

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 рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, та розробка програми для його реалізації»

Виконала: студентка 6 курсу, групи 6153м  
спеціальності

152 «Метрологія та інформаційно-  
вимірювальна техніка»

(шифр і назва спеціальності)

Степаненко А.Б.

(підпис, прізвище та ініціали)

Керівник Устенко І.В.

(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**

Степаненко Ангеліна Богданівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема магістерської роботи**

Удосконалення рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, та розробка програми для його реалізації

керівник роботи

Устенко Ірина Валеріївна, 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 )

Степаненко А.Б.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
( підпис )

Устенко І.В.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Степаненко Ангеліна Богданівна

«Удосконалення рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, та розробка програми для його реалізації»

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

**Обсяг роботи:** 110 стор., 13 табл., 20 рис., 37 використаних джерел, 5 додатків.

**Актуальність теми роботи:** необхідність підвищення достовірності оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet.

**Мета та завдання дослідження:** підвищення достовірності оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, за допомогою нелінійного рівняння регресії.

**Об'єкт дослідження:** процес оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet.

**Предмет дослідження:** однофакторне нелінійне рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet.

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

**Наукова новизна одержаних результатів:** удосконалення однофакторного нелінійного рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, за рахунок використання нормалізуючого перетворення на основі натурального логарифму, що дозволило підвищити достовірність оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, в порівнянні з існуючим рівнянням регресії.

**Практичне значення одержаних результатів:** програма для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet.

**Апробація результатів досліджень:** результати досліджень пройшли апробацію на III Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених за тематикою «Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні» (м. Херсон, 30 листопада 2020 року).

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

**Ключові слова:** однофакторне нелінійне рівняння регресії, нормалізуюче перетворення, час відновлення працездатності, обладнання зв'язку, RadioEthernet.

## ABSTRACT

Stepanenko Anhelina Bohdanivna

«Improving the regression equation for estimation of restore functionality time of the communication equipment that works on RadioEthernet technology and developing the software for its implementation»

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

**The qualification work** is presented on the 110 pages of typewritten text, contains 13 tables, 20 figures, 5 appendices and 37 references.

**Relevance of the topic of the work:** the need to increase the accuracy of estimating of restore functionality time of communication equipment that works on RadioEthernet technology.

**The goal and objectives of the study:** to increase the accuracy of estimating of restore functionality time of communication equipment that works on RadioEthernet technology, by using non-linear regression equation.

**The object of the study:** the process of estimating of restore functionality time of communication equipment that works on RadioEthernet technology.

**The subject of the study:** the univariate non-linear regression equation for estimating of restore functionality time of communication equipment that works on RadioEthernet technology.

**The methods of the study:** methods of reliability theory, probability theory and mathematical statistics, mathematical modeling, regression analysis, object-oriented programming.

**The scientific novelty of obtained results:** the improved of univariate non-linear regression equation for estimating of restore functionality time of communication equipment that works on RadioEthernet technology by using a normalizing transformation based on the natural logarithm, which made it possible to increase the accuracy of estimating of restore functionality time of communication equipment that works on RadioEthernet technology compared to the existing regression equation.

**The practical significance of obtained results:** the software for estimating of restore functionality time of communication equipment that works on RadioEthernet technology.

**Approbation of study results:** the results of the research were tested at the III All-Ukrainian scientific-practical Internet conference of students, graduate students and young scientists on "Modern computer systems and networks in management" (Kherson, November 30, 2020).

**Publications:** results of the work are presented in 1 scientific paper – conference abstracts.

**Keywords:** univariate non-linear regression equation, normalizing transformation, restore functionality time, communication equipment, RadioEthernet.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІВНЯНЬ РЕГРЕСІЇ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЧАСУ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ОБЛАДНАННЯ ЗВ'ЯЗКУ, ЯКЕ ПРАЦЮЄ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ RADIOETHERNET	13
1.1 Технологія RadioEthernet та обладнання зв'язку, яке працює за цією технологією	13
1.2 Рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet	17
1.3 Перевірка якості рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку	21
1.4 Способи удосконалення рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку	22
2 УДОСКОНАЛЕННЯ РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЧАСУ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ОБЛАДНАННЯ ЗВ'ЯЗКУ, ЯКЕ ПРАЦЮЄ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ RADIOETHERNET	25
2.1 Розробка удосконаленого рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet із застосуванням нормалізуючих перетворень	25
2.2 Перевірка емпіричних даних на викиди	27
2.3 Побудова удосконаленого рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, та перевірка його якості	29

3 ПРОЕКТ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ УДОСКОНАЛЕНОГО РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЧАСУ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ОБЛАДНАННЯ ЗВ'ЯЗКУ, ЯКЕ ПРАЦЮЄ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ RADIOETHERNET	39
3.1 Ескізний проект програмного забезпечення	39
3.1.1 Вибір мови моделювання	39
3.1.2 Побудова діаграми варіантів використання	40
3.1.3 Специфікації варіантів використання	41
3.1.4 Побудова діаграми діяльності	44
3.1.5 Розробка прототипу інтерфейсу користувача	45
3.2 Технічний проект програмного забезпечення	47
3.2.1 Архітектура програмного забезпечення	47
3.2.2 Статична модель програмного забезпечення	48
3.2.3 Динамічна модель програмного забезпечення	50
3.3 Робочий проект програмного забезпечення	51
3.3.1 Обґрунтування вибору мови програмування	51
3.3.2 Побудова діаграми компонентів	53
3.3.3 Випробування програмного забезпечення	54
4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД РОЗРОБКИ І ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	57
4.1 Вступ	57
4.2 Розрахунок витрат на створення і експлуатацію програмного забезпечення	58
4.3 Економічна ефективність розробки і впровадження програмного забезпечення	60
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	63
5.1 Вступ	63
5.2 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів в офісному	65

приміщенні	
5.3 Розрахунок системи штучного освітлення в офісному приміщенні	70
5.4 Розробка заходів щодо зменшення впливу шкідливих та небезпечних факторів в офісному приміщенні	71
6 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	74
6.1 Вступ	74
6.2 Забруднення навколишнього середовища підприємствами, що експлуатують обладнання зв'язку	77
6.3 Розробка заходів з охорони навколишнього середовища	78
ВИСНОВКИ	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	83
Додаток А Технічне завдання	87
Додаток Б Текст програми	91
Додаток В Опис програми	100
Додаток Г Інструкція користувача	103
Додаток Д Програма та методика випробувань програмного забезпечення	109

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

ВВ	випадкова величина
ЕД	емпіричні дані
ПЗ	програмне забезпечення
FCC	Federal Communications Commission
HCI	Human-Computer Interaction
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
ITU-R	International Telecommunications Union, Radiocommunication Sector
JDK	Java Development Kit
JDT	Java Development Tools
MMRE	Mean of Magnitude of Relative Errors
MRE	Magnitude of Relative Errors
MSD	Mahalanobis squared distance
MVC	Model-View-Controller
UML	Unified Modelling Language
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Ідея використання технології бездротових комп'ютерних мереж в якості альтернативи кабельним мережам, особливо для вирішення так званої проблеми "останньої милі", давно стала дуже популярною [1]. Мережі RadioEthernet застосовуються не тільки в корпоративних рішеннях, але і для організації міських мереж [2].

В даний час практично всі найбільші виробники обладнання – Alcatel-Lucent (з 2016 р поглинена компанією Nokia Corporation [3]), Cisco Systems, Inc. [4], Avaya [5], BreezeCom (з 2001 р об'єднався з компанією Floware Wireless Systems Ltd., змінивши назву на Alvarion Technologies [6]) – крім адаптерів і точок доступу, випускають повні комплекти обладнання для бездротового зв'язку, включаючи антенні пристрої, мости і шлюзи для зв'язку з дротовими мережами. Навколо бездротових мереж на базі RadioEthernet виникло своє співтовариство, багато компаній займаються не тільки установкою готових рішень, але і розробкою свого обладнання [7]. У зв'язку з цим виникає питання швидкого відновлення працездатності різного обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, після відмови в обслуговуванні.

На сьогоднішній день найбільш поширеними в теорії надійності є нормальний та експоненціальний закони розподілу ВВ [8]. Однак отримані ЕД про час відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, не завжди можуть бути адекватно апроксимовані цими законами і містять відхилення, що призводить до зниження достовірності оцінювання характеристик розподілу ЕД. До того ж, час відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, залежить від ряду факторів. Визначальним фактором з точки зору бюджетування є єдиний вимірюваний параметр – відстань між центром обслуговування і відповідним пристроєм мережі. В цьому випадку

оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, можна здійснювати на основі відповідного рівняння регресії, яке буде нелінійним, оскільки зазначені ВВ не є гаусівськими [9]. Для прогнозування часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, бажано мати нелінійне рівняння регресії залежності часу відновлення працездатності пристроїв мережі від відстані між центром обслуговування та пристроєм. Більш надійний прогноз часу відновлення працездатності пристроїв мережі можна виконати за рахунок побудови довірчого інтервалу нелінійної регресії [10]. Побудова такого довірчого інтервалу буде ускладнена без припущення про нормальність випадкових величин, а застосування цього припущення може істотно спотворити отримані результати.

Таким чином, завдання оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, є важливим для нормального функціонування бездротових комп'ютерних мереж.

**Мета і завдання дослідження.** Мета дослідження: підвищення достовірності оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet.

Завдання дослідження:

- проаналізувати існуючі рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, порівняти їх;

- обґрунтувати необхідність удосконалення рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet;

- удосконалити рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, із застосуванням нормалізуючих перетворень, для чого:

  - обрати відповідне нормалізуюче перетворення;

нормалізувати отримані ЕД, використовуючи обране нормалізуюче перетворення;

перевірити ЕД на викиди;

побудувати лінійне рівняння регресії, довірчий інтервал та інтервал прогнозування для нормалізованих даних;

побудувати нелінійне рівняння регресії, довірчий інтервал та інтервал прогнозування для ЕД;

перевірити якість рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet;

– розробити ПЗ для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet.

**Об'єкт дослідження:** процес оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet.

**Предмет дослідження:** однофакторне нелінійне рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet.

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

**Наукова новизна одержаних результатів:** удосконалення однофакторного нелінійного рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, за рахунок використання нормалізуючого перетворення на основі натурального логарифму, що дозволило підвищити достовірність оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, в порівнянні з існуючим рівнянням регресії.

**Практичне значення одержаних результатів:** ПЗ для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, розроблене в рамках кваліфікаційної роботи, дозволило автоматизувати та скоротити час відповідних розрахунків.

**Особистий внесок здобувача:** кваліфікаційна робота є самостійно виконаною працею, усі результати, викладені у роботі, отримані автором особисто. У роботі, яка опублікована у співавторстві [11], здобувачеві належить удосконалення рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet.

**Апробація результатів роботи:** основні положення і результати досліджень, викладені у кваліфікаційній роботі, пройшли апробацію на III Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених за тематикою «Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні» (м. Херсон, 30 листопада 2020 року).

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

# 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІВНЯНЬ РЕГРЕСІЇ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЧАСУ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ОБЛАДНАННЯ ЗВ'ЯЗКУ, ЯКЕ ПРАЦЮЄ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ RADIOETHERNET

## 1.1 Технологія RadioEthernet та обладнання зв'язку, яке працює за цією технологією

Бездротовий зв'язок, або зв'язок по радіоканалу, сьогодні використовується і для побудови магістралей (радіорелейні лінії), і для створення локальних мереж, і для підключення віддалених абонентів до мереж і магістралей різного типу. Дуже динамічно розвивається в останні роки стандарт бездротового зв'язку RadioEthernet. Спочатку він призначався для побудови локальних бездротових мереж, але сьогодні все активніше використовується для підключення віддалених абонентів до магістралей. З його допомогою вирішується проблема "останньої милі" (правда, в окремих випадках ця "миля" може становити від 100 м до 25 км). RadioEthernet зараз забезпечує пропускну здатність до 54 Мбіт/с і дозволяє створювати захищені бездротові канали для передачі мультимедійної інформації.

Найбільший вплив на стандарти бездротових мереж надали такі чотири організації: ITU-R – Сектор радіозв'язку Міжнародної спілки електрозв'язку, IEEE – Інститут інженерів з електротехніки та радіоелектроніки, Wi-Fi Alliance – Альянс Wi-Fi, FCC – Федеральна комісія зв'язку США.

Дана технологія відповідає стандарту 802.11, розробленому IEEE в 1997 році і описує протоколи, які дозволяють організувати локальні бездротові мережі WLAN [1].

Один з головних конкурентів 802.11 – стандарт HiperLAN2 (High Performance Radio LAN), що розробляється за підтримки компаній Nokia та Ericsson. Слід зауважити, що розробка HiperLAN2 ведеться з урахуванням забезпечення сумісності даного обладнання з системами, побудованими на

базі 802.11a. І цей факт наочно демонструє популярність засобів бездротового доступу на основі RadioEthernet, зростаючу в міру збільшення числа користувачів ноутбуків і інших портативних обчислювальних засобів.

Базовий стандарт 802.11 визначає основні протоколи організації WLAN, зокрема, для управління доступом до середовища MAC (Medium Access Control) і для передачі сигналів у фізичному середовищі (протокол PHY – Physical layer protocol). Він орієнтований на роботу в діапазоні частот 2,4 ГГц [12].

IEEE визначає чотири основні стандарти WLAN 802.11: 802.11a, 802.11b, 802.11g и 802.11n, порівняння яких наведено в табл. 1.1. Також існують додаткові 21 стандарт.

Таблиця 1.1 – Порівняння основних стандартів WLAN 802.11

Характеристика	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n
Рік прийняття	1999	1999	2003	2009
Максимальна швидкість при модуляції DSSS (Мбіт/с)	-	11	11	-
Максимальна швидкість при модуляції OFDM (Мбіт/с)	54	-	54	150
Смуга частот (ГГц)	5	2,4	2,4	обидві
Кількість каналів, що не перекриваються	23	3	3	9

Найбільш "широкосмуговий" стандарт з сімейства RadioEthernet – це 802.11a, остання редакція якого була затверджена в 1999 році. Максимальна для нього швидкість передачі даних – 54 Мбіт/с (в специфікаціях визначено три обов'язкові швидкості – 6, 12 і 24 Мбіт/с, а також п'ять необов'язкових – 9, 18, 36, 48 і 54 Мбіт/с). Даний стандарт передбачає роботу в діапазоні 5 ГГц, як метод модуляції використовується ортогональне частотне мультиплексування (OFDM), що дозволяє знизити до мінімуму міжсимвольні

спотворення в радіоканалі. Застосування OFDM дає можливість передавати корисні сигнали паралельно на декількох частотах діапазону, що істотно підвищує пропускну здатність каналу. Для обладнання, що використовує діапазон частот 5 ГГц, характерна більш висока (ніж для області 2,4 ГГц) споживана потужність передавачів і менший радіус дії – близько 100 м.

Стандарт 802.11b (його остаточна редакція, прийнята в 1999 році, відома як Wi-Fi) орієнтований на радіочастотний діапазон 2,4 ГГц і по пропускній здатності – до 11 Мбіт/с – практично відповідає дротовому Ethernet-каналу. Базова радіотехнологія Wi-Fi – пряме розширення сигналу з допомогою восьмирозрядних послідовностей Уолша. Стандарт передбачає автоматичне зниження швидкості передачі інформації при погіршенні якості сигналу. Чіткі механізми роумінгу в ньому не визначені.

Основні пристрої і умовні знаки в роботі з мережею RadioEthernet:

- точка доступу –беспроводной «подовжувач» дротової мережі;
- роутер – більш «розумний» пристрій, який не просто приймає і передає дані, але і перерозподіляє їх згідно з різними встановленими правилами і виконує задані команди;
  - хмара – налаштована частина мережі;
  - Wi-Fi з'єднання;
  - пряма лінія – кабель (вита пара).

Типова конфігурація обладнання, необхідного для організації роботи в мережі RadioEthernet, наведена нижче:

- шлюз бездротового доступу типу RG-1100;
- перехідник PigTail;
- направлена параболічна антена, 24 dBi;
- кабель СВЧ (біля 15 м);
- роз'єми N-типу (2 шт);
- грозозрядник;
- антенний підсилювач (при слабкому сигналі).

Основні схеми роботи обладнання наведені на рис. 1.1 – 1.3.

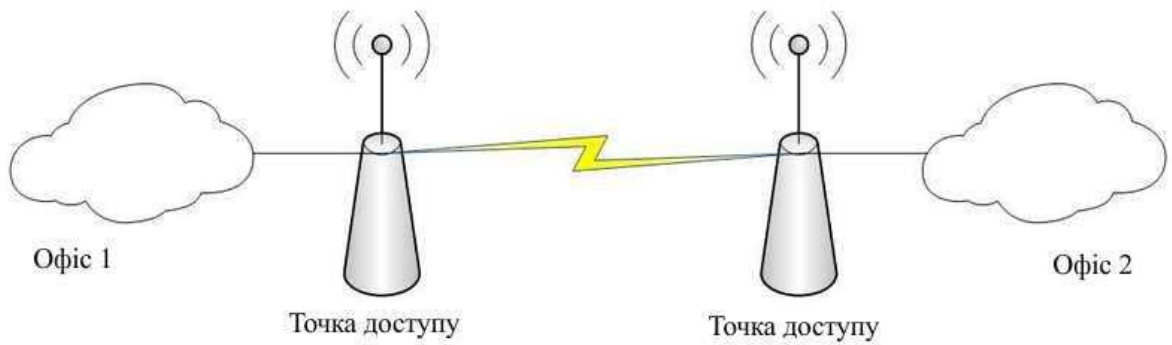


Рисунок 1.1 – З'єднання двох точок доступу

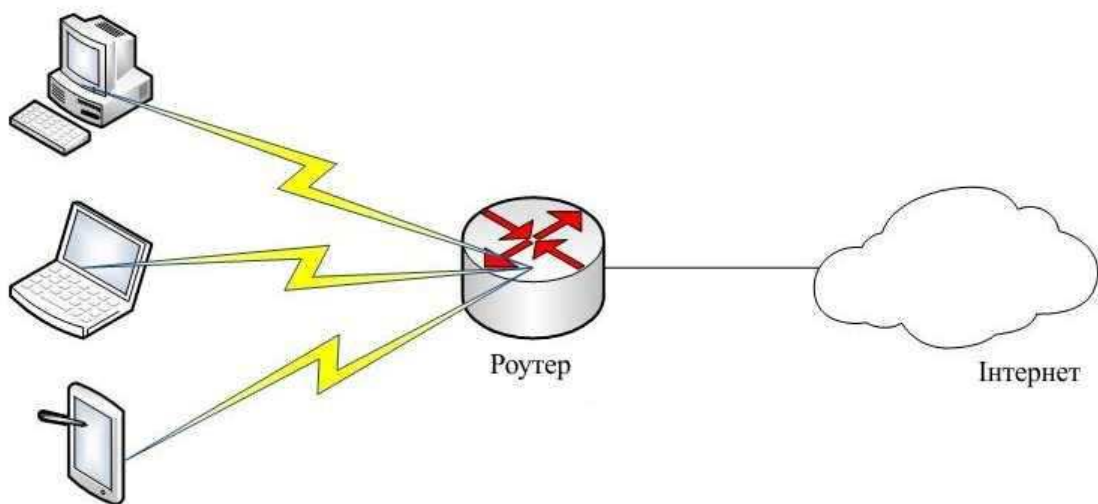


Рисунок 1.2 – Підключення всіх пристроїв до роутера (вся мережа підключена бездротовим способом)

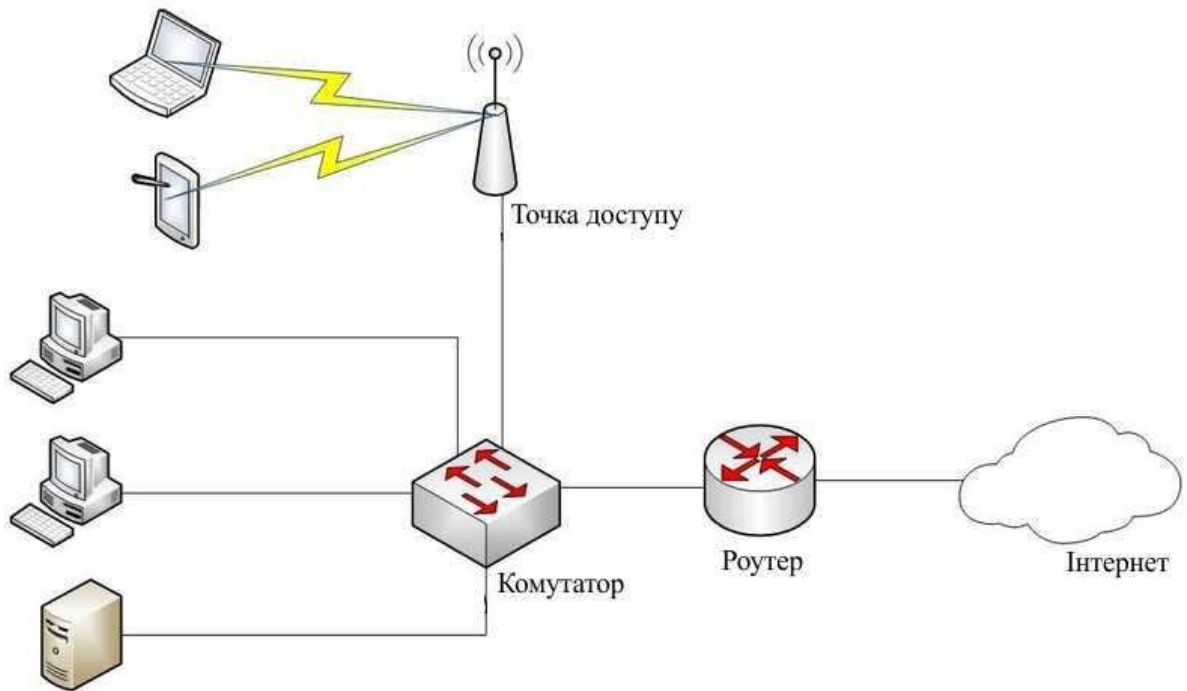


Рисунок 1.3 – Підключення частини мережі для бездротової роботи

Таким чином, вище розглянуто основи технології RadioEthernet та обладнання, необхідного для роботи за цією технологією.

## **1.2 Рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet**

Розглянемо моделі та методи, а також рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet.

Традиційно в теорії надійності в якості аналітичної моделі закону розподілу часу напрацювання між відмовами та відновлення працездатності різних пристроїв використовують один з наступних законів: закон Пуассона для визначення випадкового числа відмов і відновлень об'єктів у фіксованому інтервалі часу або експоненціальний закон, який

використовується для визначення часу безвідмовної роботи об'єктів при тимчасових відмовах або розподілу часу між сусідніми відмовами і часу відновлення, однак підкреслюється, що ці розподіли є наближеним варіантом апроксимації ЕД [8, 13, 14].

Розподіл Пуассона є граничною формою біноміального розподілу, а функція розподілу Пуассона може бути виражена через функцію  $\chi^2$ -розподілу [15].

Експоненціальний розподіл є неперервним аналогом геометричного розподілу і є окремим випадком гамма-розподілу та розподілу Вейбулла. Це однопараметричний розподіл з параметром  $\lambda$  – постійною інтенсивністю відмов – в теорії надійності інтерпретується як незалежність ймовірності відмови від напрацювання, що еквівалентно відсутності зносу. При цьому середній час безвідмовної роботи визначається як величина, зворотна інтенсивності відмов  $t_{cp} = \frac{1}{\lambda}$  і є математичним сподіванням (початковим моментом першого порядку) експоненціального розподілу.

