовірність отримати найкращу з них не перевищує 4%.

Таблиця 2.4 – Аналіз результатів для 30% відхилення

Критерій	Вибірка	Значення						
		213	312	231	113	212	122	321
Ймовірність отримати цей набір, %	1000	47	22,4	8,6	4,4	2,8	5,4	9,4
Середнє арифметичне		0,6057	0,5765	0,5157	0,4946	0,5762	0,5105	0,5169
Ймовірність отримати > c/a, %		46,8	47,3	46,5	54,5	50,0	37,0	51,1
Ймовірність отримати > 0,504, %		76,2	70,5	58,1	54,5	85,7	40,7	57,4

Ймовірність отримати > 0,55, %		63,4	56,3	32,6	31,8	64,3	29,6	27,7
Ймовірність отримати > 0,45, %		88,1	84,8	79,1	59,1	92,9	74,1	78,7
Ймовірність отримати > 0,4, %		94,5	89,3	90,7	81,8	100,0	96,3	91,5
Ймовірність отримати цей набір, %		46,6	22,3	7,6	5	4	5,2	9,5
Середнє арифметичне		0,6032	0,5757	0,5129	0,5015	0,5650	0,5161	0,5241
Ймовірність отримати > c/a, %		48,1	47,9	48,7	52,5	53,2	44,2	51,1
Ймовірність отримати > 0,504, %	2000	73,7	69,9	53,9	52,5	78,5	49,0	61,6
Ймовірність отримати > 0,55, %		61,4	55,7	32,9	30,3	58,2	35,6	34,2
Ймовірність отримати > 0,45, %		86,5	84,3	77,6	63,6	87,3	75,0	81,1
Ймовірність отримати > 0,4, %		93,8	90,3	88,8	84,8	98,7	94,2	91,6
Ймовірність отримати цей набір, %		46,2	21,9	7,8	5,2	3,9	5,6	9,4
Середнє арифметичне		0,6029	0,5753	0,5168	0,4991	0,5633	0,5078	0,5241
Ймовірність отримати > c/a, %		47,8	48,6	48,9	53,5	50,8	43,2	48,9
Ймовірність отримати > 0,504, %	3000	74,2	70,1	57,9	52,3	78,0	45,0	60,6
Ймовірність отримати > 0,55, %		62,1	55,6	33,0	29,7	57,6	31,4	33,3
Ймовірність отримати > 0,45, %		87,1	84,3	79,4	63,9	88,1	73,4	81,2
Ймовірність отримати > 0,4, %		94,2	90,9	89,7	84,5	98,3	92,9	92,2

Проаналізувавши дані з вище наведених таблиць, можемо зробити висновок, що у всіх випадках ключового критерію “Ймовірність отримати цей результат” кращий результат отримує набір 213 з достатньо великим відривом від інших значень. У інших критеріях цей набір не завжди давав максимальний результат, але їх різниця була незначною. Беручи це до уваги самим надійним варіантом буде обрати набір блоків компонент 213, а саме: у першій компоненті ми обираємо 2 блоки, у другій обираємо один блок, у третій – 3 блоки.

## 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

### 3.1 Презентація ідеї щодо вирішення проблеми

У своїй дипломній роботі я розглядаю задачу про надійність з вхідними параметрами, розподіленими за рівномірним законом. Мета цієї роботи розробити програмне забезпечення для вирішення цієї задачі, коли вхідні параметри є чітко заданими, та коли вхідні параметри не є чітко визначеними. У цьому розділі ми розглянемо розробку програмного забезпечення з точки зору економіки. Це програмне забезпечення буде розроблятися лише у научних цілях тому воно не підлягає реалізації.

### 3.2 Визначення пріоритетних груп стейкхолдерів

Цим програмним засобом можуть бути зацікавлені підприємства, що виготовляють радіо-електричні прилади, для оптимізації виробництва та прогнозування надійності приладів в умовах статистичної невизначеності.

### 3.3 Визначення складу команди

Над цією задачею буде працювати одна людина – програміст-аналітик у продовж трьох місяців із заробітною платнею – 9 300 грн.

