

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

МР.КІ – 30.00.000 ПЗ

Група КІм-24-2

Коростіль Віталій

2025

Міністерство освіти і науки України

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Факультет інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерних систем і мереж

Коростіль Віталій Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 004.6

(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

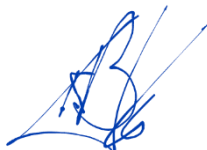
Комп'ютерна система оцінювання коректності координатних та магнітних даних на основі структурних та логічних правил

Комп'ютерна інженерія

(назва освітньої програми)

123 – Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)



/ Коростіль В.Р. /

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник – Кропивницька Віталія Богданівна, к.т.н., доцент

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

/ С.І. Мельничук /

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Рецензент

/ А.М. Топалов /

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень, використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Івано-Франківськ – 2025 рік

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет *інформаційних технологій*

Кафедра *комп'ютерних систем і мереж*

Освітній ступінь *магістр*

Спеціальність *123 – Комп'ютерна інженерія*

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСМ

(С.І. Мельничук)

« » 2025 року

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Коростілю Віталію Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) *Комп'ютерна система оцінювання коректності координатних та магнітних даних на основі структурних та логічних правил*

керівник проекту (роботи) *Кропивницька В.Б., к.т.н., доцент*

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

затвержені наказом вищого навчального закладу від *05.12.2025 № 755/7*

2. Строк подання студентом роботи *29 грудня 2025*

3. Вихідні дані до роботи *Матеріали і результати отримані під час проходження переддипломної практики, методичні вказівки, технічна література.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз предметної області. 2. Проєктування комп'ютерної системи оцінювання коректності геофізичних даних. 3. Програмна реалізація та робота системи

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

6. Консультанти розділів роботи

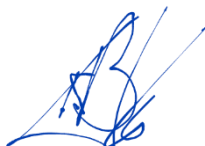
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Мойсеєнко О.В.		

7. Дата видачі завдання 12 березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Постановка задачі та збір інформації	12.03.2025- 29.09.2025	виконано
2	Аналіз предметної області	30.09.2025- 20.10.2025	виконано
3	Проектування майбутньої системи та вибір методів її реалізації	21.10.2025- 01.11.2025	виконано
4	Реалізація комп'ютерної системи оцінювання коректності геофізичних даних	02.11.2025- 29.11.2025	виконано
5	Оформлення пояснювальної записки	30.11.2025- 27.12.2025	виконано

Студент



(підпис)

Коростіль В.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Кропивницька В.Б.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Магістерську роботу присвячено розробці комп'ютерної системи оцінювання коректності геофізичних даних на основі структурних та логічних правил. Робота є логічним продовженням бакалаврського дослідження, у межах якого було створено інформаційну систему для клонування, створення та очищення баз даних геодезичних і геофізичних вимірювань.

Метою магістерської роботи є розробка програмної системи, що забезпечує автоматизовану фільтрацію, перевірку коректності, виявлення аномалій та часткове виправлення геофізичних даних перед їх подальшим аналізом, зберіганням і візуалізацією. Особливу увагу приділено забезпеченню достовірності даних, зменшенню впливу помилок вимірювань та людського фактора.

Об'єктом дослідження є процеси оброблення, валідації та аналізу геофізичних даних у реляційних базах даних.

Предметом дослідження є методи та програмні засоби оцінювання коректності геофізичних даних на основі структурних обмежень, логічних правил та міжпараметричних залежностей.

У роботі проведено аналіз існуючих підходів до перевірки якості та достовірності геофізичних і геодезичних даних, визначено основні типи помилок, аномалій і некоректних значень, що виникають під час збору та зберігання даних. На основі проведеного аналізу сформовано набір структурних і логічних правил для автоматизованої перевірки цілісності та узгодженості даних.

Розроблено комп'ютерну систему, яка реалізує модулі фільтрації, оцінювання коректності, логічної валідації та виправлення геофізичних даних, а також забезпечує інтеграцію з існуючими базами даних, створеними в межах попередньої інформаційної системи. Реалізацію програмного продукту виконано з використанням платформи .NET, мови програмування C# та систем керування реляційними базами даних.

