

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут
комп'ютерних наук та управління проектами

(повне найменування інституту, назва факультету)

Програмного забезпечення автоматизованих систем

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної (магістерської) роботи

за темою: «Удосконалення ймовірнісної моделі оцінювання вимірів часу
напрацювання на відмову жорстких дисків та розробка програмного
забезпечення для її реалізації»

Виконав: студент 6 курсу, групи 6153м
спеціальності

152 «Метрологія та інформаційно-
вимірювальна техніка»

(шифр і назва спеціальності)

Копієвський Д.В.

(підпис, прізвище та ініціали)

Керівник Макарова Л.М.

(підпис, прізвище та ініціали)

Рецензент Приходько С.Б.

(підпис, прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Приходько С.Б.

(підпис, прізвище та ініціали)

м. Миколаїв – 2020 р.

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та управління проектами

Кафедра програмного забезпечення автоматизованих систем

Освітній ступень Магістр

Галузь 15 «Автоматизація та приладобудування»

(шифр і назва)

Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“ 26 ” 10 2020 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ (МАГІСТЕРСЬКУ) РОБОТУ СТУДЕНТУ

Копієвському Дмитру Вадимовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської роботи

Удосконалення ймовірнісної моделі оцінювання вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків та розробка програмного забезпечення для її реалізації

керівник роботи Макарова Лідія Миколаївна, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ 26 ” жовтня 2020 року №1037-уч

2. Строк подання студентом роботи 01.12.2020 року

3. Вихідні дані до роботи

4. Зміст магістерської роботи (МР):

- Титульний аркуш, завдання на кваліфікаційну (магістерську) роботу, реферат (українською, англійською), зміст, перелік умовних позначень, символів, одиниць та термінів (за необхідності).
- Вступ (Актуальність теми. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Мета і завдання дослідження. Об'єкт дослідження. Предмет дослідження. Методи дослідження. Наукова новизна одержаних результатів. Практичне значення одержаних результатів. Особистий внесок здобувача. Апробація результатів досліджень. Публікації.)
- Огляд літератури за темою, обґрунтування необхідності проведення досліджень за обраною темою, вибір напрямків досліджень, мета дослідження, основні задачі дослідження
- Викладення результатів власних досліджень з висвітленням того нового, що пропонується
- Проект програмного забезпечення
- Результати досліджень та розробки проекту програмного забезпечення
- Організаційно-економічний розділ
- Розділи з охорони праці та охорони навколишнього середовища
- Висновки
- Список використаних джерел
- Додатки (технічне завдання, текст програми, опис програми, інструкція користувача, програма і методика випробувань програмного забезпечення)

5. Перелік графічного матеріалу

6. Консультанти розділів магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційної (магістерської) роботи (МР)	Термін виконання	Примітка
1. Підготовка вступної частини МР	18.10.2020	
2. Підготовка розділу (ів) МР з огляду літератури за темою, обґрунтування необхідності проведення досліджень за обраною темою, вибір напрямів досліджень	19.10.2020	
3. Підготовка розділу (ів) МР з результатів власних досліджень	22.10.2020	
4. Підготовка розділу МР з проекту програмного забезпечення	16.11.2020	
5. Підготовка організаційно-економічного розділу	18.11.2020	
6. Підготовка розділу з охорони праці	20.11.2020	
7. Підготовка розділу з охорони навколишнього середовища	23.11.2020	
8. Підготовка розділу МР – Висновки	25.11.2020	
9. Оформлення списку використаних джерел	27.11.2020	
10. Оформлення додатків	30.11.2020	
11. Підготовка презентації МР та доповіді	01.12.2020	
12. Подання МР на попередній захист	01.12.2020	
13. Подання МР рецензенту	11.12.2020	
14. Подання на кафедру ПЗАС тексту остаточного варіанту роботи, підписаного її керівником, разом з заявою щодо самостійності виконання роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	14.12.2020	
15. Подання на кафедру ПЗАС електронних версії наступних документів у форматі pdf: кваліфікаційної роботи; файлу-опису кваліфікаційної роботи (згідно Додатку до наказу ректора НУК від 19.05.2020 р. за №287-уч); презентації доповіді	18.12.2020	
16. Подання на кафедру ПЗАС письмового відгуку та рецензії на кваліфікаційну роботу	18.12.2020	

Студент

(підпис)

Копієвський Д.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Макарова Л.М.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Копієвський Дмитро Вадимович

«Удосконалення ймовірнісної моделі оцінювання вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків та розробка програмного забезпечення для її реалізації»

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього рівня магістра зі спеціальності 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка». Освітня програма – «Програмні та інформаційні системи». Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. Миколаїв, 2020 р.

Обсяг роботи: 99 стор., 13 табл., 16 рис., 26 використаних джерела, 5 додатків.

Актуальність теми роботи: необхідність удосконалення ймовірнісної моделі для оцінювання вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків із застосуванням нормалізуючого перетворення Джонсона та розробка програми для її реалізації.

Мета та завдання дослідження: підвищення достовірності оцінювання вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків.

Об'єкт дослідження: процес оцінювання вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків.

Предмет дослідження: ймовірнісна модель розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків.

Методи дослідження: методи теорії надійності, теорії ймовірностей та математичної статистики, математичного моделювання, об'єктно-орієнтованого програмування.

Наукова новизна одержаних результатів: удосконалено ймовірнісну модель розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків за рахунок використання нормалізуючого перетворення Джонсона, що дозволило підвищити достовірність оцінювання часу напрацювання на відмову жорстких дисків в порівнянні з існуючою моделлю.

Практичне значення одержаних результатів: ПЗ для побудови ймовірнісної моделі розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків, яке розроблено в рамках кваліфікаційної роботи, дозволило автоматизувати та скоротити час відповідних розрахунків.

Апробація результатів досліджень: основні положення і результати досліджень, викладені у кваліфікаційній роботі, пройшли апробацію на Всеукраїнській науково-практичній інтернет конференції «Інформаційні технології: моделі, алгоритми, системи» (ITMAS – 2020) (м. Миколаїв, 26 – 28 жовтня 2020 р.).

Публікації: Основні результати кваліфікаційної роботи викладено у 1 науковій праці – тезах конференції.

Ключові слова: ймовірнісна модель, нормалізуюче перетворення, перетворення Джонсона, час напрацювання на відмову, жорсткий диск.

ABSTRACT

Kopiievskyi Dmytro Vadymovych

«Improvement of the probabilistic model for estimation of the hard disk failure time measurements and development of the software for implementation»

The qualification work in obtaining a master's degree in specialty 152 – «Metrology and Information and Measuring Technology». Educational program – «Software and Information Systems». Admiral Makarov National University of Shipbuilding. Mykolaiv, 2020.

The qualification work is presented on the 99 pages of typewritten text, contains 13 tables, 16 figures, 5 appendices and 26 references.

Relevance of the topic of the work: the need to improve the probabilistic model to evaluate hard drive failure time measurements using the Johnson Normalizing Conversion and develop a program for its implementation.

The goal and objectives of the study. The improved reliability of evaluation of hard disk drive failure time measurements.

The object of the study is the process of evaluating hard drive failure time measurements.

The subject of the study is a probabilistic model of distribution of time measurements for hard disk drives failure.

The methods of the study. Methods of reliability theory, probability theory and mathematical statistics, mathematical modeling, object-oriented programming.

The scientific novelty of obtained results. The improved probabilistic model for the distribution of hard drive failure time measurements by using the Johnson Normalizing Conversion, which improved the reliability of hard drive failure time estimates over the existing model.

The practical significance of obtained results is that the software for building a probabilistic model of distribution of time measurements for hard disk drives failure, developed as part of qualification work, allowed to automate and reduce the time of relevant calculations.

Approbation of study results. The main provisions and results of the research stated in the qualification work were tested at the scientific and practical Internet conference "Information technologies: models, algorithms, systems" (ITMAS - 2020) (Nikolaev, 26 - 28 October 2020).

Publications. The main results of the qualification work are presented in 1 scientific paper - conference abstracts.

Keywords: probabilistic model, normalizing transformation, Johnson Transform, MTBF, hard drive.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
ВСТУП	9
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МОДЕЛЕЙ РОЗПОДІЛУ ВИМІРІВ ЧАСУ НАПРАЦЮВАННЯ НА ВІДМОВУ ЖОРСТКИХ ДИСКІВ	12
1.1 Ймовірнісні моделі розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків.....	12
1.2 Методи оцінювання довірчих інтервалів вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків	14
1.3 Способи удосконалення ймовірнісних моделей розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків	17
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ЙМОВІРНІСНОЇ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ ВИМІРІВ ЧАСУ НАПРАЦЮВАННЯ НА ВІДМОВУ ЖОРСТКИХ ДИСКІВ	19
2.1 Розробка удосконаленої ймовірнісної моделі розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків із застосуванням нормалізуючих перетворень	19
2.2 Перевірка адекватності ймовірнісних моделей	24
2.3 Побудова удосконаленої ймовірнісної моделі розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків та перевірка її адекватності	25
3 ПРОЕКТ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЙМОВІРНІСНОЇ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ ВИМІРІВ ЧАСУ НАПРАЦЮВАННЯ НА ВІДМОВУ ЖОРСТКИХ ДИСКІВ	31
3.1 Ескізний проект.....	31
3.1.1 Побудова діаграми варіантів використання.....	31
3.1.2 Побудова діаграми активності	35
3.1.3 Проектування користувацького інтерфейсу	37

3.2 Технічний проект	41
3.2.1 Подання статичної моделі програмного забезпечення	41
3.2.2 Подання динамічної моделі програмного забезпечення	43
3.3 Робочий проект.....	44
3.3.1 Обґрунтування вибору мови та засобів розробки ПЗ	44
3.3.2 Побудова діаграми компонентів	46
3.3.3 Випробування ПЗ.....	47
4 РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЙМОВІРНІСНОЇ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ ВИМІРІВ ЧАСУ НАПРАЦЮВАННЯ НА ВІДМОВУ ЖОРСТКИХ ДИСКІВ	50
5 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД РОЗРОБКИ І ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЙМОВІРНІСНОЇ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ ВИМІРІВ ЧАСУ НАПРАЦЮВАННЯ НА ВІДМОВУ ЖОРСТКИХ ДИСКІВ	52
5.1 Вступ	52
5.2 Розрахунок витрат на створення й експлуатацію програми.....	53
5.3 Економічна ефективність розробки і впровадження системи.....	56
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	59
6.1 Вступ	59
6.2 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів при роботі з персональним комп'ютером	59
6.3 Розрахунок захисного заземлення офісного приміщення	61
6.4 Розробка заходів щодо зменшення впливу шкідливих та небезпечних факторів	62
7 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	67
7.1 Вступ	67
7.2 Забруднення навколишнього середовища.....	69
7.3 Розробка заходів щодо зменшення забруднення навколишнього середовища.....	70
ВИСНОВКИ.....	72

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	73
ДОДАТОК А ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	76
ДОДАТОК Б ТЕКСТ ПРОГРАМИ.....	81
ДОДАТОК В ОПИС ПРОГРАМИ.....	91
ДОДАТОК Г ІНСТРУКЦІЯ КОРИСТУВАЧА	93
ДОДАТОК Д ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ВИПРОБУВАНЬ	98

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВВ	випадкова величина
ЕД	емпіричні дані
НД	нормалізовані дані
ОС	операційна система
ПЗ	програмне забезпечення
CSV	comma-separated values
UML	Unified Modelling Language

ВСТУП

Актуальність теми. На сучасному етапі розвитку суспільства більша частина важливої інформації зберігається на цифрових носіях, починаючи від особистої інформації і закінчуючи важливими файлами та даними малого і великого бізнесу. Для збереження важливих даних існують сервіси, що надають послуги по створенню резервних копій у хмарі [1].

У зв'язку із швидким збільшенням об'єму даних та розширенням систем зберігання даних у хмарі, стабільна робота жорстких дисків та прогнозування їх відмов стає все більш важливою проблемою, яка має великий вплив на галузь [2]. Відмова диска може призвести до втрати важливих даних. Якщо є можливість точно передбачити відмову диска, то можна вчасно створити резервну копію та відновити дані. А це дозволить підвищити надійність системи зберігання даних [3]. Компаніям, що надають послуги резервного копіювання в хмару, важливо своєчасно замінювати несправні жорсткі диски на нові. Отже, проблема оцінювання й прогнозування часу напрацювання на відмову жорстких дисків є досить важливою, а вирішення даної проблеми, використовуючи традиційний підхід на основі нормального або експоненціального закону розподілу не дає задовільних результатів.

Таким чином, удосконалення ймовірнісної моделі для оцінювання вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків із застосуванням нормалізуючих перетворень випадкових величин та розробка ПЗ для її реалізації є актуальною.

Мета і завдання дослідження: підвищення достовірності оцінювання вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків.

Для того, щоб досягти поставленої мети потрібно вирішити наступні завдання:

- виконати аналіз існуючих моделей розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків та порівняти їх;
- провести обґрунтування необхідності удосконалення ймовірнісної моделі розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків;
- розробити удосконалену ймовірнісну модель розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків із застосуванням нормалізуючих перетворень;
- побудувати удосконалену ймовірнісну модель розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків із застосуванням нормалізуючого перетворення Джонсона;
- виконати перевірку адекватності побудованої ймовірнісної моделі розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків;
- розробити ПЗ для побудови ймовірнісної моделі розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків із застосуванням нормалізуючого перетворення Джонсона.

Об'єктом дослідження є процес оцінювання вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків.

Предметом дослідження є ймовірнісна модель розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань були застосовані методи теорії надійності, теорії ймовірностей та математичної статистики, математичного моделювання, об'єктно-орієнтованого програмування.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в удосконаленні ймовірнісної моделі розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків за рахунок використання нормалізуючого перетворення Джонсона, що дозволило підвищити достовірність оцінювання вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків в порівнянні з існуючою моделлю.

Практичне значення одержаних результатів. ПЗ для побудови ймовірнісної моделі розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків, яке було розроблено в рамках даної кваліфікаційної (магістерської) роботи, дає змогу виконати автоматизацію та скоротити час відповідних розрахунків.

Особистий внесок здобувача. Кваліфікаційна (магістерська) робота є самостійно виконаною працею. Усі результати, що викладені у даній роботі, були отримані автором особисто. У праці, що опублікована у співавторстві з керівником кваліфікаційної (магістерської) роботи [4], здобувачеві належать: побудова удосконаленої ймовірнісної моделі розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків.

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати досліджень, що викладені у даній кваліфікаційній (магістерській) роботі, пройшли апробацію на Всеукраїнській науково-практичній Інтернет конференції «Інформаційні технології: моделі, алгоритми, системи» (м. Миколаїв, 26-28 жовтня 2020 р.).

Публікації. Основні результати кваліфікаційної (магістерської) роботи викладено у 1 науковій праці – матеріалах конференції.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МОДЕЛЕЙ РОЗПОДІЛУ ВИМІРІВ ЧАСУ НАПРАЦЮВАННЯ НА ВІДМОВУ ЖОРСТКИХ ДИСКІВ

1.1 Ймовірнісні моделі розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків

Жорсткий диск – це постійний запам'ятовуючий пристрій комп'ютера, тому його основна функція – довготривале зберігання даних. Він працює за принципом магнітного запису. Інформація записується на пластини, покриті феромагнітним матеріалом, які розташовані на одній осі. Пластини називають магнітними дисками, а в самому вінчестері можуть використовуватися кілька магнітних пластин. Запис рівно так само, як і читання здійснюється за допомогою частин рухомий голівки, що зчитує. Для обертання магнітних пластин в HDD також присутні двигуни, а також блок керуючої електроніки, що керує усіма процесами [5].

Основні елементи конструкції жорсткого диску наступні:

- пластини магнітних дисків на спільному шпинделі;
- голівки читання/запису;
- механізм привода голівок (коромисло із сервоприводом);
- двигун привода дисків;
- друкована плата з електричними схемами керування;
- кабелі і гнізда роз'ємів кабелів живлення і передачі даних;
- елементи конфігурування (перемички і перемикачі) [6].

Розглянемо ймовірнісні моделі розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків. Найчастіше в теорії надійності у вигляді аналітичної моделі закону розподілу вимірів часу напрацювання на відмову різноманітних пристроїв використовують один із декількох законів. Одним із таких законів є нормальний, а також експоненціальний закон розподілу ВВ.

Данні закони можуть використовуватися для виконання опису розподілу часу напрацювання на відмову або розподілу часу між відмовою і відновленням роботи об'єктів. Також слід зазначити, що данні розподіли являються наближеним варіантом апроксимації емпіричних даних [7 – 9].

Експоненціальний розподіл – це окремий випадок розподілу Вейбулла та гамма-розподілу. Він являється одно параметричним розподілом з параметром λ – постійною інтенсивністю відмов. Даний параметр визначається як незалежність ймовірності відмови від напрацювання, що тотожно відсутності зносу. У цьому разі середній час роботи без відмов визначається як зворотна величина інтенсивності відмов $t_{cp} = \frac{1}{\lambda}$ і являється математичним сподіванням експоненціального розподілу.

Даний закон розподілу випадкової величини застосовується для виконання опису процесів, які мають властивість відсутності наслідків. Саме тому він є основним та широко використовуваним в теорії надійності [8].

Експоненціальний закон розподілу має наступні властивості:

- функція розподілу: $F(x, \lambda) = 1 - e^{-\lambda x}$; $x > 0$;
- щільність ймовірності: $f(x, \lambda) = \lambda e^{-\lambda x}$; $x > 0$;
- математичне сподівання: $m_x = \frac{1}{\lambda}$;
- дисперсія: $D_x = \frac{1}{\lambda^2}$;
- коефіцієнт асиметрії: $\alpha_3 = 2$;
- коефіцієнт ексцесу: $\alpha_4 = 9$.

Параметр розподілу λ можна виразити за допомогою величини, зворотної математичному сподіванню: $\lambda = \frac{1}{m_x}$.

Для того, щоб задати експоненціальний закон розподілу використовується можливість застосовувати час напрацювання між

відмовами t або інтенсивність відмов λ . В такому випадку параметром розподілу буде слугувати математичне сподівання m_x .

Напрацювання на відмову більшості виробів, що не підлягають відновленню, підпорядковані одному з найчастіших розподілів в теорії ймовірності – експоненціальному розподілу. Поширеність та популярність експоненціального закону розподілу можна пояснити тим, що він є простим та зручним у використанні. Задачі, що мають рішення на основі даного закону, у підсумку виявляються набагато простіше в порівнянні з довільними законами розподілу.

1.2 Методи оцінювання довірчих інтервалів вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків

Час напрацювання на відмову жорстких дисків являється ВВ. Її закон розподілу відрізняється від нормального та експоненціального. Виконання оцінювання характеристик даної ВВ є важливою задачею, адже відмова диска може призвести до втрати важливих даних, а можливість точно передбачити відмову диска, дозволить вчасно створити резервну копію та відновити дані. А це в свою чергу підвищить надійність систем зберігання даних.

Для проведення оцінювання характеристик ВВ, а саме статистичних моментів, є можливість використовувати інтервальні або точкові оцінки. Більш надійним являється інтервальне оцінювання за допомогою довірчого інтервалу.

Методи оцінювання довірчих інтервалів статистичних моментів для ВВ існують тільки для нормального та для деяких законів розподілу, що відрізняються від нормального. Наприклад для експоненціального [10]. Через це проблема знаходження довірчих інтервалів статистичних моментів часу напрацювання на відмову жорстких дисків актуальна.

При нормальному законі розподілу довірчий інтервал математичного сподівання визначають на основі t -розподілу Стюдента. А для середньоквадратичного відхилення – на основі розподілу χ^2 Пірсона [11].

Спочатку знаходимо $(1-\alpha)\%$ довірчий інтервал точкової оцінки вибіркового середнього $[\hat{\alpha}_1(z)]$ ВВ z для нормальної генеральної сукупності [12]:

$$[\hat{\alpha}_1(z)] = [z - t_{n-1} S_z / \sqrt{n}, z + t_{n-1} S_z / \sqrt{n}], \quad (1.1)$$

де z – вибіркве середнє випадкової величини z ;

t_{n-1} – квантіль t -розподілу Стюдента;

n – кількість значень у вибірці;

S_z – середньоквадратичне відхилення випадкової величини z .