Експоненціальний закон розподілу ВВ служить одним з найбільш часто використовуваних, поряд з нормальним. Застосовується для опису процесів, що мають властивість відсутності наслідків, у зв'язку з чим є основним в теорії стаціонарних марківських процесів і широко використовується в теорії масового обслуговування і в теорії надійності [8, 13]. Параметр розподілу  $\lambda$  може бути виражений через величину, зворотну математичному сподіванню:

$$\lambda = \frac{1}{m_x}.$$

На практиці для завдання експоненціального закону розподілу можна застосовувати або інтенсивність відмов  $\lambda$ , або час напрацювання між відмовами  $t$ , і тоді параметром розподілу служитиме математичне сподівання  $m_x$ .

Один з найбільш частих розподілів в теорії надійності і в теорії масового обслуговування. Напрацювання на відмову багатьох

невідновлювальних виробів та напрацювання між сусідніми відмовами у відновлюваних виробках у разі найпростішого потоку відмов підпорядковані експоненціальному розподілу.

Популярність експоненціального закону розподілу пояснюється тим, що він фізично дуже природний, простий і зручний для використання. Задачі, які вирішуються на основі експоненціального закону, виявляються на порядок простіше, ніж для довільних законів розподілу.

#### Методи побудови нелінійного рівняння регресії

В загальному вигляді нелінійне рівняння регресії може бути представлено таким чином:

$$y = \bar{y} = f(x), \quad (1.1)$$

де  $y$  – результативна ознака (залежна змінна);

$f(x)$  – функція, яка визначає вид рівняння регресії: лінійне або нелінійне;

$x$  – фактор (незалежна змінна).

Однак при побудові рівнянь регресії можуть виникнути такі труднощі:

– якщо ВВ, що входять до рівняння регресії, не підпорядковуються нормальному закону розподілу, це призводить до нелінійного рівняння регресії;

– якщо залежна змінна залежить одночасно від двох і більше факторів, що зазвичай і буває при вирішенні практичних завдань, отримуємо множинне рівняння регресії.

Для побудови нелінійного рівняння регресії існує кілька методів: метод простого перебору, метод лінеаризуючих перетворень, метод нормалізуючих перетворень.

Метод простого перебору, або метод усіх можливих регресій, вимагає завдання різних видів рівняння регресії і вибору найкращого наближення із

заданих за певним критерієм. Це вимагає досить великої кількості обчислень і не завжди призводить до отримання найкращого рішення. Всі ці недоліки роблять даний метод неефективним [16].

Метод лінеаризуючих перетворень передбачає перехід від нелінійної регресії до лінійної шляхом заміни вхідних змінних і коефіцієнтів, проте не завжди можливо підібрати таку заміну [17, 15, 18]. Крім того, така заміна призводить до спрощення рівняння регресії та втрати інформації, пов'язаної з нелінійністю.

Метод нормалізуючих перетворень передбачає пошук таких перетворень, за допомогою яких можна здійснити перехід від вхідних негаусівських ВВ до гаусівських ВВ. Для отриманих гаусівських ВВ будують лінійне рівняння регресії, яке далі перетворюють на нелінійне рівняння за допомогою раніше знайдених нормалізуючих перетворень [15].

У разі нормального закону розподілу ВВ можна побудувати лінійне рівняння регресії:

$$z_y = b_1 z_x + b_0, \quad (1.2)$$

де  $b_1$ ,  $b_0$  – коефіцієнти лінійної регресії, які знаходяться методом найменших квадратів:

$$b_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n z_{xi} z_{yi} - \sum_{i=1}^n z_{xi} \cdot \sum_{i=1}^n z_{yi}}{n \sum_{i=1}^n z_{xi}^2 - \left( \sum_{i=1}^n z_{xi} \right)^2}, \quad (1.3)$$

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^n z_{yi} - b_1 \sum_{i=1}^n z_{xi}}{n}.$$

### 1.3 Перевірка якості рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку

Для перевірки якості рівняння регресії використаємо коефіцієнт детермінації  $R^2$ , який можна розрахувати за формулою[19]:

$$R^2 = 1 - \left( \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \right), \quad (1.4)$$

де  $y_i$  – емпіричне значення  $y$ ;

$\hat{y}_i$  – розрахункове значення  $y$ ;

$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$  – середнє значення ВВ  $y$ .

Величина коефіцієнта детермінації виступає важливим критерієм оцінки якості лінійного та нелінійного рівнянь регресії. Чим вагоміша частка пояснюваної варіації, тим менше роль інших факторів, а отже, рівняння регресії краще апроксимує ЕД і таким рівнянням регресії можна скористатися для прогнозу значень результативної ознаки. Якщо значення  $R^2 \geq 0,5$  можна вважати, що це рівняння регресії є прийнятним. Якщо значення  $R^2 \geq 0,8$  можна вважати, що це рівняння регресії є достатньо ефективним та результативним.

Також для перевірки якості рівняння регресії використаємо середню величину відносної похибки  $MMRE$ , яку можна розрахувати за формулою:

$$MMRE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N MRE_i, \quad (1.5)$$

де  $MRE$  – величина відносної похибки, яку можна розрахувати за формулою:

$$MRE_i = \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right|, \quad (1.6)$$

де  $\hat{y}$  – значення  $y$ , розраховане за рівнянням регресії;

$y_i$  – фактичне значення ВВ  $y$ .

Також використаємо значення рівня прогнозування  $PRED(l)$ , яке можна розрахувати за формулою:

$$PRED(l) = \frac{k}{N}, \quad (1.7)$$

де  $k$  – кількість значень з  $MRE \leq l$ .

Таким чином, маємо ряд показників для перевірки якості рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку.

#### **1.4 Способи удосконалення рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку**

Розглянемо способи удосконалення рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку. Для підвищення достовірності оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку намагаються знайти його довірчий інтервал та інтервал прогнозування рівняння регресії.

Однак коли закон розподілу ВВ відрізняється від нормального, маємо, як правило, нелінійне рівняння регресії, для якого ускладнена побудова

довірчого інтервалу та інтервалу прогнозування без припущення про нормальність ВВ.

У цьому випадку для побудови рівняння регресії традиційно використовується непараметричний метод [20], суть якого полягає у наступному: при збільшенні кількості спостережень закон розподілу ВВ прагне до нормального, тобто відбувається заміна емпіричного закону розподілу на нормальний і подальше оцінювання виконується традиційним способом для нормального закону розподілу.

Однак для нелінійного рівняння регресії даний метод не враховує ряд особливостей емпіричного розподілу даних, наприклад, його асиметрію.

Крім цього методу, в роботах [21, 22] запропоновано метод, заснований на застосуванні нормалізуючих перетворень, суть якого полягає у наступному:

- на основі нормалізуючого перетворення отримати ВВ з нормальним законом розподілу;
- побудувати лінійне рівняння регресії згідно з (1.2);
- визначити довірчий інтервал лінійного рівняння регресії традиційним способом з використанням  $t$ -розподілу Стьюдента [23]:

$$y = \hat{y} \pm t_{(\alpha/2, n-2)} \cdot S \cdot \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}; \quad (1.8)$$

де  $\hat{y}$  – значення  $y$ , розраховане за рівнянням регресії;

$t_{(\alpha/2, n-2)}$  – квантіль  $t$ -розподілу Стьюдента;

$\alpha$  – рівень значущості;

$n$  – кількість значень ВВ у вибірці;

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2};$$

– визначити інтервал прогнозування лінійного рівняння регресії за наступною формулою:

$$y = \hat{y} \pm t_{(\alpha/2, n-2)} \cdot S \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}, \quad (1.9)$$

де  $\hat{y}$  – значення  $y$ , розраховане за рівнянням регресії;

$t_{(\alpha/2, n-2)}$  – квантіль  $t$ -розподілу Стюдента;

$\alpha$  – рівень значущості;

$n$  – кількість значень ВВ у вибірці;

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2};$$

– на основі зворотного перетворення отримати нелінійне рівняння регресії, довірчий інтервал та інтервал прогнозування нелінійного рівняння регресії ЕД.

Даний метод позбавлений недоліків, характерних для методів простого перебору та лінеаризуючих перетворень. Вибір конкретного нормалізуючого перетворення необхідно виконувати залежно від ЕД.

Для нормалізації негаусівських ЕД можуть бути використані простіші перетворення на основі десяткового або натурального логарифму, перетворення Бокса-Кокса, перетворення Джонсона та інші. У даній роботі в якості нормалізуючого перетворення буде використовуватись простіше нормалізуюче перетворення на основі натурального логарифму.

Тим самим отримаємо удосконалене рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet.

## 2 УДОСКОНАЛЕННЯ РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЧАСУ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ОБЛАДНАННЯ ЗВ'ЯЗКУ, ЯКЕ ПРАЦЮЄ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ RADIOETHERNET

### 2.1 Розробка удосконаленого рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet із застосуванням нормалізуючих перетворень

Якщо ВВ має негаусівський розподіл, побудова рівняння регресії може бути ускладненою без припущення про гаусівський розподіл ВВ, а використання такого припущення може спотворити отримані результати. Тому для побудови рівняння регресії потрібно нормалізувати ЕД [24].

У даній роботі для нормалізації ЕД використаємо простіше нормалізуюче перетворення на основі натурального логарифму:

$$z = \ln x, \quad (2.1)$$

де  $z$  – нормована нормально розподілена ВВ;  
 $x$  – ВВ, яка нормалізується.

Перетворення, зворотне до (2.1), має вигляд:

$$x = e^z. \quad (2.2)$$

Перевірку відповідності вибірок даних нормальному закону розподілу можна виконати за допомогою критерію згоди  $\chi^2$  Пірсона [25]. Він застосовується для зіставлення емпіричного розподілу з теоретичним.

Для перевірки необхідно порівняти емпіричні і теоретичні частоти (обчислені в припущенні нормального розподілу). При повному збігу

емпіричних частот з обчисленими частотами критерій  $\chi^2$  буде дорівнює нулю. Якщо ж  $\chi^2$  не дорівнює нулю – це вкаже на невідповідність обчислених частот емпіричним частотам ряду. У таких випадках необхідно оцінити значимість критерію  $\chi^2$ , який теоретично може змінюватися від нуля до нескінченності. Це проводиться шляхом порівняння фактично отриманої величини  $\chi^2$  з його критичним значенням. Нульова гіпотеза, тобто припущення, що розбіжність між емпіричними і теоретичними частотами носить випадковий характер, спростовується, якщо  $\chi^2$  більше або дорівнює критичному значенню  $\chi^2$  для прийнятого рівня значущості  $\alpha$  і числа ступенів свободи  $n$ . Розрахункова формула критерію наступна [20]:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}, \quad (2.3)$$

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

$n_i$  – кількість значень ВВ, що потрапили в  $i$ -й підінтервал;

$p_i$  – ймовірність потрапляння ВВ в  $i$ -й підінтервал відповідно з гіпотетичним законом розподілу ВВ.

Отримавши нормалізований набір даних за допомогою нормалізуючого перетворення на основі натурального логарифму за формулою (2.1), можна переходити до наступного кроку – побудови лінійного рівняння регресії.

У загальному вигляді лінійне рівняння регресії може бути представлено рівнянням (1.2). Якість побудованого рівняння можна перевірити за допомогою коефіцієнта детермінації  $R^2$ , середньої величини відносної похибки та рівня прогнозування PRED(0,25), за формулами (1.4), (1.5) та (1.7) відповідно.

Далі для лінійного рівняння регресії будемо довірчий інтервал згідно з (1.8) та інтервал прогнозування згідно з (1.9).

Для побудови нелінійного рівняння регресії можна використати побудоване лінійне рівняння регресії та зворотне нормалізуюче перетворення (2.2):

$$y = x^{b_1} \cdot e^{b_0}. \quad (2.4)$$

95% довірчий інтервал нелінійного рівняння регресії можна побудувати, використовуючи побудований 95% довірчий інтервал лінійного рівняння регресії за формулою (1.8) та зворотне нормалізуюче перетворення за формулою (2.2).

Аналогічно знайдемо і 95% інтервал прогнозування нелінійного рівняння регресії, використовуючи побудований 95% інтервал прогнозування лінійного рівняння регресії за формулою (1.9) та зворотне нормалізуюче перетворення за формулою (2.2).

Після цих дій отримаємо удосконалене рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, із застосуванням нормалізуючого перетворення на основі натурального логарифму.

## 2.2 Перевірка емпіричних даних на викиди

Перш ніж будувати удосконалене рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, потрібно перевірити ЕД на викиди. Якщо викиди є у ЕД, потрібно видалити їх з вибірки та провести повторну перевірку [26, 27].

Для перевірки даних на викиди використаємо MSD – квадрат відстані Махаланобіса [28]:

$$d_i^2 = (Z_i - \bar{Z})^T S_N^{-1} (Z_i - \bar{Z}), \quad (2.5)$$

де  $\bar{Z}$  – середній вектор вибірки;

$S_N$  – матриця кореляції вибірки, яка визначається за формулою:

$$S_N = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Z_i - \bar{Z})(Z_i - \bar{Z})^T .$$

Після розрахунку  $d_i^2$  для пошуку викидів можна використовувати критерій Пірсона  $\chi^2$  або критерій Фишера  $F$ . Якщо використовувати критерій Фишера  $F$ , потрібно додатково розрахувати тестову статистику для  $d_i^2$ , яка розраховується за наступною формулою та має апроксимований розподіл  $F$  з  $m$  та  $N - m$  ступенями свободи:

$$T_s = \frac{(N - m) N d_i^2}{(N^2 - 1) m}, \quad (2.6)$$

У данній роботі використовується критерій Фишера  $F$ . Тестову статистику для квадрату відстані Махаланобіса потрібно порівняти з квантилем розподілу  $F_{m, N-m, \alpha}$ . В якості рівня значущості  $\alpha$  візьмемо 0,05. Набори даних, для яких значення тестової статистики, розраховане за формулою (2.6), більше, ніж відповідний квантиль розподілу  $F$ , – це викиди, які потрібно видалити.

Вищевказані дії повторюються ітераційно, доки всі значення тестової статистики будуть не більше квантилю розподілу  $F$ .

### 2.3 Побудова удосконаленого рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, та перевірка його якості

Для побудови удосконаленого нелінійного рівняння регресії в якості ЕД були розглянуті 236 випадків відмови в обслуговуванні обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, наведені в [29]. ВВ  $x$  – відстань від центру обслуговування до пристрою, км; ВВ  $y$  – час відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, год.

Була проведена перевірка ЕД на викиди згідно з (2.5) та (2.6). В результаті перевірки за 5 ітерацій було видалено 38 наборів даних, скоригована таким чином вибірка склала 198 випадків відмови в обслуговуванні обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet.

У табл. 2.1 наведено емпіричні та нормалізовані дані, де:

- $X$  – відстань від центру обслуговування до пристрою, км;
- $Y$  – час відновлення працездатності пристрою, год;
- $Z_X$  – нормалізоване значення  $X$ ;
- $Z_Y$  – нормалізоване значення  $Y$ ;
- $T_S$  для  $d_i^2$  – тестова статистика для квадрату відстані Махаланобіса.

У таблиці приведено фрагмент даних для першої ітерації, для якої  $F_{2,234,0.05}=3,034$ .

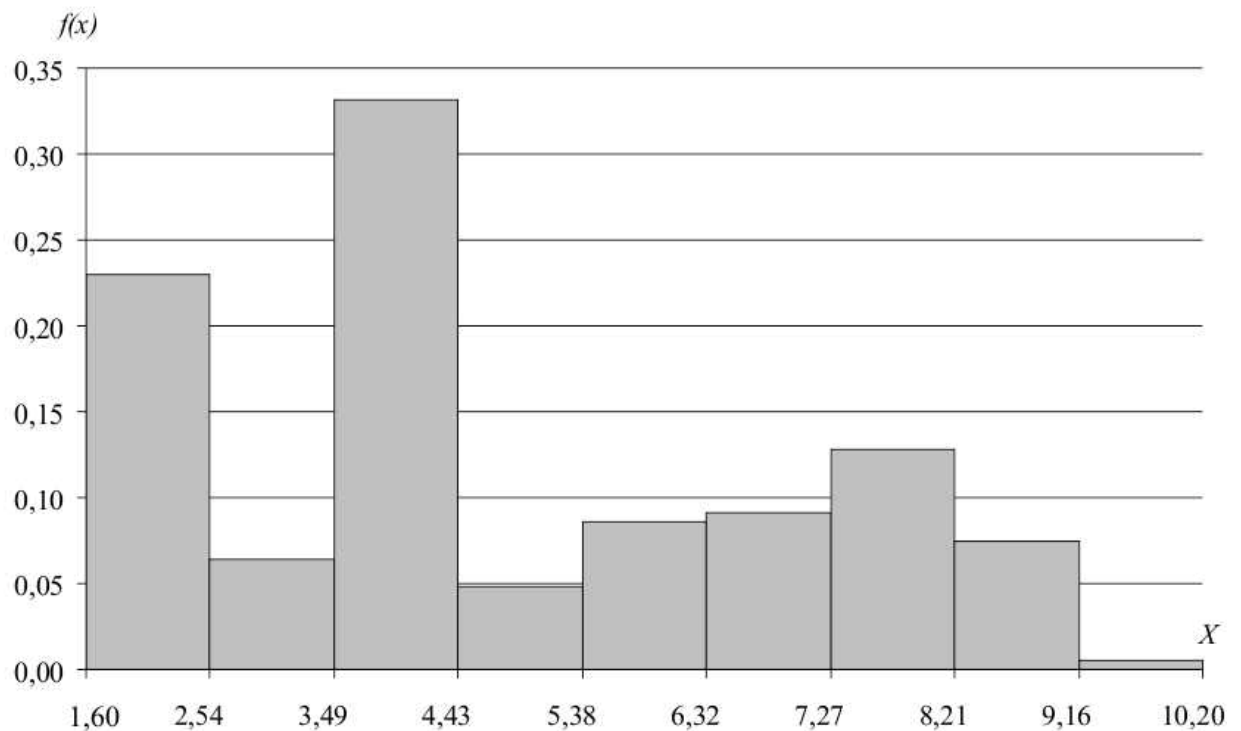
Таблиця 2.1 – Емпіричні та нормалізовані дані

№ п/п	$X$	$Y$	$Z_X$	$Z_Y$	$T_S$ для $d_i^2$
1	2	3	4	5	6
111	8,60	1,13	2,1518	0,1252	0,2417
112	6,20	20,48	1,8245	3,0196	1,5102
113	4,60	0,77	1,5261	-0,2657	0,2206
114	6,30	0,53	1,8405	-0,6286	0,4724
115	6,70	1,83	1,9021	0,6061	0,0490
116	6,70	1,83	1,9021	0,6061	0,0490

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6
<b>117</b>	<b>0,23</b>	<b>3,47</b>	<b>-1,4697</b>	<b>1,2432</b>	<b>5,0762</b>
118	8,10	0,53	2,0919	-0,6286	0,5803
<b>119</b>	<b>59,30</b>	<b>0,33</b>	<b>4,0826</b>	<b>-1,0986</b>	<b>4,1838</b>
<b>120</b>	<b>59,30</b>	<b>0,67</b>	<b>4,0826</b>	<b>-0,4055</b>	<b>3,6082</b>
<b>121</b>	<b>90,20</b>	<b>11,73</b>	<b>4,5020</b>	<b>2,4624</b>	<b>5,0984</b>
122	4,10	20,97	1,4110	3,0429	1,5661
123	2,90	15,90	1,0647	2,7663	1,3876
124	2,40	19,20	0,8755	2,9549	1,7532
125	8,10	10,75	2,0919	2,3749	0,8948
126	6,80	1,05	1,9169	0,0488	0,1539
127	1,90	1,63	0,6419	0,4906	0,4788
128	2,40	0,50	0,8755	-0,6931	0,7146
129	6,80	0,37	1,9169	-1,0033	0,7936
130	1,90	0,37	0,6419	-1,0033	1,1444

Емпіричний розподіл для вибірок  $X$  та  $Y$  наведено на рис. 2.1 та на рис. 2.2 відповідно.

Рисунок 2.1 – Емпіричний розподіл для вибірки  $X$

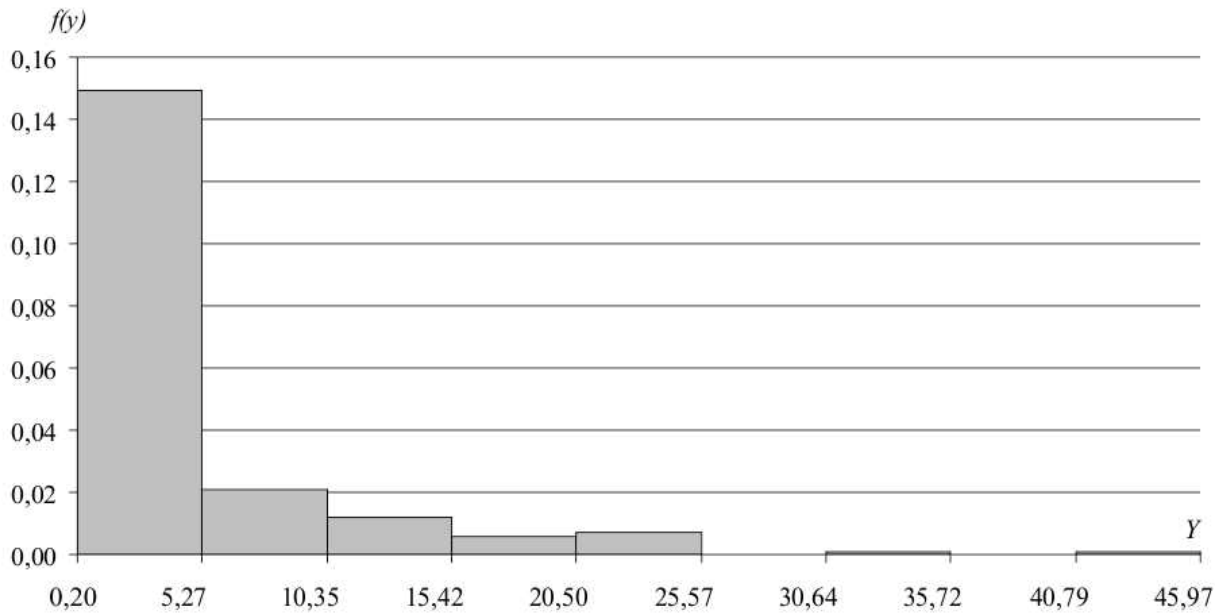


Рисунок 2.2 – Емпіричний розподіл для вибірки  $Y$

Отримані ЕД для вибірок  $X$  та  $Y$  не відповідають нормальному закону розподілу:  $\chi^2_X=497,27$  та  $\chi^2_Y=640,97$  при критичному значенні  $\chi^2=12,59$ .

Нормалізація ЕД була виконана на основі натурального логарифму з використанням нормалізуючого перетворення за формулою (2.1).

Відповідність нормалізованих даних нормальному закону розподілу не перевірялась, оскільки простіше нормалізуюче перетворення, яке було використано для нормалізації ЕД, а саме перетворення на основі натурального логарифму, не має параметрів для оптимізації, а отже, його не можливо покращити.

Було побудоване лінійне рівняння регресії для нормалізованих даних згідно з (1.2), коефіцієнти  $b_1$  та  $b_0$  були знайдені за допомогою методу найменших квадратів згідно з (1.3):  $b_1 = 0,0328$ ,  $b_0 = 0,5723$ . Остаточне лінійне рівняння регресії має вигляд:  $Z_y = 0,0328Z_x + 0,5723$ .

Далі були побудовані довірчий інтервал та інтервал прогнозування лінійного рівняння регресії згідно з (1.8) та (1.9) відповідно, які разом із самим рівнянням та нормалізованими ЕД наведені на рис. 2.3.