Результати роботи дозволяють підвищити якість та достовірність геофізичних даних, скоротити час їх попередньої обробки та підвищити ефективність подальшого аналізу і використання в наукових та прикладних задачах.

Ключові слова: геофізичні дані, коректність даних, фільтрація, логічні правила, структурні обмеження, валідація даних, комп'ютерна система, автоматизація.

ABSTRACT

The master's thesis is devoted to the development of a computer system for evaluating the correctness of geophysical data based on structural and logical rules. The research is a logical continuation of the bachelor's thesis, within which an information system for cloning, creating, and cleaning databases of geodetic and geophysical measurements was developed.

The aim of the master's thesis is to design a software system that provides automated filtering, correctness assessment, anomaly detection, and partial correction of geophysical data prior to their further analysis, storage, and visualization. Special attention is paid to ensuring data reliability and reducing the impact of measurement errors and the human factor.

The object of the study is the processes of processing, validation, and analysis of geophysical data in relational database systems.

The subject of the study is methods and software tools for evaluating the correctness of geophysical data based on structural constraints, logical rules, and inter-parameter dependencies.

The thesis analyzes existing approaches to quality assurance and reliability verification of geophysical and geodetic data, and identifies the main types of errors, anomalies, and incorrect values that occur during data acquisition and storage.

A computer system has been developed that implements modules for data filtering, correctness evaluation, logical validation, and correction of geophysical data, as well as provides integration with existing databases created within the previous information system. The software product is implemented using the .NET platform, the C# programming language, and relational database management systems.

The results of the work make it possible to improve the quality and reliability of geophysical data, reduce the time required for their preliminary processing, and increase the efficiency of further analysis and use in scientific and applied tasks.

Keywords: geophysical data, data correctness, data filtering, logical rules, structural constraints, data validation, computer system, automation.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ,	7
ВСТУП	9
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ.....	12
1.1 Опис предметної області геофізичних даних.....	12
1.2 Аналіз сучасних засобів збору та первинної обробки геофізичних даних.....	12
1.3 Основні типи геофізичних даних та джерела їх виникнення	14
1.4 Проблеми коректності та якості геофізичних даних	17
1.5 Аналіз існуючих підходів і програмних засобів перевірки коректності даних.....	19
2 ПРОЄКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ КОРЕКТНОСТІ ГЕОФІЗИЧНИХ ДАНИХ.....	25
2.1 Загальна архітектура комп'ютерної системи та проектування БД.....	25
2.2 Формування набору правил та структурних обмежень	31
2.2.1 Обмеження типів даних та форматів.....	32
2.2.2 Обмеження обов'язковості та повноти даних	33
2.2.3 Обмеження унікальності та ідентифікації записів	34
2.3 Логічні правила оцінювання коректності геофізичних даних	36
2.3.1 Просторові логічні правила	37
2.3.2 Часові логічні правила	38
2.3.3 Фізичні логічні правила	39
2.3.4 Кореляційні логічні правила	40
2.4 Алгоритми фільтрації, валідації та виправлення даних	41
3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА РОБОТА СИСТЕМИ.....	49
3.1 Загальна характеристика програмної системи	49
3.2 Опис базового функціоналу програмної системи (реалізованого у бакалаврській роботі).....	49
3.3 Розширення функціоналу системи в межах магістерської роботи .	51
3.4 Інтерфейс модуля перевірки коректності даних	52
3.5 Відображення результатів оцінювання коректності.....	53

3.6	Перевірка та оцінювання коректності роботи системи.....	54
3.6.1	Характеристика тестових баз даних	55
3.6.2	Процедура тестування	55
3.6.3	Результати тестування.....	56
3.6.4	Оцінка ефективності роботи системи.....	60
3.7	Узагальнення функціональних можливостей системи.....	60
	ВИСНОВКИ	61
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА	63
	ДОДАТОКИ	65