Далі потрібно знайти $(1-\alpha)\%$ довірчий інтервал точкової оцінки середньоквадратичного відхилення $[S_z]$ ВВ z для нормальної генеральної сукупності [12]:

$$[S_z] = \left[S_z \sqrt{n / \chi_{\alpha/2}^2}, S_z \sqrt{n / \chi_{1-\alpha/2}^2} \right], \quad (1.2)$$

де $\chi_{\alpha/2}^2$ та $\chi_{1-\alpha/2}^2$ – верхні $100\alpha\%$ точки розподілу χ^2 ;

α – рівень значущості.

Слід провести оцінку математичного сподівання та дисперсії ВВ, інші моменти можна отримати із цих двох вищевказаних. Вибіркове середнє і вибіркве середньоквадратичне є точковими оцінками математичного сподівання та середньоквадратичного відхилення.

При експоненціальному законі розподілу довірчий інтервал визначають тільки для вибіркового середнього $[\hat{\alpha}_1(x)]$ ВВ x на основі розподілу χ^2 Пірсона за формулою, яку приведено в [10]:

$$[\hat{\alpha}_1(x)] = \left[2n\hat{m}_x / \chi_{2n,(1-\beta)/2}^2, 2n\hat{m}_x / \chi_{2n,(1+\beta)/2}^2 \right], \quad (1.3)$$

де n – кількість значень у вибірці;

$\hat{m}_x$ – вибіркове середнє випадкової величини x ;

$\chi_{2n,(1-\beta)/2}^2$ та $\chi_{2n,(1+\beta)/2}^2$ – верхні $100\alpha\%$ точки розподілу χ^2 ;

β – довірча ймовірність.

Якщо використати параметр розподілу λ , то отримаємо такий довірчий інтервал:

$$[\hat{\lambda}] = \left[\chi_{2n,(1+\beta)/2}^2 \cdot \lambda^* / 2(n-1), \chi_{2n,(1-\beta)/2}^2 \cdot \lambda^* / 2(n-1) \right], \quad (1.4)$$

де $\lambda^* = \frac{n-1}{\sum_{i=1}^n x_i}$ – незміщена точкова оцінка λ .

Для оцінювання довірчих інтервалів статистичних моментів тоді, коли ВВ не підпорядковується нормальному чи експоненціальному закону розподілу використовується два різних підходи. Перший – непараметричний підхід [12]. Його суть заключається у тому, що при збільшенні кількості спостережень закон розподілу ВВ наближається до нормального. Далі оцінювання відбувається звичайним способом.

Другий підхід, що використовується у даній роботі, полягає у застосуванні нормалізуючого перетворення [13]. На основі нормалізуючого перетворення отримується ВВ з нормальним законом розподілу, визначаються довірчі інтервали точкових оцінок статистичних моментів для даної ВВ звичайним способом. Після цих дій, використовуючи зворотне перетворення, отримуємо довірчі інтервали статистичних моментів

початкової ВВ. В залежності від ЕД обирають конкретне нормалізуюче перетворення.

1.3 Способи удосконалення ймовірнісних моделей розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків

У багатьох випадках ЕД про напрацювання на відмову невідновлювальних пристроїв та систем не можуть бути апроксимовані з використанням експоненціального закону розподілу та містять відхилення. Саме через це виникає необхідність в уточненні закону розподілу ВВ. А також необхідність у пошуку аналітичної моделі закону розподілу ВВ вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків.

Для виконання нормалізації емпіричних даних можна використовувати нормалізуючі перетворення на основі десяткового або натурального логарифмів, чи перетворення Бокса-Кокса.

Метод Бокса-Кокса дозволяє вибрати оптимальний спосіб нормалізації даних виходячи із значення лише одного параметру – λ . При значенні лямбда рівному нулю здійснюється логарифмічне перетворення вхідної послідовності, при значенні лямбда відмінному від нуля – показникове. Якщо параметр лямбда дорівнює одиниці, то закон розподілу вихідної послідовності не змінюється, хоча при цьому послідовність отримає зсув за рахунок віднімання одиниці з кожного її значення.

При використанні перетворення Бокса-Кокса необхідно, щоб всі значення вхідної послідовності були позитивними і відмінними від нуля. Якщо вхідна послідовність не задовольняє цим вимогам, то її можна зрушити в позитивну область на величину, яка гарантує "позитивність" всіх її значень.

Але все ж таки краще використовувати нормалізуючі перетворення Джонсона. Джонсон провів опис системи густин ймовірності, що являють собою перетворення стандартного нормального розподілу. Використовуючи

ці перетворення до стандартної нормальної величини з'являється можливість апроксимувати різні розподіли, що відрізняються від нормального [14].

Сім'ї розподілів Джонсона мають перевагу в тому, що якщо провести певні перетворення, то вони призведуть до нормально розподіленої ВВ, для якої є велика кількість статистичних критеріїв, методів та оцінок, а конкретніше – методи знаходження довірчих інтервалів точкових оцінок характеристик ВВ, тобто середньоквадратичного відхилення та математичного сподівання.

Враховуючи те, що при використанні розподілів Джонсона для задач підбору аналітичної моделі закону розподілу ЕД з різноманітних галузей має добрі результати [15], це дозволяє використати дані розподіли для виконання нормалізації вихідних ЕД про виміри часу напрацювання на відмову жорстких дисків. Також є можливість заздалегідь обрати відповідну сім'ю розподілів за значеннями асиметрії в квадраті A^2 та ексцесу ϵ , при чому сім'я розподілів Джонсона S_V підходить для нормалізації даних з U-подібним та бімодальним розподілом.

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ЙМОВІРНІСНОЇ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ ВИМІРІВ ЧАСУ НАПРАЦЮВАННЯ НА ВІДМОВУ ЖОРСТКИХ ДИСКІВ

2.1 Розробка удосконаленої ймовірнісної моделі розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків із застосуванням нормалізуючих перетворень

Для того, щоб виконати нормалізацію ЕД, можна використати логарифмічні перетворення, які ґрунтуються на десятковому або натуральному логарифмі, перетворення Бокса-Кокса, перетворення Джонсона тощо [13]. Найбільш простим нормалізуючим перетворенням є логарифмічні перетворення, однак вони можуть не завжди забезпечувати достатню якість перетворення, бо вони не мають параметрів оптимізації. Оскільки перетворення Бокса-Кокса є однопараметричним, то воно не дозволяє нормалізувати ЕД з бімодальним і U-подібним законами розподілу ВВ. Ще одним недоліком перетворення Бокса-Кокса являється відсутність можливості визначити чи підійде дане перетворення для виконання нормалізації даних чи ні, перед оцінюванням параметрів. Саме тому, кращим варіантом буде використання перетворення Джонсона, що має чотири параметри.

У загальному випадку перетворення Джонсона має вигляд [13]:

$$z = \gamma + \eta h(x, \phi, \lambda); \quad \eta > 0; -\infty < \gamma < \infty; \lambda > 0; -\infty < \phi < \infty, \quad (2.1)$$

де z – нормована нормально розподілена ВВ;

$\gamma, \eta, \phi, \lambda$ – параметри перетворення Джонсона, з яких γ і η – параметри форми, ϕ – параметр зсуву, λ – параметр масштабу;

x – ВВ, яка нормалізується;

h – функція певної сім'ї:

$$h_1(x, \varphi, \lambda) = \ln(\tilde{x}), x > \varphi; \quad (2.2)$$

$$h_2(x, \varphi, \lambda) = \ln\left(\frac{\tilde{x}}{1 - \tilde{x}}\right), \varphi < x < \varphi + \lambda; \quad (2.3)$$

$$h_3(x, \varphi, \lambda) = \text{Arsh}(\tilde{x}), -\infty \leq x \leq +\infty. \quad (2.4)$$

Сім'ї функцій h_1 відповідає логарифмічно нормальний розподіл S_L Джонсона, сім'ї функцій h_2 відповідає сім'я розподілів S_B Джонсона, сім'ї функцій h_3 відповідає сім'я розподілів S_U Джонсона, $\tilde{x} = \frac{x - \varphi}{\lambda}$.

Функції щільності ймовірності, що використовуються у сім'ях розподілів Джонсона мають наступний вигляд [16]:

$$f_L(x) = \frac{\eta}{\sqrt{2\pi}(x - \varphi)} \exp\left\{-\frac{\eta^2}{2} \left[\frac{\gamma - \eta \ln \lambda}{\eta} + \ln(x - \varphi)\right]^2\right\}; \quad (2.5)$$

$$x > \varphi; \eta > 0; -\infty < \gamma < \infty; \lambda > 0; -\infty < \varphi < \infty;$$

$$f_B(x) = \frac{\eta \lambda}{\sqrt{2\pi}(x - \varphi)(\lambda + \varphi - x)} \exp\left\{-\frac{1}{2} \left[\gamma + \eta \ln\left(\frac{x - \varphi}{\lambda + \varphi - x}\right)\right]^2\right\}; \quad (2.6)$$

$$\varphi < x < \varphi + \lambda; \eta > 0; -\infty < \gamma < \infty; \lambda > 0; -\infty < \varphi < \infty;$$

$$f_U(x) = \frac{\eta}{\sqrt{2\pi\{(x - \varphi)^2 + \lambda^2\}}} \exp\left\{-\frac{1}{2} \left[\gamma + \eta \ln\left(\frac{x - \varphi}{\lambda} + \sqrt{\left(\frac{x - \varphi}{\lambda}\right)^2 + 1}\right)\right]^2\right\}; \quad (2.7)$$

$$-\infty < x < \infty; \eta > 0; -\infty < \gamma < \infty; \lambda > 0; -\infty < \varphi < \infty.$$

Перетворення (2.1) має зворотнє перетворення:

$$x = \varphi + \lambda h^{-1}(z, \gamma, \eta); \quad \eta > 0; -\infty < \gamma < \infty; \lambda > 0; -\infty < \varphi < \infty, \quad (2.8)$$

де x – ВВ з розподілом Джонсона;

$\gamma, \eta, \varphi, \lambda$ – параметри перетворення Джонсона;

z – нормально розподілена ВВ;

h^{-1} – функції певної сім'ї:

$$h_1^{-1}(z, \gamma, \eta) = e^{\zeta}; \quad (2.9)$$

$$h_2^{-1}(z, \gamma, \eta) = \frac{1}{1 + e^{-\zeta}}; \quad (2.10)$$

$$h_3^{-1}(z, \gamma, \eta) = \frac{e^{\zeta} - e^{-\zeta}}{2}. \quad (2.11)$$

Функція h_1^{-1} – для сім'ї S_L Джонсона, функція h_2^{-1} – для сім'ї S_B Джонсона, функція h_3^{-1} – для сім'ї S_U Джонсона, $\zeta = \frac{z - \gamma}{\eta}$.

Наступні незміщені точкові оцінки ймовірнісних характеристик вибірок емпіричних та нормалізованих даних використовують для наведених вище розрахунків:

– точкова оцінка математичного сподівання (вибіркове середнє):

$$\hat{m}_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i;$$

– точкова оцінка дисперсії:

$$\hat{D}_x = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 ;$$

- точкова оцінка середньоквадратичного відхилення:

$$\hat{\sigma}_x = \sqrt{\hat{D}_x} ;$$

- точкова оцінка асиметрії:

$$\hat{A}_x = \frac{n}{(n-1)(n-2)\sigma_x^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 ;$$

- точкова оцінка ексцесу:

$$\hat{\epsilon}_x = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)\sigma_x^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 .$$

Для того, щоб обрати потрібну сім'ю розподілу Джонсона можна використати діаграму в площині ексцес – асиметрія в квадраті $\epsilon - A^2$, чи аналітичну залежність $\epsilon(A^2)$. При виконанні автоматизації розрахунків більш зручним рішенням буде використати аналітичну залежність, що наведена в [17]:

$$\begin{aligned} \epsilon(A^2) = & 3,59 \cdot 10^{-6} A^8 - 4,8805 \cdot 10^{-4} A^6 + 4,1655 \cdot 10^{-2} A^4 + \\ & + 1,8203 A^2 + 2,9658 \end{aligned} \quad (2.12)$$

Якщо точка з координатами (A^2, ϵ) знаходиться біля лінії S_L , то потрібно використовувати розподіл з сім'ї S_L . Якщо точка з координатами $(A^2,$

є) знаходиться вище лінії S_L – використовувати розподіл з сім'ї S_U , а якщо нижче лінії S_L до лінії критичної області – то розподіл з сім'ї S_B . Однак, при ситуації коли точка потрапляє у критичну область – використовувати апроксимації із сім'ї розподілів Джонсона не можна.

Після того, як було обрано відповідну сім'ю розподілів, потрібно виконати розрахунок її параметрів. В загальному випадку знайти значення параметрів перетворення Джонсона можна, використовуючи непараметричний метод, а саме вирішити задачу математичного програмування [13]:

$$\hat{\theta} = \arg \min_{\theta} \left\{ \hat{A}_z^2 + (\hat{\varepsilon}_z - 3)^2 + \hat{m}_z^2 + (\hat{D}_z - 1)^2 \right\}, \quad (2.13)$$

де θ – вектор невідомих параметрів, $\theta = \{\gamma, \eta, \phi, \lambda\}$;

$$\hat{A}_z = \frac{1}{n\sigma_z^3} \sum_{i=1}^n (z_i - m_z)^3 - \text{оцінка асиметрії розподілу } z;$$

$$\hat{\varepsilon}_z = \frac{1}{n\sigma_z^4} \sum_{i=1}^n (z_i - m_z)^4 - \text{оцінка ексцесу розподілу } z;$$

$$\hat{m}_z = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i - \text{оцінка математичного сподівання } z;$$

$$\hat{D}_z = \sigma_z^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z_i - m_z)^2 - \text{оцінка дисперсії } z;$$

n – кількість значень z у вибірці.

$(1-\alpha)\%$ довірчі інтервали точкових оцінок вибіркового середнього $[\hat{\alpha}_1(z)]$ та середньоквадратичного відхилення $[S_z]$ ВВ z для нормальної генеральної сукупності знаходимо за формулами (1.1) та (1.2) відповідно.

Знаходження довірчих інтервалів вибіркового середнього $[\alpha_1(x)]$ та середньоквадратичного відхилення $[S_x]$ ВВ x для всіх функцій h , визначених

формулами (2.2) – (2.4) з перетворення (2.1) ґрунтується на розкладанні функції $h(x, \varphi, \lambda)$ в ряд Тейлора:

$$h(x, \varphi, \lambda) = \tilde{x} + R, \quad (2.14)$$

де $\tilde{x} = \frac{(x - \varphi)}{\lambda}$ – член ряду, лінійно залежний від x ;

R – сума залишкових членів ряду.

Наступним чином визначається алгоритм визначення $(1-\alpha)\%$ довірчого інтервалу вибіркового середнього $[\hat{\alpha}_1(x)]$ ВВ x :

– для вибіркового середнього $\bar{x}$ визначаємо відповідне значення $\bar{z}$ за формулою (2.1);

– знаходимо $\Delta z = \frac{t_{n-1} S_z}{\sqrt{n}}$;

– отримуємо межі довірчого інтервалу вибіркового середнього ВВ z :
 $z_{\min} = \bar{z} - \Delta z$ та $z_{\max} = \bar{z} + \Delta z$;

– для значень $z_{\min}$ та $z_{\max}$ за зворотним перетворенням (2.8), отримуємо границі довірчого інтервалу вибіркового середнього ВВ x : $x_{\min}$ та $x_{\max}$ [15].

Аналогічно визначається алгоритм визначення $(1-\alpha)\%$ довірчого інтервалу вибіркового середньоквадратичного відхилення $[S_x]$ ВВ x .

2.2 Перевірка адекватності ймовірнісних моделей

Перевірити адекватність побудованої ймовірнісної моделі можна використовуючи різноманітні критерії згоди. Найбільш часто використовують критерій згоди χ^2 Пірсона.

Для застосування критерію згоди χ^2 Пірсона необхідно обчислити значення статистики критерію Пірсона [18]:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}, \quad (2.15)$$

де m – кількість підінтервалів, залежна від обсягу вибірки n ;

n_i – кількість значень випадкової величини, що потрапили в i -й підінтервал;

p_i – ймовірність потрапляння випадкової величини в i -й підінтервал відповідно з гіпотетичним законом розподілу випадкової величини.

Кількість підінтервалів m можна розрахувати або за формулою Старджеса $m = 3,31 \cdot \lg n + 1$, або за формулою Брукса і Карузера $m = 5 \cdot \lg n$ [19], або взяти в залежності від обсягу вибірки n [18].

Після цього, в залежності від заданого рівня значущості α і числа ступенів свободи $\nu = m - k - 1$, де k – кількість параметрів, оцінюваних по розглянутій вибірці, по таблиці верхніх $100\alpha\%$ точок розподілу χ^2 знаходимо значення $\chi^2_{кр}$. Якщо нерівність $\chi^2 \leq \chi^2_{кр}$ виконується, то можна вважати що отриманий закон розподілу адекватний прийнятій гіпотезі про розподіл емпіричних даних.

Недолік вище описаного критерію згоди полягає у тому, що його не можна використовувати при роботі з малою вибіркою.

2.3 Побудова удосконаленої ймовірнісної моделі розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків та перевірка її адекватності

Для перевірки удосконаленої ймовірнісної моделі розподілу вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків була виконана побудова даної моделі. Данні про роботу жорстких дисків були взяті з сайту компанії Backblaze. Backblaze публікує статистику і аналітику на основі жорстких дисків, що працюють в їх центрі обробки даних. Вони ведуть облік роботи

жорстких дисків починаючи з 2013 року. Всі данні знаходяться у вільному доступі на їх офіційному веб-сайті [20].

Для даної роботи були взяті данні про виведені зі строю жорсткі диски за період з 1 січня 2019 року по 31 січня 2019 року. Набір включає в себе дані про роботу 147 жорстких дисків, що вийшли зі строю у січні 2019 року. Дані представлені із стовбців таких, як дата початку роботи, дата виходу зі строю, тривалість роботи до відмови, виробник, модель та серійний номер жорсткого диску. Також є інформація про об'єм пам'яті жорсткого диску. Головними є данні про тривалість роботи до відмови (у днях). Фрагмент даних зображено на рисунку 2.1.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Дата початку роботи (м/д/р)	Дата виходу зі строю (м/д/р)	Тривалість роботи до відмови (дн.)	Виробник	Модель	Серійний номер	Об'єм (Тб)
2	8/4/2017	1/1/2019	507	SEAGATE	ST8000NM0055	ZA18197Z	8
3	5/21/2015	1/1/2019	1300	SEAGATE	ST4000DM000	S300YTAY	4
4	7/23/2015	1/1/2019	1238	SEAGATE	ST4000DM000	S300ZREZ	4
5	7/15/2017	1/1/2019	526	SEAGATE	ST8000NM0055	ZA180YM3	8
6	8/29/2018	1/2/2019	123	SEAGATE	ST500LM030	ZDEB35E7	0.5
7	11/9/2017	1/2/2019	413	SEAGATE	ST12000NM0007	ZCH07RLC	12
8	6/24/2016	1/2/2019	908	SEAGATE	ST8000DM002	ZA120GQQ	8
9	10/3/2015	1/2/2019	1169	SEAGATE	ST4000DM000	Z302T6AB	4
10	8/29/2015	1/2/2019	1203	SEAGATE	ST4000DM000	Z3026Q5Y	4
11	11/14/2014	1/3/2019	1489	SEAGATE	ST4000DM000	W300THEG	4
12	6/11/2018	1/3/2019	202	SEAGATE	ST8000DM004	WCT0EJDY	8
13	1/13/2018	1/3/2019	350	SEAGATE	ST12000NM0007	ZCH0C6VX	12
14	6/25/2015	1/3/2019	1268	SEAGATE	ST500LM012 HN	S2ZYJ9CG108681	0.5
15	6/29/2016	1/3/2019	904	SEAGATE	ST8000DM002	ZA11QJH1	8
16	10/21/2017	1/3/2019	432	SEAGATE	ST12000NM0007	ZCH08BSC	12
17	1/13/2018	1/3/2019	350	SEAGATE	ST12000NM0007	ZCH0931T	12
18	12/6/2016	1/4/2019	748	SEAGATE	ST8000DM002	ZA13R2NE	8
19	10/21/2017	1/4/2019	433	SEAGATE	ST12000NM0007	ZCH075WD	12
20	8/18/2017	1/4/2019	496	SEAGATE	ST8000NM0055	ZA18145R	8

Рисунок 2.1 – Фрагмент даних про виведені зі строю жорсткі диски

Була виконана побудова ймовірнісної моделі розподілу часу напрацювання на відмову жорстких дисків, час роботи вимірювався у днях. Гістограму вхідних ЕД зображено на рисунку 2.2.