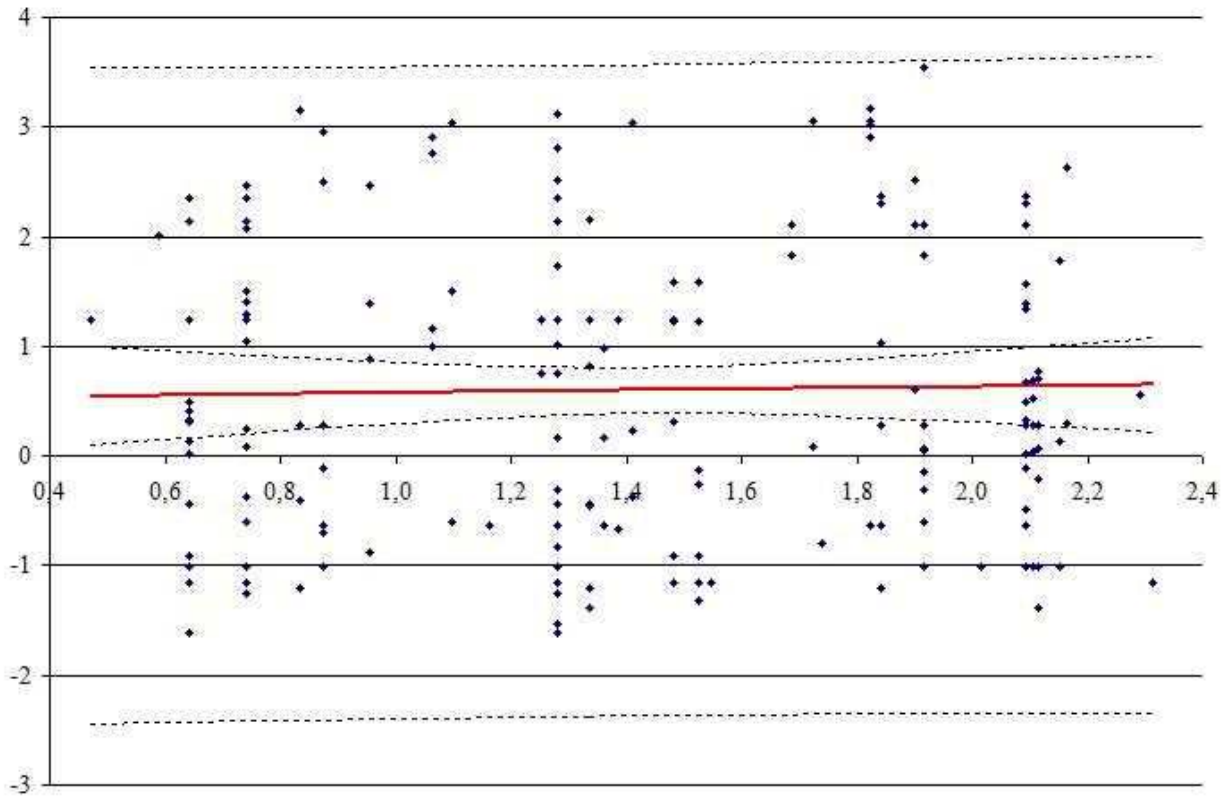


Рисунок 2.3 – Нормалізовані ЕД, лінійне рівняння регресії, довірчий інтервал та інтервал прогнозування лінійного рівняння регресії

Як видно із рис. 2.3, усі нормалізовані ЕД знаходяться всередині інтервалу прогнозування, що говорить про те, що ці дані розподілені за нормальним законом розподілу.

Переходимо до ЕД. На основі лінійного рівняння регресії (1.2) та зворотнього нормалізуючого перетворення (2.2) було побудовано нелінійне рівняння регресії згідно з (2.4), довірчий інтервал та інтервал прогнозування нелінійного рівняння регресії. Остаточо нелінійне рівняння регресії має вигляд:  $Y = X^{0,0328} \cdot e^{0,5723}$ .

Далі були побудовані довірчий інтервал та інтервал прогнозування нелінійного рівняння регресії згідно із зворотним нормалізуючим перетворення (2.2) та (1.8) і (1.9) відповідно, які разом із самим рівнянням та ЕД наведені на рис. 2.4.

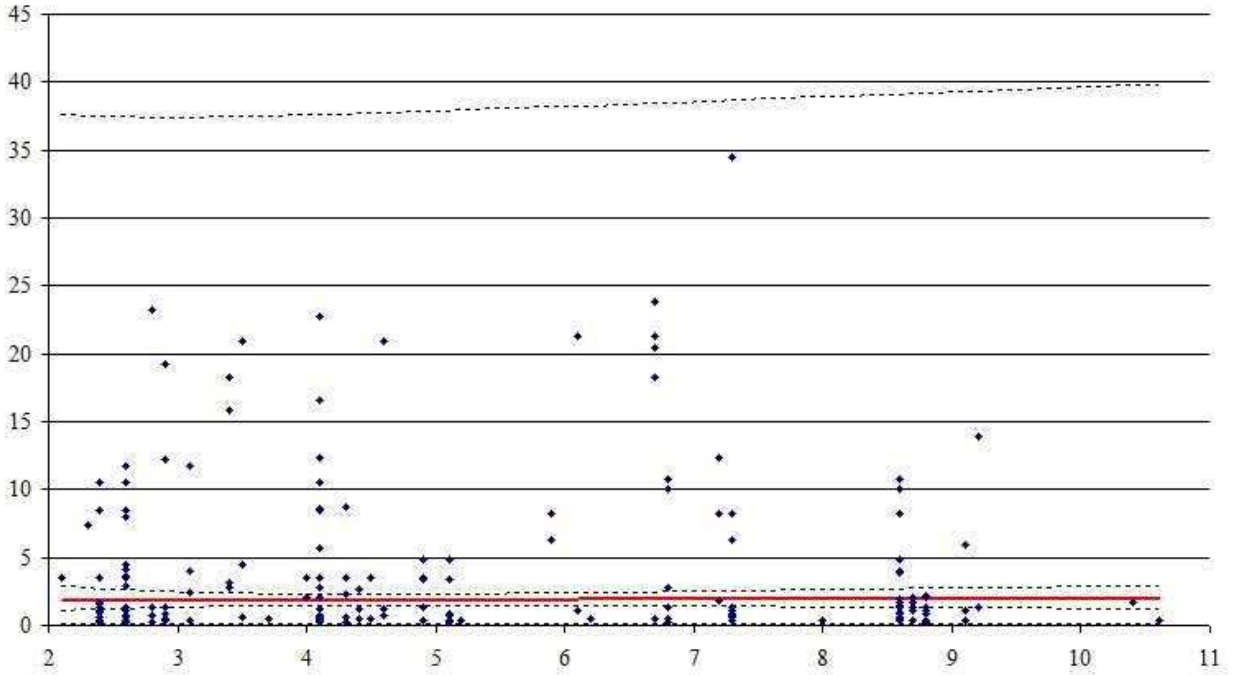


Рисунок 2.4 – ЕД, нелінійне рівняння регресії, довірчий інтервал та інтервал прогнозування нелінійного рівняння регресії

Збільшений фрагмент рис. 2.4 наведений на рис. 2.5.

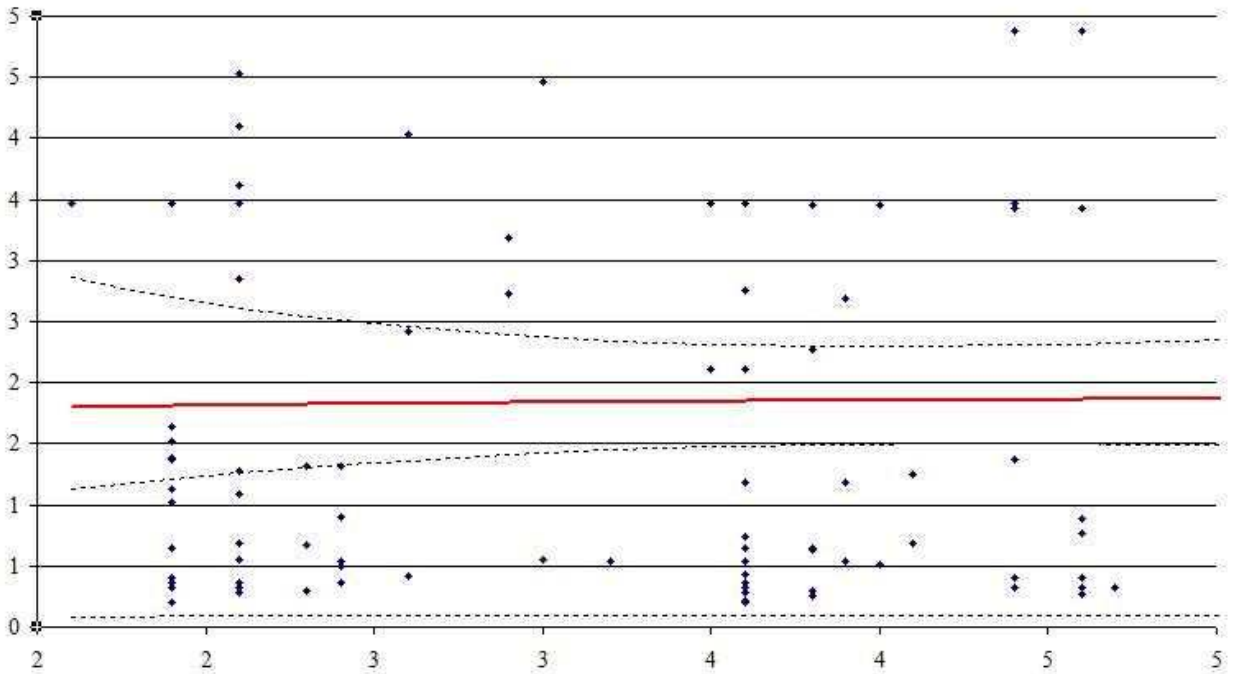


Рисунок 2.5 – Збільшений фрагмент ЕД, нелінійного рівняння регресії, довірчого інтервалу та інтервалу прогнозування нелінійного рівняння регресії

Із рис. 2.4 та рис. 2.5 бачимо, що усі ЕД також знаходяться всередині інтервалу прогнозування. До того ж, нижня границя інтервалу прогнозування більша нуля.

Для порівняння нелінійного рівняння регресії, побудованого з використанням нормалізуючого перетворення на основі натурального логарифму, додатково також побудуємо рівняння регресії без виконання нормалізації в припущенні про нормальність ЕД, а також довірчий інтервал та інтервал прогнозування для цього рівняння. Це рівняння разом з відповідними інтервалами та ЕД наведено на рис. 2.6.

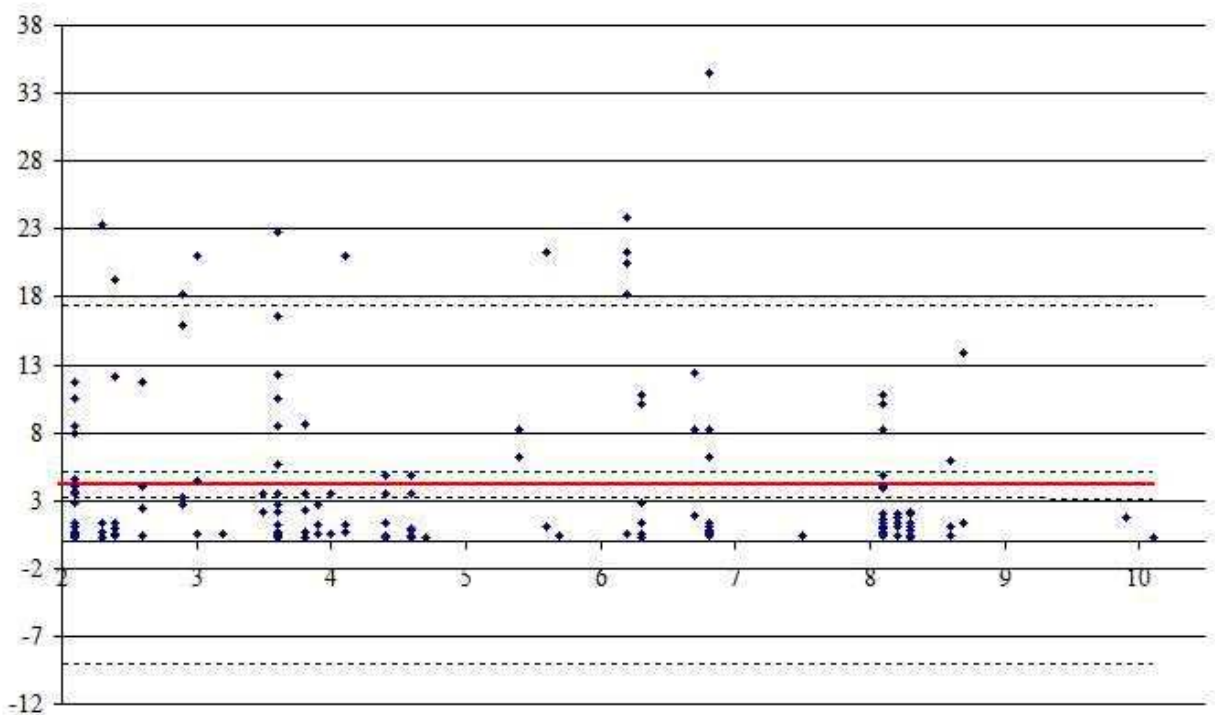


Рисунок 2.6 – ЕД, порівняльне рівняння регресії та відповідні інтервали

Як видно із рис. 2.6, не всі ЕД знаходяться всередині інтервалу прогнозування, що говорить про те, що ці дані розподілені не за нормальним законом розподілу та будувати рівняння регресії без виконання нормалізації в припущенні про нормальність ЕД в цьому випадку недоречно.

До того ж, нижня границя інтервалу прогнозування у цьому випадку менше нуля.

Перевіримо якість рівняння регресії, побудованого з використанням нормалізуючого перетворення на основі натурального логарифму, та порівняємо її з рівнянням регресії, яке побудовано без виконання нормалізації в припущенні про нормальність ЕД. Для цього використаємо коефіцієнт детермінації  $R^2$ , який розрахований за формулою (1.4), середню величину відносної похибки  $MMRE$ , яка розрахована за формулою (1.5) та рівень прогнозування  $PRED(0,25)$ , який розрахований за формулою (1.7). Зведені дані наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Порівняння параметрів якості побудованих рівнянь регресії

Параметр перевірки якості	Рівняння регресії з використанням нормалізуючого перетворення	Рівняння регресії без виконання нормалізації
$R^2$	0,6676	0,4704
$MMRE$	0,2738	0,4491
$Pred(0,25)$	0,7010	0,5556

Як видно із наведених даних, рівняння, побудоване із використанням нормалізуючого перетворення на основі натурального логарифму, має кращі параметри якості: більший коефіцієнт детермінації  $R^2$ , менше значення середньої величини відносної похибки  $MMRE$  та більший рівень прогнозування  $PRED(0,25)$ . Отже, отримане нелінійне рівняння регресії з використанням нормалізуючого перетворення на основі натурального логарифму можна вважати прийнятним, хоча значення усіх параметрів перевірки якості гірші за допустимі, однак значно кращі відповідних параметрів для рівняння регресії, яке побудовано без виконання нормалізації в припущенні про нормальність ЕД. Для отримання кращого результату треба спробувати інші нормалізуючі перетворення, наприклад, нормалізуюче перетворення Джонсона.

Порівняємо також отримані значення для довірчого інтервалу та інтервалу прогнозування нелінійного рівняння регресії з використанням нормалізуючого перетворення на основі натурального логарифму із аналогічними результатами, які отримані без виконання нормалізації в припущенні про нормальність ЕД. Зведені результати для довірчого інтервалу наведено у табл. 2.3, для інтервалу прогнозування – у табл. 2.4. У цих таблицях наведено фрагменти даних.

Таблиця 2.3 – Довірчий інтервал нелінійного рівняння регресії

№ п/п	з використанням нормалізуючого перетворення			без виконання нормалізації		
	нижня границя	верхня границя	довжина	нижня границя	верхня границя	довжина
1	2	3	4	5	6	7
111	1,40	2,55	1,15	3,20	5,35	2,15
112	1,33	2,71	1,38	3,11	5,30	2,19
113	1,49	2,30	0,81	3,40	5,50	2,10
114	1,32	2,74	1,42	3,09	5,29	2,20
115	1,26	2,61	1,35	3,45	5,65	2,19
116	1,50	2,30	0,80	3,38	5,48	2,10
117	1,36	2,45	1,09	3,45	5,59	2,14
118	1,21	2,70	1,48	3,45	5,67	2,22
119	1,31	2,54	1,23	3,45	5,63	2,17
120	1,42	2,37	0,95	3,44	5,56	2,12
121	1,26	2,61	1,35	3,45	5,65	2,19
122	1,30	2,77	1,47	3,07	5,27	2,21
123	1,48	2,31	0,83	3,41	5,52	2,10
124	1,26	2,61	1,35	3,45	5,65	2,19
125	1,32	2,72	1,40	3,10	5,29	2,19
126	1,33	2,51	1,18	3,45	5,61	2,16
127	1,33	2,71	1,38	3,11	5,30	2,19
128	1,36	2,64	1,28	3,15	5,32	2,17
129	1,33	2,71	1,38	3,11	5,30	2,19
130	1,49	2,30	0,81	3,40	5,50	2,10

Таблиця 2.4 – Інтервал прогнозування нелінійного рівняння регресії

№ п/п	з використанням нормалізуючого перетворення			без виконання нормалізації		
	нижня границя	верхня границя	довжина	нижня границя	верхня границя	довжина
1	2	3	4	5	6	7
111	0,09	38,66	38,57	-10,53	19,09	29,62
112	0,09	39,12	39,03	-10,61	19,01	29,62
113	0,09	37,66	37,57	-10,36	19,26	29,62
114	0,09	39,19	39,10	-10,62	19,00	29,62
115	0,09	37,46	37,37	-10,26	19,36	29,62
116	0,09	37,75	37,66	-10,37	19,24	29,62
117	0,09	37,44	37,35	-10,29	19,33	29,62
118	0,09	37,50	37,42	-10,25	19,38	29,63
119	0,09	37,44	37,35	-10,27	19,35	29,62
120	0,09	37,48	37,39	-10,31	19,31	29,62
121	0,09	37,46	37,37	-10,26	19,36	29,62
122	0,09	39,30	39,21	-10,64	18,98	29,62
123	0,09	37,61	37,52	-10,35	19,27	29,62
124	0,09	37,46	37,37	-10,26	19,36	29,62
125	0,09	39,16	39,07	-10,62	19,01	29,62
126	0,09	37,43	37,35	-10,28	19,34	29,62
127	0,09	39,12	39,03	-10,61	19,01	29,62
128	0,09	38,91	38,82	-10,58	19,05	29,62
129	0,09	39,12	39,03	-10,61	19,01	29,62
130	0,09	37,66	37,57	-10,36	19,26	29,62

Як видно із наведених таблиць та рисунків, довжина довірчого інтервалу нелінійного рівняння регресії з використанням нормалізуючого перетворення на основі натурального логарифму менша за відповідну довжину довірчого інтервалу рівняння регресії без виконання нормалізації в припущенні про нормальність ЕД для всіх наборів даних.

Що стосується інтервалу прогнозування, ту ми бачимо такі дані:

– нижня границя інтервалу прогнозування нелінійного рівняння регресії з використанням нормалізуючого перетворення на основі натурального логарифму, більша нуля для всіх наборів даних, тоді як та ж сама границя інтервалу прогнозування рівняння регресії без виконання

нормалізації в припущенні про нормальність ЕД, менша нуля для всіх наборів даних;

– довжина інтервалу прогнозування нелінійного рівняння регресії з використанням нормалізуючого перетворення на основі натурального логарифму, більша за відповідну довжину інтервалу прогнозування рівняння регресії без виконання нормалізації в припущенні про нормальність ЕД. Однак довжина інтервалу прогнозування рівняння регресії без виконання нормалізації в припущенні про нормальність ЕД має однакове значення для всіх наборів даних на відміну від довжини інтервалу прогнозування рівняння регресії з використанням нормалізуючого перетворення на основі натурального логарифму.

Отримані дані ще раз свідчать про необхідність застосування інших нормалізуючих перетворень, наприклад, нормалізуючого перетворення Джонсона, для отримання кращого результату.

## **3 ПРОЕКТ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ УДОСКОНАЛЕНОГО РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЧАСУ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ОБЛАДНАННЯ ЗВ'ЯЗКУ, ЯКЕ ПРАЦЮЄ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ RADIOETHERNET**

### **3.1 Ескізний проект програмного забезпечення**

#### **3.1.1 Вибір мови моделювання**

UML – це мова позначень або побудови діаграм, призначена для визначення, візуалізації і документування моделей зорієнтованих на об'єкти систем програмного забезпечення.

UML є не тільки графічною мовою. За кожним графічним елементом її нотації стоїть специфікація, що містить текстове представлення відповідної конструкції мови. Наприклад, піктограмі класу відповідає специфікація, яка описує його атрибути, операції та поведінку, хоча візуально, на діаграмі, піктограма часто відображає тільки малу частину цієї інформації. Більш того, в моделі може бути присутнім інше представлення цього класу, що відбиває зовсім інші його аспекти, але, тим не менше, відповідні специфікації. Таким чином, графічна нотація UML використовуються для візуалізації системи, а з допомогою специфікацій описують її деталі.

Практично кожен елемент UML має унікальне графічне зображення, яке дає візуальне уявлення найважливіших його характеристик. Наприклад, нотація сутності «клас» містить його ім'я, атрибути та операції. Специфікація класу може містити й інші деталі, наприклад, видимість атрибутів і операцій, коментарі або вказівку на те, що клас є абстрактним. Багато які з цих деталей можна візуалізувати у вигляді графічних або текстових доповнень до стандартного прямокутника, який зображує клас.

При моделюванні об'єктно-орієнтованих систем існує певний поділ експонованих сутностей.

По-перше, існує поділ на класи та об'єкти. Клас – це абстракція, а об'єкт – конкретне втілення цієї абстракції. У зв'язку з цим, практично всі конструкції мови характеризуються подвійністю «Клас / об'єкт». Так, є прецеденти та примірники прецедентів, компоненти і екземпляри компонентів, вузли та примірники вузлів. У графічному поданні для об'єкта прийнято використовувати той же символ, що і для класу, а назву підкреслювати.

По-друге, існує розподіл на інтерфейс і його реалізацію. Інтерфейс декларує зобов'язання, а реалізація представляє конкретне втілення цих зобов'язань та забезпечує точне проходження оголошеної семантиці. У зв'язку з цим, майже всі конструкції UML характеризуються подвійністю «інтерфейс / реалізація» [30].

### **3.1.2 Побудова діаграми варіантів використання**

Варіанти використання це – опис послідовності дій, які може здійснювати система у відповідь на зовнішні дії користувачів або інших програмних систем. Варіанти використання відображають функціональність системи.

Суть діаграми варіантів використання полягає в наступному. Проектована система представляється у вигляді безлічі суті або акторів, що взаємодіють з системою за допомогою варіантів використання. При цьому актором (actor) або дійовою особою називається будь-яка сутність, що взаємодіє з системою ззовні. Це може бути людина, технічний пристрій, програма або будь-яка інша система, яка може служити джерелом дії на модельовану систему так, як визначить сам розробник. Варіант використання служить для опису сервісів, які система надає актору. Діаграма варіантів використання може доповнюватися текстом пояснення, який розкриває сенс або семантику складових її компонентів [31].

В процесі аналізу вимог до розроблюваного ПЗ було виявлено одного актора – Користувач, який здійснює обробку ЕД за допомогою цього ПЗ.