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ОДИНИЦЬ І ВИМІРІВ

БД — база даних

ІС — інформаційна система

СКБД — система керування базами даних

SQL (Structured Query Language) — мова структурованих запитів

T-SQL (Transact-SQL) — розширення мови SQL для Microsoft SQL Server

MSSQL — Microsoft SQL Server

SSMS (SQL Server Management Studio) — середовище адміністрування та керування SQL Server

.NET — програмна платформа для розроблення застосунків

API (Application Programming Interface) — програмний інтерфейс прикладного програмування

UML (Unified Modeling Language) — уніфікована мова моделювання

UI (User Interface) — користувацький інтерфейс

CRUD (Create, Read, Update, Delete) — базові операції роботи з даними

ETL (Extract, Transform, Load) — процес витягання, перетворення та завантаження даних

ISO (International Organization for Standardization) — Міжнародна організація зі стандартизації

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) — Інститут інженерів з електротехніки та електроніки

ВСТУП

Актуальність. Сучасні геофізичні дослідження ґрунтуються на обробленні великих обсягів експериментальних даних, отриманих у результаті геомагнітних, гравіметричних та інших видів вимірювань. Якість та достовірність таких даних безпосередньо впливають на точність інтерпретації результатів, ефективність геологорозвідувальних робіт і обґрунтованість прийняття подальших інженерних рішень. У процесі збору, передачі та зберігання геофізичних даних виникають помилки, пропуски, аномальні значення та логічні невідповідності, що знижують загальну надійність інформаційних систем.

Існуючі програмні засоби зберігання та оброблення геофізичних даних здебільшого орієнтовані на накопичення та візуалізацію інформації, тоді як питання автоматизованого оцінювання коректності даних часто вирішуються частково або покладаються на ручну перевірку. Це зумовлює необхідність створення спеціалізованих комп'ютерних систем, здатних виконувати фільтрацію, логічну валідацію та оцінювання коректності геофізичних даних на основі формалізованих правил.

Об'єкт дослідження – процеси оброблення, зберігання та валідації геофізичних даних у комп'ютерних системах.

Предмет дослідження – методи та програмні засоби оцінювання коректності геофізичних даних на основі структурних обмежень і логічних правил.

Мета магістерської роботи – розробка комп'ютерної системи оцінювання коректності геофізичних даних, що забезпечує автоматизовану фільтрацію, логічну перевірку та підвищення якості даних перед їх подальшим аналізом і використанням.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно розв'язати такі завдання:

- проаналізувати предметну область та особливості формування геофізичних даних;
- визначити основні типи помилок і аномалій у геофізичних даних;
- виконати аналіз існуючих підходів і програмних засобів оцінювання коректності даних;
- розробити архітектуру комп'ютерної системи оцінювання коректності геофізичних даних;
- сформулювати набір структурних та логічних правил перевірки даних;
- реалізувати імітаційну програмну оболонку системи та описати сценарії її роботи.

Методи дослідження.

У роботі використано методи системного аналізу, формалізації правил, логічного виведення, моделювання структур даних, а також методи проєктування програмного забезпечення та баз даних.

Наукова новизна роботи полягає у розробці підходу до оцінювання коректності геофізичних даних на основі поєднання структурних обмежень і логічних правил, що дозволяє автоматизувати виявлення помилок та аномалій у великих масивах даних.

Практична цінність отриманих результатів полягає у можливості використання розробленої комп'ютерної системи як складової інформаційних систем збору, зберігання та аналізу геофізичних даних з метою підвищення їх достовірності та якості.

Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку використаних джерел та додатків.

У першому розділі проведено аналіз предметної області геофізичних даних. Розглянуто основні типи геофізичних і геоданих, джерела їх формування, а також типові проблеми коректності та якості даних. Проаналізовано причини виникнення структурних і логічних помилок, досліджено вплив аномалій на результати оброблення та інтерпретації. Наведено огляд сучасних підходів і програмних засобів перевірки коректності даних, зокрема структурних, логічних і комбінованих методів.