Таблиця 3.1 – Склад команди, та основна заробітна платня

Посада виконавця	Чисельність, чол.	Місячний оклад	Кількість місяців роботи	Сума заробітної плати, грн.
Програміст-аналітик	1	9300	3	27900

3.4 Визначення часу виконання робіт членами команди відповідно до тривалості віх (етапів) життєвого циклу проекту

Таблиця 3.2 – Етапи роботи

Номер етапу	Найменування етапу	Тривалість, днів	Зміст роботи
I	Підготовчий	10	Сформулювати мету та основні завдання дипломної роботи
II	Виконання теоретичних розробок по темі	25	Опрацювати літературу та наукові розробки
III	Розробка програмного засобу	35	Основна розробка, тестування, виправлення помилок, розрахунки
IV	Проведення статистичного аналізу отриманих результатів	15	Узагальнення отриманих результатів, досліджень, визначення шляхів подальшого їхнього використання
V	Заключний	5	Складання звіту, оформлення роботи та графічних матеріалів.

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

Таблиця 3.3 – Тривалість етапів НДР

Етап НДР	Трудомісткість		Виконавці	
	Людино-днів	% до підсумку	Спеціальність	Кількість, чол.
I	10	11,11	Програміст-аналітик	1
II	25	27,78	Програміст-аналітик	1
III	35	38,89	Програміст-аналітик	1
IV	15	16,67	Програміст-аналітик	1
V	5	5,56	Програміст-аналітик	1
Разом	90	100		1

### 3.5. Визначення витрат по оплаті праці (основній, додатковій оплаті праці, преміюванню тощо)

#### 3.5.1 Розрахунок основної заробітної плати

Ми вже визначили, що виконанням цієї роботи займатиметься одна людина з заробітною платнею 9300 грн, тому

$$ЗП_{осн} = 9300 * 3 = 27\,900 \text{ грн}$$

### 3.5.2 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:

$$ЗП_{\text{доп}} = 27900 * 0,08 = 2\,232 \text{ грн}$$

### 3.6 Відрахування на єдиний соціальний внесок

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

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

$$СВ = (27900 + 2232) * 0,22 = 6\,629 \text{ грн}$$

### 3.7 Визначення витрат на матеріали

У цю статтю включають вартість основних і допоміжних матеріалів. При виконанні дослідження використовується 3 найменування матеріалів: Flash-карти - 350 грн .; друкування матеріалів – 250 грн.

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.

$$M=(350+250) * (1+0,05) = 630 \text{ грн.}$$

Отже, витрати складають 630 грн.

### 3.8 Витрати на спеціальне обладнання та амортизацію

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.

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 занесені до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Розрахунок вартості спецобладнання

Устаткування	Марка, ДСТ	Кількість на тему	Ціна за одиницю, грн.	Вартість, грн.
1. Ноутбук	Dell Inspiron 7520	1	8800	8800

Розрахуємо суму амортизаційних відрахувань.

Оскільки основна робота проводиться програмістом на комп'ютері, тоді розрахуємо амортизаційні відрахування для обладнання. Вартість обладнання – 8800 грн. Згідно до пп. 138.3.3 ПК передбачено групу 11 «Малоцінні необоротні матеріальні активи», ми можемо віднести наше обладнання до цієї групи, бо його вартість не перевищує 20000 грн та термін його експлуатації більше року. Отже, нарахування амортизації здійснюється за принципом 50/50 (при надходженні - 50% і 50% - при списанні) або ж 100% при надходженні.

Таблиця 3.5– Розрахунок амортизації

Група основних засобів	Норма амортизації, %	Первісна вартість, грн.	Сума амортизації, грн.
Комп'ютерна техніка	50	8800	4400

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).

Номінальна потужність ЕОМ - 0,6 кВт. Річний ефективний фонд часу роботи ЕОМ становить 2100 годин. Середні коефіцієнти завантаження за часом і за потужністю рівні відповідно 1 і 0,5. Тарифоднієї кіловат-години електроенергії становить 1,68 грн.

Отримуємо

$$C_B = 0,6 * (2100/365*90) * 1 * 0,5 * 1,68 = 260\text{грн.}$$

### 3.9 Інші операційні витрати

Зарплата обслуговуючого персоналу розраховується за формулою 3.7:

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

де  $\Phi ЗП_p$  – 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 5000 грн., а річний фонд заробітної плати відповідно дорівнює 60000 грн. Річний ефективний фонд робочого часу обслуговуючого ПК працівника дорівнює 1760 год / рік. На обслуговування одного ПК витрачається по 1 годині на місяць, що в рік становить 12 годин.

$$ЗП_{обс} = 60000(1 + 0,22) \frac{12}{1760} = 499 \text{ грн}$$

Стаття «Поточний ремонт обладнання» приймається рівною 3% річних від балансової вартості обладнання. Оскільки обладнання працювало 3 місяці, то проточний ремонт обладнання розраховується як 0.75% від балансової вартості обладнання і становитиме 66грн

Стаття «Інші витрати» приймається рівною 3% від суми всіх попередніх статей витрат на утримання і експлуатацію обладнання. Сума всіх попередніх статей дорівнює 5789 грн. 3% від суми складають 174 грн.