Діаграма варіантів використання розроблюваного ПЗ наведена на рис. 3.1.

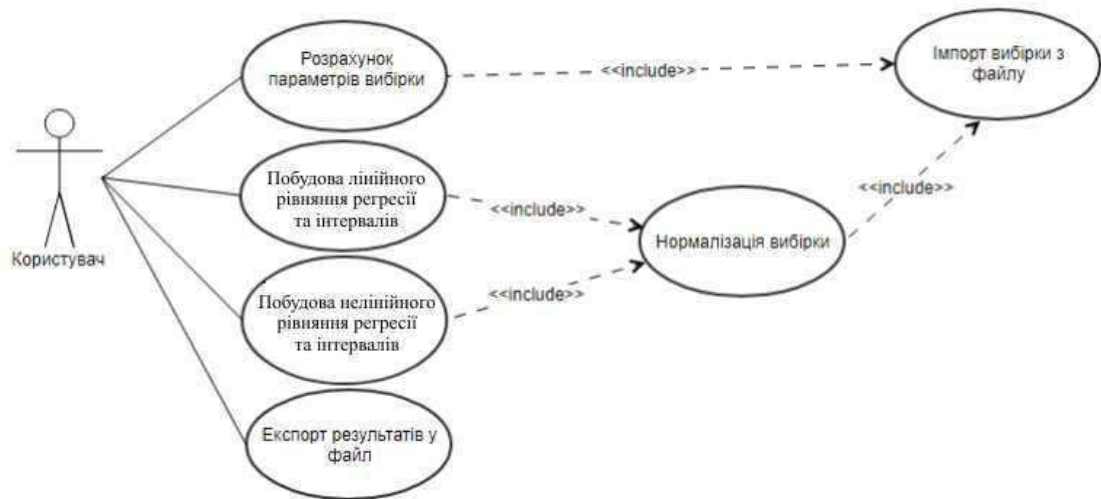


Рисунок 3.1 – Діаграма варіантів використання ПЗ

Модель варіантів використання є основою для проектування та оцінки готовності системи до впровадження. Далі необхідно провести специфікацію виявлених варіантів використання.

### 3.1.3 Специфікації варіантів використання

Специфікації варіанту використання містять в собі: короткий опис, передумови, основний потік подій, альтернативний потік подій, постумови. Більш детально кожний варіант використання ПЗ наведено в таблицях 3.1 – 3.6.

Таблиця 3.1 – Опис варіанту використання ПЗ «Імпорт вибірки з файлу»

Складова	Опис
Короткий опис	Імпорт вибірки ЕД з файлу
Передумови	Запуск програми
Основний потік подій	Актор вибирає файл з даними вибірки і імпортує їх для подальшої обробки
Альтернативний потік подій	Якщо файл має не вірний формат, то система повідомить про помилку
Постумови	Отримання даних вибірки для обробки

Таблиця 3.2 – Опис варіанту використання ПЗ «Розрахунок параметрів вибірки»

Складова	Опис
Короткий опис	Розрахунок параметрів вибірки ЕД
Передумови	Даний варіант використання буде доступний після успішного імпорту вибірки з файлу
Основний потік подій	Додаток розраховує основні параметри вибірки ЕД
Альтернативний потік подій	-
Постумови	-

Таблиця 3.3 – Опис варіанту використання ПЗ «Нормалізація вибірки»

Складова	Опис
Короткий опис	Виконання нормалізації вибірки ЕД
Передумови	Даний варіант використання буде доступний після успішного імпорту вибірки з файлу
Основний потік подій	Додаток розраховує нормалізовані значення ЕД
Альтернативний потік подій	-
Постумови	-

Таблиця 3.4 – Опис варіанту використання ПЗ «Побудова лінійного рівняння регресії та інтервалів»

Складова	Опис
Короткий опис	Побудова лінійного рівняння регресії та довірчого інтервалу і інтервалу прогнозування
Передумови	Даний варіант використання буде доступний після успішної нормалізації вибірки
Основний потік подій	Додаток розраховує коефіцієнти лінійного рівняння регресії, довірчий інтервал та інтервал прогнозування лінійного рівняння регресії
Альтернативний потік подій	-
Постумови	-

Таблиця 3.5 – Опис варіанту використання ПЗ «Побудова нелінійного рівняння регресії та інтервалів»

Складова	Опис
Короткий опис	Побудова нелінійного рівняння регресії та довірчого інтервалу і інтервалу прогнозування
Передумови	Даний варіант використання буде доступний після успішної нормалізації вибірки
Основний потік подій	Додаток будує нелінійне рівняння регресії, довірчий інтервал та інтервал прогнозування нелінійного рівняння регресії
Альтернативний потік подій	-
Постумови	-

Таблиця 3.6 – Опис варіанту використання ПЗ «Експорт результатів у файл»

Складова	Опис
Короткий опис	Збереження результатів обробки у файл
Передумови	Даний варіант використання буде доступний після виконання розрахунків
Основний потік подій	Додаток запропонує користувачу зберегти файл з результатами обробки
Альтернативний потік подій	-

Таким чином, вищенаведені прецеденти описують всю необхідну функціональність розроблюваного ПЗ.

### 3.1.4 Побудова діаграми діяльності

Для моделювання процесу виконання операцій в мові UML використовуються діаграми діяльності. Застосовувана в них графічна нотація багато в чому схожа на нотацію діаграми станів, оскільки на діаграмах діяльності також присутні позначення станів і переходів. Відмінність полягає в семантиці станів, які використовуються для уявлення не діяльностей, а дій, і у відсутності на переходах сигнатури подій [31].

На основі описаних вище ключових прецедентів були побудовані діаграми діяльності, деякі з яких наведено на рисунку 3.2 – 3.3.

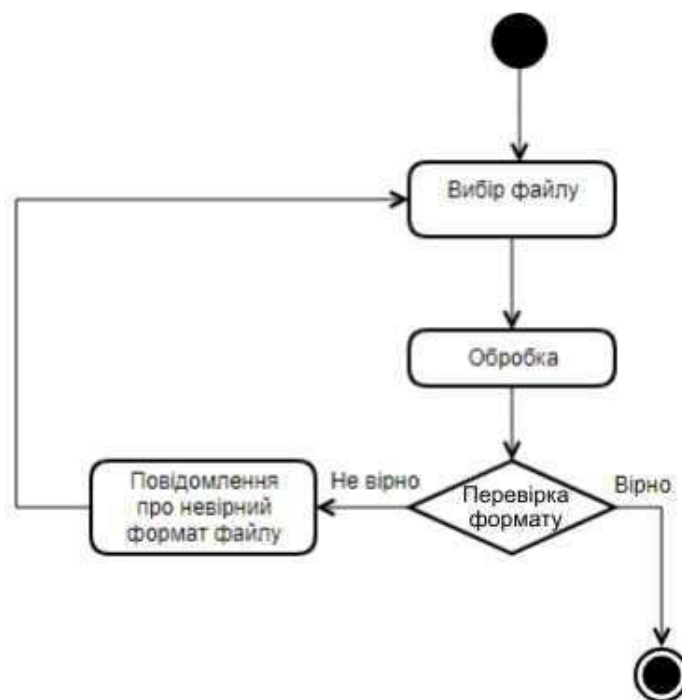


Рисунок 3.2 – Діаграма діяльності для варіанту використання «Імпорт вибірки з файлу»



Рисунок 3.3 – Діаграма діяльності для варіанту використання «Нормалізація вибірки»

Кожна діаграма діяльності повинна мати єдиний початковий і єдиний кінцевий стани. Вони мають такі ж позначення, як і на діаграмі станів. При цьому кожна діяльність починається в початковому стані і закінчується в кінцевому стані. Саму діаграму діяльності прийнято розташовувати таким чином, щоб дії йшли зверху вниз. У цьому випадку початковий стан буде зображуватися у верхній частині діаграми, а кінцевий – в її нижній частині

### 3.1.5 Розробка прототипу інтерфейсу користувача

Взаємодія між користувачем і комп'ютером відбувається в інтерфейсі НСІ. Основною метою НСІ є покращення взаємодії між користувачем і комп'ютером, роблячи комп'ютери більш кориснішими і сприйнятливими до потреб користувачів.

Найчастіше ефективність використання всіх функцій системи та ефективність роботи самої системи визначається у більшому ступені тим, як побудований її інтерфейс.

З урахуванням всіх вимог було спроектовано ескізи форм майбутнього ПЗ, деякі з яких наведено на рис. 3.4 – 3.5.

The screenshot shows a software interface with a sidebar on the left containing a dropdown menu with '<Все типы проблем>' and 'Вид проблемы'. The main area is titled 'Восстановление работоспособности' and includes tabs for 'Эмпирические данные' and 'нормализация'. Below these are sections for 'Параметры выборки' (Sampling Parameters) and 'Подинтервалы:' (Subintervals). The 'Подинтервалы:' section contains a table with 9 columns and 4 rows of data. Below this is a section for 'Количество интервалов' (Number of intervals) and 'Суммарная вероятность' (Total probability), followed by a table with 4 columns and 5 rows of data. At the bottom, there are buttons for 'Значения' and 'Гистограмма'.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Начало интервала									
Конец интервала									
Частота									
Относительная частота									
Приведенная частота									

	1	2	3	4
Начало интервала	248	43121,7778	85995,5556	128869,3333
Конец интервала	43121,7778	85995,5556	128869,3333	386112
Частота	215	54	5	4
Вероятность попадания	0,811632981	0,152542589	0,02901119	0,00681324
Chi квадрат	0,501171393	3,169332237	1,164882168	2,34144999

Рисунок 3.4 – Ескіз головної форми ПЗ

Эмп. данные X (расстояние) | Эмп. данные Y (время) | Нормализация X (расстояние) | Нормализация Y (время) | Регрессия |

Преобразование по логарифму |

**Параметры выборки:**

Количество значений		Максимальное значение	
Выборочное среднее		Ширина интервала	
Дисперсия		Доверит. интервал МО (Норм. закон) min	
Среднеквадратическое отклонение		Доверит. интервал МО (Норм. закон) ...	
Асимметрия		Длина ДИ МО (Норм. закон)	
Квадрат асимметрии		Доверит. интервал СКО (Норм. закон) ...	
Экссесс		Доверит. интервал СКО (Норм. закон) ...	
Количество интервалов		Длина ДИ СКО (Норм. закон)	
Минимальное значение			

Подинтервалы:

	1	2	3	4	5	6	7	8
Начало интервала								
Конец интервала								
Частота								
Относительная частота								
Приведенная частота								

Нормализованные значения | Гистограмма

Рисунок 3.5 – Ескіз форми нормалізації даних

Розроблений прототип інтерфейсу користувача ПЗ задовольняє поставленим вимогам та забезпечить зручну роботу користувачу.

## 3.2 Технічний проект програмного забезпечення

### 3.2.1 Архітектура програмного забезпечення

Для побудови UML діаграми архітектурним стилем було обрано архітектурний шаблон MVC (Модель–Вигляд–Контролер). Цей шаблон передбачає поділ системи на три взаємопов'язані частини: модель даних, вигляд (інтерфейс користувача) та модуль керування.

Мета MVC – гнучкий дизайн програмного забезпечення, який повинен полегшувати подальші зміни чи розширення програм, а також надавати

можливість повторного використання окремих компонентів програми. Крім того використання цього шаблону у великих системах сприяє впорядкованості їхньої структури і робить їх більш зрозумілими за рахунок зменшення складності.

Загальна схема архітектури ПЗ наведена на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Загальна схема архітектури ПЗ

### 3.2.2 Статична модель програмного забезпечення

Діаграма класів призначена для надання статичної структури моделі системи в термінології класів об'єктно-орієнтованого програмування. Діаграма класів відображує різні взаємозв'язки між окремими сутностями предметної області, такими як об'єкти й підсистеми, а також описує їхню внутрішню структуру й типи відносин. На даній діаграмі не вказується інформація про часові аспекти функціонування системи.

Діаграма класів – діаграма, на якій представлена сукупність декларативних або статичних елементів моделі, таких, як класи з атрибутами та операціями, а також відношення, що їх з'єднують. Діаграми класів реалізації деяких варіантів використання наведено на рис. 3.7 – 3.8.

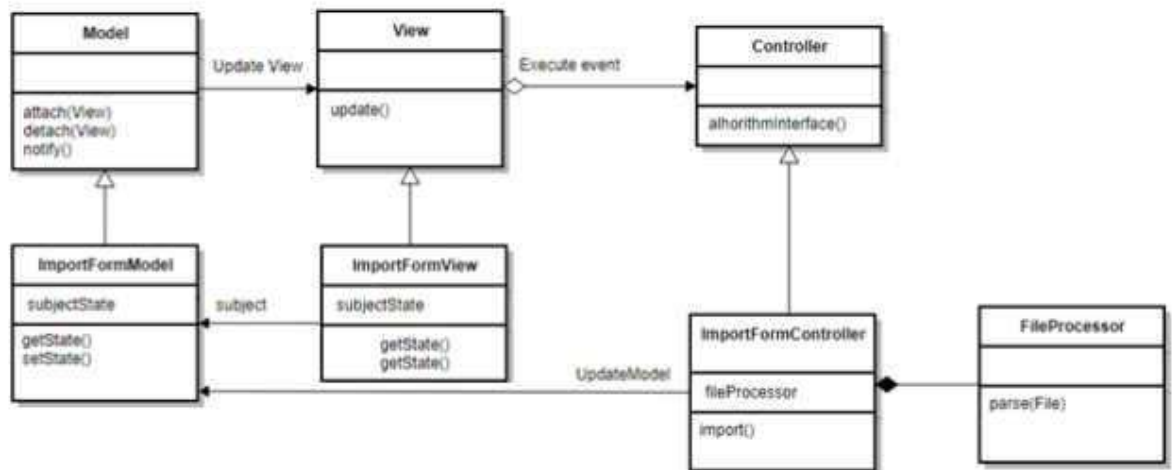


Рисунок 3.7 – Діаграма класів для варіанту використання  
«Імпорт вибірки з файлу»

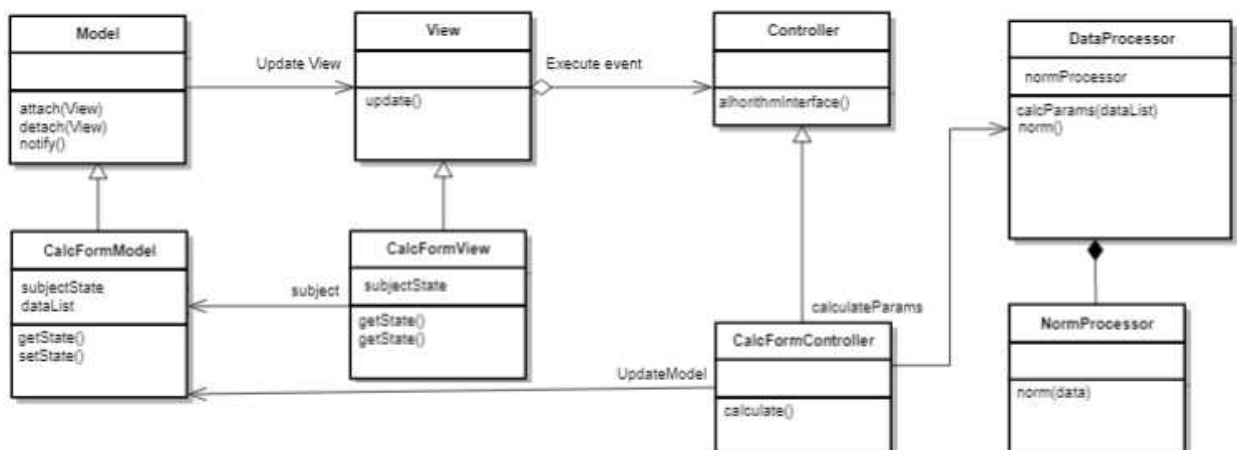


Рисунок 3.8 – Діаграма класів для варіанту використання  
«Нормалізація вибірки»

Наведені діаграми класів демонструють класи системи, їх атрибути, а також методи і взаємозв'язки між ними

### 3.2.3 Динамічна модель програмного забезпечення

Діаграма послідовності – одна з моделей опису поведінки взаємодіючих груп об'єктів в UML. Діаграми взаємодії реалізації деяких варіантів використання наведено на рисунках 3.9 – 3.10.

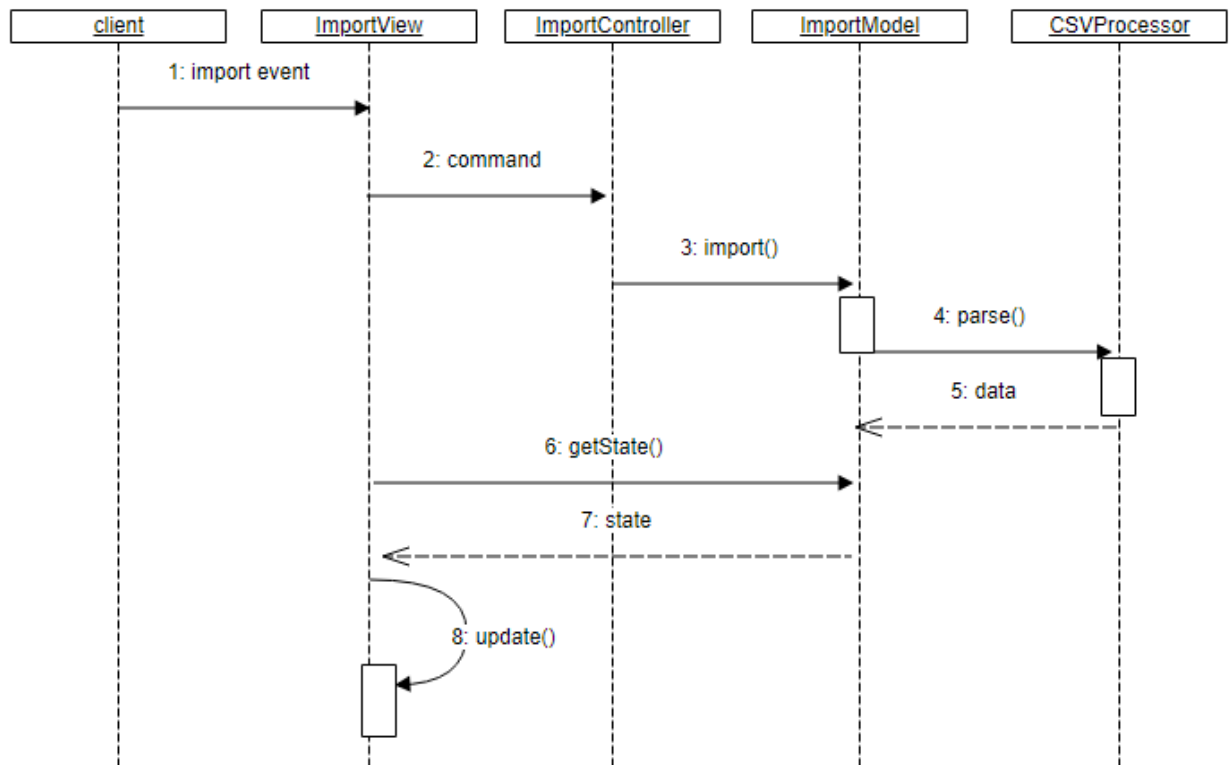


Рисунок 3.9 – Діаграма послідовності для варіанту використання «Імпорт вибірки з файлу»

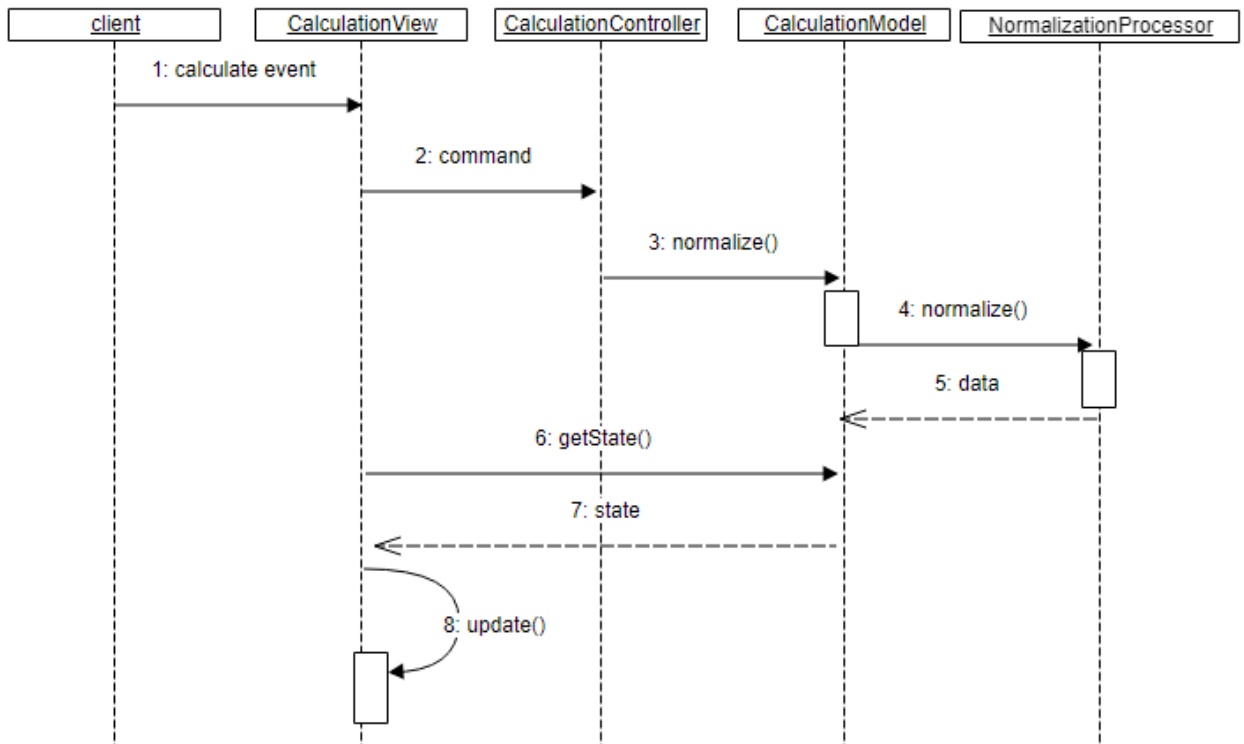


Рисунок 3.10 – Діаграма послідовності для варіанту використання «Нормалізація даних»

Як правило, кожна окрема діаграма послідовності описує поведінку тільки в межах одного варіанта використання. На такій діаграмі прийнято відображати екземпляри об'єктів та повідомлення, якими ці об'єкти обмінюються один з одним в рамках даного варіанта використання.

### 3.3 Робочий проект програмного забезпечення

#### 3.3.1 Обґрунтування вибору мови програмування

Для реалізації додатку було обрано мову програмування Java, тому що вона є зручною для побудови мережевих додатків та забезпечує незалежність від платформи.

Java це об'єктно-орієнтована мова програмування, випущена у 1995 році компанією «Sun Microsystems» як основний компонент платформи Java.

З 2009 року мовою займається компанія «Oracle», яка того ж року придбала «Sun Microsystems». В офіційній реалізації Java-програми компілюються у байт-код, який при виконанні інтерпретується віртуальною машиною для конкретної платформи.

Java-програми несуть у собі значний обсяг інформації про типи часу виконання (run-time type information), яка використовується для дозволу доступу до об'єктів під час роботи програми. Це дозволяє забезпечити безпечну та оптимальну динамічну компоновку. В такий спосіб досягається захищеність середовища виконання аплетів.