Використовуючи критерій згоди χ^2 Пірсона, формула (2.15), з довірчою ймовірністю 0,95 було встановлено, що гіпотеза про відповідність

емпіричних даних експоненціальному закону розподілу не приймається: $\chi^2 = 169,41$ при критичному значенні $\chi^2_{кр} = 12,59$.

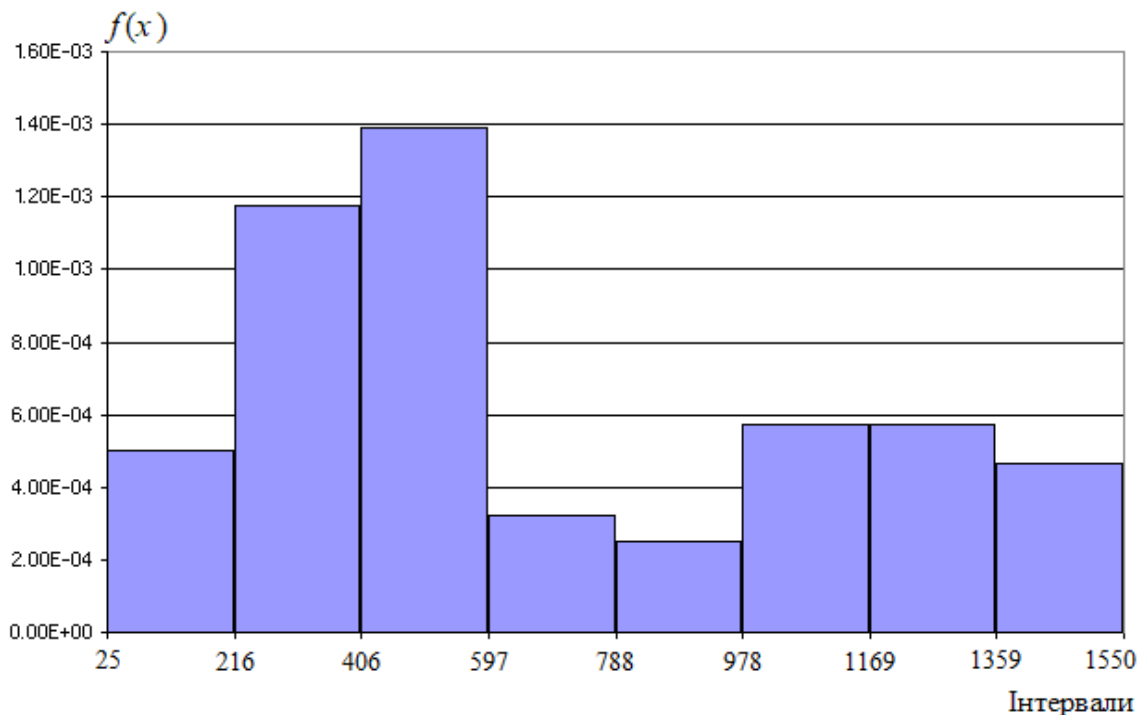


Рисунок 2.2 – Гістограма вхідних ЕД ВВ X

Ймовірнісні характеристики емпіричного розподілу: $n=147$; $\bar{x}=684,01$; $D=183503$; $\sigma=428,37$ $A=0,5243$; $\varepsilon=2,0809$. Ґрунтуючись на оцінках A^2 і ε , використовуючи формулу (2.12), була обрана сім'я розподілів S_B Джонсона.

Нормалізація випадкової величини x була виконана у відповідності з перетворенням (2.1), параметри перетворення: $\gamma = 0,3888$; $\eta = 0,7580$; $\varphi = -7,2088$; $\lambda = 1717,45$. На рисунку 2.3 зображено гістограму нормалізованих ЕД ВВ Z.

Оскільки ми перевіряємо данні на нормальність, то для коректного і зрозумілого відображення їх на графіку, було взято непарну кількість інтервалів – а саме сім інтервалів. Це надає змогу краще зрозуміти чи відповідають данні нормальному закону розподілу.

Використовуючи критерій згоди χ^2 Пірсона, що знаходиться за формулою (2.15), з довірчою ймовірністю 0,95 було встановлено, що

гіпотеза, про відповідність перетворених даних нормальному закону розподілу, приймається: $\chi^2 = 8,76$ при критичному значенні $\chi^2_{кр} = 9,49$.

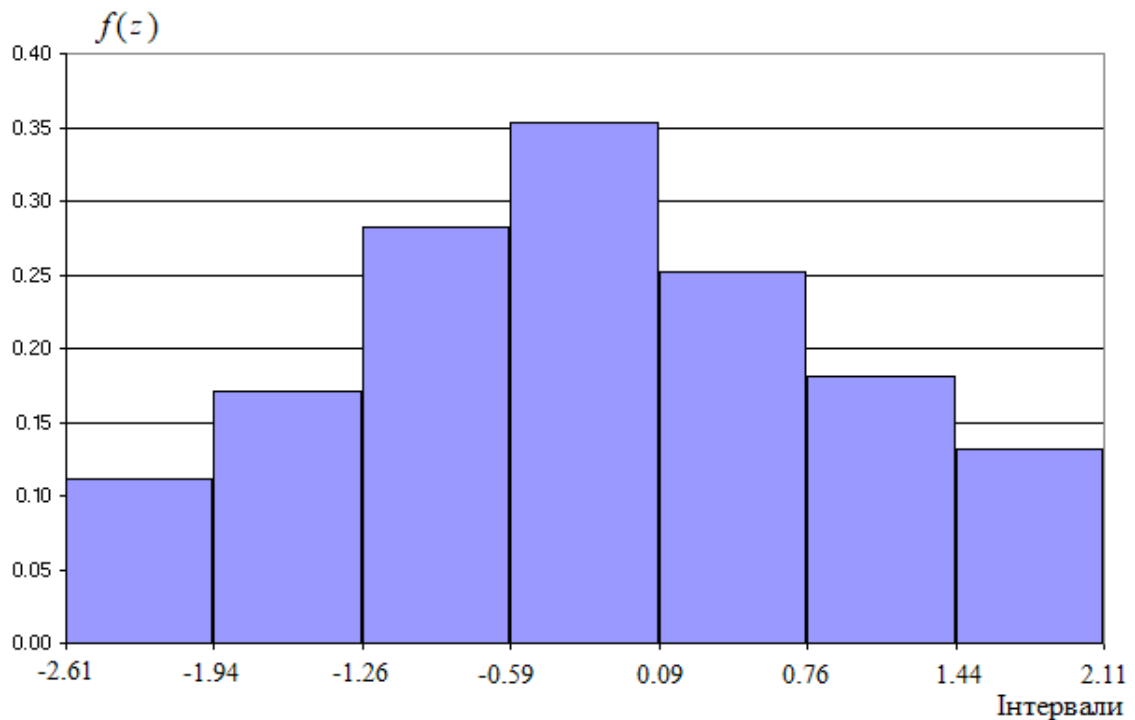


Рисунок 2.3 – Гістограма нормалізованих ЕД ВВ Z

Ймовірнісні характеристики нормалізованої вибірки: $n=147$; $\bar{z}_x=0,0002$; $D_z=1,0001$; $\sigma_z=1,0001$; $A_z=0,0000$; $\varepsilon_z=3,0000$.

В результаті підстановки параметрів перетворення Джонсона у формулу (2.6), було отримано функцію щільності ймовірності розподілу часу напрацювання на відмову жорстких дисків:

$$f_B(x) = \frac{1301,8271}{\sqrt{2\pi}(x + 7,2088)(1710,2412 - x)} \times \\ \times \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[0,3888 + 0,758 \cdot \ln \left(\frac{x + 7,2088}{1710,2412 - x} \right) \right]^2 \right\}$$

Розрахунок 95% довірчих інтервалів точкових оцінок вибіркового середнього було проведено згідно з формулою (2.14), а також був

розрахований параметр експоненціального розподілу λ випадкової величини x , використовуючи непараметричне оцінювання, експоненціальний закон розподілу та нормалізуюче перетворення Джонсона сім'ї S_B . Також було отримано довірчі інтервали, що наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Довірчі інтервали точкових оцінок вибіркового середнього і параметру експоненціального розподілу λ випадкової величини x

Параметр	Непараметричне оцінювання		Експоненціальний закон розподілу		Нормалізуюче перетворення Джонсона	
	Нижня границя	Верхня границя	Нижня границя	Верхня границя	Нижня границя	Верхня границя
$[\hat{\alpha}_1(x)]$	588,31	814,12	597,35	774,38	614,19	753,84
$[\lambda]$	$1,2283 \cdot 10^{-3}$	$1,6998 \cdot 10^{-3}$	$1,2914 \cdot 10^{-3}$	$1,6741 \cdot 10^{-3}$	$1,3265 \cdot 10^{-3}$	$1,6282 \cdot 10^{-3}$

Використовуючи данні з таблиці 2.1 були отримані довжини довірчих інтервалів точкових оцінок вибіркового середнього і параметру експоненціального розподілу λ випадкової величини x . Вони відображені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Довжини довірчих інтервалів оцінок вибіркового середнього і параметру експоненціального розподілу λ випадкової величини x

Параметр	Непараметричне оцінювання	Експоненціальний закон розподілу	Нормалізуюче перетворення Джонсона
Довжина інтервалу $[\hat{\alpha}_1(x)]$	225,81	177,03	139,65
Довжина інтервалу $[\lambda]$	$0,4715 \cdot 10^{-3}$	$0,3827 \cdot 10^{-3}$	$0,3017 \cdot 10^{-3}$

З наведених в таблиці 2.2 даних випливає, що непараметричне оцінювання призводить до збільшення у 1,62 та 1,56 рази довірчих інтервалів вибіркового середнього та параметру експоненціального розподілу відповідно в порівнянні з підходом на основі нормалізуючого перетворення Джонсона сім'ї S_B . Також, при застосуванні нормалізуючого перетворення Джонсона, був отриманий несиметричний довірчий інтервал вибіркового середнього, що демонструє асиметрію вихідної вибірки на відміну від непараметричного оцінювання. Також у 1,27 рази довірчий інтервал вибіркового середнього, що базується на експоненціальному законі розподілу, більший в порівнянні з підходом, що ґрунтується на нормалізуючому перетворенні Джонсона.

Отже, коли емпіричний розподіл випадкової величини відрізняється від нормального, використання непараметричного оцінювання може призвести до помітно викривлених результатів. У такому випадку кращим варіантом є застосування нормалізуючих перетворень.

3 ПРОЕКТ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЙМОВІРНІСНОЇ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ ВИМІРІВ ЧАСУ НАПРАЦЮВАННЯ НА ВІДМОВУ ЖОРСТКИХ ДИСКІВ

3.1 Ескізний проект

3.1.1 Побудова діаграми варіантів використання

У додатку є один тип користувача, а саме сам користувач. Він може переглядати та взаємодіяти з додатком.

На рисунку 3.1 представлена діаграма варіантів використання для користувача.

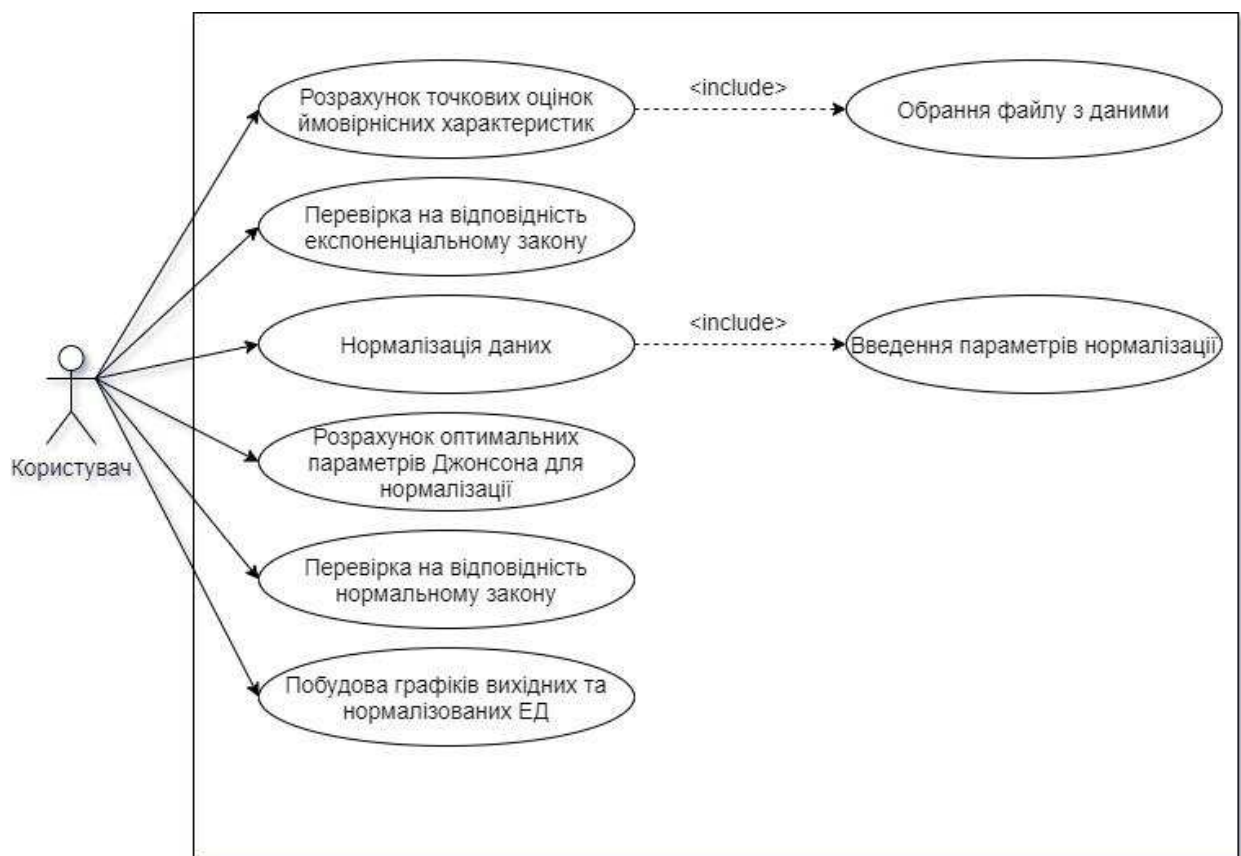


Рисунок 3.1 – Діаграма варіантів використання

Для деталізації варіантів використання в таблицях 3.1 – 3.8 наведено специфікації варіантів використання.

Таблиця 3.1 – Специфікація варіанту використання «Обрання файлу з даними»

Опис	Складова
Варіант використання	Обрання файлу з даними
Короткий опис	Варіант використання активізується користувачем і пропонує можливість обрати файл з даними для проведення подальших розрахунків.
Актор	Користувач
Передумови	Не виявлено
Основний потік подій	Користувач повинен натиснути кнопку «Обрати файл...», після чого у вікні провідника обрати файл з даними у форматі «.csv» та підтвердити свій вибір.
Альтернативні потоки подій	Не виявлено
Пост умови	Не виявлено

Таблиця 3.2 – Специфікація варіанту використання «Розрахунок точкових оцінок ймовірнісних характеристик»

Опис	Складова
Варіант використання	Розрахунок точкових оцінок ймовірнісних характеристик
Короткий опис	Варіант використання активізується користувачем і пропонує можливість провести розрахунок точкових оцінок ймовірнісних характеристик ЕД.
Актор	Користувач
Передумови	Виконання варіанту використання «Обрання файлу з даними»
Основний потік подій	Користувач для проведення розрахунку точкових оцінок ймовірнісних характеристик ЕД повинен натиснути кнопку «Розрахувати».
Альтернативні потоки подій	1. Не вказаний шлях до файлу з даними, додаток сповіщає про помилку.
Пост умови	Не виявлено

Таблиця 3.3 – Специфікація варіанту використання «Перевірка на відповідність експоненціальному закону»

Опис	Складова
Варіант використання	Перевірка на відповідність експоненціальному закону
Короткий опис	Варіант використання активізується користувачем і пропонує можливість провести перевірку на відповідність експоненціальному закону ЕД.
Актор	Користувач
Передумови	Не виявлено
Основний потік подій	Користувач для проведення перевірки ЕД на відповідність експоненціальному закону повинен натиснути кнопку «Розрахувати».
Альтернативні потоки подій	1. Не вказаний шлях до файлу з даними, додаток сповіщає про помилку.
Пост умови	Не виявлено

Таблиця 3.4 – Специфікація варіанту використання «Введення параметрів нормалізації»

Опис	Складова
Варіант використання	Введення параметрів нормалізації
Короткий опис	Варіант використання активізується користувачем і пропонує можливість ввести параметри для проведення нормалізації ЕД.
Актор	Користувач
Передумови	Не виявлено
Основний потік подій	Користувач для введення параметрів нормалізації повинен натиснути кнопку «Нормалізувати».
Альтернативні потоки подій	Не виявлено
Пост умови	Не виявлено

Таблиця 3.5 – Специфікація варіанту використання «Нормалізація даних»

Опис	Складова
Варіант використання	Нормалізація даних
Короткий опис	Варіант використання активізується користувачем і пропонує можливість провести нормалізацію ЕД.
Актор	Користувач
Передумови	Не виявлено
Основний потік подій	Користувач для проведення нормалізації повинен натиснути кнопку «Розрахувати».
Альтернативні потоки подій	1. Не всі поля заповнені, додаток сповіщає про помилку.
Пост умови	Не виявлено

Таблиця 3.6 – Специфікація варіанту використання «Розрахунок оптимальних параметрів Джонсона для нормалізації»

Опис	Складова
Варіант використання	Розрахунок оптимальних параметрів Джонсона для нормалізації
Короткий опис	Варіант використання активізується користувачем і пропонує виконати розрахунок оптимальних параметрів Джонсона для нормалізації ЕД.
Актор	Користувач
Передумови	Не виявлено
Основний потік подій	Користувач для розрахунку оптимальних параметрів Джонсона для нормалізації повинен натиснути кнопку «Розрахувати».
Альтернативні потоки подій	1. Не всі поля заповнені, додаток сповіщає про помилку.
Пост умови	Не виявлено

Таблиця 3.7 – Специфікація варіанту використання «Перевірка на відповідність нормальному закону»

Опис	Складова
Варіант використання	Перевірка на відповідність нормальному закону
Короткий опис	Варіант використання активізується користувачем і пропонує виконати перевірку нормалізованих ЕД на відповідність нормальному закону.
Актор	Користувач
Передумови	Не виявлено
Основний потік подій	Користувач для виконання перевірки нормалізованих ЕД на відповідність нормальному закону повинен натиснути кнопку «Розрахувати».
Альтернативні потоки подій	1. Не всі поля заповнені, додаток сповіщає про помилку.
Пост умови	Не виявлено

Таблиця 3.8 – Специфікація варіанту використання «Побудова графіків вихідних та нормалізованих ЕД»

Опис	Складова
1	2
Варіант використання	Побудова графіків вихідних та нормалізованих ЕД
Короткий опис	Варіант використання активізується користувачем і пропонує виконати побудову графіків вихідних та нормалізованих ЕД.
Актор	Користувач
Передумови	Не виявлено

Продовження табл. 3.8

1	2
Основний потік подій	Користувач для проведення побудови графіків вихідних та нормалізованих ЕД повинен натиснути кнопку «Побудувати графіки».
Альтернативні потоки подій	Не виявлено
Пост умови	Не виявлено

Функціональні вимоги:

1. Обрання файлу з даними.
2. Розрахунок точкових оцінок ймовірнісних характеристик.
3. Перевірка на відповідність експоненціальному закону.
4. Введення параметрів нормалізації.
5. Нормалізація даних.
6. Розрахунок оптимальних параметрів Джонсона для нормалізації.
7. Перевірка на відповідність нормальному закону.
8. Побудова графіків вихідних та нормалізованих ЕД.

Нефункціональні вимоги:

1. Цільовий платформою, на якій очікується виконання додатку повинна бути платформа Microsoft Windows 10.
2. Для виконання додатку повинно бути встановлено оточення Java.
3. Додаток повинен бути чутливим до пошкодження конфігураційних файлів.

3.1.2 Побудова діаграми активності

Оскільки основною ціллю системи є отримання результатів нормалізації вхідних ЕД та побудова графіків вихідних та нормалізованих ЕД. Тому слід виділити цей сценарій та описати його.

Сценарій 1. Побудова графіків вихідних та нормалізованих ЕД.

Основним циклом роботи є отримання даних з файлу, що вказує користувач, проведення розрахунків, введення параметрів нормалізації,

розрахунок оптимальних параметрів нормалізації та побудова відповідних графіків. Для детальної візуалізації процесу побудуємо діаграму активності (див. рис. 3.2) ІС для сценарію побудови графіків вихідних та нормалізованих ЕД.