Розраховані статті витрат на утримання і експлуатацію обладнання внесені в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Кошторис витрат на утримання і експлуатацію обладнання

Найменування статті витрат	Сума, грн
Амортизація обладнання	4400
Експлуатація обладнання (крім витрат на поточний ремонт)	260
Заробітна плата основна і додаткова обслуговуючих робітників з відрахуваннями на соціальні заходи	499
Поточний ремонт обладнання	66
Інші витрати	174
Разом	5159

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 1920 годин. В результаті експлуатаційні витрати на одну годину машинного часу дорівнюють:

$$B_{\text{екс}} = 5159 : 2100 = 2,45 \text{ грн./ машино-год.}$$

ЕОМ експлуатується 90 дні в одну зміну, що становить в сумі 720 годин. Таким чином, витрати на оплату машинного часу складуть:

$$C_{\text{мо}} = 2,45 * 720 = 1764 \text{ грн}$$

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 20% до основної заробітної плати розробників, що складає 5580 грн.

Складемо кошторис усіх витрат, результати розрахунку занесемо в таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 – Кошторис витрат на виконання НДР

Вид витрат	Сума витрат, грн.	Процент витрат, %
Основна заробітна плата	27900	57,97
Додаткова заробітна плата	2232	4,64
Єдиний соціальний внесок	6629	13,77

## Продовження таблиці 3.7

Вид витрат	Сума витрат, грн.	Процент витрат, %
Основні матеріали	630	1,31
Витрати на спецобладнання	5159	10,72
Накладні витрати	5580	11,59
Разом	48130	100

Це програмне забезпечення було розроблено лише у научних цілях тому воно не підлягає реалізації.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Для виконання трудових обов'язків з урахуванням положень нормативних вимог з безпеки праці, та для практичної реалізації теми: «Задача про надійність 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, принтер-сканер, настільна лампа, кондиціонер.

### 4.1. Аналіз потенційних небезпек

Обладнання, яке використовується у приміщенні офісу 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 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;
- 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;
- захворювання кістково-м'язового апарату, у зв'язку з тривалим статичним напруженням м'язів спини, шиї, рук і ніг;
- недостатнє або надмірне освітлення робочих місць, що призводить до погіршення зору або ефекту засліплення;
- дискомфортний рівень шуму, 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;

#### 4.2. Заходи із забезпечення 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.

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 не перевищує - 4 Ом; НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок», приміщення, в якому розташовуються ЕОМ, різноманітне устаткування, відноситься до класу пожеженобезпечної 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 безпечної експлуатації електроустановок» та НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

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>).

#### 4.3. Заходи з забезпечення 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.

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.

У офісному приміщенні, згідно ДБН В.2.5-28:2018 «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  $A \times B \times C = 3 \times 2 \times 2,5$  м, з висотою робочої поверхні  $h_p = 0,9$  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;

$$N_p = \frac{2}{(2.5 - 0.9) \cdot 1.5} \approx 1,$$

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;

$L_{\max} = 2/1 = 2$  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;

$$i = \frac{3 * 2}{(2.5 - 0.9) * (3 + 2)} = 0.75$$

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 данному приміщенні  $\Phi_{\Sigma}$ :

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

де:  $E_n$  - 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;

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{300 * 3 * 2 * 1.4 * 1.1}{0.56} = 4950, \text{ лм.}$$

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

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

де:  $A$  - довжина приміщення, м;

$B$  - ширина приміщення, м;

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

$$N_{св} = (3 * 2) / 4 = 1,5 \text{ шт.}$$

7. Розраховуємо світловий потік умовного джерела світла  $\Phi_{л}^*$ :

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

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

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

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

де:  $n$  - кількість ламп у світильнику ( $n=2$ ), шт;

$N_{св} = 1,5$  шт;

$\Phi_{л}^* = 4950/1,5 \cdot 2 = 1650$  лм.

Вибираємо стандартну лампу ЛДЦ-30,  $\Phi_{л} = 1500$  лм.

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

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

$m = 1650/1500 = 1,1$ .