Зазначена вище простота програмування на Java є причиною того, що розробки на Java коштуватимуть дешевше аналогічних на більш потужних мовах програмування. Цьому ж сприяє і переносимість програм на Java, оскільки ліквідуються витрати, пов'язані з адаптацією програми на конкретній платформі. До того ж інтегровані програми-оболонки для розробки Java програм коштують набагато дешевше (70 – 100\$) ніж аналогічні продукти C++ або Delphi (~1000\$). А набір інструментарію для пакетної компіляції Java програм JDK є взагалі freeware. Тому платформу Java можна рекомендувати як ідеальну для створення некомерційних програмних продуктів, зокрема для галузі освіти [32].

Також при створенні ПЗ було використано інтегроване середовище розробки Eclipse. Eclipse являє собою засновану на Java розширювану платформу розробки з відкритим вихідним кодом. По суті – це просто середовище розробки і набір сервісів для побудови додатків на основі вбудованих компонентів (плагінів). На щастя, у складі Eclipse є стандартний набір плагінів, у тому числі добре відомий інструментарій JDT.

У той час як більшість користувачів, які застосовують Eclipse в якості інтегрованого середовища розробки Java, цілком задоволені ним, можливості його набагато ширше. Eclipse також включає в себе середовище розробки плагінів, яке, в першу чергу, зацікавить тих, хто хоче розширити сам Eclipse, тому що дозволяє створювати свої інструменти, що вбудовуються в середу

Eclipse. Оскільки Eclipse повністю складається з плагінів, у всіх розробників інструментаріїв є можливість запропонувати свої розширення до Eclipse і надати користувачам послідовне і цілісне інтегроване середовище розробки.

Ця цілісність і послідовність характерні не тільки для інструментів Java-розробки. Хоча Eclipse написаний на Java, використовувати його можна і з іншими мовами. Наприклад, вже є (або розробляються) плагіни, що підтримують такі мови програмування, як C/C++ і COBOL. Структура Eclipse може також використовуватися як основа для інших типів додатків, що не мають відношення до розробки ПЗ, наприклад, систем управління контентом.

Чудовим прикладом додатків на основі Eclipse є ПЗ IBM Rational Software Architect, яке лягло в основу сімейства інструментів IBM для розробки на Java [33].

### **3.3.2 Побудова діаграми компонентів**

Діаграма компонентів описує особливості фізичного представлення системи. Вона дозволяє визначити архітектуру системи, що розробляється, встановивши залежності між програмними компонентами, в ролі яких може виступати початковий і виконуваний код. Основними графічними елементами діаграми компонентів є компоненти, інтерфейси і залежності між ними.

У розробці діаграм компонентів беруть участь як системні аналітики та архітектори, так і програмісти. Діаграма компонентів забезпечує узгоджений перехід від логічного представлення до конкретної реалізації проекту у формі програмного коду. Одні компоненти можуть існувати тільки на етапі компіляції програмного коду, інші – на етапі його виконання. Діаграма компонентів відображає загальні залежності між компонентами, розглядаючи останні як класифікатори.

Діаграма компонентів ПЗ, що розробляється, наведена на рис. 3.11.

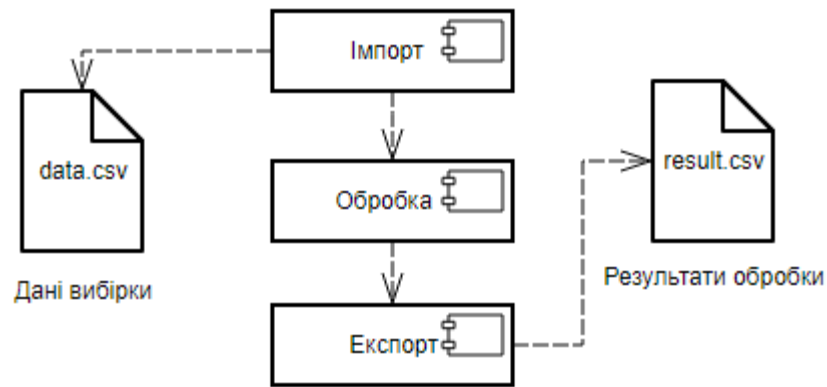


Рисунок 3.11 – Діаграма компонентів ПЗ

В метамоделі мови UML компонент є нащадком класифікатора. Він надає організацію в рамках фізичного пакету асоційованим з ним елементам моделі. Як класифікатор, компонент може мати також свої власні властивості, такі, як атрибути і операції.

Компонент призначений для подання фізичної організації асоційованих з ним елементів моделі. Додатково компонент може мати текстовий стереотип і помічені значення, а деякі компоненти – власне графічне представлення. Компонентом може бути виконуваний код окремого модуля, командні файли або файли, що містять інтерпретовані скрипти.

### 3.3.3 Випробування програмного забезпечення

Під час випробування було проведено повне функціональне тестування, а також навантажувальне тестування і тестування на відмову всього програмно-апаратного комплексу.

Всі виявлені недоліки ПЗ були зафіксовані в протоколах і усунуті до моменту впровадження ПЗ у дію.

Програму і методику випробувань ПЗ наведено у Додатку Д.

Випробування було проведено за стратегією «чорного ящика». Через велику кількість функцій, які потрібно було випробувати, представлено результати випробувань основних функцій ПЗ.

Протокол тестування.

1. Проведено перевірку ПЗ на відповідність технічному завданню:

– перевірка роботи функції «Імпорт вибірки з файлу»

Після вибору файлу з вхідними даними вони були успішно імпортовані до програми.

– перевірка роботи функції «Розрахунок параметрів вибірки»

Після імпорту даних для них було успішно розраховано основні параметри вибірки.

– перевірка роботи функції «Перевірка гіпотези про нормальний закон розподілу»

Після розрахунку параметрів вибірки ПЗ успішно визначило, чи підпорядковуються ЕД нормальному закону розподілу.

– перевірка роботи функції «Нормалізація вибірки»

Далі ПЗ успішно виконало нормалізацію ЕД і її перевірку на нормальний закон розподілу.

– перевірка роботи функції «Побудова лінійного рівняння регресії та інтервалів»

Далі програма успішно побудувала лінійне рівняння регресії та довірчий інтервал і інтервал прогнозування лінійного рівняння регресії.

– перевірка роботи функції «Побудова нелінійного рівняння регресії та інтервалів»

Далі програма успішно побудувала нелінійне рівняння регресії та довірчий інтервал і інтервал прогнозування лінійного рівняння регресії.

– перевірка роботи функції «Експорт результатів у файл»:

Після проведення розрахунків їх результати було успішно експортовано у файл.

2. Проведено перевірку ПЗ на його програмно-апаратну сумісність: виконано тестування на апаратно-програмних платформах різної конфігурації, але не нижче за мінімальні вимоги, наведені в технічному

завданні; виконано перевірку на наявність і усунення всіх помилок, зазначених у п.1.

3. Проведено візуальний перегляд ПЗ, виконано остаточне налагодження на предмет виявлення та усунення дрібних помилок.

## **4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД РОЗРОБКИ І ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

### **4.1 Вступ**

Всі програмні продукти, які розробляються на даний час, необхідно обґрунтувати з точки зору економічної доцільності. Дане обґрунтування необхідне для того, щоб вчасно припинити (при втраті актуальності або надмірних витратах) розробку або здійснити необхідні інвестування в проект для забезпечення необхідними програмними або апаратними засобами розробників з метою одержання очікуваних результатів. Економічний ефект розробленого продукту визначається на основі економічних показників, які дають можливість прогнозувати результат від впровадження даної програми.

Існує багато методів визначення економічних показників доцільності впровадження та використання математичного та програмного забезпечення. Враховуючи інтенсивний розвиток комп'ютерної техніки, на сьогодні такий аналіз є невід'ємною частиною попереднього аналізу аналогічних робіт, оскільки саме результат автоматизації виробничих процесів дає суттєве покращення в технології виробництва чи діагностування об'єктів, а кошти, що затрачаються на дану роботу, повинні бути еквівалентними тому ефекту, який принесе конкретне нововведення.

Собівартість продукції – це грошовий вираз витрат підприємства на виробництво і реалізацію продукції. Собівартість продукції характеризує ефективність всього процесу виробництва на підприємстві, оскільки в ній відображаються рівень організації виробничого процесу, технічний рівень, продуктивність праці та інше.

Собівартість продукції як показник використовується для контролю за використанням ресурсів виробництва, визначення економічної ефективності організаційно-технічних заходів, встановлення цін на продукцію. За умов

самофінансування зниження собівартості основним джерелом зростання прибутку підприємства.

#### **4.2 Розрахунок витрат на створення і експлуатацію програмного забезпечення**

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.

Робота з ПЗ виконується користувачем, місячний оклад якого складає 8000 грн. Додаткова плата складає 20% від основної. Виходячи з цього, основна і додаткова заробітна плата складають 9600 грн./міс, а вартість сучасного комп'ютера складає 7500 грн (комп'ютер: Intel Celeron Dual Core J1800 (2.41 ГГц) / RAM 4 ГБ / HDD 500 ГБ / Intel HD Graphics / без ОД / LAN / без ОС – 4104 грн; монітор: 23.8" Philips E-Line 246E9QDSB/00/01 IPS, 75Hz, FreeSync, VESA – 3396 грн).

Вартість розробки ПЗ розраховується по формулі:

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

де  $T$  – тривалість розробки, міс.;

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

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

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

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

$Z_m$  – витрати на основні і допоміжні матеріали.

$Z_e$  при споживаній потужності 0,9 кВт, тривалості роботи на місяць, рівної  $21 \cdot 6 = 126$  годин, вартості кіловат-години електроенергії 1,68 грн. складає

$$Z_e = 126 * 0,9 * 1,68 = 190,52 \text{ грн.}$$

Витрати на допоміжні матеріали приведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Витрати на допоміжні матеріали

Пункт витрат	Сума, грн.
Папір	143,00
Картриджі до принтера	120,00
Література	270,00
Непередбачені витрати	50,00
Разом матеріали та комплектуючі вироби	583,00

Витрати на розробку ПЗ приведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Витрати на розробку системи

Найменування витрат	Кількість	Одиниці виміру
Тривалість розробки	3	Міс
Основна та додаткова заробітна плата	9600,00	Грн.
Відрахування на соціальні заходи	3648,00	Грн.
Загальногосподарські витрати	800,00	Грн.
Витрати на основні та допоміжні матеріали	583,00	Грн.
Витрати на електроенергію	190,52	Грн.

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

$$C_{\text{пр}} = (9600,00 + 3648,00 + 800,00 + 190,52) * 3 + 583,00 = 43298,56 \text{ грн.}$$

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

$$A_{\text{об}} = 7500,00 * 0,6 = 4500,00 \text{ грн.}$$

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

$$B_M = 7500,00 * 0,05 = 375,00 \text{ грн.}$$

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

$$\Phi_M = 264,5 * T_3 \quad (5.2)$$

де  $T_3$  – це середнє місячне завантаження устаткування (близько 4 годин);

264,5 – середня кількість робочих днів у році.

Отже, річний обсяг роботи комп'ютера складе:

$$\Phi_M = 264,5 * 4 = 1058 \text{ год.}$$

Витрати на електроенергію  $Z_e$  при 1058 годинах роботи устаткування в рік складуть:

$$Z_e = 1058 * 0,9 * 1,68 = 1599,70 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати для комп'ютера за рік складуть:

$$Z_{ев} = 7500,00 + 4500,00 + 375,00 + 1599,70 = 13974,70 \text{ грн.}$$

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

$$Z_{се} = 43298,56 + 13974,70 = 57273,26 \text{ грн.}$$

### **4.3 Економічна ефективність розробки і впровадження програмного забезпечення**

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 одного працівника (за експертною оцінкою фахівців).

Заробітна плата одного працівника за рік складає:

$$8000,00 * 12 * 1 = 96000,00 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект розраховується по формулі:

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

де  $\Delta C_n$  – вивільнені кошти після впровадження ПЗ (96000,00 грн.) мінус експлуатаційні витрати (13974,70 грн.) = 82025,30 грн.

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

$k$  – одноразові витрати на впровадження продукту (43298,56 грн.)

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 82025,30 - 43298,56 * 0,6 = 56046,16 \text{ грн.}$$

Строк окупності системи розраховується по формулі:

$$T = \frac{k}{\Delta C} = \frac{43298,56}{82025,30} \approx 0,53 \text{ роки.}$$

Отже строк окупності системи складає приблизно 6 місяців.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Вступ

Аналіз організації охорони праці в господарській діяльності України свідчить, що система керування цією важливою сферою трудових відносин, форми й методи роботи не відповідали тим процесам, які почали набирати сили у напрямі реформування економіки та всієї системи державного та господарського керування. Система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці (ст. 1 Закону «Про охорону праці» [34]) називається охороною праці. Як правовий інститут, охорона праці – це чималий комплекс правових норм.

Ст. 4 Закону «Про охорону праці» формулює принципи державної політики у сфері охорони праці. Ці принципи в силу вказаного їх визначення, слід кваліфікувати і як принципи інституту охорони праці, які підлягають застосуванню при відсутності відповідних конкретних правових норм, і як такі, що визначають напрямки подальшого розвитку інституту охорони праці, і як обов'язки держави, які вона взяла на себе і має додержувати при здійсненні своєї політики у майбутньому. З урахуванням викладеного, принципи, зазначені в ст. 4 Закону «Про охорону праці», мають певне регулятивне значення. У названій статті закріплені такі принципи:

- пріоритет життя і здоров'я працівників відносно результатів виробничої діяльності підприємства, повна відповідальність власника за створення безпечних і нешкідливих умов праці;
- комплексне вирішення завдань охорони праці на засадах національних програм з цих питань, а також з урахуванням інших напрямків

економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки, техніки та охорони здоров'я;

- соціальний захист працівників, повне відшкодування шкоди особам, потерпілим від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;

- установлення єдиних нормативів з охорони праці для всіх підприємств незалежно від форм власності і видів їх діяльності;

- використання економічних методів управління охороною праці, проведення політики пільгового оподаткування, що сприяє створенню безпечних та нешкідливих умов праці, участь держави в фінансуванні заходів з охорони праці;

- здійснення навчання населення, професійної підготовки та підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;

- забезпечення координації діяльності державних органів, установ, організацій та об'єднань громадян, що вирішують різні проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництво [34].

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці.

Власник або уповноважений ним орган повинен впроваджувати сучасні засоби техніки безпеки, які запобігають виробничому травматизмові, і забезпечувати санітарно-гігієнічні умови, що запобігають виникненню професійних захворювань працівників.

На власника або уповноважений ним орган покладається систематичне проведення інструктажу (навчання) працівників з питань охорони праці, протипожежної охорони.

Охорона праці – один з центральних інститутів трудового права. Він має виключно практичне значення. Недодержання вимог охорони праці

створює небезпеку для здоров'я і життя працівників. У свою чергу і ті, кого законодавець називає власником або уповноваженим ним органом, несуть сувору, у тому числі й кримінальну, відповідальність за порушення правил охорони праці.

Підвищення технічного рівня виробництва нерозривно зв'язано із широким використанням різних видів електроніки, телебачення, оптичних квантових генераторів, електронно-обчислювальних машин. Усі ці пристрої є джерелами електромагнітних випромінювань, що зараз прийнято називати єдиним терміном неіонізуючі випромінювання. Коло осіб, що піддаються впливові таких випромінювань, увесь час розширюється.

Швидкий темп змін в умовах праці великого контингенту трудящих приводить до посилення впливу на працюючу людину нових раніше невідомих або мало вивчених небезпечних і шкідливих виробничих факторів фізичного, біологічного й особливо психофізіологічного характеру. У зв'язку з цим необхідно удосконалювати роботи з охорони праці, упроваджувати нові ефективні засоби забезпечення безпеки праці.

## **5.2 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів в офісному приміщенні**

На здоров'я людей в офісному приміщенні можуть впливати різні шкідливі і небезпечні фактори:

- найпоширеніший небезпечний фактор – електричний струм. Він небезпечний своєю всюдисутністю і неможливістю його ідентифікації до моменту отримання травми;
- важливим є питання освітленості робочого місця. Особливо – для персоналу, який проводить більшу частину свого робочого часу біля комп'ютера;

– не менш важливим питанням для забезпечення безпеки в офісі є дотримання правил пожежної безпеки. Потрібно не тільки навчити персонал грамотно поводитися з побутовою та офісною електротехнікою, а й організувати тренінги з протипожежної евакуації з включенням систем оповіщення про початок пожежі. Володіючи всіма цими знаннями і навичками, можна за короткий термін виявити джерело пожежі і перешкодити його подальшому розповсюдженню;

– евакуаційні тренінги, досконале знання шляхів для аварійного виходу в непередбачених складних ситуаціях – запорука протипожежної безпеки офісу. Найбільший відсоток смертей під час пожежі пов'язаний з панікою і отруєнням чадним газом через неможливість знайти вихід з офісу [35].

У комплексі всі ці заходи і є нічим іншим як – охорона праці офісним персоналом.

Окрім дотримання протипожежних норм потрібно намагатися проводити санітарно – гігієнічні заходи з охорони праці для службовців в офісі. Приміщення офісу повинно двічі на день піддаватися вологому прибиранню. Один раз в сім днів необхідно виконувати вологе прибирання із засобом дезінфекції для очищення поверхонь від бактерій, особливо, при щоденному відвідуванні офісу великою кількістю клієнтів, постачальників, персоналу [36].

Розташування робочих місць повинно бути виконано правильно, згідно санітарних норм (СНіП) і будівельних норм (ДБН). Проходи між столами слід робити досить широкими для зменшення можливості травмування на робочому місці.

Батареї опалювальні, водопровідні труби, кабелі повинні бути надійно захищені від вільного доступу до них персоналу. У кожному офісі повинна бути аптечка з препаратами для надання першої медичної допомоги, а також вогнегасники з нормальним терміном придатності.

Керівник робіт або керуючий повинні проводити для персоналу під час прийняття на роботу первинний інструктаж на робочому місці. Кожен співробітник повинен знати:

- перелік шкідливих та небезпечних факторів, які будуть впливати на нього під час виконання роботи;
- правила безпеки на своєму робочому місці;
- правила користування вогнегасниками;
- інструкції до обладнання, яке використовується.

Первинний і повторний інструктаж для працівників офісу проводить керівник працівника. Інструктаж буває вступним (проводиться під час приймання на роботу), первинним, повторним, позаплановим (застосовується при змінах в правилах) і цільовим (при направленні працівника на роботу, не пов'язану з його основною діяльністю).

Після проведення інструктажу проводиться усне опитування людини, що інструктується, перевіряються отримані ним знання. Персонал, який не має відношення до обслуговування механізмів, ремонту обладнання, а також не використовує електроінструмент може бути звільнений від проведення повторного інструктажу з охорони праці спеціальним наказом по підприємству.

Приміщення, в яких встановлені персональні комп'ютери, повинні мати природне та штучне освітлення відповідно до санітарних норм.

Природне освітлення має здійснюватися через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості не нижче ніж 1,5%. Штучне освітлення в приміщеннях з робочими місцями має здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. У разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення (крім системи загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення). Зазначення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300-500лк. Якщо ці значення

освітленості неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення. При цьому світильники місцевого освітлення слід встановлювати таким чином, щоб не створювати відблисків на поверхні екрана, а освітленість екрана має не перевищувати 300лк. Як джерела світла в разі штучного освітлення мають застосовуватись переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ. У разі влаштування відбитого освітлення у приміщеннях, де переважним чином працюють з документами, допускається застосування металогалогенних ламп потужністю 250 Вт. Допускається застосування ламп розжарювання у світильниках місцевого освітлення. Система загального освітлення має становити суцільні або переривчасті лінії світильників, розташовані збоку від робочих місць (переважно ліворуч), паралельно лінії зору працюючих.

Згідно нормам у зимній період, у зв'язку з раннім заходом сонця, не вистачає природнього освітлення.

Приміщення, в яких розташовані комп'ютери, слід оснащувати переносними вуглекислотними вогнегасниками з розрахунку на кожні 20 м<sup>2</sup> площі приміщення з урахуванням гранично допустимої концентрації вогнегасної речовини. Персональні комп'ютери після закінчення роботи на них повинні відключатися від мережі. Не рідше одного разу на квартал необхідно очищати від пилу агрегати та вузли. Забороняється:

- розміщати комп'ютерні зали у підвалах;
- проводити роботи з ремонту ПК безпосередньо в операторському залі;
- зберігати постійно в комп'ютерних залах дискети, інші носії інформації, запасні блоки та деталі (зберігатися там можуть лише носії інформації, необхідні для поточної роботи);
- залишати без нагляду ввімкнену в мережу електронну апаратуру, яка використовується для випробування та контролю комп'ютера.

Порядок дій під час пожежі:

- негайно повідомити про це по телефону в пожежну охорону, при цьому необхідно назвати адресу об'єкта, вказати кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище;

- вжити ( по можливості) заходів до евакуації людей, гасіння пожежі та збереження матеріальних цінностей;

- якщо пожежа виникла на підприємстві, повідомити про неї керівника чи відповідну компетентну посадову особу та чергового по об'єкту;

- у разі необхідності викликати інші аварійно-рятувальні служби.

- перевірити чи викликана пожежна охорона, довести подію до відома власника підприємства;

- у разі загрози життю людей негайно організувати їх рятування, використовуючи для цього наявні сили і засоби;

- видалити за межі небезпечної зони всіх працюючих, не пов'язаних з ліквідацією пожежі;

- здійснити в разі необхідності відключення електроенергії( за винятком систем протипожежного захисту) та виконати інші заходи, що сприяють запобіганню розвитку пожежі та задимленості будівлі;

- організувати зустріч пожежної охорони, подати їм допомогу у виборі найкоротшого шляху для під'їзду до осередку пожежі та в установці вододжерела;

- одночасно з гасінням пожежі організувати евакуацію і захист матеріальних цінностей.

### 5.3 Розрахунок системи штучного освітлення в офісному приміщенні

Зробимо розрахунок системи штучного освітлення в офісному приміщенні. Довжина  $A=55$  м, ширина  $B=17,5$  м,  $H=3$  м. Висота робочої поверхні  $h_p=1$  м. Для освітлення приймаємо світильник типу ППД. Мінімальна освітленість лампи розжарювання з нормами  $E_{\min}$  = Коефіцієнт відображення стелі  $S_n=70\%$ , стін  $S_c=50\%$ , робочої поверхні  $S_p=10\%$ . Напруга у мережі 220 В. Розрахунок:

Відстань від стелі до робочої поверхні:

$$H_0 = H - h_p = 3 - 1 = 2 \text{ м.}$$

Відстань від стелі до світильника:

$$h_c = 0,2 * H_0 = 0,2 * 2 = 0,4 \text{ м.}$$

Висота підвісу світильника над поверхнею, що освітлюється:

$$h = H_0 - h_c = 2 - 0,4 = 1,6 \text{ м.}$$

Висота підвісу світильника над підлогою:

$$H_{\Pi} = h + h_p = 1,6 + 1 = 2,6 \text{ м.}$$

Для досягнення рівномірності освітлення приймаємо відношення  $L/h=1,5$ .

Тоді відстань між центром світильників:

$$L = 1,5 * h = 1,5 * 1,6 = 2,4 \text{ м.}$$

Необхідна кількість світильників:

$$N = S/L^2 = (55 * 17,5) / 2,4^2 = 167 \text{ світ.}$$

Індекс приміщення:

$$i = (A * B) / (h * (A + B)) = (55 * 17,5) / (1,6 * (55 + 17,5)) = 8,3$$

За таблицею коефіцієнтів використання світлового потоку при  $i=8,3$ ,  $S_n=70\%$ ,  $S_c=50\%$ ,  $S_p=10\%$  для світильників ППД коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta = 0,73$

Світловий потік однієї лампи:

$$\Phi_p = (E_{\min} * S * K_3 * Z) / (N * \eta) = (100 * 55 * 17,5 * 1,3 * 1,15) / (167 * 0,73) = 1180,32 \text{ лм.}$$

За заданим світловим потоком обираємо лампу потужністю 200 Вт, що має світловий потік 1350 лм, найбільш близький до розрахункового.