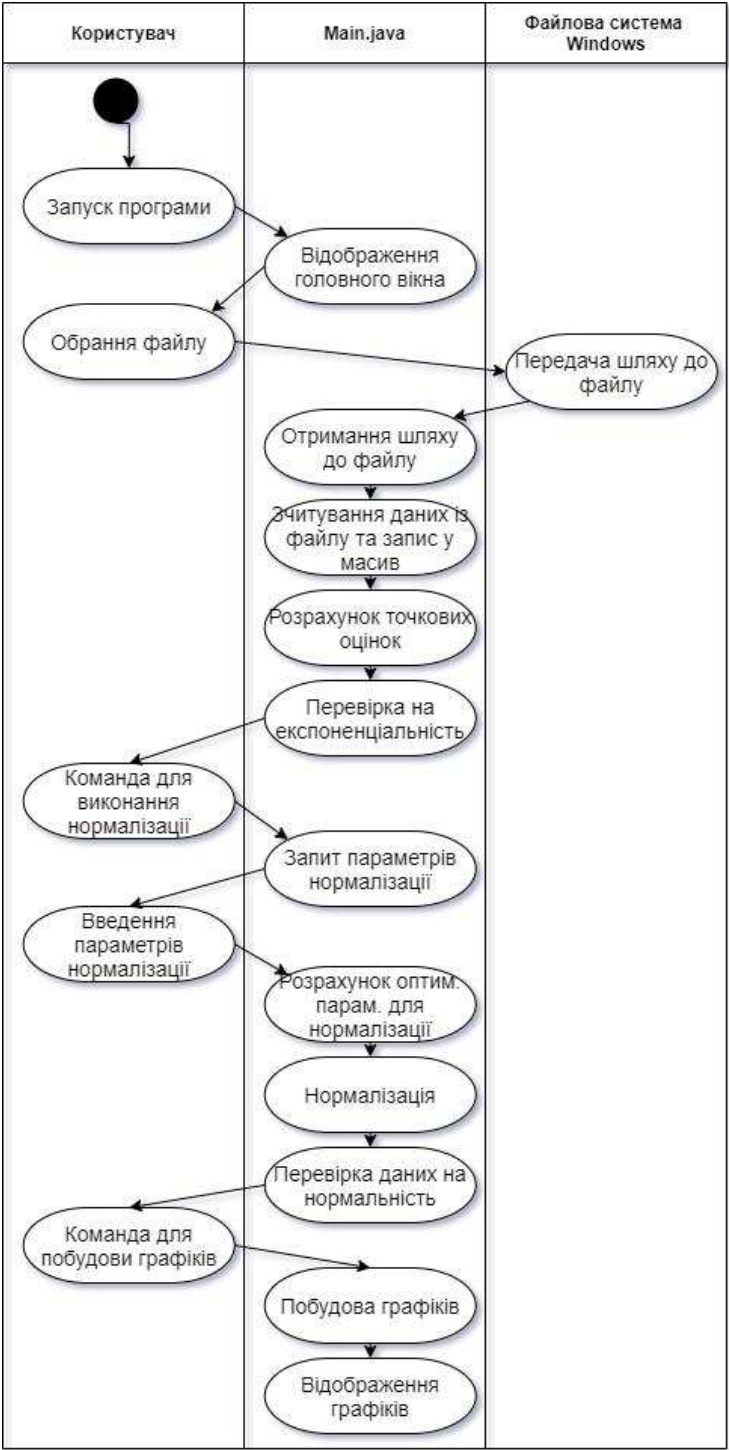


Рисунок 3.2 – Діаграма активності ІС для сценарію побудови графіків вихідних та нормалізованих ЕД

Таким чином на рисунку 3.2 відображена діаграма активності ІС, що допомагає відобразити та виконати візуалізацію сценарію побудови графіків вихідних та нормалізованих ЕД.

3.1.3 Проектування користувацького інтерфейсу

Створимо макети користувацького інтерфейсу за допомогою додатку moqurs. Приклади макетів з поясненнями до них зображені на рисунках 3.3 – 3.7.

Після запуску програми відкривається перше вікно (див. рис. 3.3). Воно містить поле для вводу та дві кнопки. Перша кнопка «Обрати файл...» дозволяє відкрити провідник та обрати файл формату «.csv» з даними для розрахунку. Після цього шлях до файлу буде відображено у поля для вводу. Для виконання розрахунків точкових оцінок вихідних ЕД потрібно натиснути кнопку «Розрахувати».

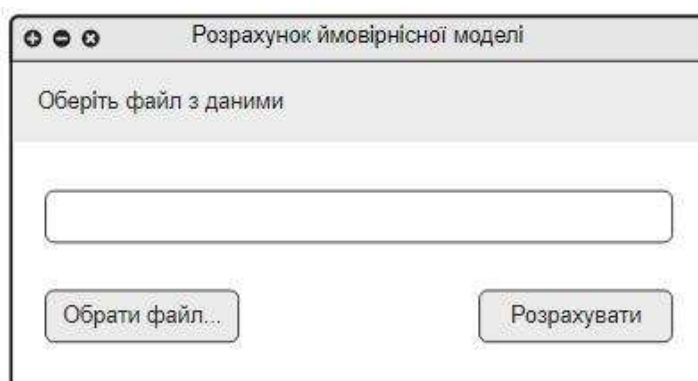


Рисунок 3.3 – Перше вікно програми з можливістю вказати файл з даними для розрахунку

У другому вікні програми (див. рис. 3.4) відображаються розраховані точкові оцінки, а також відображається результат перевірки вихідних ЕД на

відповідність експоненціальному закону. Також є кнопка «Нормалізувати», при натисканні на яку відкриється третє вікно.

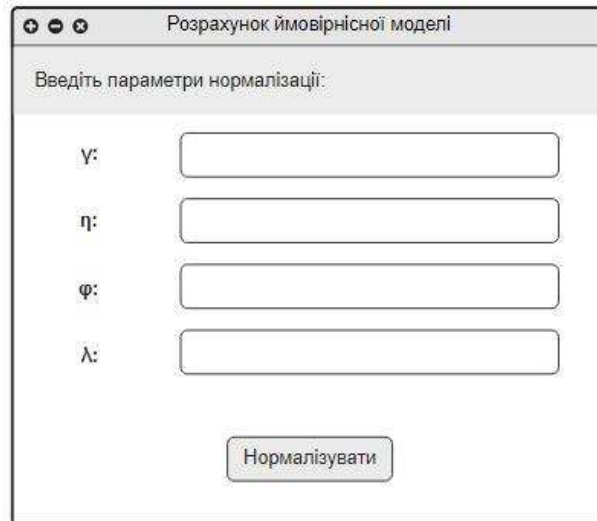
У третьому вікні програми (див. рис. 3.5) відображаються поля для вводу параметрів Джонсона для виконання нормалізації. Також є кнопка «Розрахувати». Після введення параметрів та натисканні кнопки відбуваються обчислення оптимальних параметрів Джонсона для нормалізації, виконуються нормалізація та вже нормалізовані ЕД перевіряються на відповідність нормальному закону розподілу. Після цього відкривається 4 вікно.

The screenshot shows a window titled "Розрахунок ймовірнісної моделі" (Calculation of the probability model). It is divided into two main sections. The first section, "Точкові оцінки ймовірнісних характеристик" (Point estimates of probabilistic characteristics), contains five input fields with labels: "Вибіркове середнє:" (Sample mean), "Дисперсія:" (Variance), "Середньоквадратичне відхилення:" (Standard deviation), "Асиметрія:" (Skewness), and "Екссес:" (Kurtosis). The second section, "Перевірка на відповідність експоненціальному закону" (Check for exponential law correspondence), contains two input fields labeled " χ^2 розрахункове:" (Calculated χ^2) and " χ^2 критичне:" (Critical χ^2). At the bottom center of the window is a button labeled "Нормалізувати" (Normalize).

Рисунок 3.4 – Друге вікно програми з розрахованими точковими оцінками та результатом перевірки вихідних ЕД на відповідність експоненціальному закону

У четвертому вікні програми (див. рис. 3.6) відображаються розраховані оптимальні параметри Джонсона для нормалізації, а також

відображається результат перевірки нормалізованих ЕД на відповідність нормальному закону розподілу. Також є кнопка «Побудувати графіки», при натисканні на яку відкриється останнє, п'яте вікно.



Розрахунок ймовірнісної моделі

Введіть параметри нормалізації:

γ :

η :

φ :

λ :

Нормалізувати

Рисунок 3.5 – Третє вікно програми з полями для вводу параметрів нормалізації



Розрахунок ймовірнісної моделі

Розраховані оптимальні параметри Джонсона для нормалізації

γ :

η :

φ :

λ :

χ^2 розрахункове:

χ^2 критичне:

Побудувати графіки

Рисунок 3.6 – Четверте вікно програми з розрахованими оптимальними параметрами для нормалізації та результатом перевірки на відповідність нормальному закону

У п'ятому вікні відображаються два графіки (див. рис. 3.7). Перший – вихідні ЕД, другі – нормалізовані.

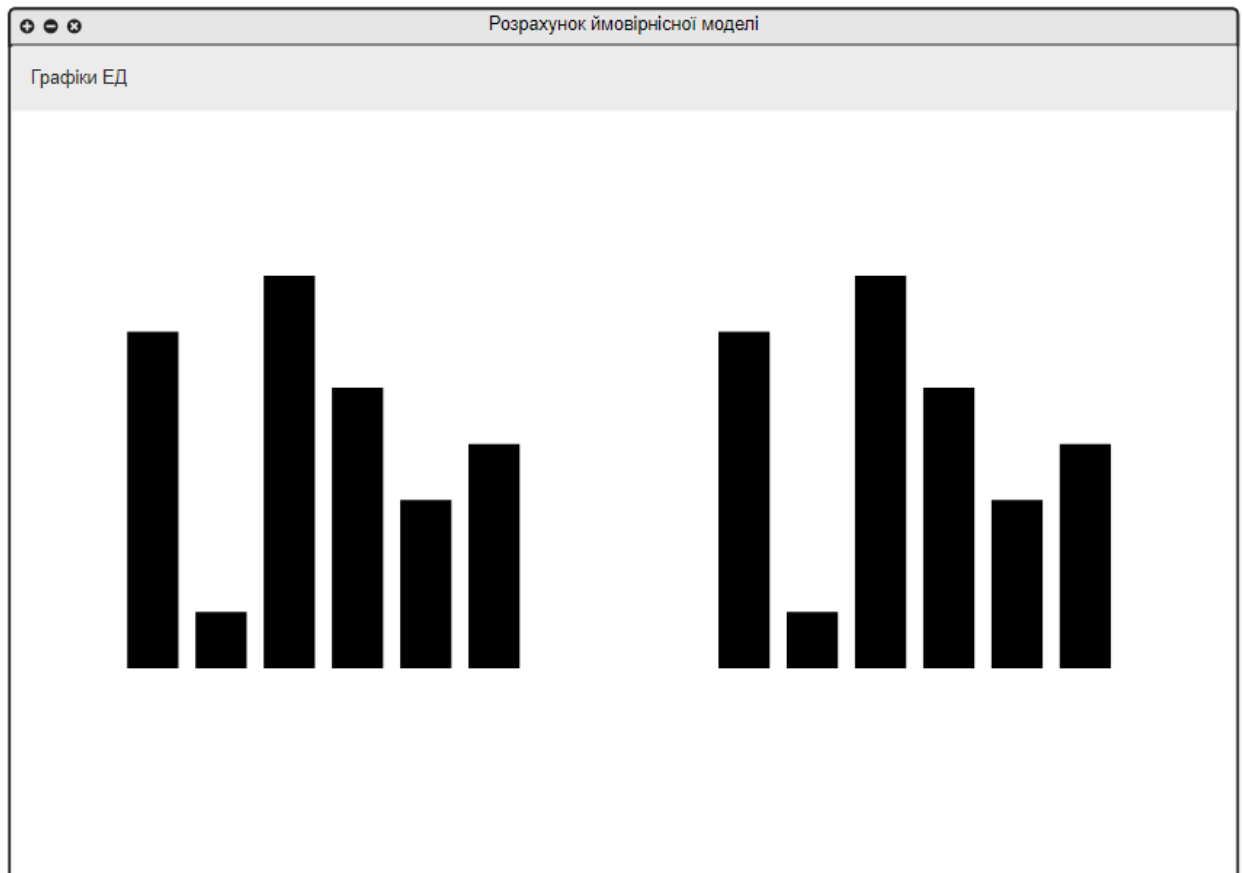


Рисунок 3.7 – П'яте вікно програми з побудованими графіками вихідних та нормалізованих ЕД

Діаграма переходів між вікнами інтерфейсу показані на рисунку 3.8. Користувач по черзі переходить від одного вікна до іншого.



Рисунок 3.8 – Діаграма переходів між вікнами

Таким чином було виконано розробку користувацького інтерфейсу програми за допомогою онлайн додатку Moqups. Також було виконано побудову діаграми переходів між вікнами.

3.2 Технічний проект

3.2.1 Подання статичної моделі програмного забезпечення

Діаграма класів для застосування представлена на рисунку 3.9. При розробці застосування були описані наступні класи:

- Main – головний клас;
- SceneBuilder – клас, що дозволяє відкривати потрібне вікно;

- FXMLForm1Controller – клас, що відповідає за роботу першого вікна;
- FXMLForm2Controller – клас, що відповідає за роботу другого вікна;
- FXMLForm3Controller – клас, що відповідає за роботу третього вікна;
- FXMLForm4Controller – клас, що відповідає за роботу четвертого вікна;
- FXMLForm5Controller – клас, що відповідає за роботу п'ятого вікна.

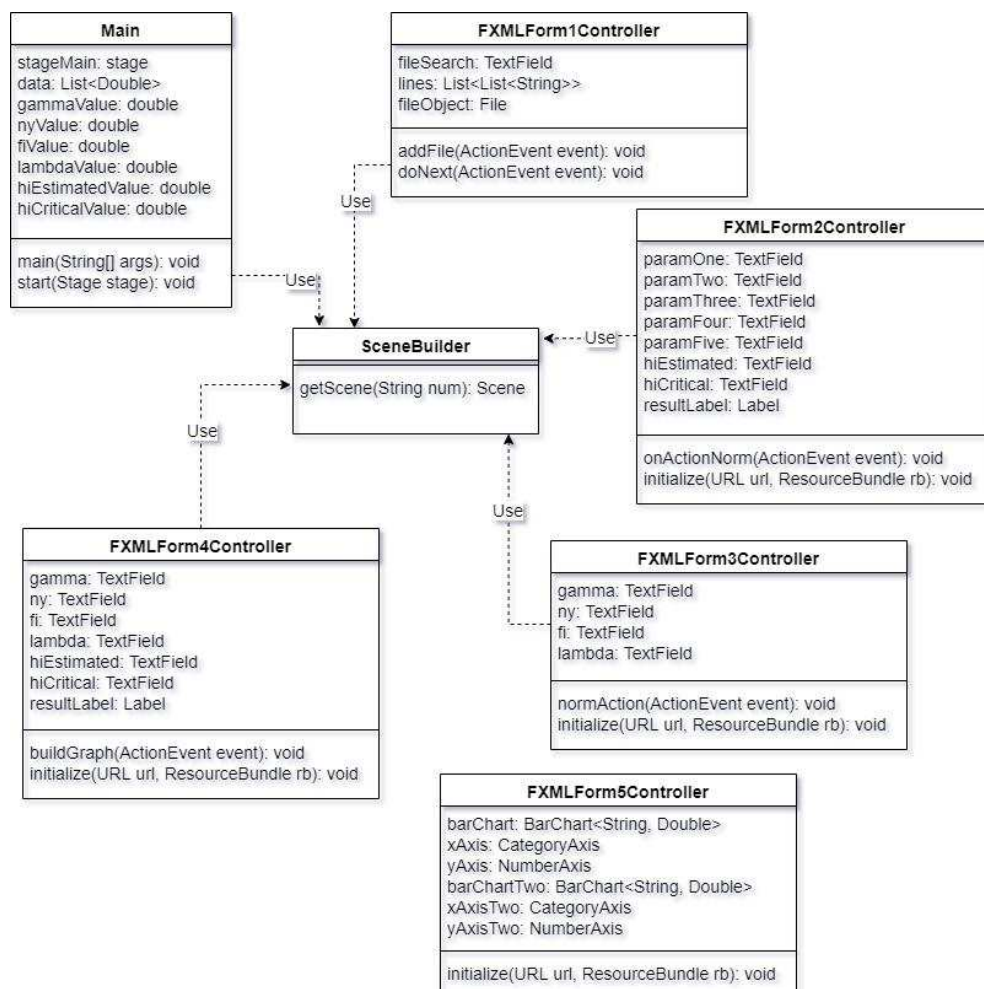


Рисунок 3.9 – Діаграма класів

Отже, таким чином було побудовано діаграму класів майбутньої програми. В загальній кількості отримали сім класів, включаючи класи контролери вікон, головний клас, та клас для виклику нового вікна.

3.2.2 Подання динамічної моделі програмного забезпечення

Для детальної візуалізації процесу розрахунку оптимальних параметрів нормалізації та побудови відповідних графіків побудуємо діаграму послідовності (див. рис. 3.10).

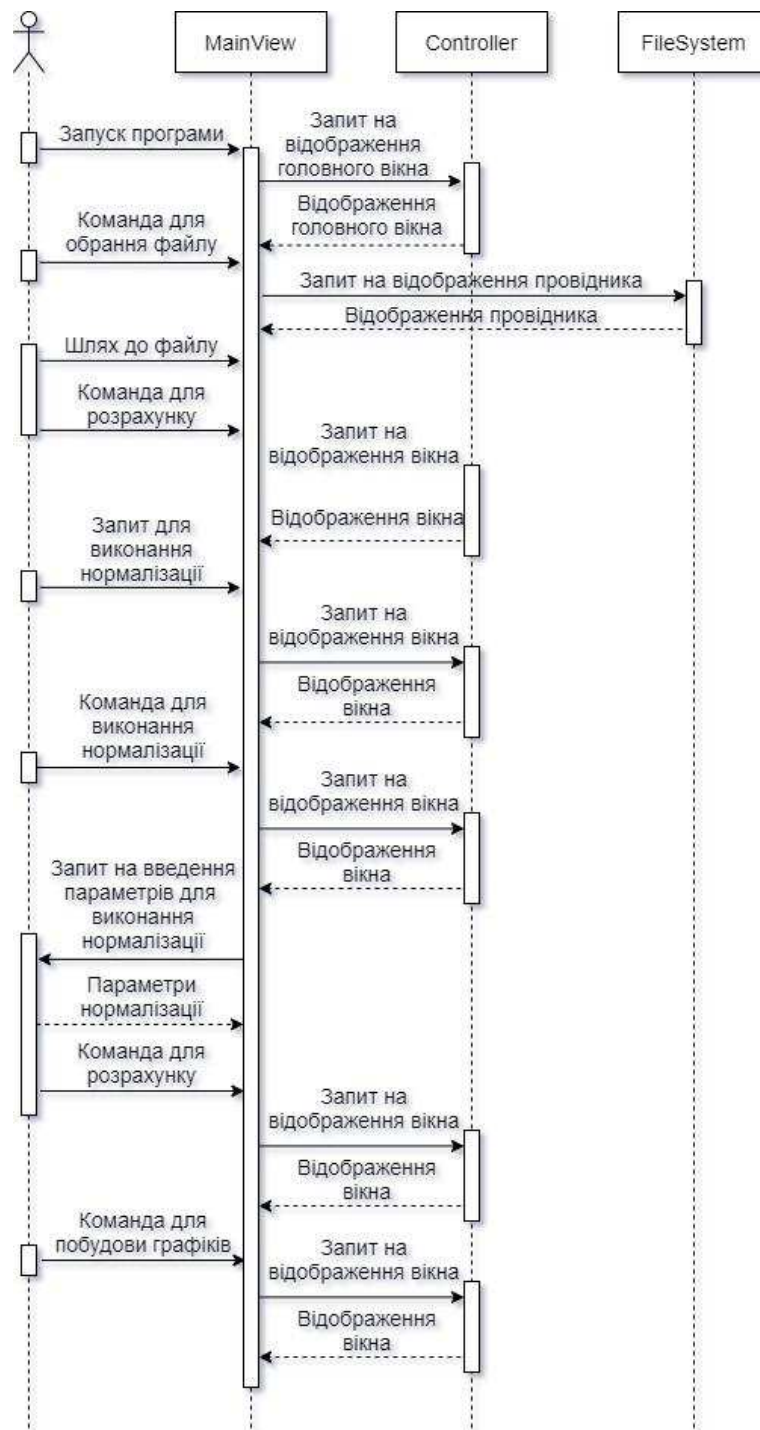


Рисунок 3.10 – Діаграма послідовності

Отже, було виконано побудову діаграми послідовності, де представлена взаємодія об'єктів впорядкованих за часом при роботі даної програми. На ній відображено чотири об'єкти – користувач, головне представлення програми, контролер вікна та файлова система операційної системи Windows 10.