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

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

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

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

$N_{св} = 1,5 \cdot 1,1 \approx 2$  шт

Визначаємо фактичну кількість лампи у приміщенні  $N_l$  :

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

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

$n$  - кількість ламп у світильнику, шт;

$$N_l = 2 \cdot 2 = 4 \text{ шт.}$$

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

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

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

$N_l$  - 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;

$$E_p = (1500 \cdot 2 \cdot 0,56) / (3 \cdot 2 \cdot 1,4 \cdot 1,1) = 363 \text{ лк.}$$

Виходячи з розрахунку загальне штучне освітлення в приміщенні офісу дорівнює 363лк, що відповідає нормованому значенню освітлення і яке забезпечується за допомогою 1 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 22-24°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с;
- у теплий період року: температура 23-25°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.

## 4.4 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

### 4.4.1 Заходи з пожежної безпеки

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-ВК6». 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.

#### 4.4.2 Заходи з цивільного захисту

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 за валах 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.

## ВИСНОВКИ

- Методами комп'ютерного моделювання досліджено одну з важливих задач оптимального керування та планування – задачу надійності в умовах статистичної невизначеності.
- Розроблено різні варіанти критеріїв оптимальності та модифіковано авторську програмну реалізацію розв'язання задачі надійності електронного пристрою в умовах статистичної невизначеності.
- Здійснено моделювання впливу статистичної невизначеності на оптимальний розв'язок на прикладі задачі надійності електронного пристрою з рівномірними вхідними параметрами для 10%, 20% та 30% відхилень.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. **Беллман, Р.** Динамическое программирование [Текст] / Р. Беллман. – М.: ИЛ, 1960. – 400 с.
2. **Беллман, Р.** Прикладные задачи динамического программирования [Текст] / Р. Беллман, С. Дрейфус – Издательство “Наука” – 1965 – 459 с.
3. **Таха, Х.А.** Введение в исследование операций [Текст] / Х.А. Таха; пер. с англ. – 7-е изд. – М.: "Вильямс". – 2005. – 912 с.
4. **Вентцель, Е.С.** Исследование операций [Текст] / Е.С. Вентцель. – М.: «Наука». – 1988. – 204 с.
5. **Пападимитриу Х.** Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность [Текст] / Х. Пападимитриу, К. Стайглиц; Мир, 1984. – 510 с.
6. **Канцедал, С.А.** . Конструирование исследование алгоритмов решения задачи про рюкзак / С.А. Канцедал // Автомобильный транспорт. – 2015. – № 36. – С. 154 – 160.
7. **Кагиров, Р.Р.** Многомерная задача о рюкзаке: новые методы решения [Текст] / Р.Р. Кагиров // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. Математика, механика, информатика. – 2015. – № 5. – С. 16 – 20.
8. **Додонова М.М.** Изучение различных постановок задачи о рюкзаке и методов их решения [Текст] / М.М. Додонова // XI Международная конференция студентов и молодых учёных «Перспективы развития молодых наук». – 2014 – С. 591 - 593.
9. **Докучаев, А. В.** Алгоритмы решения стохастических задач динамического программирования большой размерности [Текст] / А. В. Докучаев, А. П. Котенко // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. Науки. – 2008. – № 2 (17). – С. 203–209.

## Додаток А. Код програми

```

y = 10
C = [ 1 3 2
      2 5 4
      3 6 5 ]
R = [ unifrnd(0.9*0.6,1.1*0.6) unifrnd(0.9*0.7,1.1*0.7) unifrnd(0.9*0.5,1.1*0.5)
      unifrnd(0.9*0.8,1.1*0.8) unifrnd(0.9*0.8,1.1*0.8) unifrnd(0.9*0.7,1.1*0.7)
      unifrnd(0.9*0.9,1.1*0.9) unifrnd(0.9*0.9,1.1*0.9) unifrnd(0.9*0.9,1.1*0.9)]
[z,p] = size(C);
minimum = ones(1,p);
maximum = sum(isfinite(R));
x = minimum;
reliability = -inf;
nabor = zeros(1,p);
g = p;
while 1
if x(g) <= maximum(g)
    B = 0;
for j = 1:p
    B = B + C(x(j),j);
end
if B <= y
    f = 1;
for j = 1 :p
    f = f * R(x(j), j);
end
if reliability < f
reliability = f ;
nabor = x ;

```

```
elseif reliability == f
reliability ;
nabor = [nabor; x ] ;
end
end
    g = p;
else
x(g) = minimum(g);
    g = g - 1;
if g <= 0.001
break
end
end
x(g) = x(g) + 1;
end
disp('_____Відповідь_____')
reliability
nabor
```