Таким чином фактична освітленість  $E_{\phi}$  буде дорівнювати:

$$E_{\phi} = E_{\min} * (\Phi_{\text{л}} / \Phi_{\text{р}}) = 100 * (1350 / 1180,32) = 114,37 \text{ лк.}$$

Загальна потужність:

$$P_{\text{заг}} = P_{\text{л}} * N = 300 * 167 = 50100 \text{ Вт} = 50,1 \text{ кВт.}$$

Таким чином було розраховано систему штучного освітлення в офісному приміщенні.

#### **5.4 Розробка заходів щодо зменшення впливу шкідливих та небезпечних факторів в офісному приміщенні**

При розробці заходів, що забезпечують охорону праці в приміщенні роботи наукового працівника враховують усі шкідливі і небезпечні фактори, зменшуючи кожен з них до допустимих значень. Однак тільки дотримання правил і норма технічної безпеки і охорони праці забезпечить гарну робочу обстановку і відверне нещасні випадки на робочому місці.

При придбанні моніторів, варто вибирати монітори узгоджені з рекомендаціями SWEDAC (MPRII) по зменшенню електричних і магнітних полів, а також підтримуючі вертикальну частоту розгортання не менше 65 Гц (режими SVGA), рекомендується 75 Гц і більше.

Вимоги до мікроклімату в робочому приміщенні. Для підтримки необхідних мікрокліматичних параметрів необхідно встановити додаткове кондиціонує устаткування. Для зменшення кількості пилу встановлюють періодичність вологого прибирання в приміщенні.

Вимоги до електробезпеки. Велике значення для запобігання електротравматизму має правильна організація обслуговування діючих електроустановок, проведення обслуговування діючих електроустановок, проведення ремонтних і профілактичних робіт, здійснюване за допомогою

наступних мір: допуск до роботи, нагляд під час роботи, проведення відключень під час ремонту, вивішування попереджувальних плакатів і знаків безпеки, перевірка відсутності напруги, накладення заземлення.

Для забезпечення електробезпеки обслуговуючого персоналу передбачені пристрої, що заземлюють, до яких підключені всі металеві частини робочого устаткування. У зв'язку з необхідністю розміщення проводів електроживлення устаткування без зайвих витрат на переустаткування приміщення, доцільно влаштовувати поли з підпіллям.

Для зниження величин виникаючих статичних зарядів в обчислювальних центрах застосовують покриття технологічних полів з одношарового полів вінілхлористого антистатичного лінолеуму марки АСН. Можна застосовувати загальне і місцеве зволоження повітря. Одним з нових методів зменшення статичної напруги в приміщенні є нейтралізація електрики іонізованим газом.

Вимоги до освітленості. У дисплейних залах, звичайно, застосовують однобічне природне освітлення. З метою запобігання потрапляння прямого сонячного світла використовують приміщення з вікнами з північною, північно-східною або північно-західною орієнтацією. Монітори розташовують подалі від вікон і таким чином, щоб вікна знаходились збоку. Якщо екран монітора розташований до вікна, необхідні спеціальні пристрої, що екранують, (світлорозсіюючі штори, регульовані жалюзі, сонцезахисна плівка з металізованим покриттям).

Для штучного освітлення приміщень варто використовувати люмінесцентні лампи, тому що в них висока світлова віддача (до 75 лм/Вт і більше), тривалий термін служби (до 10000 годин), мала яскравість світлової поверхні, близький до природного спектральний склад випромінюваного світла, що забезпечує гарну передачу кольору. Найбільш прийнятними для дисплейних приміщень є люмінесцентні лампи ЛБ (білого світла) і ЛТБ (тепло-білого світла) потужністю 40, 80 Вт.

Для виключення засвіти екранів дисплеїв прямими світловими потоками світильники загального освітлення розташовують збоку від робочого місця, паралельно лінії зору оператора і стіні з вікнами. Таке розміщення світильників дозволяє робити їхнє послідовне включення в залежності від величини природної освітленості і виключає подразнення очей смугами світла, що чергуються, і тіні, що виникають при поперечному розташуванні світильників.

Вимоги до пожежної безпеки. Для запобігання виникнення пожежі необхідно передбачити міри пожежної профілактики:

- дотримання протипожежних вимог при проектуванні й експлуатації систем вентиляції згідно СНІП 1.01.02-84;
  - дотримання умов пожежної безпеки електроустановок згідно ПУЕ-76;
- наявність засобів оповіщення:
- пожежні сирени (ЛИПНУВ-1, ИП-105 2/1 і т.д.);
  - установки пожежогасіння (АУП);
  - інструкції з заходів протипожежної безпеки, план евакуації людей і технічних засобів.

Для поліпшення умов пожежної безпеки в приміщенні повинна бути встановлена підлога з незаймистих матеріалів, технологічно знімний; папір зберігається в металевій шафі; у наявності два вуглекислотних вогнегасники типу ОУ-5, а також два димових датчики; у машинному залі систематично проводиться прибирання і вентилявання приміщення.

Для поліпшення умов праці і зменшення впливу небезпечних і шкідливих факторів, адміністрація сайту забезпечує справний стан устаткування і своєчасну заміну застарілого обладнання, вдосконалює вентиляцію приміщення.

## 6 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 6.1 Вступ

Охорона навколишнього середовища – це система заходів щодо раціонального використання природних ресурсів, збереження особливо цінних та унікальних природних комплексів і забезпечення екологічної безпеки. Це сукупність державних, адміністративних, правових, економічних, політичних і суспільних заходів, спрямованих на раціональне використання, відтворення і збереження природних ресурсів землі, обмеження негативного впливу людської діяльності на довкілля.

Мета охорони навколишнього середовища – протидія негативним змінам у довкіллі, які мали місце в минулому, відбуваються зараз або можуть бути.

Актуальність охорони навколишнього середовища, що перетворилася в глобальну проблему, пов'язана головним чином зі зростанням антропогенного впливу. Це зумовлено демографічним вибухом, урбанізацією, що прискорюється, і розвитком гірничих розробок і комунікацій, забрудненням довкілля відходами, надмірним навантаженням на орні землі, пасовища, ліси, водойми. У результаті гірничо-технічної діяльності у світі порушено не менше 15 – 20 млн га земель, з них 59% площі використано під різні гірничі виробки, 38% – під відвали пустої породи або відходів збагачення, 3% – місця осідання, провалів та інших порушень поверхні, пов'язаних з підземними розробками. Інколи порушення правил ведення гірничих робіт чи масштабна аварія призводить до катастрофічних незворотних наслідків.

Охорона навколишнього середовища на підприємстві характеризується комплексом вжитих заходів, які спрямовані на попередження негативного

впливу людської діяльності підприємства на навколишню природу, що забезпечує сприятливі та безпечні умови людської життєдіяльності.

Враховуючи стрімкий розвиток науково-технічного прогресу, перед людством постало складне завдання – охорона найважливіших складових навколишнього середовища (земля, вода, повітря), схильних сильним забрудненням техногенними відходами і викидами, що призводить до окислення ґрунту і води, руйнування озонового шару землі та кліматичних змін.

Промислова політика усього світу призвела до таких незворотних і суттєвих змін у навколишньому середовищі, що це питання (охорона навколишнього середовища на підприємстві) став загальносвітовою проблемою і примусив державні апарати розробити довгострокову екологічну політику зі створення внутрішньодержавного контролю за ПДВ.

Основними умовами для поліпшення екології в країні є: раціональне використання, охорона і трата запасів природного резерву, забезпечення безпеки екології та протирадіаційні заходи, підвищення і формування екологічного мислення у населення, а також контроль над екологією в промисловості.

Охорона навколишнього середовища на підприємстві визначила ряд заходів для зниження рівня забруднень, що виробляється підприємствами [37]:

- виявлення, оцінка, постійний контроль і обмеження викиду шкідливих елементів в атмосферу, а також створення технологій і техніки, що охороняють і зберігають природу та її ресурси;

- розробка правових законів, спрямованих на охоронні заходи довкілля та матеріальне стимулювання виконаних вимог і профілактики комплексу природоохоронних заходів.;

- профілактика екологічної обстановки шляхом виділення спеціально відведених територій (зон).

Крім екологічної безпеки об'єкта (охорона навколишнього середовища на підприємстві) не менш важлива і безпека життєдіяльності (БЖД) на підприємстві. У це поняття включено комплекс організаційних підприємств і технічних засобів для запобігання негативного впливу виробничих факторів на людину. Для початку всі працівники підприємства прослуховують курс з техніки безпеки, який інструктує безпосередній начальник або працівник з охорони праці. Крім простої техніки безпеки робітники повинні також дотримуватися ряду правил по технічним вимогам і нормативам підприємства, а також підтримувати санітарно-гігієнічні норми і мікроклімат на робочому місці. Всі норми і правила екологічної та робочої безпеки повинні бути визначені і зафіксовані в певному документі.

Екологічний паспорт підприємства – це комплексна статистика даних, що відображають ступінь користування даним підприємством природних ресурсів і його рівню забруднення прилеглих територій. Екологічний паспорт підприємства розробляється за рахунок компанії після погодження з відповідним уповноваженим органом і піддається постійному коригуванню у зв'язку з перепрофілюванням, змінами в технології, устаткуванні, матеріалів і т.д.

Для правильного складання паспорта підприємства і щоб уникнути шахрайства контролювання вмісту шкідливих речовин у навколишньому підприємство природі веде спеціальна служба екологічного контролю.

Працівники служби беруть участь у заповненні і оформленні всіх граф екологічного паспорта, враховуючи сумарний вплив шкідливих викидів у навколишнє середовище. При цьому враховуються допустимі концентраційні рівні шкідливих речовин на прилеглих до підприємства територіях, повітрі, поверхневих шарах ґрунту і водою.

## **6.2 Забруднення навколишнього середовища підприємствами, що експлуатують обладнання зв'язку**

Прискорення темпів технологічного прогресу на нашій планеті зумовлює посилення впливу людей на природу, що призводить до якісної зміни співвідношення сил між суспільством і природою. Водночас природні ресурси є основою життя і розвитку людського суспільства і джерелом задоволення потреб.

Ніхто з учених так і не придумав можливості сконструювати повністю безпечну для навколишнього середовища техніку. Стара техніка нерідко стає причиною забруднення навколишнього середовища. Відправлена на звалище електротехніка, що вийшла з ладу, цілком здатна дійсно завдати нашій планеті великої шкоди. Електротехніка в наш час не купується на довгі роки, тому що на зміну техніці майже відразу приходять нові моделі техніки. Рідко буває, що обладнання в компаніях в наші дні взагалі ремонтується – зазвичай замість негайно купується нове обладнання. Не секрет, що якщо зламане обладнання утилізується в неправильних умовах, то воно загрожує завдати шкоди чистоті довкілля. Без сумніву, правильне поводження з непотрібною технікою – це гарантія того, що екології електронне сміття не завдає шкоди. Необхідно усвідомлювати, як захистити навколишнє середовище.

Всі, хто застосовують лампи денного світла для освітлення офісів, магазинів, кафе та ін. приміщень, зазвичай не підозрюють про можливі проблеми, які виникнуть під час перевірок. Люмінесцентні лампи містять небезпечні для здоров'я людини хімічні речовини. У кожній люмінесцентній лампі знаходиться від 20 до 500 мг ртуті (в залежності від типу і технології), тому вони відносяться до першого, тобто найвищого класу небезпеки. Також не вірно утилізована оргтехніка несе в собі небезпеку навколишньому середовищі.

### 6.3 Розробка заходів з охорони навколишнього середовища

До головних завдань в організації природоохоронної діяльності підприємств відноситься:

- аналіз кількісних і якісних показників діяльності підприємства, які здійснюють вплив на довкілля, ефективності запровадження заходів з охорони довкілля і раціонального використання природних ресурсів за відповідний період;

- розробка перспективних та поточних заходів природоохоронної діяльності з обґрунтуванням потреби щодо обсягів їх фінансування, визначення термінів виконання.

Природоохоронні заходи, що запроваджуються підприємством, повинні повністю компенсувати шкідливий вплив виробництва на навколишнє природне середовище і відповідати за напрямками постанові Кабінету міністрів України від 17 вересня 1996 року № 1147 (зі змінами) «Про затвердження переліку видів діяльності, що належать до природоохоронних заходів».

План підприємств з питань охорони навколишнього природного середовища і раціонального використання природних ресурсів складається з таких розділів:

- охорона і раціональне використання водних ресурсів;
- охорона повітряного басейну;
- охорона і раціональне використання земель;
- охорона і раціональне використання мінеральних ресурсів;
- організаційно-просвітницькі заходи.

У розділі «Охорона і раціональне використання водних ресурсів», передбачається комплекс заходів, що забезпечує скорочення витрат питної води, припинення скидів неочищених стоків в поверхневі водні об'єкти, недопущення в скидах стічних вод перевищення нормативних показників забруднюючих речовин. Реалізація забезпечується розробкою заходів по

вдосконаленню технологічних процесів виробництва та обладнання, будівництва споруд для очищення стічних вод, створення оборотних систем виробничого водопостачання, впровадження енерго- та ресурсозберігаючих технологій тощо. Крім того, у цьому розділі визначаються обсяги водоспоживання, водовідведення та скидів стічних вод всіх категорій, що використовуються підприємством.

Розділ «Охорона повітряного басейну», містить природоохоронні заходи, спрямовані на зниження обсягів шкідливих речовин, що викидаються в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення на підприємстві та забезпечення дотримання нормативів гранично допустимих концентрацій викидів в санітарно-захисній зоні підприємства.

Показники даного розділу зазначаються окремо для кожного джерела забруднення з подальшим визначенням зведених даних по підприємству.

У розділі «Охорона і раціональне використання земель», відображаються напрями використання земельних ділянок, які знаходяться у користуванні підприємства під час здійснення господарської діяльності і включають заходи по створенню захисних зелених зон, будівництву та реконструкції протиерозійних, гідротехнічних, протикарстових споруд та інших. Передбачається розробка заходів, спрямованих на попередження (ліквідацію) забруднення ґрунтів відходами виробництва, проведення своєчасної рекультивації порушених земель та використання родючого шару ґрунту.

До показника, що характеризує площі порушених земель, відносять землі порушені під час добування корисних копалин, що перебувають під будівельними й іншими роботами, пов'язаними з порушенням ґрунтового покриву, гідрологічного режиму, зайняті під териконами, смітниками і т.п.

Дані про використання земель відображаються в плані у зведеному вигляді за виключенням земель, що рекультивовані і передані землекористувачам для використання.

У розділі «Охорона і раціональне використання мінеральних ресурсів» згруповані заходи з удосконалення методів розробки родовищ корисних копалин і покращення використання сировини, що добувається. Цей розділ планується для запровадження на підприємствах добувних галузей промисловості.

Розділ «Організаційно-просвітницькі заходи» містить заходи, спрямовані на підвищення кваліфікації фахівців з охорони навколишнього природного середовища, рівня обізнаності працівників підприємств, установ, організацій з вимогами природоохоронного законодавства України, зокрема в сфері поводження з відходами, збереження ресурсів питної води, забезпечення належного санітарного стану територій населених пунктів.

Всі заходи з охорони природного середовища зводяться в єдиний документ, в якому вказується мета роботи, місце впровадження, головний виконавець і співвиконавці, строки виконання робіт, кошторисна вартість, планові затрати, очікуваний результат ефективності їх впровадження.

## ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, та розробці програми для його реалізації. Удосконалення однофакторного рівняння регресії було виконано за рахунок використання нормалізуючого перетворення на основі натурального логарифму, що дозволило підвищити достовірність оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, в порівнянні з існуючим рівнянням регресії.

Всі поставлені завдання до кваліфікаційної роботи виконані в повному обсязі і отримані наступні результати:

- проаналізовано та порівняно існуючі моделі для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet;

- обґрунтовано необхідність удосконалення рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet;

- удосконалено рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, із застосуванням нормалізуючих перетворень, а саме:

  - обрано відповідне нормалізуюче перетворення;

  - нормалізовані отримані ЕД, використовуючи обране нормалізуюче перетворення;

  - ЕД перевірені на викиди;

  - побудовані лінійне рівняння регресії, довірчий інтервал та інтервал прогнозування для нормалізованих даних;

  - побудовані нелінійне рівняння регресії, довірчий інтервал та інтервал прогнозування для ЕД;

перевірена якість рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet;

– розроблено ПЗ для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, що дає змогу автоматизувати та значно скоротити час виконання розрахунків;

– здійснено розрахунок економічної ефективності від розробки та впровадження ПЗ;

– розглянуто спеціальні питання з охорони праці та охорони навколишнього середовища.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Знакомьтесь: RadioEthernet и другие беспроводные технологии [Электронный ресурс] / Режим доступа: \www/ URL: <https://www.iemag.ru/platforms/detail.php?ID=16509> – 07.09.2020 р. – Загол. з екрану.
2. Применение оборудования RadioEthernet для построения корпоративных сетей доступа к Internet [Электронный ресурс] / Режим доступа: \www/ URL: <http://www.citforum.ck.ua/internet/iinet97/17.shtml> – 07.09.2020 р. – Загол. з екрану.
3. Radio access networks [Электронный ресурс] / Режим доступа: \www/ URL: <https://www.nokia.com/networks/portfolio/radio-access-networks-ran/> – 07.09.2020 р. – Загол. з екрану.
4. Cisco [Электронный ресурс] / Режим доступа: \www/ URL: <https://www.cisco.com/> – 07.09.2020 р. – Загол. з екрану.
5. Avaya [Электронный ресурс] / Режим доступа: \www/ URL: <https://www.avaya.com/en/> – 07.09.2020 р. – Загол. з екрану.
6. Alvarion Technologies [Электронный ресурс] / Режим доступа: \www/ URL: <http://www.alvarion.com/> – 07.09.2020 р. – Загол. з екрану.
7. What's new in MikroTik? [Электронный ресурс] / Режим доступа: \www/ URL: <https://mikrotik.com/> – 07.09.2020 р. – Загол. з екрану.
8. Острейковский, В.А. Теория надежности: Учеб. для вузов [Текст] / В.А. Острейковский. – М.: Высш. шк., 2003. – 463 с.
9. Bates, Douglas M. Nonlinear Regression Analysis and Its Applications [Текст] / Douglas M. Bates, Donald G. Watts. – Wiley, 1988. – 384 p.
10. Pardoe, Iain. Applied regression modeling [Текст] / Iain Pardoe. – Wiley, 2012. – 325 p.
11. Степаненко, А.Б. Рівняння регресії для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією

RadioEthernet [Текст] / А.Б. Степаненко, Л.М. Макарова // Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених за тематикою «Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні»: збірка наукових праць (30 листопада 2020 року) / Під редакцією Г.О. Райко. – Херсон: Видавництво ФОП Вишемирський В. С., 2020. – С.148-149.

12. Технологии и виды беспроводных сетей передачи данных [Электронный ресурс] / Режим доступа: \www/ URL: [https://www.cnews.ru/reviews/free/wireless\\_m/1.shtml](https://www.cnews.ru/reviews/free/wireless_m/1.shtml) – 15.09.2020 р. – Загол. з екрану.

13. Гнеденко, Б.В. Математические методы в теории надежности [Текст] / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев – М.: Наука, 1965. – 524 с.

14. Джонсон, Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке [Текст] / Н. Джонсон, Ф. Лион. – М.: Мир, 1980. – 610 с.

15. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников [Текст] / А.И. Кобзарь – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.

16. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ: В 2-х кн. Кн. 2 / Пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. [Текст] / Н. Дрейпер, Г. Смит – М.: Финансы и статистика, 1987. – 351 с.

17. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Основы эконометрики: Учебник для вузов: В 2 т. 2-е изд., испр. – Т. 1: Теория вероятностей и прикладная статистика [Текст] / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 656 с.

18. Chatterjee, Samprit. Handbook of Regression Analysis [Text] / Samprit Chatterjee, Jeffrey S. Simonoff. – Wiley, 2012. – 240 p.

19. Магнус, Я.Р. Эконометрика. Начальный курс: Учеб. – 6-е изд., перераб. и доп. [Текст] / Я.Р. Магнус, П.К. Катышев, А.А. Пересецкий. – М.: Дело, 2004. – 576 с.

20. Орлов, А.И. Прикладная статистика [Текст] / А.И. Орлов. – М.: Экзамен, 2004. – 656 с.
21. 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.
22. Приходько, С.Б. Метод побудови нелінійних рівнянь регресії на основі нормалізуючих перетворень [Текст] / С.Б. Приходько // Тези доповідей міждерж. науково-методич. конф. “Проблеми математичного моделювання” (13-15 червня 2012 р., м. Дніпродзержинськ). – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2012. – С.31-33.
23. Yan, Xin. Linear regression analysis: theory and computing [Text] / Xin Yan, Xiao Gang Su – Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2009. – 328 p.
24. Приходько, С.Б. Доверительный интервал нелинейной регрессии времени восстановления работоспособности устройств терминальной сети / С.Б. Приходько, Л.Н. Макарова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 3(4). – С. 26-31.
25. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов [Текст] / Е.С. Вентцель. – М.: Высш. шк., 1999. – 576 с.
26. Transform data to normal distribution [Електронний ресурс] / Режим доступу: \www/ URL: <http://www.sigmamagic.com/forum/archives/297> – 10.10.2020 р. – Загол. з екрану.
27. Аппроксимация закона распределения экспериментальных данных [Електронний ресурс] / Режим доступу: \www/ URL: [http://opds.sut.ru/old/electronic\\_manuals/oed/f05.htm#r054](http://opds.sut.ru/old/electronic_manuals/oed/f05.htm#r054) – 10.10.2020 р. – Загол. з екрану.
28. Prykhodko S. Multivariate outlier detection technique based on normalizing transformations for non-Gaussian data / S. Prykhodko, N. Prykhodko, L. Makarova, K. Pugachenko // «Інформаційні технології та комп'ютерне

модельовання»: матеріали статей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 15-20 травня 2017 року. – Івано-Франківськ: п. Голіней О.М., 2017. – С.170-174.

29. Приходько, С.Б. Построение нелинейной регрессионной модели времени восстановления работоспособности устройств терминальной сети [Текст] / С.Б. Приходько, Л.Н. Макарова // Проблеми інформаційних технологій. – Херсон: ХНТУ, 2014. – №01 (015). – С.97-102.

30. Крэг, Л. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования / Л. Крэг // 3-е изд. – М.: Вильямс, 2006. – 736 с. – ISBN 0-13-148906-2

31. Буч, Г. Язык UML. Руководство пользователя [Текст] / Г. Буч, Д. Рамбо, И. Якобсон. М.: ДМК Пресс, 2006. – 496 с. – ISBN 5-94074-334-X

32. Джошуа, Б. Java. Эффективное программирование. [Текст] / Б. Джошуа – М.: Лори, 2002. – 224 с. – ISBN 5-85582-169-2

33. Початок роботи з платформою Eclipse [Електронний ресурс] / Режим доступу: \www/ URL: <http://easy-code.com.ua/2011/02/pochatok-robotiz-platformoyu-eclipse-dokumentaciya/> – 13.10.2020 р. – Загол. з екрану.

34. Закон України «Про охорону праці» [Електронний ресурс] / Режим доступу: \www/ URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> – 15.11.2020 р. – Загол. з екрану.

35. ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Текст]. – Введ. 1976-01-01 – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 6 с.

36. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс] / Режим доступу: \www/ URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99> – 15.11.2020 р. – Загол. з екрану.