3.3 Робочий проект

3.3.1 Обґрунтування вибору мови та засобів розробки ПЗ

Для реалізації даної програми було використана мова програмування Java. Java є мовою програмування і платформою обчислень, яка була вперше випущена Sun Microsystems в 1995 році. Існує безліч додатків і веб-сайтів, які не працюють при відсутності встановленої Java, і з кожним днем число таких веб-сайтів і додатків збільшується. Java відрізняється швидкістю, високим рівнем захисту і надійністю [21].

Серед інших мов програмування Java відрізняється сучасним синтаксисом, наявністю багатьох бібліотек для вирішення різноманітних завдань. Також існує велика кількість додатків, що полегшують розробку додатку на java.

У якості середовища розробки використовувалася програма IntelliJIDEA. Дане середовище розробки є найбільш сучасним та функціональним для розробки додатків на мові програмування Java. На рисунку 3.11 відображено фрагмент інтерфейсу.

Для розробки інтерфейсу програми використовувався додаток SceneBuilder. Дана програма має зручний інтерфейс. Побудова вікна майбутньої програми відбувається шляхом перетягування елементів у робочу область. На даний час це найбільш актуальний спосіб створення інтерфейсу для додатків. Фрагмент інтерфейсу відображено на рисунку 3.12.

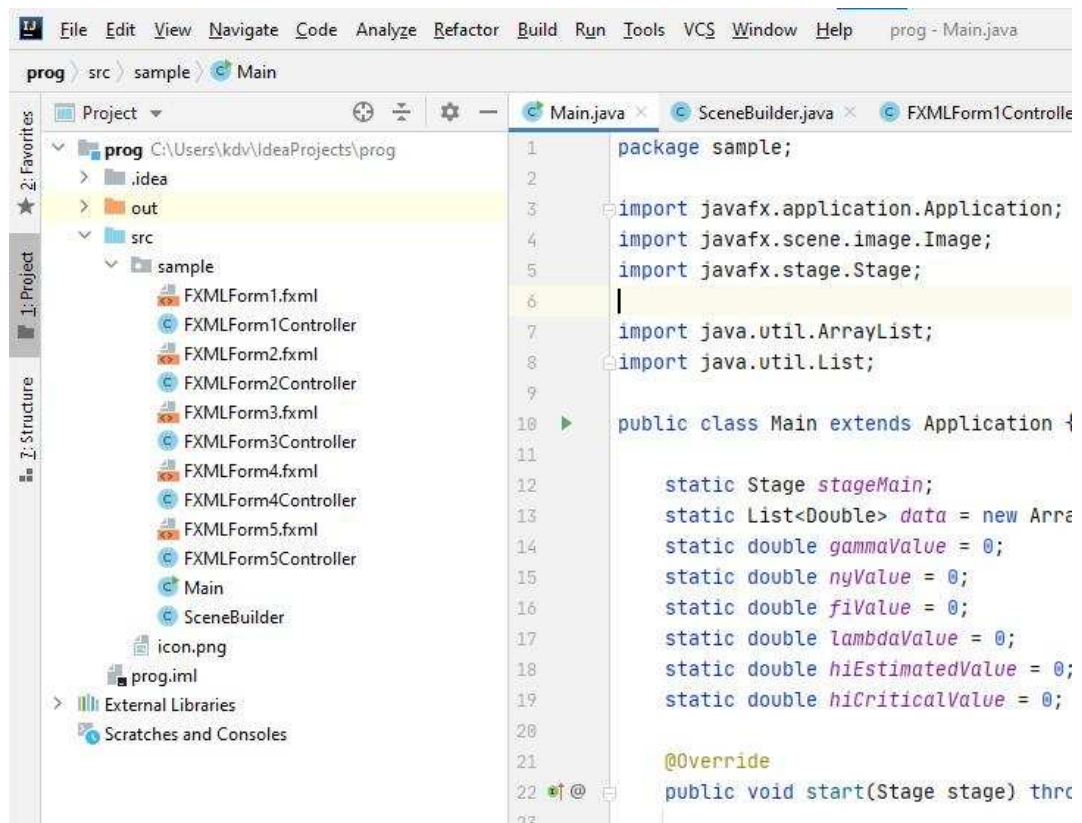


Рисунок 3.11 – Фрагмент інтерфейсу IntelliJIDEA

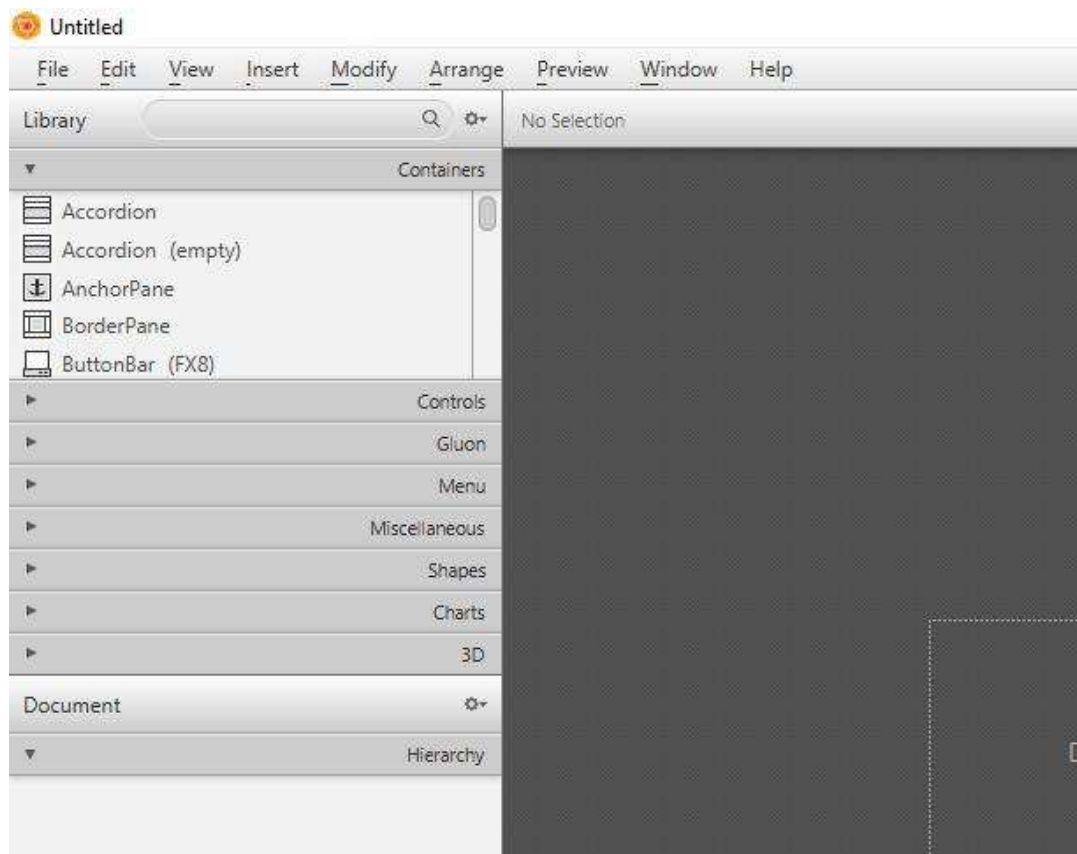


Рисунок 3.12 – Фрагмент інтерфейсу SceneBuilder

Отже, таким чином було обґрунтовано вибір мови програмування – Java, середи розробки для написання коду – IntelliJIDEA та програми для створення інтерфейсу – SceneBuilder.

3.3.2 Побудова діаграми компонентів

Система складається з однієї частини, а саме самого додатку. Додаток складається з наступних рівнів (див. рис. 3.13):

- Presentation Layer – містить компоненти, які складаються з java-файлів та відповідають за відображення та розташування елементів системи на екрані, їхні анімації;
- Application Layer – містить сервіси, які складають основну бізнес логіку застосування; також виконують функції з виконання різноманітних розрахунків.

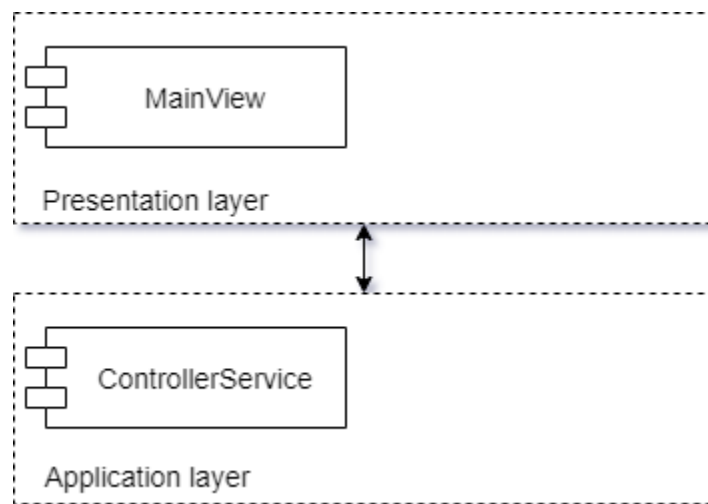


Рисунок 3.13 – Діаграма слоїв додатку

Отже, таким чином, було виконано побудову діаграми слоїв додатку. На діаграмі було відображено два слої. Перший – представлення (Presentation layer), другий – застосування (Application layer).

3.3.3 Випробування ПЗ

Тестування додатку це етап, що проводиться для покращення якості програмного продукту. В даному додатку треба провести 1 тип тестування:

- функціональне тестування.

Функціональне тестування – це проходження тих функціональних вимог, що ставились перед системою та пошук співпадіння чи розходження. Функціональне тестування буде застосоване для додатку і відобразить, наскільки користувацький інтерфейс коректно працює та задовольняє необхідним вимогам.

Для проведення функціонального тестування треба розробити спеціальні тест-кейси. Для цього треба створити список з роз'ясненням кожного тест-кейсу.

Список має таку структуру: ідентифікатор – номер функціональної вимоги – опис тесту – передумови – що треба зробити – що повинно відбутись.

Тест №1 – обрання файлу з даними – потрібно запустити додаток – натиснути кнопку «Обрати файл...» – відкриється вікно провідника.

Тест №2 – розрахунок точкових оцінок ймовірнісних характеристик – обрати файл з даними – натиснути кнопку «Розрахувати» – відкриється нове вікно з розрахованими точковими оцінками вихідних ЕД.

Тест №3 – перевірка на відповідність експоненціальному закону – обрати файл з даними – натиснути кнопку «Розрахувати» – відкриється нове вікно з результатами відповідності вихідних ЕД експоненціальному закону.

Тест №4 – введення параметрів нормалізації – розрахувати точкові оцінки вихідних ЕД – натиснути кнопку «Нормалізувати» – відкриється нове вікно з полями для введення параметрів для виконання нормалізації вихідних ЕД.

Тест №5 – нормалізація даних – ввести параметри нормалізації – натиснути кнопку «Розрахувати» – відкриється нове вікно з розрахованими оптимальними параметрами нормалізації.

Тест №6 – розрахунок оптимальних параметрів Джонсона для нормалізації – ввести параметри нормалізації – натиснути кнопку «Розрахувати» – відкриється нове вікно з розрахованими оптимальними параметрами нормалізації.

Тест №7 – перевірка на відповідність нормальному закону – ввести параметри нормалізації – натиснути кнопку «Розрахувати» – відкриється нове вікно з результатами відповідності нормалізованих ЕД нормальному закону розподілу.

Тест №8 – побудова графіків вихідних та нормалізованих ЕД – розрахувати оптимальні параметри Джонсона для нормалізації – натиснути кнопку «Побудувати графіки» – відкриється нове вікно з графіками вихідних та нормалізованих ЕД.

Скориставшись планом проведення функціонального тестування у попередньому пункті, виконаємо тестування розробленого додатку та проведемо відповідність між очікуваним результатом та отриманим. Дані, що отримаємо при функціональному тестуванні занесемо до таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Функціональне тестування

Номер тесту	Очікуваний результат	Отриманий результат	Коментарі
1	2	3	4
Тест № 1	Відкриється вікно провідника	Відкриється вікно провідника	Виконано
Тест № 2	Відкриється нове вікно з розрахованими точковими оцінками вихідних ЕД	Відкриється нове вікно з розрахованими точковими оцінками вихідних ЕД	Виконано

Продовження табл. 3.9

1	2	3	4
Тест № 3	Відкриється нове вікно з результатами відповідності вихідних ЕД експоненціальному закону	Відкриється нове вікно з результатами відповідності вихідних ЕД експоненціальному закону	Виконано
Тест № 4	Відкриється нове вікно з полями для введення параметрів для виконання нормалізації вихідних ЕД	Відкриється нове вікно з полями для введення параметрів для виконання нормалізації вихідних ЕД	Виконано
Тест № 5	Відкриється нове вікно з розрахованими оптимальними параметрами нормалізації	Відкриється нове вікно з розрахованими оптимальними параметрами нормалізації	Виконано
Тест № 6	Відкриється нове вікно з розрахованими оптимальними параметрами нормалізації	Відкриється нове вікно з розрахованими оптимальними параметрами нормалізації	Виконано
Тест № 7	Відкриється нове вікно з результатами відповідності нормалізованих ЕД нормальному закону розподілу	Відкриється нове вікно з результатами відповідності нормалізованих ЕД нормальному закону розподілу	Виконано
Тест № 8	Відкриється нове вікно з графіками вихідних та нормалізованих ЕД	Відкриється нове вікно з графіками вихідних та нормалізованих ЕД	Виконано

Отже, таким чином було виконано тестування програмного забезпечення. Для цього було розроблено вісім тест-кейсів, по одному на кожну функцію, після чого було проведено тестування а результати були занесені до таблиці.

4 РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЙМОВІРНІСНОЇ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ ЧАСУ НАПРАЦЮВАННЯ НА ВІДМОВУ ЖОРСТКИХ ДИСКІВ

Практичним результатом кваліфікаційної (магістерської) роботи є ПЗ, розроблене для побудови ймовірнісної моделі розподілу часу напрацювання на відмову жорстких дисків. Було здійснено постановку задачі на розробку ПЗ, розроблено ескізний, технічний та робочий проекти ПЗ.

Згідно з вимогами до ПЗ, наведеними в технічному завданні (Додаток А), програмне забезпечення надає такі функції:

- імпорт даних вибірки з файлу «.csv»;
- розрахунок точкових оцінок ймовірнісних характеристик;
- перевірка гіпотези про експоненціальний закон розподілу;
- пошук оптимальних параметрів нормалізації;
- нормалізація емпіричних даних;
- перевірка гіпотези про нормальний закон розподілу;
- побудова графіків вихідних та нормалізованих ЕД;
- розрахунок довірчих інтервалів.

ПЗ повністю відповідає вимогам до організації вхідних та вихідних даних, вимогам до надійності та іншим вимогам, зазначеним в технічному завданні (Додаток А).

Також була розроблена наступна програмна документація:

- технічне завдання (Додаток А);
- текст програми (Додаток Б);
- опис програми (Додаток В)
- інструкція користувача (Додаток Г);
- програма та методика випробувань ПЗ (Додаток Д).

Проект реалізовано за допомогою середовища розробки IntelliJIDEA та

SceneBuilder, ПЗ було написане з використанням мови програмування Java.

Створене ПЗ було протестоване на відповідність технічному завданню. Під час тестування ПЗ показало повну працездатність.

Розроблене ПЗ дозволить автоматизувати та скоротити час відповідних розрахунків та може бути використано користувачем, не здатним до програмування. Інтерфейс ПЗ є дружнім та інтуїтивно зрозумілим.

5 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД РОЗРОБКИ І ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЙМОВІРНІСНОЇ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ ВИМІРІВ ЧАСУ НАПРАЦЮВАННЯ НА ВІДМОВУ ЖОРСТКИХ ДИСКІВ

5.1 Вступ

На даний час сучасні обчислювальні засоби почали широко використовуватися в повсякденній діяльності людини. Саме тому на сьогоднішній день обчислювальна техніка дозволяє вирішувати найрізноманітніші задачі: починаючи від автоматизації простих процесів і закінчуючи виконанням складних інтелектуальних завдань та складних розрахунків, які під силу лише суперкомп'ютерам. А сучасні засоби програмування дали змогу вирішувати задачі, що стояли в недавньому минулому перед цілими колективами наукових співробітників.

Система управління промислових підприємств може характеризуватися великою кількістю функцій управління. Для виконання забезпечення їх інформаційною підтримкою потрібно використовувати різні класи інформаційних систем.

Для виконання автоматизації проектування можуть використовуються системи класу САПР. Вони в свою чергу складаються із двох підкласів: САПР В (САПР виробу) і САПР ТП (САПР технологічних процесів).

До підкласу САПР В відносяться системи розрахунків і інженерного аналізу CAE (Computer Aided Engineering) і системи конструкторського проектування CAD (Computer Aided Design). Система CAM (Computer Aided Manufacturing), в якій виконується проектування технологічних процесів, відноситься до класу САПР ТП.

Для забезпечення єдиного інформаційного простору між CAE/CAD/CAM системами використовується система управління проектними даними PDM (Product Data Management).

Використання даного програмного продукту приведе до значної економії, що виражається в наступних показниках:

- підвищення продуктивності праці;
- економія часу на обробку інформації.

Самим важливим та значним моментом для розробника, з економічної точки зору, являється процес формування вартості програмного продукту. Безперечно, слід зазначити, що він являє собою дуже специфічний товар з великою кількістю особливостей.

Розробка програмного продукту потребує одноразових витрат на його розробку, придбання необхідних технічних засобів і поточних витрат на функціонування системи. Економія від функціонування програмного продукту визначається з урахуванням витрат на його експлуатацію. Відношення цієї економії до витрат на створення програмного продукту характеризує економічну ефективність капітальних вкладень. Економічні показники визначаються по діючим на момент розрахунку оптовим цінам, тарифам і ставкам заробітної плати [22].

5.2 Розрахунок витрат на створення й експлуатацію програми

Витрати на розробку програми складаються з витрат на зарплату розробника, на амортизацію комп'ютера, на якому виконується розробка, на експлуатацію цього комп'ютера, на засоби розробки та витрат на матеріали і комплектуючі.

Розробка ПЗ виконується програмістом, місячний оклад якого складає 14000 грн. Додаткова заробітна плата складає 20% від основної. Виходячи з цього, основна і додаткова заробітна плата розроблювача системи 16800

грн/міс, а вартість сучасного комп'ютера складає 20000 грн. (приведена вартість комп'ютера на базі Intel Core i5).

Вартість розробки ПЗ розраховується по формулі:

$$C_{\text{пр}} = (З_{\text{зп}} + З_{\text{сз}} + З_{\text{зг}} + З_{\text{е}}) * T + З_{\text{м}} \quad (5.1)$$

де T – тривалість розробки, міс.;

$З_{\text{зп}}$ – основна і додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн.;

$З_{\text{сз}}$ – відрахування на соціальні заходи (38% від основної і додаткової заробітної плати), грн.;

$З_{\text{зг}}$ – загальногосподарські витрати (10% від основної заробітної плати), грн.;

$З_{\text{е}}$ – витрати на електроенергію;

$З_{\text{м}}$ – витрати на основні і допоміжні матеріали.

$З_{\text{е}}$ при споживаній потужності 0,6 кВт, тривалості роботи на місяць, рівної $22 * 6 = 132$ годин, вартості кіловат-години електроенергії 0,9 грн. складає:

$$З_{\text{е}} = 132 * 0,9 * 0,6 = 59,4 \text{ грн.}$$

Витрати на допоміжні матеріали приведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Витрати на допоміжні матеріали

Пункти витрат	Сума, грн.
Заправлення картриджа до принтера	90,00
Папір	100,00
USB-накопичувач	240,00
Література	450,00
Батареї для bluetooth миші	40,00
Непередбачені витрати	120,00
Разом	1040,00

Витрати на розробку ПЗ приведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Витрати на розробку системи

Найменування витрат	Одиниця виміру	Кількість
Тривалість розробки	Міс.	1
Основна і додаткова заробітна плата	Грн.	16800,00
Відрахування на соціальні заходи	Грн.	6384,00
Загальногосподарські витрати	Грн.	1680,00
Витрати на допоміжні матеріали	Грн.	1040,00
Витрати на електроенергію	Грн.	71,28

Відповідно до формули (5.1), вартість розробки ПЗ складає:

$$C_{\text{пр}} = (16800 + 6384 + 1400 + 71,28) * 1 + 1040 = 25695,28 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування на устаткування складають 60% балансової вартості в рік:

$$A_{\text{об}} = 20000 * 0,6 = 12000 \text{ грн.}$$

У масштабах підприємства річні витрати на основні і допоміжні матеріали визначаються в розмірі 5% вартості основного устаткування:

$$B_{\text{м}} = 12000 * 0,05 = 600 \text{ грн.}$$

Річний обсяг робіт комп'ютера у годинах визначається в такий спосіб:

$$\Phi_{\text{м}} = 264,5 * T_{\text{з}} \quad (5.2)$$

де $T_{\text{з}}$ – це середнє місячне завантаження устаткування (близько 4 годин);

264,5 – середня кількість робочих днів у році.