37. Кисельов, М. Екологічна політика. Філософський енциклопедичний словник [Текст] / М.М. Кисельов, В.І. Шинкарук; Л.В. Озадовська, Н.П. Поліщук; І.О. Покаржевська – Київ: Абрис, 2002. – 742 с.

## Додаток А

### Технічне завдання

#### Вступ

Назва розроблюваного проекту: «ПЗ для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet». Галузь застосування – підприємство, яке обслуговує обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet.

#### 1. Підстави для розробки

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

#### 2. Призначення розробки

##### 2.1 Експлуатаційне призначення

Дана розробка призначена для побудови лінійного та нелінійного рівняння регресії, довірчих інтервалів та інтервалів прогнозування для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet.

##### 2.2 Функціональне призначення програми

Функціональним призначенням програми є автоматизація розрахунків, яка полегшить побудову лінійного та нелінійного рівняння регресії, довірчих інтервалів та інтервалів прогнозування для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet.

#### 3. Вимоги до програмного забезпечення

##### 3.1 Вимоги до функціональних характеристик

##### 3.1.1 Вимоги до складу виконуваних функцій

Програмне забезпечення повинно виконувати наступні функції:

- імпорт вхідних даних з файлу;
- розрахунок параметрів вхідних даних;
- перевірка даних на викиди;

- перевірка даних на нормальний закон розподілу для значень  $X$  та  $Y$ ;
- нормалізація даних за допомогою нормалізуючого претворення на основі натурального логарифму для значень  $X$  та  $Y$ ;
- перевірка нормалізованих даних на нормальній закон розподілу для значень  $X$  та  $Y$ ;
- побудова лінійного рівняння регресії, довірчого інтервалу та інтервалу прогнозування;
- побудова нелінійного рівняння регресії, довірчого інтервалу та інтервалу прогнозування;
- перевірка якості рівняння регресії.

### 3.1.2 Вимоги до організаційних вхідних та вихідних даних

Введення даних здійснюється за допомогою пристроїв введення даних (клавіатури та миші). Дані або вводяться вручну, або обираються із представлених списків.

Обмін інформацією між ПЗ відбувається за допомогою файлів з довільним доступом з розширенням .csv.

Вхідні дані: відстань від центру обслуговування до пристрою, час відновлення працездатності пристрою.

Вихідні дані: нормалізовані дані за допомогою нормалізуючого перетворення на основі натурального логарифму.

### 3.2 Вимоги до надійності

Програмний продукт повинен функціонувати при безперервній 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.

### 3.4 Вимоги до складу та параметрів технічних засобів

Система повинна задовольняти наступній мінімальній конфігурації:

- 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 повинна відповідати наступним вимогам до інформаційної та програмної сумісності: для повноцінного функціонування системи необхідно використовувати операційну систему Windows 7 – 32-bit/64-bit або вище.

### 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 роботи.

### 6. Стадії та етапи розробки

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

Таблиця А.1 – Стадії та етапи розробки ПЗ

Стадії розробки	Етапи робіт	Термін виконання робіт	
		Початок етапу	Кінець етапу
1	2	3	4
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

Продовження табл. А.1

1	2	3	4
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

```

package com.data.entities;

import com.data.CalculateSetValues;
import com.data.function.convert.definitions.GroupDataProcessor;
import java.util.ArrayList;
import java.util.Arrays;
import java.util.Collections;
import java.util.Comparator;
import java.util.EnumMap;
import java.util.List;
import java.util.Map;

public class Problem {

    private static final int MIN_Y_COUNT_ON_ONE_X = 7;
    private final ProblemDefinition definition;
    private final ArrayList<Failure> failures;
    private final Map<FailureDatatype, ProblemProcessingResult> processingResults;
    private final Map<GroupDataProcessor, CalculateSetValues> groupCalculatorResults;
    private static int minYCountOnOneX = MIN_Y_COUNT_ON_ONE_X;

    public Problem(ProblemDefinition def) {
        this.definition = def;
        this.failures = new ArrayList();
        this.processingResults = new EnumMap(FailureDatatype.class);
        this.groupCalculatorResults = new EnumMap(GroupDataProcessor.class);
    }

    public static void setMinYCountOnOneX(int minYCountOnOneX) {
        Problem.minYCountOnOneX = minYCountOnOneX;
    }

    public void addFailures(Failure flr) {
        failures.add(flr);
    }

    public int addFailures(List<Failure> listFlr) {
        failures.addAll(listFlr);
        return listFlr.size();
    }

    public ProblemDefinition getDefinition() {
        return definition;
    }

    public ArrayList<Failure> getFailures() {
        return failures;
    }

    public void setProcessingResults(FailureDatatype failureDatatype, ProblemProcessingResult
processingResult) {
        processingResults.put(failureDatatype, processingResult);
    }

    public ProblemProcessingResult getProcessingResults(FailureDatatype failureDatatype) {
        return processingResults.get(failureDatatype);
    }

    public void setGroupCalculatorResults(GroupDataProcessor groupDataProcessor,
CalculateSetValues results) {
        groupCalculatorResults.put(groupDataProcessor, results);
    }

    public CalculateSetValues getGroupCalculatorResults(GroupDataProcessor groupDataProcessor) {
        return groupCalculatorResults.get(groupDataProcessor);
    }

    public double[] getFailureData(FailureDatatype failureDatatype) {
        List<String> linkedDatatypes = new ArrayList();

```

```

int resIndex = 0;
if (failureDatatype.getParentDatatype() != null) {
    linkedDatatypes.add(failureDatatype.getParentDatatype());
    resIndex = 1;
}
linkedDatatypes.add(failureDatatype.name());
if (failureDatatype.getChildDatatypes() != null) {
    linkedDatatypes.addAll(Arrays.asList(failureDatatype.getChildDatatypes()));
}
int lengthDatatypes = linkedDatatypes.size();
FailureDatatype[] datatypes = new FailureDatatype[lengthDatatypes];
for (int i = 0; i < lengthDatatypes; i++) {
    datatypes[i] = FailureDatatype.valueOf(linkedDatatypes.get(i));
}
return getComplexFailureData(datatypes)[resIndex];
}

private boolean checkExistsFailureResults(FailureDatatype failureDatatype) {
    return processingResults == null || processingResults.get(failureDatatype) == null;
}

public double[][] getComplexFailureData(final FailureDatatype[] datatypes) {
    Map<FailureDatatype, List<Integer>> checkedFailures = new EnumMap(FailureDatatype.class);
    for (FailureDatatype datatype : datatypes) {
        if (checkExistsFailureResults(datatype)) {
            throw new IllegalArgumentException("Failure results is empty for " + datatype);
        }
        checkedFailures.put(datatype, getProcessingResults(datatype).getCheckedFailures());
    }
    List<Failure> fails = new ArrayList();
    for (int i = 0; i < failures.size(); i++) {
        boolean exists = true;
        for (FailureDatatype datatype : datatypes) {
            if (!checkedFailures.get(datatype).contains(i)) {
                exists = false;
            }
        }
        if (exists) {
            fails.add(failures.get(i));
        }
    }
    Collections.sort(fails, new Comparator<Failure>() {

        @Override
        public int compare(Failure o1, Failure o2) {
            return o1.getValue(datatypes[0]) - o2.getValue(datatypes[0]) == 0 ? 0
                : (o1.getValue(datatypes[0]) - o2.getValue(datatypes[0]) > 0 ? 1 : -1);
        }
    });
    double[][] res = new double[datatypes.length][fails.size()];
    for (int i = 0; i < datatypes.length; i++) {
        for (int j = 0; j < fails.size(); j++) {
            res[i][j] = fails.get(j).getValue(datatypes[i]);
        }
    }
    return res;
}

public static List<Integer> getIndexesOfFilteredArguments(double[] inputArguments) {
    int length = inputArguments.length;
    List<Integer> indexes = new ArrayList();
    double oldX = inputArguments[0];
    int countY = 0;
    int lastIndex = -1;
    for (int i = 0; i < length; i++) {
        double x = inputArguments[i];
        if (x != oldX) {
            if (countY >= minYCountOnOneX) {
                for (int j = 0; j < countY; j++) {
                    indexes.add(lastIndex + j + 1);
                }
            }
            countY = 0;
            lastIndex = i - 1;
            oldX = x;
        }
        countY++;
    }
    if (countY >= minYCountOnOneX) {

```

```

        for (int j = 0; j < countY; j++) {
            indexes.add(lastIndex + j + 1);
        }
    }
    return indexes;
}

@Override
public boolean equals(Object other) {
    if (other == null) {
        return false;
    }
    if (this == other) {
        return true;
    }
    if (this.getClass() != other.getClass()) {
        return false;
    }
    Problem otherObj = (Problem) other;
    return this.definition.equals(otherObj.definition)
        && ((this.failures == null && otherObj.failures == null) ||
this.failures.equals(otherObj.failures));
}

@Override
public int hashCode() {
    int hash = 7;
    hash = 79 * hash + (this.definition != null ? this.definition.hashCode() : 0);
    hash = 79 * hash + (this.failures != null ? this.failures.hashCode() : 0);
    return hash;
}
}

package com.data.entities;

import com.data.entities.ProblemDatatype.BaseDefinitionParams;
import java.util.Map;
import java.util.Set;

public class ProblemDefinition {

    private final Map<ProblemDatatype, String> params;

    public ProblemDefinition(Map<ProblemDatatype, String> params) {
        for (BaseDefinitionParams baseDatatype : BaseDefinitionParams.values()) {
            boolean exists = false;
            for (ProblemDatatype datatype : params.keySet()) {
                if (datatype.getName().equals(baseDatatype.name())) {
                    exists = true;
                    break;
                }
            }
            if (!exists) {
                throw new IllegalArgumentException("Not defined problem mandatory param: " +
baseDatatype.name());
            }
        }
        this.params = params;
    }

    public String getParam(String name) {
        return getParam(params, name);
    }

    private String getParam(Map<ProblemDatatype, String> pars, String name) {
        for (ProblemDatatype setDatatype : pars.keySet()) {
            if (setDatatype.getName().equals(name)) {
                return pars.get(setDatatype);
            }
        }
        return null;
    }

    public Set<ProblemDatatype> getDatatypes() {
        return params.keySet();
    }
}

```

```

public int size() {
    return params.size();
}

@Override
public String toString() {
    String delimiter = ", ";
    String res = "";
    for (ProblemDatatype paramType : getDatatypes()) {
        if (!paramType.isHidden()) {
            res += delimiter + paramType.getCaption() + "=" + getParam(paramType.getName());
        }
    }
    return res.substring(delimiter.length());
}

@Override
public boolean equals(Object other) {
    if (other == null) {
        return false;
    }
    if (this == other) {
        return true;
    }
    if (this.getClass() != other.getClass()) {
        return false;
    }
    ProblemDefinition otherObj = (ProblemDefinition) other;
    return this.params.equals(otherObj.params);
}

@Override
public int hashCode() {
    int hash = 3;
    hash = 11 * hash + (this.params != null ? this.params.hashCode() : 0);
    return hash;
}
}

```

```

package com.data.entities;

public enum AllProblemDatatypes implements ProblemDatatype {

    NAME("Проблема", "problem", 0),
    MODEL("Модель устройства", "model", 1),
    YEAR("Год", "year", 2),
    SEASON("Сезон", "season", 3),
    UPS("Наличие UPS", "ups", 4),
    PROVIDER("Провайдер", "provider", 5),
    REGION("Регион", "region", 6),
    KIND("Тип проблемы", "id_problem_kind", 7, true),
    PARENT_MODEL("Группировочная модель устройства", "parent_model", 8);

    private String caption;
    private String dbColumnName;
    private int fileColumnPosition;
    private boolean hidden;

    private AllProblemDatatypes(String caption, String dbColumnName, int fileColumnPosition) {
        this(caption, dbColumnName, fileColumnPosition, false);
    }

    private AllProblemDatatypes(String caption, String dbColumnName, int fileColumnPosition,
        boolean hidden) {
        this.caption = caption;
        this.dbColumnName = dbColumnName;
        this.fileColumnPosition = fileColumnPosition;
        this.hidden = hidden;
    }

    public String getDBColumnName() {
        return dbColumnName;
    }

    public int getFileColumnPosition() {

```

```

        return fileColumnPosition;
    }

    public String getCaption() {
        return caption;
    }

    public boolean isHidden() {
        return hidden;
    }

    public String getName() {
        return this.name();
    }
}

package com.data.entities;

public enum FailureDatatype {

    DISTANCE("Расстояние до устройства", "distance", 11, 7, null, new String[]{"FAILURE_TIME"},
true),
    FAILURE_TIME("Время восстановления работоспособности", "failure_time", 10, null, "DISTANCE",
null, true);
    private final String caption;
    private final String dbColumnName;
    private final int fileColumnPosition;
    private final Integer mandatoryGroupDataCount;
    private final String parentDatatype;
    private final String[] childDatatypes;
    private final boolean sigmaRule;

    private FailureDatatype(String caption, String dbColumnName, int fileColumnPosition, Integer
mandatoryGroupDataCount,
        String parentDatatype, String[] childDatatypes, boolean sigmaRule) {
        this.caption = caption;
        this.dbColumnName = dbColumnName;
        this.fileColumnPosition = fileColumnPosition;
        this.mandatoryGroupDataCount = mandatoryGroupDataCount;
        this.parentDatatype = parentDatatype;
        this.childDatatypes = childDatatypes;
        this.sigmaRule = sigmaRule;
    }

    public String getDbColumnName() {
        return dbColumnName;
    }

    public int getFileColumnPosition() {
        return fileColumnPosition;
    }

    public String getCaption() {
        return caption;
    }

    public String getParentDatatype() {
        return parentDatatype;
    }

    public String[] getChildDatatypes() {
        return childDatatypes;
    }

    public boolean isSigmaRule() {
        return sigmaRule;
    }

    public Integer getMandatoryGroupDataCount() {
        return mandatoryGroupDataCount;
    }
}

```

```

package com.data.entities;

import java.util.Map;

public class Failure {

    private final Map<FailureDatatype, Double> values;

    public Failure(Map<FailureDatatype, Double> values) {
        for (FailureDatatype value : FailureDatatype.values()) {
            if (values.get(value) == null) {
                throw new IllegalArgumentException("Not defined failure mandatory value: " +
value);
            }
        }
        this.values = values;
    }

    public Double getValue(FailureDatatype name) {
        return values.get(name);
    }

    @Override
    public boolean equals(Object other) {
        if (other == null) {
            return false;
        }
        if (this == other) {
            return true;
        }
        if (this.getClass() != other.getClass()) {
            return false;
        }
        Failure otherObj = (Failure) other;
        return this.values.equals(otherObj.values);
    }

    @Override
    public int hashCode() {
        int hash = 3;
        hash = 97 * hash + (this.values != null ? this.values.hashCode() : 0);
        return hash;
    }
}

```

```

package com.data;

import com.data.entities.Problem;
import java.util.List;
import java.util.Map;

public interface DataDistributor{

    DataManagerEnvironmentController getEnvironment();

    void fillSourceData() throws DataControllerException;

    void fillData();

    Map<Integer, String> getProblemKinds();

    Integer getProblemKindIndex(String problemKindName);

    List<Problem> getProblems(Integer problemKindID);

    // List<Problem> getProblems(String problemGroup);

    List<Problem> getProblems();
}

```

```

package com;

```

```

import com.data.entities.FailureDatatype;
import com.data.entities.Problem;
import com.data.entities.ProblemProcessingMode;
import com.data.function.convert.definitions.DataConverter;
import com.data.function.convert.DataConvertorsManager;
import com.data.function.convert.definitions.GroupDataCalculator.ConvertorCalculateArgument;
import com.data.function.convert.definitions.GroupDataProcessor;

public interface GroupDataConvertorsManager {

    DataConvertorsManager getDataConvertorsManager(DataConverter[] converters, FailureDatatype
failureDatatype);
    void fillGroupDataCalculators(Problem problem);
    ConvertorCalculateArgument[] getGroupDataCalculatorsArguments(Problem problem,
ProblemProcessingMode mode,
    GroupDataProcessor dataProcessor);
}

package com.data;

import com.GroupDataConvertorsManager;
import com.data.function.convert.DataDistributionConvertorsManager;
import com.data.entities.grouping.ProblemsControllerFactory;
import com.data.entities.grouping.ProblemsController;
import com.data.entities.Problem;
import com.data.function.FunctionChecker;
import com.data.function.FunctionCheckerResult;
import com.data.function.FunctionCheckerType;
import com.data.function.convert.ConvertParamsStorageController;
import com.data.function.convert.definitions.DataConverter;
import com.data.function.convert.definitions.GroupDataCalculator;
import com.data.function.etalon.ExponentEtalonPiCalculator;
import com.data.function.etalon.ExponentFunctionCalculator;
import com.data.distribution.DistributionCalculator;
import com.data.distribution.DistributionData;
import com.data.distribution.DistributionDatatypes;
import com.data.distribution.ExponentCheckDistributionCalculator;
import com.data.entities.FailureDatatype;
import com.data.entities.ProblemDatatype.BaseDefinitionParams;
import com.data.entities.ProblemDefinition;
import com.data.entities.ProblemKind;
import com.data.entities.ProblemProcessingMode;
import com.data.entities.ProblemProcessingResult;
import com.data.function.AllFunctionCheckerTypes;
import com.data.function.convert.DataConvertorsManager;
import com.data.function.convert.definitions.DataConverter.DataConverterGroup;
import com.data.function.convert.definitions.GroupDataCalculator.ConvertorCalculateArgument;
import com.data.function.convert.definitions.GroupDataProcessor;
import com.data.function.convert.definitions.RegressionGroupDataCalculator;
import java.util.ArrayList;
import java.util.Arrays;
import java.util.Collection;
import java.util.Comparator;
import java.util.HashMap;
import java.util.List;
import java.util.Map;
import java.util.logging.Level;
import java.util.logging.Logger;

public class DataManager implements DataDistributor, GroupDataConvertorsManager {

    private class SortingPair {

        public int index;
        public double value;

        public SortingPair(int index, double value) {
            this.index = index;
            this.value = value;
        }
    }

    private List<Problem> sourceProblems;
    private final Map<Integer, String> problemKinds;
    private final DataManagerEnvironmentController environment;
    private List<Problem> problems;

```

```

    public DataManager(DataManagerEnvironmentController environment) throws
    DataControllerException {
        this.environment = environment;
        for (ProblemProcessingMode mode : ProblemProcessingMode.values()) {
            loadConvertorsFromStorages(mode.getDataConvertors());
        }
        problemKinds = environment.getDataSourceController().getProblemKinds();
    }

    private void loadConvertorsFromStorages(DataConvertor[] convertors) {
        for (DataConvertor convertor : convertors) {
            ConvertParamsStorageController storageController =
            convertor.getOptimizeEnvironment().getConvertParamsStorageController();
            if (storageController != null) {
                storageController.load();
            }
        }
    }

    @Override
    public DataManagerEnvironmentController getEnvironment() {
        return environment;
    }

    @Override
    public List<Problem> getProblems() {
        return problems;
    }

    @Override
    public List<Problem> getProblems(Integer problemKindID) {
        if (problemKindID == null) {
            return getProblems();
        }
        return getProblems(problemKindID, null);
    }

    private List<Problem> getProblems(Integer kindID, String problemGroup) {
        List<Problem> resProblems = new ArrayList();
        for (Problem pr : problems) {
            ProblemDefinition curDef = pr.getDefinition();
            if ((kindID == null ||
            kindID.equals(Integer.valueOf(curDef.getParam(BaseDefinitionParams.KIND.name()))))
            && (problemGroup == null ||
            problemGroup.equals(curDef.getParam(BaseDefinitionParams.NAME.name())))) {
                resProblems.add(pr);
            }
        }
        return resProblems;
    }

    @Override
    public void fillData() {
        int lastLoadRowCount = 0;
        problems = new ArrayList();
        List<Integer> workProblemKindsID = new ArrayList();
        for (Integer kindID : problemKinds.keySet()) {
            workProblemKindsID.add(kindID);
        }
        for (Integer kindID : workProblemKindsID) {
            List<Problem> oneKindProblems = new ArrayList();
            lastLoadRowCount += putOneKindProblems(oneKindProblems, kindID);
            problems.addAll(oneKindProblems);
        }
        calcProblemsData(problems);
        checkTbfcCount(problems, lastLoadRowCount);
    }

    private int putOneKindProblems(List<Problem> problems, Integer kindID) throws
    NumberFormatException {
        ProblemsController ctrl = ProblemsControllerFactory.getInstance().getProjectController(
        environment.getProblemGroupingMode(), ProblemKind.getProblemKindByID(kindID));
        ProblemDefinition oldDef = null;
        boolean existsProblem = false;
        Problem cur = null;
        for (Problem sourceProblem : sourceProblems) {
            ProblemDefinition curDef = ctrl.fillProblemDefinition(sourceProblem);

```

```

        if
(!kindID.equals(Integer.valueOf(curDef.getParam(BaseDefinitionParams.KIND.name())))) {
            continue;
        }
        if (!curDef.equals(oldDef)) {
            if (cur != null && !existsProblem) {
                problems.add(cur);
            }
            Problem savedProblem = getProblemFromListByDefinition(problems, curDef);
            if (savedProblem != null) {
                cur = savedProblem;
                existsProblem = true;
            } else {
                cur = new Problem(curDef);
                existsProblem = false;
            }
            oldDef = curDef;
        }
        if (cur != null) {
            cur.addFailures(sourceProblem.getFailures());
        }
    }
    if (cur != null && !existsProblem) {
        problems.add(cur);
    }
    return actualityProblemsByFailuresCount(problems);
}

private Problem getProblemFromListByDefinition(List<Problem> problems, ProblemDefinition
definition) {
    for (Problem pr : problems) {
        if (pr.getDefinition().equals(definition)) {
            return pr;
        }
    }
    return null;
}

private int actualityProblemsByFailuresCount(List<Problem> problems) {
    int loadRowCount = 0;
    Collection<Problem> removingProblems = new ArrayList();
    int minEventCount = environment.getMinProblemEventCount();
    int maxEventCount = environment.getMaxProblemEventCount();
    for (Problem pr : problems) {
        int failureCount = pr.getFailures().size();
        if (failureCount < minEventCount || (maxEventCount != -1 && failureCount >
maxEventCount)) {
            removingProblems.add(pr);
        } else {
            loadRowCount += failureCount;
        }
    }
    problems.removeAll(removingProblems);
    return loadRowCount;
}

@Override
public Map<Integer, String> getProblemKinds() {
    return problemKinds;
}

@Override
public Integer getProblemKindIndex(String problemKindName) {
    for (Integer kind : problemKinds.keySet()) {
        if (problemKinds.get(kind).equals(problemKindName)) {
            return kind;
        }
    }
    return null;
}
}

```

## Додаток В

### Опис програми

#### 1 Загальні відомості

Дана програма призначена для побудови лінійного та нелінійного рівняння регресії, довірчих інтервалів та інтервалів прогнозування для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet.

#### 2 Функціональне призначення

Функціональним призначенням програми є автоматизація розрахунків, яка полегшить побудову лінійного та нелінійного рівняння регресії, довірчих інтервалів та інтервалів прогнозування для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet.

Програмне забезпечення виконує наступні функції:

- імпорт вхідних даних з файлу;
- розрахунок параметрів вхідних даних;
- перевірка даних на викиди;
- перевірка даних на нормальний закон розподілу для значень  $X$  та  $Y$ ;
- нормалізація даних за допомогою нормалізуючого претворення на основі натурального логарифму для значень  $X$  та  $Y$ ;
- перевірка нормалізованих даних на нормальній закон розподілу для значень  $X$  та  $Y$ ;
- побудова лінійного рівняння регресії, довірчого інтервалу та інтервалу прогнозування;
- побудова нелінійного рівняння регресії, довірчого інтервалу та інтервалу прогнозування;
- перевірка якості рівняння регресії.