Отже, річний обсяг роботи комп'ютера складе:

$$\Phi_{\text{м}} = 264,5 * 4 = 1058 \text{ годин.}$$

Витрати на електроенергію $З_{\text{е}}$ при 1058 годинах роботи устаткування в рік складуть

$$З_{\text{е}} = 1058 * 0,9 * 0,6 = 571,32 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати для комп'ютера за рік складуть:

$$З_{\text{зр}} = 12000 + 600 + 571,32 = 13171,32 \text{ грн.}$$

Отже, у перший рік витрати на створення й експлуатацію ПЗ:

$$З_{\text{се}} = 25695,28 + 13171,32 = 38866,60 \text{ грн.}$$

5.3 Економічна ефективність розробки і впровадження системи

Основним показником економічної ефективності функціонування системи є підвищення ефективності керування інформацією у вигляді зниження витрат на керування при одночасному збільшенні швидкості і якості одержання потрібного результату.

Крім багатьох інших негативних ефектів, ручна обробка інформації спричиняє наступні негативні економічні ефекти:

- високі витрати на складування паперових документів (сейфи, шафи, папки й ін.);
- підвищені витрати на канцтовари;
- витрати, пов'язані з коригуванням раніше допущених помилок (людський фактор).

До числа основних факторів, що визначають приріст прибутку в зв'язку з впровадженням ПЗ, відносяться:

- підвищення продуктивності праці;
- вивільнення робочого часу.

Крім того, не піддається прямій грошовій оцінці підвищення оперативності керування, якість одержуваних результатів, поліпшення організації праці і т.д.

Обов'язковою умовою визначення економічної ефективності ПЗ є порівнянність усіх показників у часі, за цінами й іншими нормами, використовуваними для визначення показників, за змістом і колом елементів витрат.

Визначимо пряму економічну ефективність, ґрунтуючись на тому, що впровадження ПЗ вивільняє 0,6 працівника (за експертною оцінкою фахівців).

Зарплата 0,6 працівника в рік складає:

$$(8000 * 12) * 0.6 = 57600 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект розраховується по формулі:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = \Delta C_n - E_n \cdot k,$$

де ΔC_n – вивільнені кошти після впровадження ПЗ (57600 грн.) мінус експлуатаційні витрати (13171,32 грн.) = 44428,68 грн.

E_n – коефіцієнт ефективності (дорівнює коефіцієнту амортизації(0,6));

k – одноразові витрати на впровадження продукту (38866,6)

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 44428,68 - 38866,6 * 0,6 = 23319.96 \text{ (грн.)}$$

Строк окупності системи розраховується по формулі:

$$T = \frac{k}{\Delta C} = \frac{38866,6}{44428,68} \approx 0.9 \text{ (року)}$$

Отже строк окупності системи складає приблизно 11 місяців.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Вступ

Питання охорони праці людини необхідно вирішувати на всіх стадіях трудового процесу незалежно від виду професійної діяльності.

Забезпечення безпечних і здорових умов праці в значній мірі залежить від правильної оцінки небезпечних, шкідливих виробничих факторів. Однакові по складності зміни в організмі людини можуть бути викликані різними причинами. Це можуть бути фактори виробничого середовища, надмірне фізичне і розумове навантаження, нервово-емоційна напруга, а також різне сполучення цих причин [23].

Організація робочого місця повинна забезпечувати відповідність усіх елементів робочого місця та їх розташування вимогам ДСТУ 8604:2015 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги» та ДБН В.2.2-27:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення».

За умови економічної, екологічної та демографічної кризи в Україні, склалася надзвичайна ситуація з безпекою та умовами праці на більшості підприємств, особливо середнього і малого бізнесу [24].

6.2 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів при роботі з персональним комп'ютером

Аналіз умов праці показує, що у приміщенні лабораторії на інженера-програміста можуть негативно впливати наступні шкідливі та небезпечні чинники:

1. Фізичні:

- підвищений рівень «м'якого» рентгенівського випромінювання;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону;
- підвищений рівень інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання;
- підвищений рівень шуму та вібрації на робочих місцях;
- підвищене значення напруги в електричній мережі, замикання якої може відбутися через тіло людини; підвищений рівень статичної електрики;
- підвищені або понижені температура, відносна вологість та швидкість руху повітря робочої зони; підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони; підвищений або понижений вміст позитивних і негативних аероіонів у повітрі робочої зони;
- недостатня освітленість робочої зони; підвищена яскравість світла; понижена контрастність між об'єктом і фоном; прямий та віддзеркалений відблиск; підвищена пульсація світлового потоку.

2. Хімічні:

- підвищений вміст у повітрі робочої зони озону й аміаку.

3. Психофізіологічні:

- надмірні статичні та динамічні навантаження;
- розумове перенавантаження; перенавантаження аналізаторів;
- монотонність праці; надмірні емоційні навантаження;
- нераціональна організація робочого місця.

4. Біологічні:

- підвищений вміст мікроорганізмів у повітрі робочої зони.

Кожний із наведених чинників може зумовити небажані наслідки впливу ВДТ, ЕОМ, ПЕОМ на здоров'я користувачів, а їх сумісна дія підсилити цей вплив.

6.3 Розрахунок захисного заземлення офісного приміщення

Допустимий опір: $R_0 = 5 \text{ Ом}$.

Тип ґрунту: садова земля.

Довжина труби заземлювача: $l = 4 \text{ м}$.

Діаметр труби заземлювача: $d = 0,045 \text{ м}$.

Глибина закладення ґрубі від поверхні: $t_0 = 0,6 \text{ м}$.

Розрахунок:

1) Питомий опір ґрунту за даними таблиці – $\rho = 50 \text{ Ом} \cdot \text{м}$

2) Для вибраного типу заземлювача і його розмірів визначаємо опір одного заземлювача. Для трубного заземлювача розташованого в ґрунті, опір розтікання:

$$R_i = \frac{\rho}{2\pi * l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} * \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right), \quad t = \frac{l}{2} + t_0$$

$$t = \frac{4}{2} + 0.6 = 2.6$$

Тоді:

$$R_i = \frac{50}{25.12} \left(\ln \frac{8}{0.045} + \frac{1}{2} * \ln \frac{4 * 2.6 + 4}{4 * 2.6 - 4} \right) =$$

$$= 1.99 * \left(\ln 177.78 + 0.5 * \ln \frac{14.4}{6.4} \right) = 11.114 \text{ Ом}$$

3) Якщо опір одного заземлювача не перевищує допустимий опір пристрою $R_j < R_0$, то приймаємо 1 штучний заземлювач. Відповідно, якщо $R_j > R_0$, то необхідно приймати кілька штучних заземлювачів, з'єднаних паралельно. У випадку, що розглядається, $R_i > R_0$.

4) Визначаємо необхідну кількість паралельно з'єднаних заземлювачів:

$$n = \frac{R_i}{\tau_0 * R_0} - \tau_0 - \text{коефіцієнт використання заземлителя } (\tau_0 = 1).$$

$$n = \frac{11.114}{5} = 2.22 \Rightarrow n = 3 \text{ заземлювача необхідно.}$$

5) Для зв'язку вершин заземлювачів приймають сполучну лінію. Опір розтікання сполучної риси визначають за формулою:

$$l_c = 1.05 * a * n * 1 = 1.05 * 2 * 3 * 3 = 18.9 \text{ Ом}$$

$$R_{lc} = \frac{\rho}{2\pi * l_c} * \ln \frac{l^2}{d * t} = \frac{50}{2 * 3.14 * 18.9} * \ln \frac{16}{0.045 * 2.6} = 0.31 * 4.6 = 2.071 \text{ Ом}$$

$$R_{межі} = \frac{R_{lc}}{\tau_r} = \frac{2.071}{0.89} = 2.33 \text{ Ом}$$

6) Визначаємо фактичний опір заземлювального пристрою:

$$R_3 = \frac{R_\phi * R_{межі}}{R_\phi + R_{межі}} = \frac{4.38 * 2.33}{4.38 + 2.33} = \frac{10.205}{6.71} = 1.52 \text{ Ом}$$

6.4 Розробка заходів щодо зменшення впливу шкідливих та небезпечних факторів

Після проведення аналізу робочого місця інженера-програміста було з'ясовано, що воно відповідає встановленим вимогам. Але, в результаті аналізу були виявлені порушення в організації безпосередньо самого робочого місця програміста. У зв'язку з цим було запропоновано організувати робоче місце програміста наступним способом:

- висота над рівнем підлоги робочої поверхні, на якій працює програміст, повинна складати 720 мм. Бажано, щоб робочий стіл при необхідності можна було регулювати по висоті в межах 680 – 780 мм;

- оптимальний розмір поверхні столу 1600 x 1000 мм². Під столом повинен бути простір для ніг з розмірами по глибині 650 мм. Робочий стіл оператора повинен також мати підставку для ніг, розташовану під кутом 15 град. до поверхні столу. Довжина підставки – 400 мм, ширина – 350 мм. Відстань клавіатури від краю столу повинна бути не більш 300 мм, що забезпечить програмісту зручну опору для передпліч. Відстань між очима й екраном монітору повинне складати 40 – 80 см;

- робочий стілець інженера-програміста повинен бути оснащений підйомно-поворотним механізмом. Висота сидіння повинна регулюватися в межах 400 – 500 мм. Глибина сидіння повинна складати не менш 380 мм, а ширина – не менш 400 мм. Висота опорної поверхні спинки не менш 300 мм, ширина – не менш 380 мм. Кут нахилу спинки стільця до площини сидіння повинен змінюватися в межах 90 – 110°.

Виходячи з результатів аналізу важкості та напруженості праці було запропоновано скоротити час роботи за комп'ютером, робити перерви сумарний час яких повинен складати 50 хвилин при 8-ми годинній зміні.

Під час аналізу освітлення на робочому місті інженера-програміста було встановлено, що воно відповідає встановленим нормам. Для підтримки запроектованого освітлення у чистому виді необхідно скласти графік, де передбачити очищення віконних блоків і світильників не менше 2 разів на рік.

Як міри по зниженню шуму можна запропонувати:

- облицювання стелі і стін звукопоглинаючим матеріалом (знижують шум на 6 – 8 дБ);
- екранування робочого місця (постановкою перегородок, діафрагм);
- установка в комп'ютерних приміщеннях устаткування, що робить

- мінімальний шум;
- раціональне планування приміщення.

Також для зменшення шуму було запропоновано використовувати замість струменевого принтера, що створює багато шуму, більш тихий – лазерний принтер.

Електробезпечність у приміщенні лабораторії було запропоновано забезпечити наступними технічними способами і засобами захисту:

- для зменшення накопичення статичної електрики застосовувати зволожувачі і нейтралізатори, антистатичне покриття підлоги;
- забезпечити приєднання металевих корпусів устаткування до жили, що заземлює. Заземлення корпусу ПК забезпечити підведенням жили, що заземлює, до розеток. Опір заземлення 4 Ом, згідно (ПУЕ) для електроустановок з напругою до 1000 В.;
- для захисту приладів від перенавантажень та коротких замикань використовується запобіжник.

А також організаційними заходами:

- своєчасне проведення інструктажів з охорони праці;
- заборона на використання непередбачених електричних приладів, таких як електричні чайники, обігрівачі.

Також важливою складовою охорони праці є пожежна безпека. Пожежа може привести до дуже несприятливих наслідків (втрата кошовної інформації, псування майна, загибель людей і т.д.), тому необхідно: виявити й усунути всі причини виникнення пожежі; розробити план заходів для ліквідації пожежі в будинку.

Причинами виникнення пожежі можуть бути:

- несправності електропроводки, розеток і вимикачів які можуть привести до короткого замикання або пробією ізоляції;
- використання ушкоджених (несправних) електроприладів;

- використання в приміщенні електронагрівальних приладів з відкритими нагрівальними елементами;
- виникнення пожежі внаслідок влучення блискавки в будинок;
- загоряння будинку внаслідок зовнішніх впливів;
- неакуратне поводження з вогнем і недотримання мір пожежної безпеки.

Для профілактики пожежі надзвичайно важлива правильна оцінка пожежонебезпеки будинку, визначення небезпечних факторів і обґрунтування способів і засобів попередження пожеж і захисту.

Одне з умов забезпечення безпеки від пожежі – ліквідація можливих джерел запалення.

Джерелами запалення можуть бути:

- несправне електроустаткування, несправності в електропроводці, електричних розетках і вимикачах. Для виключення виникнення пожежі з цих причин необхідно вчасно виявляти й усувати несправності, проводити плановий огляд і вчасно усувати всі несправності;
- несправні електроприлади. Необхідні міри для виключення пожежі містять у собі своєчасний ремонт електроприладів, якісне виправлення поломок, не використання несправних електроприладів;
- обігрівання приміщення електронагрівальними приладами з відкритими нагрівальними елементами. Відкриті нагрівальні поверхні можуть спричинити пожежу, тому що в приміщенні знаходяться паперові документи і довідкова література у виді книг, посібників, а папір – легкозаймистий предмет. З метою профілактики пожежі пропоную не використовувати відкриті обігрівальні прилади в приміщенні лабораторії;
- коротке замикання в електропроводці. З метою зменшення імовірності виникнення пожежі внаслідок короткого замикання необхідно, щоб електропроводка була схованою;

- влучення в будинок блискавки. У літній період під час грози можливе влучення блискавки внаслідок чого можливий пожежа. Щоб уникнути цього я рекомендую установити на даху будинку блискавковідвід;

- недотримання мір пожежної безпеки і паління в приміщенні також може спричинити пожежу. Для усунення загоряння в результаті паління в приміщенні лабораторії пропоную категорично заборонити паління, а дозволити тільки в строго відведеному для цього місці.

Таким чином був здійснений аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на інженера-програміста при розробці відповідного програмного забезпечення. Були визначені умови, що визначають оптимальну організацію робочого місця, дозволять зберегти хорошу працездатність протягом всього робочого дня, підвищать як в кількісному, так і в якісному продуктивність праці інженера-програміста.

7 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

7.1 Вступ

Охорона навколишнього природного середовища, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини – невід'ємна умова сталого економічного та соціального розвитку України.

Відносини у галузі охорони навколишнього природного середовища в Україні регулюються законом України "Про охорону навколишнього природного середовища", а також розроблюваними відповідно до нього земельним, водним, лісовим законодавством, законодавством про надра, про охорону атмосферного повітря, про охорону і використання рослинного і тваринного світу та іншим спеціальним законодавством (стаття 2 Закону).

Основними принципами охорони навколишнього природного середовища є (стаття 3 Закону):

- пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язковість додержання екологічних стандартів, нормативів та лімітів використання природних ресурсів при здійсненні господарської, управлінської та іншої діяльності;
- гарантування екологічно безпечного середовища для життя і здоров'я людей;
- запобіжний характер заходів щодо охорони навколишнього природного середовища;
- екологізація матеріального виробництва на основі комплексності рішень у питаннях охорони навколишнього природного середовища, використання та відтворення відновлюваних природних ресурсів, широкого впровадження новітніх технологій;

- обов'язковість екологічної експертизи;
- гласність і демократизм при прийнятті рішень, реалізація яких впливає на стан навколишнього природного середовища, формування у населення екологічного світогляду;
- науково обгрунтоване нормування впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище;
- компенсація шкоди, заподіяної порушенням законодавства про охорону навколишнього природного середовища;
- встановлення екологічного податку, збору за спеціальне використання води, збору за спеціальне використання лісових ресурсів, плати за користування надрами відповідно до Податкового кодексу України [25].

У процесі виробничої діяльності підприємства людей екологічно убезпечують, раціонально використовують природні ресурси, дотримують нормативів шкідливих впливів на навколишнє природне середовище відповідно до вимог природоохоронного законодавства України.

На підприємствах діють такі заходи з охорони навколишнього природного середовища:

- розроблено стандарт якості з екологічної безпеки підприємства відповідно до основних положень міжнародних стандартів серії ISO 14000 щодо керування якістю навколишнього середовища;
- здійснюють взаємодію з організаціями Міністерства екології та природних ресурсів, Міністерства охорони здоров'я, прокуратури, державних організацій з питань охорони навколишнього природного середовища;
- оформлено необхідні дозвільні документи (дозволи на викиди шкідливих речовин, інвентаризацію викидів зі стаціонарних джерел, інвентаризацію промислових і побутових відходів підприємства, паспорти й реєстраційні картки на кожен вид відходу);
- здійснюють контроль за обсягами і складом забруднювальних речовин, що викидаються в атмосферу, та рівнями енергетичних викидів

(шуму, вібрації, теплового й електромагнітного проміння) та їх постійний облік. Забезпечено дотримання санітарно-гігієнічних норм щодо зазначених впливів;

- використовують організовані джерела викидів (з газоочисними пристроями, якщо є потреба), які забезпечують допустимий рівень впливу на навколишнє середовище;

- здійснюють платежі за забруднення навколишнього природного середовища;

- організовано облік, збір і безпечне зберігання промислових відходів у спеціально відведених і обладнаних місцях;

- визначено склад і властивості утворюваних відходів, а також ступінь їх небезпеки для навколишнього природного середовища та здоров'я людини;

- організовано передачу промислових відходів іншим підприємствам за договорами (актами) з мінімальним розміщенням відходів у навколишньому природному середовищі [26].

7.2 Забруднення навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища являється формою відносин між суспільством і природою. На даний час мають місце різні засоби, за допомогою яких вона може здійснюватись. А саме, серед них: правові, біологічні, економічні, гігієнічні, науково-технічні тощо.

У процесі охорони навколишнього середовища вирішуються дві головні проблеми – це забезпечення чистоти, її підтримання та організація раціонального природокористування.

Будь-яка діяльність, в тому числі економічна, забруднює природне середовище. В результаті отримуємо дефіцит та забрудненні повітряні ресурси, території, вода.

За порушення у сфері охорони природи, незаконне використання природних ресурсів законодавством України передбачена адміністративна (статті 52-92 Кодексу про адміністративні правопорушення) та кримінальна (статті 236-254 Кримінального кодексу) відповідальність.

Утилізація – будь-які технологічні операції, пов'язані зі зміною фізичних, хімічних або біологічних властивостей відходів, з метою підготовки їх до екологічно безпечного зберігання, перевезення, утилізації чи видалення.

Установи, що займаються розробкою програмних продуктів використовують у своїй діяльності персональні комп'ютери, ноутбуки, монітори, клавіатури, маніпулятори «миша», техніка для створення копій, інші електронні компоненти, а також різноманітне канцелярське приладдя (папер, тонер для принтерів, батарейки і т.п.). Все це потрібно правильно утилізувати, щоб мінімізувати шкоду для навколишнього середовища.

7.3 Розробка заходів щодо зменшення забруднення навколишнього середовища

Оскільки комп'ютерна техніка має свій час, через який вона виходить зі строю, постає питання про правильну утилізацію даної техніки. Вона потребує утилізації, адже у її складі знаходиться майже вся періодична таблиця хімічних елементів. Також окрім металів, вона має у своєму складі матеріали на основі полівінілхлориду. Вони не представляють загрози в процесі роботи, однак картина змінюється коли закінчується життєвий цикл приладу і він потрапляє на звалище.

Також слід зазначити, що утилізація комп'ютерів – це обов'язкова процедура для підприємств і організацій різної форми власності. Неналежне виконання цієї процедури призводить до податкової та адміністративної відповідальності.

Оскільки на метали що містяться в електронних компонентах впливає волога, то вони переходять в розчинні сполуки, що являють собою сильні отрути. Нагальною екологічною проблемою є і утилізація пластиків, які містять в собі хлорні сполуки, а також ароматичні вуглеводні.

Акумуляторні батареї, що були використані, збирають для утилізації у спеціально-розроблений контейнер. Після того як контейнер буде наповнений він здається до відповідних установ, що спеціалізуються на переробці акумуляторних батарей. Акумуляторні батареї не можна викидати на звичайні звалища, адже вони містять у своєму складі велику кількість токсичних складових, наприклад такі як літій, марганець, свинець, цинк. Якщо їх викинути на звичайне звалище – то токсичні складові почнуть отруювати ґрунт та воду, а як наслідок отруювати навколишню флору і фаун, в тому числі людський організм.

Використовуючи комплексний підхід до проблеми утилізації оргтехніки кількість відходів, що не переробляються зводиться до мінімуму. Також рідкісні метали, що містяться у складі комп'ютерної техніки (чорні і кольорові метали, люмінофор) вилучаються та здаються до Державного фонду чи залучаються до повторного використання.

Отже, як висновок, слід зазначити, що виконувати утилізацію комп'ютерної техніки потрібно як з економічних міркувань так і з екологічних.

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна (магістерська) робота присвячена удосконаленню ймовірнісної моделі розподілу часу напрацювання на відмову жорстких дисків за рахунок використання нормалізуючого перетворення Джонсона, що дозволило підвищити достовірність оцінювання вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків в порівнянні з існуючою моделлю.

Було виконано аналіз та порівняння існуючої моделі розподілу часу напрацювання на відмову жорстких дисків. Обґрунтовано необхідність удосконалення ймовірнісної моделі розподілу часу напрацювання на відмову жорстких дисків.

Була розроблена та удосконала ймовірнісна модель розподілу часу напрацювання на відмову жорстких дисків із застосуванням нормалізуючих перетворень. Також була побудована удосконала ймовірнісна модель розподілу часу напрацювання на відмову жорстких дисків. Була виконана перевірка адекватності побудованої ймовірнісної моделі розподілу часу напрацювання на відмову жорстких дисків.

Була виконана розробка ескізного, технічного та робочого проектів програмного забезпечення. Було розроблено ПЗ для побудови ймовірнісної моделі розподілу часу напрацювання на відмову жорстких дисків за допомогою об'єктно-орієнтованої мови програмування Java, що дозволить автоматизувати та скоротити час відповідних розрахунків. Було проведено тестування та випробування програмного забезпечення, що показало повну працездатність.

Було здійснено розрахунок економічної ефективності від розробки та впровадження ПЗ а також розглянуто спеціальні питання з охорони праці та охорони навколишнього середовища.

Таким чином мета та усі поставленні до даної роботи завдання були успішно виконані.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Amrit Singh. Protecting Your Business: Cloud Backup Vs. Cloud Sync. [Електронний ресурс] / Режим доступу: \www/ URL: <https://www.backblaze.com/blog/business-cloud-backup-vs-cloud-sync/> – 30.07.2020 р. – Загол. з екрану.
2. Liu, W., Xue, Y., Liu, P. SMART HDD Anomaly Risk Prediction. Communications in Computer and Information Science, vol 1261 : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. м. Сингапур, 6 серп. 2020 р. Сингапур, 2020. С. 74–84.
3. Qiang Li, Hui Li, Kai Zhang. Prediction of HDD Failures by Ensemble Learning. 2019 IEEE 10th International Conference on Software Engineering and Service Science : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. м. Пекін, Китай, 7 лют. 2020 р. Пекін, Китай, 2020.
4. Копієвський, Д.В. Удосконалення ймовірнісної моделі оцінювання часу напрацювання на відмові жорстких дисків. / Д.В. Копієвський, Л.М. Макарова // Інформаційні технології: моделі, алгоритми, системи: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет конференції (Миколаїв, 26-28 жовтня). – Миколаїв: НУК імені адмірала Макарова, 2020. – С.10-13.
5. Что такое HDD, жёсткий диск и винчестер. [Електронний ресурс] / Режим доступу: \www/ URL: <http://procomputer.su/sostav-kompyutera/33-cto-takoe-hdd-zhjostkij-disk-i-vinchester> – 30.07.2020 р. – Загол. з екрану.
6. Що таке жорсткий диск? [Електронний ресурс] / Режим доступу: \www/ URL: <https://contact.com.ua/articles/vinchester.html> – 30.07.2020 р. – Загол. з екрану.
7. Гнеденко, Б.В. Математические методы в теории надежности [Текст] / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев – М.: Наука, 1965. – 524 с.

8. Острейковский, В.А. Теория надежности: Учеб. для вузов [Текст] / В.А. Острейковский. – М.: Высш. шк., 2003. – 463 с.
9. Джонсон, Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке [Текст] / Н. Джонсон, Ф. Лион. – М.: Мир, 1980. – 610 с.
10. Монсик, В.Б. Оценивание параметра показательного распределения по усеченной выборке [Текст] / В.Б. Монсик, А.А. Скрынников // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. Серия Прикладная математика. Информатика. – 2006. – № 105. – С.134-140.
11. Поллард, Дж. Справочник по вычислительным методам статистики [Текст] / Дж. Поллард. – Пер. с англ. В.С. Занадворова; под ред. и с предисл. Е.М. Четыркина. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 344 с.
12. Орлов, А.И. Прикладная статистика [Текст] / А.И. Орлов. – М.: Экзамен, 2004. – 656 с.
13. Приходько, С.Б. Інтервальне оцінювання статистичних моментів негаусівських випадкових величин на основі нормалізуючих перетворень [Текст] / С.Б. Приходько // Математичне моделювання: науковий журнал. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2011. – №1 (24). – С.9-13.
14. Хан, Г. Статистические модели в инженерных задачах. Пер. с англ. [Текст] / Г. Хан, С. Шапиро. – М.: Мир, 1969. – 396 с.
15. Макарова, Л.М. Моделі та інформаційна технологія переробки інформації для прогнозування відмов в обслуговуванні пристроїв термінальної мережі: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Нац. ун-т кораблебудування ім. адмірала Макарова. Миколаїв, 2015. 178 с.
16. Коваленко, І.І. Сучасні методи статистичного аналізу даних: Навчальний посібник [Текст] / І.І. Коваленко, С.Б. Приходько, Л.О. Латанська. – Миколаїв: НУК, 2011. – 192 с.
17. Приходько, С.Б. Аналитическая зависимость для выбора семейства распределений Джонсона [Текст] / С.Б. Приходько, Л.Н. Макарова, А.С. Приходько // Проблеми інформаційних технологій. – Херсон: ХНТУ,

2016. – №02 (020). – С.105-110.

18. Степнов, М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник [Текст] / М.Н. Степнов. – М.: Машиностроение, 1985. – 232 с.

19. Приходько, С.Б. Методичні вказівки та завдання до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Обробка експериментальних даних на комп'ютері" [Текст] / С.Б. Приходько, Л.Н. Макарова, К.С. Пугаченко – Миколаїв: НУК, 2018. – 76 с.

20. Hard Drive Data and Stats. [Електронний ресурс] / Режим доступу: \www/ URL: <https://www.backblaze.com/b2/hard-drive-test-data.html> – 30.07.2020 р. – Загол. з екрану.

21. Что такое технология Java и каково ее применение. [Електронний ресурс] / Режим доступу: \www/ URL: https://java.com/ru/download/help/whatis_java.html – 16.08.2020 р. – Загол. з екрану.

22. Кузнєцов, М.С. Оцінка ефективності інформаційних систем [Текст] / М.С. Кузнєцов // Навч.посібник. – Дніпропетровськ, НМетАУ, 2007. – 10 с.

23. Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ «Про охорону праці» [Електронний ресурс] / Режим доступу: \www/ URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> – 16.11.2020 р. – Загол. з екрану.

24. Офіційний сайт ФПУ [Електронний ресурс] / Режим доступу: \www/ URL: <http://fpsu.org.ua/102-rishennya-radi-fpu-v-diji> – 17.11.2020 р. – Загол. з екрану.

25. Охорона навколишнього середовища [Електронний ресурс] / Режим доступу: \www/ URL: http://www.ecology.lviv.ua/u_sered.php – 29.11.2020 р. – Загол. з екрану.

26. Охорона навколишнього середовища [Електронний ресурс] / Режим доступу: \www/ URL: <https://www.yuzhnoye.com/ua/cp/kpo/oos/> – 29.11.2020 р. – Загол. з екрану.

Додаток А Технічне завдання

Вступ

Назва розроблюваного проекту: «Програма для побудови ймовірнісної моделі розподілів вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків». Галузь застосування – підприємства, які спеціалізуються на наданні послуг з резервного копіювання файлів.

1. Підстави для розробки

Підставою для розробки є завдання на кваліфікаційну (магістерську) роботу, видане кафедрою ПЗАС НУК ім. адмірала Макарова.

2. Призначення розробки

2.1 Експлуатаційне призначення

Дана розробка призначена для побудови ймовірнісної моделі розподілів вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків.

2.2 Функціональне призначення програми

Функціональним призначенням програми є автоматизація розрахунків, яка полегшить побудову ймовірнісної моделі розподілів вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків. Програма дозволяє отримати оцінку вибіркового середнього, дисперсії та середньоквадратичного відхилення. Також дозволяє для заданого актуального значення отримати значення відповідних інтервалів.

3. Вимоги до програми

3.1 Вимоги до функціональних характеристик

3.1.1 Вимоги до складу виконуваних функцій

Програма повинна виконувати наступні функції:

- обрання файлу з даними;

- розрахунок точкових оцінок ймовірнісних характеристик;
- перевірка на відповідність експоненціальному закону;
- введення параметрів нормалізації;
- нормалізація даних;
- розрахунок оптимальних параметрів Джонсона для нормалізації;
- перевірка на відповідність нормальному закону;
- побудова графіків вихідних та нормалізованих ЕД;
- розрахунок довірчих інтервалів.

3.1.2 Вимоги до організаційних вхідних та вихідних даних

Введення даних здійснюється за допомогою пристроїв введення даних (клавіатури та миші). Дані вводяться вручну.

Обмін інформацією між програмним забезпеченням відбувається за допомогою файлів з довільним доступом, з розширенням «.csv».

Вхідні дані: Prog, NC.

Вихідні дані: графіки ЕД та нормалізованих ЕД.

3.2 Вимоги до надійності

Програма повинна функціонувати при безперебійній роботі персонального комп'ютера. При виникненні збоїв в роботі, відновлення нормальної роботи повинне проводитися після перезавантаження програми.

У разі введення користувачем некоректної інформації система повинна повідомити про помилку і надати можливість виправити її.

3.3 Вимоги до умов експлуатації

Необхідний рівень підготовки користувачів: мінімальні навички в користуванні комп'ютером. Комп'ютер призначений для роботи в закритому опалювальному приміщенні при наступних умовах навколишнього середовища:

- температура повітря від $+10^{\circ}\text{C}$ до $+30^{\circ}\text{C}$;
- атмосферний тиск від 630 мм до 800 мм ртутного стовпа;
- відносна вологість повітря не більше 80%;

- запиленість повітря не більше $0,75 \text{ мг/м}^2$.

3.4 Вимоги до складу та параметрів технічних засобів

Система повинна задовольняти мінімальній комплекції:

- Pentium IV – 400 МГц або AMD – 300 МГц;
- ОЗУ – 2 Гб;
- вільної пам'яті на жорсткому диску не менше 5 Гб.

3.5 Вимоги до інформаційної та програмної сумісності

Система також повинна відповідати вимогам до інформаційної та програмної сумісності. Для повноцінного функціонування системи необхідно використовувати операційну систему не нижче Windows 10 – 64-bit.

3.6 Вимоги до маркування та пакування

Програма буде упакована в електронний архів і мати найменування Prog.rar.

3.7 Вимоги до транспортування та зберігання

Вимоги до транспортування не висовуються у зв'язку з відсутністю фізичних носіїв.

4. Вимоги до програмної документації

- технічне завдання;
- текст програми;
- опис програми;
- керівництво користувача;
- програма та методика випробувань ПЗ.

5. Техніко-економічні показники

Не розраховуються в зв'язку з тим, що продукт розробляється в рамках кваліфікаційної (магістерської) роботи.

6. Стадії та етапи розробки

Стадії та етапи розробки представлені нижче в таблиці А.1.

Таблиця А.1 – Стадії та етапи розробки проекту

Стадії розробки	Етапи робіт	Термін виконання робіт	
		Початок етапу	Кінець етапу
1. Технічне завдання	1.1 Обґрунтування необхідності розробки програми	06.09.20	11.09.20
	1.2 Розробка технічного завдання	11.09.20	16.09.20
	1.3 Затвердження технічного завдання	16.09.20	28.09.20
2. Ескізний проект	2.1 Розробка ескізного проекту	28.09.20	08.10.20
	2.2 Затвердження ескізного проекту	08.10.20	15.10.20
3. Технічний проект	3.1 Розробка технічного проекту	15.10.20	21.10.20
	3.2 Затвердження технічного проекту	21.10.20	01.11.20
4. Робочий проект	Розробка робочого проекту	01.11.20	07.11.20
	Затвердження робочого проекту	07.11.20	15.11.20
	Розробка програмної документації	15.11.20	20.11.20

7. Порядок контролю та прийому

Контроль за аналізом та проектуванням кожної окремої частини програмного забезпечення на кожному етапі з урахуванням вимог, визначених у технічному завданні. Кожна стадія розробки повинна бути представлена в зазначені строки та узгоджена із замовником.

Прийом проводиться відповідно до програми і методики випробувань і документують за допомогою протоколу проведення випробувань. У разі знаходження помилок під час прийому програмного виробу складається акт про знайдені помилки, який підписуються представниками замовника і

розробника і затверджуються керівником організації – замовника та організації – розробника. Розробник повинен на протязі не більше ніж 2 тижнів виправити зазначені помилки і оповістити замовника про повторне проведення перевірки.

Додаток Б Текст програми

Main.java:

```

package sample;

import javafx.application.Application;
import javafx.scene.image.Image;
import javafx.stage.Stage;
import java.util.ArrayList;
import java.util.List;

public class Main extends Application {

    static Stage stageMain;
    static List<Double> data = new ArrayList<>();
    static double gammaValue = 0;
    static double nyValue = 0;
    static double fiValue = 0;
    static double lambdaValue = 0;
    static double hiEstimatedValue = 0;
    static double hiCriticalValue = 0;

    @Override
    public void start(Stage stage) throws Exception{

        stageMain = stage; // Сохраняем ссылку на главную сцену
в общей переменной
        stage.setScene(new SceneBuilder().getScene("1")); //
Переход на первое окно
        stage.setTitle("Розрахунок ймовірнісної моделі");
        stage.getIcons().add(new Image("/icon.png"));
        stage.show(); // Активируем видимость программы

    }

    public static void main(String[] args) {
        launch(args);
    }
}

```

SceneBuilder:

```

package sample;

import java.io.IOException;
import javafx.fxml.FXMLLoader;
import javafx.scene.Scene;

public class SceneBuilder {

```

```

/**
 * Получение объекта сцены
 * @param num Номер окна, шаблон "FXMLForm*"
 * @return сцена
 * @throws IOException
 */
public Scene getScene(String num) throws IOException {
    return new
Scene(FXMLLoader.load(getClass().getResource("FXMLForm" + num +
".fxml"))));
}
}

```

FXMLForm1Controller:

```

package sample;

import java.io.*;
import java.net.URL;
import java.util.*;
import javafx.event.ActionEvent;
import javafx.fxml.FXML;
import javafx.fxml.Initializable;
import javafx.scene.Node;
import javafx.scene.control.Button;
import javafx.scene.control.TextField;
import javafx.stage.FileChooser;
import javafx.stage.Stage;
import static sample.Main.stageMain;
import static sample.Main.data;

public class FXMLForm1Controller implements Initializable {

    @FXML
    private ResourceBundle resources;

    @FXML
    private URL location;

    @FXML
    private TextField fileSearch;

    @FXML
    private Button chooseFile;

    List<List<String>> lines = new ArrayList<>();
    File fileObject;

    @FXML
    private void addFile(ActionEvent event) {

        Node source = (Node) event.getSource();

```

```

        Stage primaryStage = (Stage)
source.getScene().getWindow();
        FileChooser fileChooser = new FileChooser();
        FileChooser.ExtensionFilter csvFilter = new
FileChooser.ExtensionFilter("CSV files (*.csv)", "*.csv");
        fileChooser.getExtensionFilters().add(csvFilter);
        fileChooser.getExtensionFilters().addAll(csvFilter);
        fileChooser.setTitle("Вибір файлу");
        fileObject = fileChooser.showOpenDialog(primaryStage);
        try {
            fileSearch.setText(fileObject.getPath());
        } catch (Exception e) {

        }
    }

@FXML
private void doNext(ActionEvent event) throws IOException {

    Scanner inputStream;
    try{
        inputStream = new Scanner(fileObject);

        while(inputStream.hasNext()){
            String line= inputStream.next();
            String[] values = line.split(",");
            lines.add(Arrays.asList(values));
        }
        inputStream.close();
    }catch (FileNotFoundException e) {
        e.printStackTrace();
    }

    int lineNo = 1;
    for(List<String> line: lines) {
        int columnNo = 1;
        for (String value: line) {
            data.add(Double.parseDouble(value));
            columnNo++;
        }
        lineNo++;
    }
    stageMain.setScene(new SceneBuilder().getScene("2")); //
Переход на второе окно
}

@Override
public void initialize(URL url, ResourceBundle rb) {

    stageMain.setX(150);
    stageMain.setY(50);

```

```

    }
}

```

FXMLForm2Controller:

```

package sample;

import java.io.IOException;
import java.net.URL;
import java.util.ArrayList;
import java.util.List;
import java.util.ResourceBundle;
import javafx.event.ActionEvent;
import javafx.fxml.FXML;
import javafx.scene.control.Label;
import javafx.scene.control.TextField;
import javafx.fxml.Initializable;
import static sample.Main.stageMain;
import static sample.Main.data;
import static sample.Main.hiEstimatedValue;
import static sample.Main.hiCriticalValue;

public class FXMLForm2Controller implements Initializable {

    @FXML
    private ResourceBundle resources;

    @FXML
    private URL location;

    @FXML
    private TextField paramOne;

    @FXML
    private TextField paramTwo;

    @FXML
    private TextField paramThree;

    @FXML
    private TextField paramFour;

    @FXML
    private TextField paramFive;

    @FXML
    private TextField hiEstimated;

    @FXML
    private TextField hiCritical;

```

```

@FXML
private Label resultLabel;

@FXML
private void onActionNorm(ActionEvent event) throws
IOException {
    stageMain.setScene(new SceneBuilder().getScene("3"));
}

@Override
// Секция инициализации при старте окна
public void initialize(URL url, ResourceBundle rb) {

    double paramOneValue;
    double paramTwoValue;
    double paramThreeValue;
    double paramFourValue;
    double paramFiveValue;
    double sum;

    int size = data.size();

    //Расчет выборочного среднего
    sum = 0;
    for(Double d : data)
        sum += d;
    paramOneValue = sum/size;

    //Расчет дисперсии
    List<Double> temp = new ArrayList<>();
    double tmp = 0;
    for (int i = 0; i < size; i++) {
        temp.add(Math.pow(data.get(i) - paramOneValue, 2));
    }
    sum = 0;
    for (int i = 0; i < size; i++) {
        sum += temp.get(i);
    }
    paramTwoValue = sum/(size-1);

    //Расчет среднеквадратического отклонения
    paramThreeValue = Math.sqrt(paramTwoValue);

    //Расчет асимметрии
    temp.clear();
    for (int i = 0; i < size; i++) {
        temp.add(Math.pow(data.get(i) - paramOneValue, 3));
    }
    sum = 0;
    for (int i = 0; i < size; i++) {
        sum += temp.get(i);
    }
}

```

```

        paramFourValue = (size/((size-1)*(size-
2)*Math.pow(paramThreeValue,3)))*sum;

        //Расчет эксцеса
        temp.clear();
        for (int i = 0; i < size; i++) {
            temp.add(Math.pow(data.get(i) - paramOneValue, 4));
        }
        sum = 0;
        for (int i = 0; i < size; i++) {
            sum += temp.get(i);
        }
        paramFiveValue = (size*(size+1)/((size-1)*(size-
2)*(size-3)*Math.pow(paramThreeValue,4)))*sum;

        hiEstimatedValue = 169.41;
        hiCriticalValue = 12.59;

        paramOne.setText(String.valueOf(paramOneValue));
        paramTwo.setText(String.valueOf(paramTwoValue));
        paramThree.setText(String.valueOf(paramThreeValue));
        paramFour.setText(String.valueOf(paramFourValue));
        paramFive.setText(String.valueOf(paramFiveValue));
        hiEstimated.setText(String.valueOf(hiEstimatedValue));
        hiCritical.setText(String.valueOf(hiCriticalValue));
        resultLabel.setText("Емпіричні дані не відповідають
експоненціальному закону");
    }
}