### 3 Опис логічної структури

Програма розроблена на модульній основі, тобто кожний модуль програми відповідає за конкретну дію: імпорт даних, нормалізацію, побудову лінійного та нелінійного рівняння регресії та інші.

### 4 Технічні та програмні засоби

Система повинна задовольняти наступній мінімальній комплекції:

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

Система повинна відповідати вимогам до інформаційної та програмної сумісності. Для повноцінного функціонування системи необхідно використовувати операційну систему Windows 7 – 32-bit/64-bit або вище.

### 5 Виклик та завантаження

Програма для побудови лінійного та нелінійного рівняння регресії, довірчих інтервалів та інтервалів прогнозування для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, встановлюється безпосередньо на комп'ютер користувача. Програма 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 або вводяться вручну, або обираються із представлених списків.

Обмін інформацією між ПЗ відбувається за допомогою файлів з довільним доступом з розширенням .csv.

Вхідні дані: відстань від центру обслуговування до пристрою, час відновлення працездатності пристрою.

Вихідні дані: нормалізовані дані за допомогою нормалізуючого перетворення на основі натурального логарифму.

## Додаток Г

### Інструкція користувача

Загальний вигляд стартового вікна програми представлений на рис. Г.1.

The screenshot shows the start window of the program. On the left is a vertical menu with options like 'Все типы проблем', 'Свой EPF клавиатуры', etc. The main area is divided into several sections:

- Model and UPS Table:**

Модель устройства	Наличие UPS	Провайдер	Регион
1500xe FL	-	-	-
2000 NG	-	-	-
2000xe	-	-	-
2050 NG	-	-	-
2050xe	-	-	-
2100XE FL Депозитарий	-	-	-
CashPay	-	-	-
TechPro 3000M	-	-	-
ТехПром...03	-	-	-
- Parameters Selection Table:**

Параметры выборки	Значение	Единица	Статус
Количество значений	278		
Выборочное среднее	25831,27697842		Доверит. интервал MO (Норм. закон) min
Дисперсия	1,23529848E9		Доверит. интервал MO (Норм. закон) ...
Среднеквадратическое отклонение	35146,81321737		Длина ДИ MO (Норм. закон)
Асимметрия	4,84671111		Доверит. интервал SKO (Норм. закон) ...
Квадрат асимметрии	23,49060861		Доверит. интервал SKO (Норм. закон) ...
Экссесс	43,40389316		Длина ДИ SKO (Норм. закон)
Количество интервалов	9		Доверит. интервал MO (Эксп. закон) min
Минимальное значение	248		Доверит. интервал MO (Эксп. закон) max
Максимальное значение	386112		Длина ДИ MO (Эксп. закон)
- Podintervals Table:**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Начало интервала	248	43121,7778	85995,5556	128869,3333	171743,1111	214616,8889	257490,6667	300364,4444	343238,2222
Конец интервала	43121,7778	85995,5556	128869,3333	171743,1111	214616,8889	257490,6667	300364,4444	343238,2222	386112
Частота	215	54	5	2	1	0	0	0	1
Относительная частота	0,723281	0,194245	0,017986	0,007194	0,003597	0E0	0E0	0E0	0,003597
Приведенная частота	1,8038561...	4,5306155...	4,1950143...	1,6780057...	8,3900287...	0E0	0E0	0E0	8,3900287...
- Law Check:**

Проверка закона по критерию согласия Пирсона **Не соответствует!**

Количество интервалов	4	Хи квадрат	7,1768
Суммарная вероятность	1	Хи кв. критическое	5,99
- Small Distribution Table:**

	1	2	3	4
Начало интервала	248	43121,7778	85995,5556	128869,3333
Конец интервала	43121,7778	85995,5556	128869,3333	386112
Частота	215	54	5	4
Вероятность попадания	0,811632981	0,152542589	0,02901119	0,00681324
Хи квадрат	0,501171393	3,169332237	1,164882168	2,34144999

Рисунок Г.1 – Загальний вигляд стартового вікна програми

Стартове вікно програми містить: горизонтальне меню, основні вкладки.

Основна вкладка ДАНІ містить три панелі (див. рис. Г.1):

- ліва панель вибору типів і видів проблем, для яких необхідно проводити розрахунок, містить список, що випадає, з типами проблем і список з видами проблем;

- верхня панель моделей пристроїв і характеристик для груповань даних містить таблицю, в якій наведено всі можливі моделі пристроїв і

характеристики груповань даних для типу та виду проблеми, обраних на лівій панелі;

– нижня панель – основна робоча панель програми, містить результати розрахунків для обраних раніше типів і видів проблем (ліва панель) і моделі пристрою або іншої характеристики для групування (верхня панель).

Розглянемо докладніше основну робочу панель програми (див. рис. Г.1). Вона містить основну вкладку **ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ**: виконує побудову рівняння регресії, довірчого інтервалу та інтервалу прогнозування рівняння регресії часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet.

Вкладка **ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ** містить п'ять вкладок (див. рис. Г.2):

Эмп. данные X (расстояние)	Эмп. данные Y (время)	Нормализация X (расстояние)	Нормализация Y (время)	Регрессия				
<b>Параметры выборки:</b>								
Количество значений	143	Ширина интервала	800					
Выборочное среднее	3839,51048951	Доверит. интервал МО (Норм. закон) min	3516,6117					
Дисперсия	3,81478508E6	Доверит. интервал МО (Норм. закон) ...	4162,4092					
Среднеквадратическое отклонение	1953,14747909	Длина ДИ МО (Норм. закон)	645,7975					
Асимметрия	1,08849583	Доверит. интервал СКО (Норм. закон) ...	1758,5839					
Квадрат асимметрии	1,18482317	Доверит. интервал СКО (Норм. закон) ...	2222,3993					
Эксцесс	2,91927279	Длина ДИ СКО (Норм. закон)	463,8155					
Количество интервалов	8	Доверит. интервал МО (Эксп. закон) min	3295,8837					
Минимальное значение	1900	Доверит. интервал МО (Эксп. закон) max	4581,7491					
Максимальное значение	8300	Длина ДИ МО (Эксп. закон)	1285,8654					
<b>Подинтервалы:</b>								
	1	2	3	4	5	6	7	8
Начало интервала	1900	2700	3500	4300	5100	5900	6700	7500
Конец интервала	2700	3500	4300	5100	5900	6700	7500	8300
Частота	52	14	36	11	0	0	19	11
Относительная частота	0,363636	0,097902	0,251748	0,076923	0E0	0E0	0,132867	0,076923
Приведенная частота	0,000454545	0,000122378	0,000314685	9,6153846...	0E0	0E0	0,000166084	9,6153846...
<b>Проверка закона по критерию согласия Пирсона</b> <span style="color: red;">Не соответствует!</span>								
Количество интервалов	6	Chi квадрат	78,6151					
Суммарная вероятность	0,8849	Chi кв. критическое	9,49					
	1	2	3	4	5	6		
Начало интервала	1900	2700	3500	4300	5100	7500		
Конец интервала	2700	3500	4300	5100	7500	8300		
Частота	52	14	36	11	19	11		
Вероятность попадания	0,505008478	0,093100589	0,075589744	0,061372431	0,123133912	0,026669515		
Chi квадрат	5,659328117	0,035411072	58,705718...	0,563455466	0,110019976	13,541121...		

Рисунок Г.2 – Вкладка **ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ**

ЕМП. ДАНІ Х (ВІДСТАНЬ): розрахунок статистичних характеристик і перевірка відповідності вхідної вибірки випадкової величини Х (відстань) нормальному закону розподілу, містить два листа: ЗНАЧЕННЯ і ГІСТОГРАМА.

ЕМП. ДАНІ Y (ЧАС): розрахунок статистичних характеристик і перевірка відповідності вхідної вибірки випадкової величини Y (час) нормальному закону розподілу, містить два листа: ЗНАЧЕННЯ і ГІСТОГРАМА.

НОРМАЛІЗАЦІЯ Х (ВІДСТАНЬ): розрахунок параметрів нормалізації і перевірка відповідності перетвореної вибірки випадкової величини Х (відстань) нормальному закону розподілу. Нормалізація виконується за логарифмічним перетворенням з використанням натурального логарифму (вкладка ПЕРЕТВОРЕННЯ ПО ЛОГАРИФМУ). Містить листи НОРМАЛІЗОВАНІ ЗНАЧЕННЯ і ГІСТОГРАМА.

НОРМАЛІЗАЦІЯ Y (ЧАС): розрахунок параметрів нормалізації і перевірка відповідності перетвореної вибірки випадкової величини Y (час) нормальному закону розподілу. Нормалізація виконується за логарифмічним перетворенням з використанням натурального логарифму (вкладка ПЕРЕТВОРЕННЯ ПО ЛОГАРИФМУ). Містить листи НОРМАЛІЗОВАНІ ЗНАЧЕННЯ і ГІСТОГРАМА.

Вкладки ПЕРЕТВОРЕННЯ ПО ЛОГАРИФМУ представлені на рис. Г.3 та рис. Г.4.

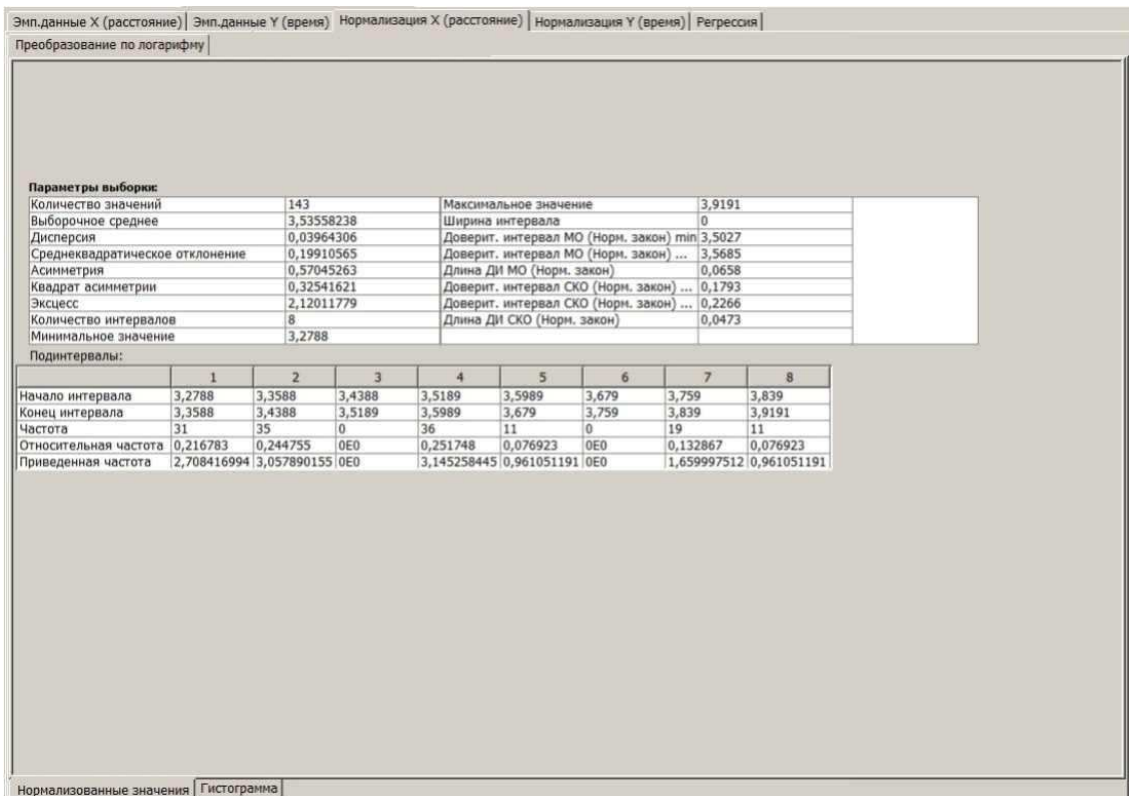


Рисунок Г.3 – Вкладка ПЕРЕТВОРЕНИЯ ПО ЛОГАРИФМУ, лист НОРМАЛИЗОВАНІ ЗНАЧЕННЯ

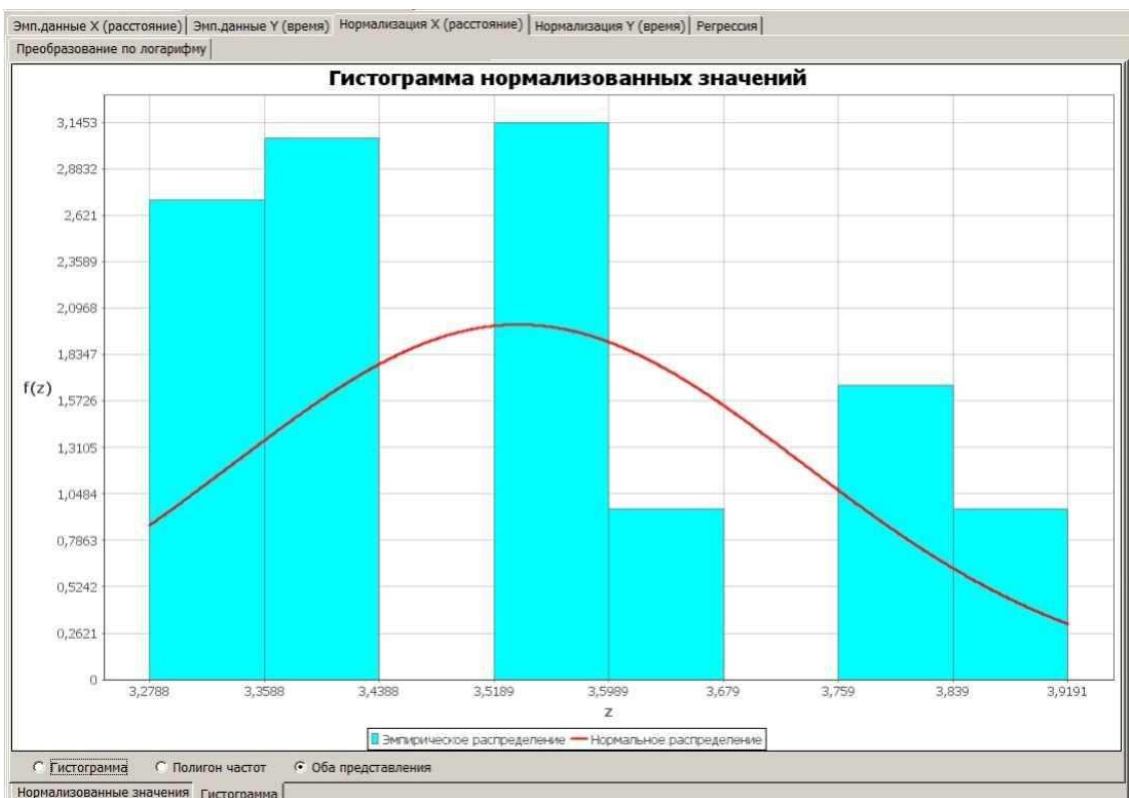


Рисунок Г.4 – Вкладка ПЕРЕТВОРЕНИЯ ПО ЛОГАРИФМУ, лист ГІСТОГРАМА

– РЕГРЕСІЯ: розрахунок параметрів лінійного і нелінійного рівняння регресії часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet, а також знаходження довірчого інтервалу лінійного та нелінійного рівняння регресії. Містить листи ЗНАЧЕННЯ (див. рис. Г.5), ЛІНІЙНА РЕГРЕСІЯ (див. рис. Г.6), НЕЛІНІЙНА РЕГРЕСІЯ (див. рис. Г.7). Листи ЛІНІЙНА РЕГРЕСІЯ і НЕЛІНІЙНА РЕГРЕСІЯ є графічним відображенням відповідних розрахунків.

Эмп.данные X (расстояние)	Эмп.данные Y (время)	Нормализация X (расстояние)	Нормализация Y (время)	Регрессия
<b>Преобразование по десятичному логарифму</b>				
Линейное уравнение b1	2,47686851	Нелинейное уравнение, Sy	8,08505341E6	
Линейное уравнение b0	-6,43380461	Нелинейное уравнение R2	0,77588676	
Линейное уравнение R2	0,74074908			

Значения | Линейная регрессия | Нелинейная регрессия

Рисунок Г.5 – Вкладка РЕГРЕСІЯ, лист ЗНАЧЕННЯ

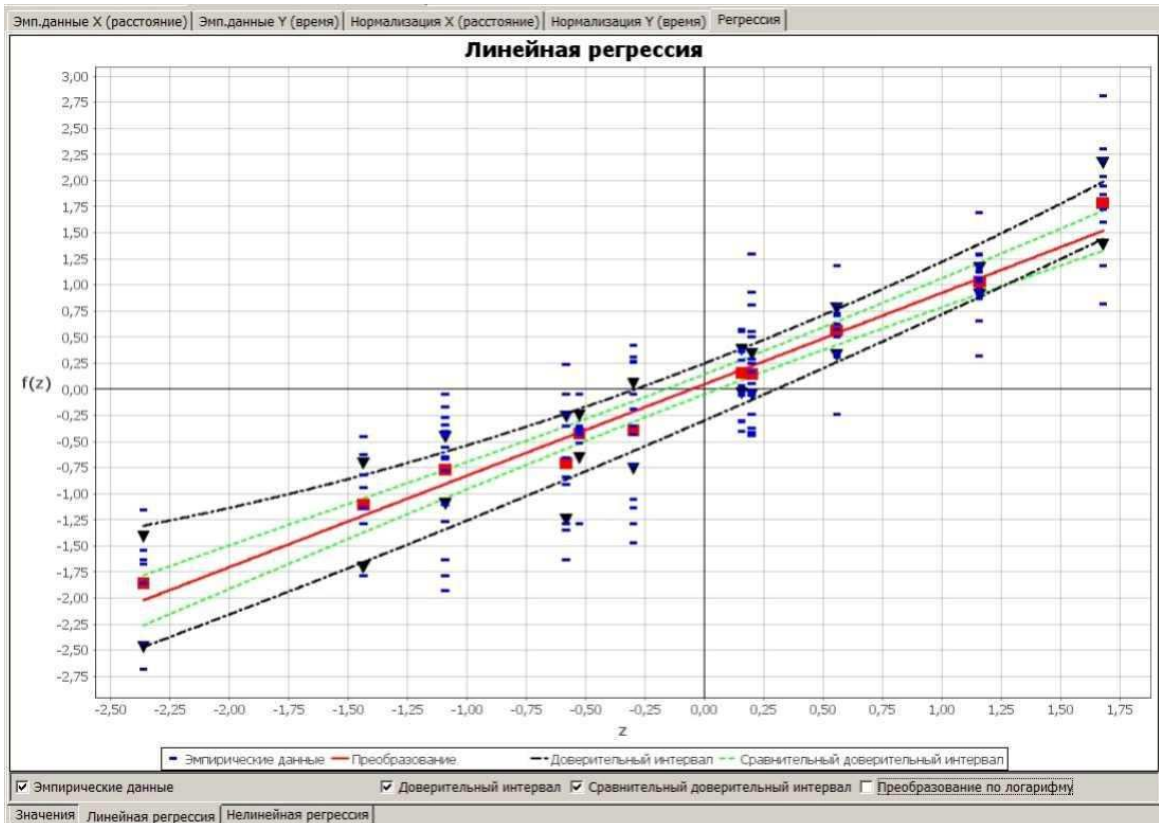


Рисунок Г.6 – Вкладка РЕГРЕСИЯ, лист ЛІНІЙНА РЕГРЕСИЯ

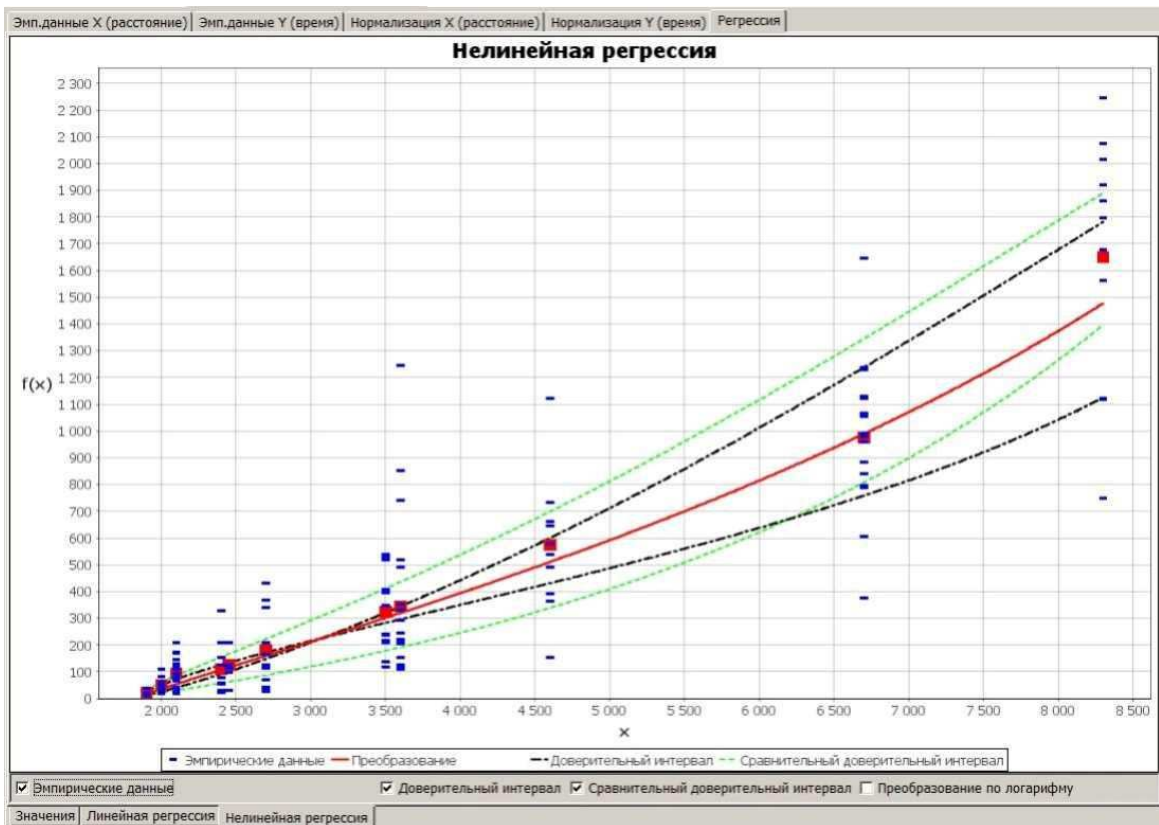


Рисунок Г.7 – Вкладка РЕГРЕСИЯ, лист НЕЛІНІЙНА РЕГРЕСИЯ

## Додаток Д

### Програма та методика випробувань програмного забезпечення

#### 1. Об'єкт випробувань

##### 1.1 Назва об'єкту

Назва розроблюваного проекту: «ПЗ для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet». Галузь застосування – підприємство, яке обслуговує обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet.

Коротка назва: програма.

##### 1.2 Область застосування

Функціональним призначенням програми є автоматизація розрахунків, яка полегшить побудову лінійного та нелінійного рівняння регресії, довірчих інтервалів та інтервалів прогнозування для оцінювання часу відновлення працездатності обладнання зв'язку, яке працює за технологією RadioEthernet.

#### 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 «Імпорт вибірки з файлу»;
- перевірка роботи функції «Розрахунок параметрів вибірки»;
- перевірка роботи функції «Нормалізація вибірки»;
- перевірка роботи функції «Побудова лінійного рівняння регресії та інтервалів»;
- перевірка роботи функції «Побудова нелінійного рівняння регресії та інтервалів»;
- перевірка роботи функції «Експорт результатів у файл».

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.