```

FXMLForm3Controller:

```

package sample;

import java.io.IOException;
import java.net.URL;
import java.util.ResourceBundle;
import javafx.event.ActionEvent;
import javafx.fxml.FXML;
import javafx.fxml.Initializable;
import javafx.scene.control.TextField;
import static sample.Main.stageMain;
import static sample.Main.gammaValue;
import static sample.Main.nyValue;
import static sample.Main.fiValue;
import static sample.Main.lambdaValue;

public class FXMLForm3Controller implements Initializable {

```

```

@FXML
private ResourceBundle resources;

@FXML
private URL location;

@FXML
private TextField gamma;

@FXML
private TextField ny;

@FXML
private TextField fi;

@FXML
private TextField lambda;

@FXML
void normAction(ActionEvent event) throws IOException {

    gammaValue = Double.parseDouble(gamma.getText());
    nyValue = Double.parseDouble(ny.getText());
    fiValue = Double.parseDouble(fi.getText());
    lambdaValue = Double.parseDouble(lambda.getText());

    stageMain.setScene(new SceneBuilder().getScene("4"));

}

@Override
public void initialize(URL url, ResourceBundle rb) {

}
}

```

FXMLForm4Controller:

```

package sample;

import java.io.IOException;
import java.net.URL;
import java.util.ResourceBundle;
import javafx.event.ActionEvent;
import javafx.fxml.FXML;
import javafx.fxml.Initializable;
import javafx.scene.control.Label;
import javafx.scene.control.TextField;
import static sample.Main.stageMain;
import static sample.Main.gammaValue;
import static sample.Main.nyValue;
import static sample.Main.fiValue;

```

```

import static sample.Main.lambdaValue;
import static sample.Main.hiEstimatedValue;
import static sample.Main.hiCriticalValue;

public class FXMLForm4Controller implements Initializable {

    @FXML
    private ResourceBundle resources;

    @FXML
    private URL location;

    @FXML
    private TextField gamma;

    @FXML
    private TextField ny;

    @FXML
    private TextField fi;

    @FXML
    private TextField lambda;

    @FXML
    private TextField hiEstimated;

    @FXML
    private TextField hiCritical;

    @FXML
    private Label resultLabel;

    @FXML
    void buildGraph(ActionEvent event) throws IOException {
        stageMain.setScene(new SceneBuilder().getScene("5"));
    }

    @Override
    public void initialize(URL url, ResourceBundle rb) {
        gamma.setText(String.valueOf(gammaValue));
        ny.setText(String.valueOf(nyValue));
        fi.setText(String.valueOf(fiValue));
        lambda.setText(String.valueOf(lambdaValue));
        hiEstimatedValue = 8.76;
        hiCriticalValue = 9.49;
        hiEstimated.setText(String.valueOf(hiEstimatedValue));
        hiCritical.setText(String.valueOf(hiCriticalValue));
        resultLabel.setText("Емпіричні дані відповідають  
нормальному закону розподілу");
    }
}

```

```
    }
}
```

FXMLForm5Controller:

```
package sample;

import java.net.URL;
import java.util.ResourceBundle;
import javafx.fxml.FXML;
import javafx.fxml.Initializable;
import javafx.scene.chart.BarChart;
import javafx.scene.chart.CategoryAxis;
import javafx.scene.chart.NumberAxis;
import javafx.scene.chart.XYChart;

public class FXMLForm5Controller implements Initializable {

    @FXML
    private ResourceBundle resources;

    @FXML
    private URL location;

    @FXML
    private BarChart<String, Double> barChart;

    @FXML
    private CategoryAxis xAxis;

    @FXML
    private NumberAxis yAxis;

    @FXML
    private BarChart<String, Double> barChartTwo;

    @FXML
    private CategoryAxis xAxisTwo;

    @FXML
    private NumberAxis yAxisTwo;

    @Override
    public void initialize(URL url, ResourceBundle rb) {

        xAxis.setLabel("Інтервали");
        yAxis.setLabel("f(x)");

        XYChart.Series<String, Double> dataSeries1 = new
        XYChart.Series<String, Double>();
        dataSeries1.getData().add(new XYChart.Data<String,
```

```

Double>("1", 0.0005));
    dataSeries1.getData().add(new XYChart.Data<String,
Double>("2", 0.0012));
    dataSeries1.getData().add(new XYChart.Data<String,
Double>("3", 0.0014));
    dataSeries1.getData().add(new XYChart.Data<String,
Double>("4", 0.0003));
    dataSeries1.getData().add(new XYChart.Data<String,
Double>("5", 0.0002));
    dataSeries1.getData().add(new XYChart.Data<String,
Double>("6", 0.0006));
    dataSeries1.getData().add(new XYChart.Data<String,
Double>("7", 0.0006));
    dataSeries1.getData().add(new XYChart.Data<String,
Double>("8", 0.0005));

    barChart.getData().add(dataSeries1);
    barChart.setTitle("Гістограма вихідних ЕД ВВ X");

    xAxisTwo.setLabel("Інтервали");
    yAxisTwo.setLabel("f(x)");

    XYChart.Series<String, Double> dataSeries2 = new
XYChart.Series<String, Double>();
    dataSeries2.getData().add(new XYChart.Data<String,
Double>("1", 0.1108));
    dataSeries2.getData().add(new XYChart.Data<String,
Double>("2", 0.1713));
    dataSeries2.getData().add(new XYChart.Data<String,
Double>("3", 0.2822));
    dataSeries2.getData().add(new XYChart.Data<String,
Double>("4", 0.3528));
    dataSeries2.getData().add(new XYChart.Data<String,
Double>("5", 0.2520));
    dataSeries2.getData().add(new XYChart.Data<String,
Double>("6", 0.1814));
    dataSeries2.getData().add(new XYChart.Data<String,
Double>("7", 0.1310));

    barChartTwo.getData().add(dataSeries2);
    barChartTwo.setTitle("Гістограма нормалізованих ЕД ВВ
x");

    }
}

```

Додаток В Опис програми

1 Загальні відомості

Програма призначена для побудови ймовірнісної моделі розподілів вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків.

2 Функціональне призначення

Функціональним призначенням програми є автоматизація розрахунків, яка полегшить побудову ймовірнісної моделі розподілів вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків.

Програма повинна виконувати наступні функції:

- обрання файлу з даними;
- розрахунок точкових оцінок ймовірнісних характеристик;
- перевірка на відповідність експоненціальному закону;
- введення параметрів нормалізації;
- нормалізація даних;
- розрахунок оптимальних параметрів Джонсона для нормалізації;
- перевірка на відповідність нормальному закону;
- побудова графіків вихідних та нормалізованих ЕД;
- розрахунок довірчих інтервалів.

3 Опис логічної структури

Програма розроблена на модульній основі, тобто кожний модуль програми відповідає за конкретну дію: імпорт даних, нормалізація та інші.

4 Технічні та програмні засоби

Система повинна задовольняти мінімальній комплекції:

- Pentium IV – 400 МГц або AMD – 300 МГц;

- ОЗУ – 2 Гб;
- вільної пам'яті на жорсткому диску не менше 5 Гб.

Система також повинно відповідати вимоги до інформаційної та програмної сумісності. Для повноцінного функціонування системи необхідно використовувати операційну систему не нижче Windows 10 – 64-bit.

5 Виклик та завантаження

Програма для побудови ймовірнісної моделі розподілів вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків встановлюється безпосередньо на комп'ютер користувача. Програмне забезпечення відкривається або за допомогою ярлика, який знаходиться на робочому столі, або за допомогою вибору відповідного пункту меню «Пуск» – «Програми». Програма має один режим використання.

6 Вхідні та вихідні дані

Введення даних здійснюється за допомогою пристроїв введення даних (клавіатури та миші). Дані вводяться вручну.

Обмін інформацією між програмним забезпеченням відбувається за допомогою файлів з довільним доступом, з розширенням «.csv».

Вхідні дані: Prog, ТС.

Вихідні дані: графіки ЕД та нормалізованих ЕД.

Додаток Г Інструкція користувача

Для запуску програми потрібно відкрити програму або за допомогою ярлика, який знаходиться на робочому столі, або за допомогою вибору відповідного пункту меню «Пуск» – «Програми», після чого з'явиться перше вікно, яке представлено на рисунку Г.1.

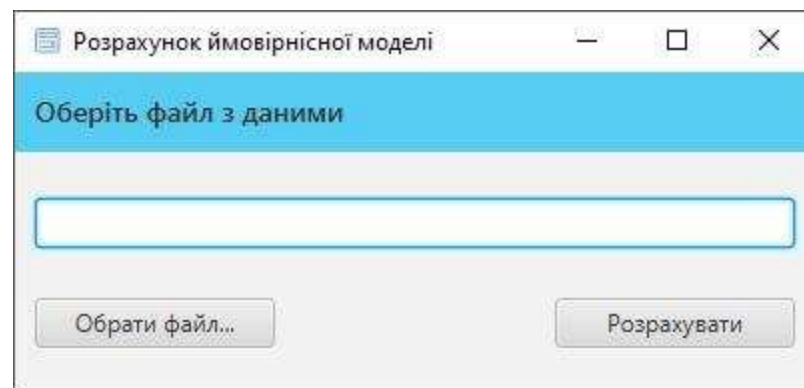


Рисунок Г.1 – Перше вікно програми

Для виконання розрахунків потрібно натиснути на кнопку «Обрати файл...» в результаті чого з'явиться діалогове вікно, в якому потрібно вибрати шлях та файл з розширенням .csv. Діалогове вікно зображено на рисунку Г.2.

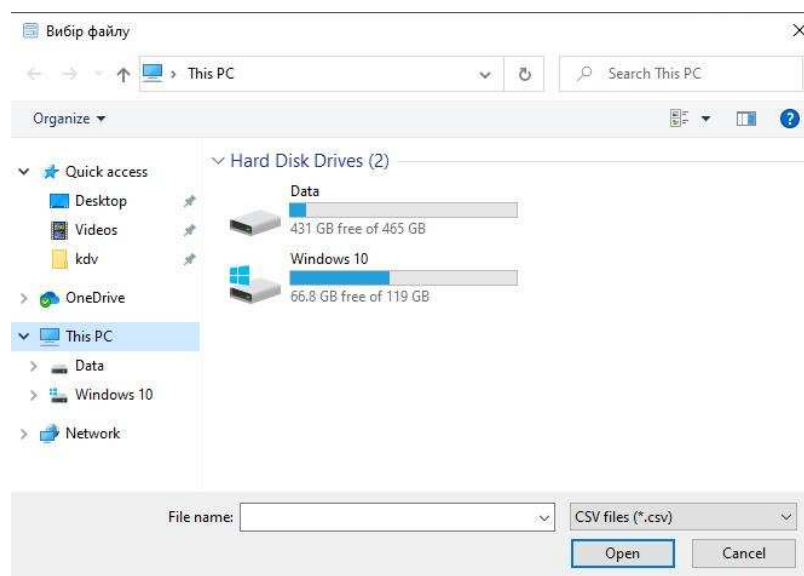


Рисунок Г.2 – Діалогове вікно для імпорту даних

Для того, щоб здійснити розрахунки, потрібно натиснути на кнопку «Розрахувати». Після чого дані пройдуть обробку і внесуться до таблиці вихідних даних. Після чого автоматично розрахує вихідні параметри вибірки та відкриється друге вікно з результатом. Результат представлено на рисунку Г.3.

The screenshot shows a software window titled "Розрахунок ймовірнісної моделі" (Calculation of probabilistic model). The window has a blue header bar with the title. Below the header, there is a section titled "Точкові оцінки ймовірнісних характеристик" (Point estimates of probabilistic characteristics). This section contains five rows of labels and input fields with numerical values:

Label	Value
Вибіркове середнє:	684.0136054421769
Дисперсія:	183503.13679992539
Середньоквадратичне відхилення:	428.37266112571353
Асиметрія:	0.5242650336847481
Екссес:	2.080925263461675

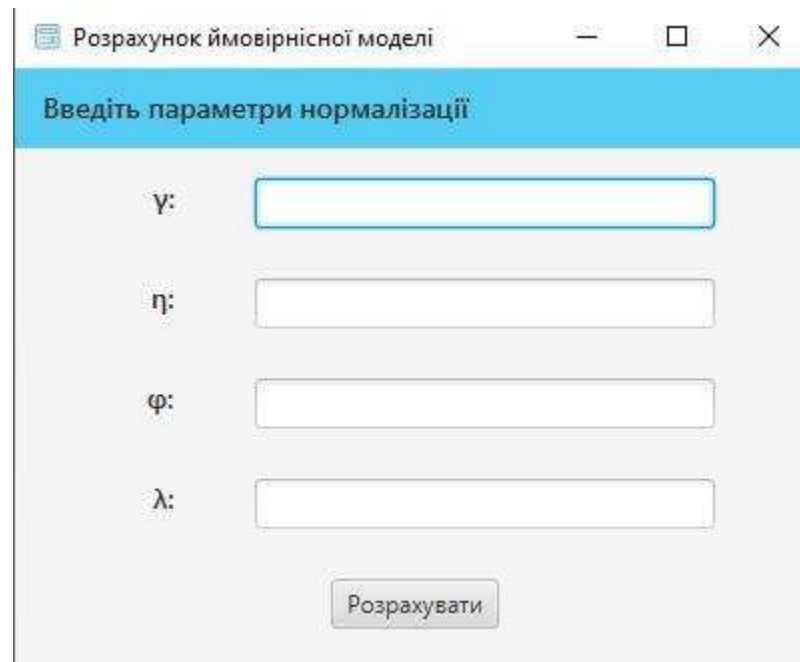
Below this section is another section titled "Перевірка на відповідність експоненціальному закону" (Check for conformity with the exponential law). This section contains two rows of labels and input fields:

Label	Value
χ^2 розрахункове:	169.41
χ^2 критичне:	12.59

Below the input fields, there is a text message: "Емпіричні дані не відповідають експоненціальному закону" (Empirical data does not conform to the exponential law). At the bottom of the window, there is a button labeled "Нормалізувати" (Normalize).

Рисунок Г.3 – Друге вікно програми з розрахованими точковими оцінками та результатом перевірки вихідних ЕД на відповідність експоненціальному закону

Далі є можливість нормалізувати вхідні ЕД. Для цього слід натиснути на кнопку «Нормалізувати». Після цього відкриється третє вікно де потрібно ввести параметри нормалізації. Третє вікно представлено на рисунку Г.4.



Розрахунок ймовірнісної моделі

Введіть параметри нормалізації

γ:

η:

φ:

λ:

Розрахувати

Рисунок Г.4 – Третє вікно програми з полями для вводу параметрів нормалізації

Після введення параметрів нормалізації та натиснення кнопки «Розрахувати» відкриється четверте вікно. На ньому представлені розраховані оптимальні параметри Джонсона для нормалізації а також перевірка даних на відповідність нормальному закону. Четверте вікно представлено на рисунку Г.5.

Розрахунок ймовірнісної моделі

Розраховані оптимальні параметри Джонсона для нормалізації

γ : 0.3888

η : 0.758

φ : -7.2088

λ : 1717.45

χ^2 розрахункове: 8.76

χ^2 критичне: 9.49

Емпіричні дані відповідають нормальному закону розподілу

Побудувати графіки Розрахувати параметри

Рисунок Г.5 – Четверте вікно програми з розрахованими оптимальними параметрами для нормалізації та результатом перевірки на відповідність нормальному закону

Після проведення розрахунків є можливість побудувати графіки вхідних ЕД та нормалізованих ЕД. Для цього слід натиснути на кнопку «Побудувати графіки». Вікно з графіками відображено на рисунку Г.6.

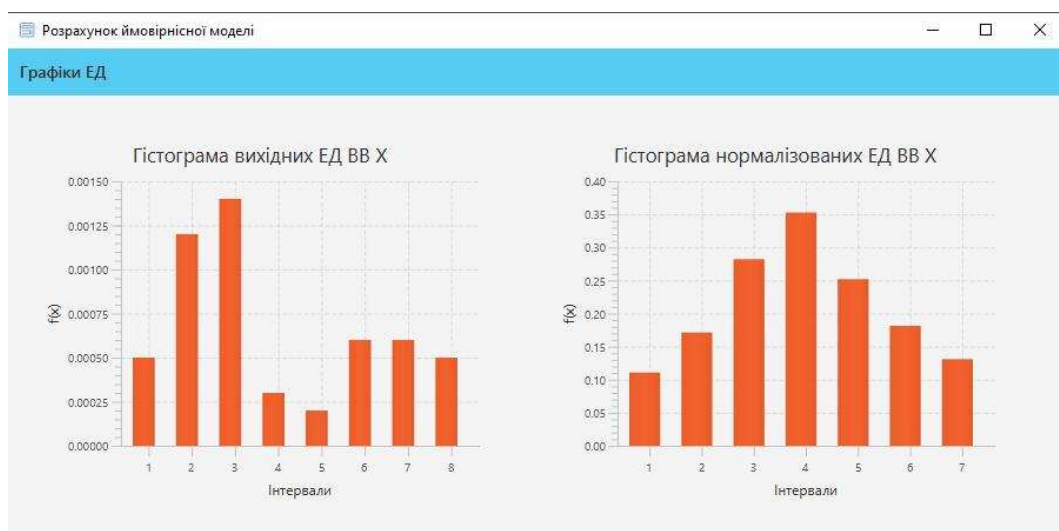


Рисунок Г.6 – П'яте вікно програми з побудованими графіками вхідних та нормалізованих ЕД

Також після проведення розрахунків є можливість провести розрахунки довірчих інтервалів. Для цього слід натиснути на кнопку «Розрахувати параметри». Вікно з розрахованими довірчими інтервалами відображено на рисунку Г.7.

Розрахунок ймовірнісної моделі

Довірчі інтервали

	Непараметричне оцінювання		Експоненціальний закон розподілу		Нормалізуюче перетворення Джонсона	
	Нижня границя	Верхня границя	Нижня границя	Верхня границя	Нижня границя	Верхня границя
Вибіркове середнє	588.31	814.12	597.35	774.38	614.19	753.84
Параметр експоненціального розподілу λ	1.2283E-03	1.6998E-03	1.2914E-03	1.6741E-03	1.3265E-03	1.6282E-03

Довжини довірчих інтервалів

Вибіркове середнє	225.81	177.03	139.65
Параметр експоненціального розподілу λ	0.4715E-03	0.3827E-03	0.3017E-03

Рисунок Г.7 – Шосте вікно програми з розрахованими довірчими інтервалами

Додаток Д Програма і методика випробувань

1. Об'єкт випробувань

1.1 Назва об'єкту

Назва розроблюваного проекту: «Програма для побудови ймовірнісної моделі розподілів вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків». Галузь застосування – підприємства, які спеціалізуються на наданні послуг з резервного копіювання файлів.

Коротка назва: програма.

1.2 Область застосування

Функціональним призначенням програми є автоматизація розрахунків, яка полегшить побудову ймовірнісної моделі розподілів вимірів часу напрацювання на відмову жорстких дисків.

2 Мета випробувань

Мета проведення випробувань – оцінка експлуатаційних характеристик програми, перевірка і підтвердження працездатності програми в умовах, максимально наближених до умов реальної експлуатації.

3 Вимоги до програми

Програма має реалізовувати функції, описані в технічному завданні, яке наведено в додатку А.

4 Вимоги до програмної документації

Для проведення тестування програми повинна бути надана наступна документація:

- технічне завдання на розробку програми;
- текст програми;
- опис програми;
- інструкція користувача;
- програма і методика випробувань ПЗ.

5 Склад, порядок та методи випробувань

5.1 Перевірка програми на відповідність технічному завданню:

- перевірка роботи функції «Обрання файлу з даними»;
- перевірка роботи функції «Розрахунок точкових оцінок ймовірнісних характеристик»;
- перевірка роботи функції «Перевірка на відповідність експоненціальному закону»;
- перевірка роботи функції «Введення параметрів нормалізації»;
- перевірка роботи функції «Нормалізація даних»;
- перевірка роботи функції «Розрахунок оптимальних параметрів Джонсона для нормалізації»;
- перевірка роботи функції «Перевірка на відповідність нормальному закону»;
- перевірка роботи функції «Побудова графіків вихідних та нормалізованих ЕД»;
- перевірка роботи функції «Розрахунок довірчих інтервалів».

5.2 Перевірка програми на її програмно-апаратну сумісність: тестування на апаратних-програмних платформах різної конфігурації, але не нижче за мінімальні вимоги, наведені в технічному завданні; перевірка наявності і усунення всіх помилок, зазначених у п. 5.1.

5.3 Візуальний перегляд програми: остаточне налагодження на предмет виявлення та усунення дрібних помилок.