У другому розділі виконано проектування комп'ютерної системи оцінювання коректності геофізичних даних. Розроблено загальну архітектуру системи, визначено її основні модулі та принципи взаємодії. Спроектовано та створено з нуля реляційну базу даних для зберігання геофізичних вимірювань. Сформовано модель даних і визначено структурні обмеження, а також розроблено набір логічних правил оцінювання коректності геофізичних даних. Описано алгоритми фільтрації, валідації та часткового виправлення даних.

У третьому розділі наведено опис програмної реалізації та роботи комп'ютерної системи. Розглянуто базовий функціонал програмного забезпечення, успадкований з бакалаврської роботи, та його розширення у межах магістерського дослідження. Описано користувацький інтерфейс, інтерфейс модуля перевірки коректності та механізми відображення результатів аналізу. Проведено тестування системи на двох тестових базах даних з коректними та навмисно спотвореними даними та здійснено оцінку ефективності роботи розробленої rule-based підсистеми.

Додатки містять фрагменти програмного коду, SQL-скрипти структурних обмежень, реалізацію логічних і комбінованих правил перевірки коректності даних, а також допоміжні матеріали, що доповнюють основний текст роботи.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Опис предметної області геофізичних даних

Геофізичні дані є результатом вимірювань фізичних полів Землі та використовуються для дослідження її внутрішньої будови, пошуку родовищ корисних копалин і моніторингу геодинамічних процесів. До основних видів геофізичних даних належать геомагнітні, гравіметричні, сейсмічні та електророзвідувальні вимірювання, які характеризуються великою кількістю параметрів, високою частотою дискретизації та значними обсягами інформації.

Сучасні інформаційні системи для роботи з геофізичними даними зазвичай базуються на реляційних базах даних та передбачають розділення інформації за проєктами, часовими інтервалами та типами вимірювань. Такий підхід спрощує зберігання великих обсягів інформації, проте ускладнює контроль її коректності без застосування спеціалізованих механізмів валідації та перевірки.

У зв'язку зі зростанням обсягів геофізичних даних та підвищенням вимог до їх якості актуальним стає використання автоматизованих комп'ютерних систем, здатних здійснювати попередню оцінку коректності даних перед їх подальшим аналізом та інтерпретацією.

1.2 Аналіз сучасних засобів збору та первинної обробки геофізичних даних

Сучасні геофізичні дослідження характеризуються значним зростанням обсягів даних, що зумовлено підвищенням точності вимірювального обладнання, автоматизацією процесів збору інформації та використанням цифрових методів реєстрації. Збір геофізичних даних здійснюється за допомогою спеціалізованих вимірювальних комплексів, які включають сенсори, реєстратори та програмні засоби для фіксації результатів спостережень.

Первинна обробка геофізичних даних, як правило, виконується безпосередньо під час або одразу після їх збору. До основних етапів первинної обробки належать фільтрація шумів, попередня нормалізація значень, синхронізація часових міток та просторове упорядкування даних. На цьому етапі формуються цифрові набори даних, які надалі використовуються для аналізу та інтерпретації.

Сучасні програмні засоби первинної обробки геофізичних даних орієнтовані на автоматизацію базових операцій та інтеграцію з системами зберігання даних. Як правило, такі засоби забезпечують імпорт даних з різних форматів, їх конвертацію у структуровані вигляди та базові перевірки коректності, зокрема контроль типів даних і наявності обов'язкових полів.

Разом із тим, на практиці значна частина первинної обробки зводиться до формального очищення даних без глибокого аналізу їх логічної узгодженості. Більшість існуючих інструментів зосереджені на візуалізації та базових статистичних операціях, тоді як питання виявлення прихованих помилок, аномалій і логічних невідповідностей залишаються недостатньо опрацьованими.

Особливої складності набуває проблема коректності даних у випадках, коли геофізичні вимірювання виконуються у складних польових умовах. До факторів, що негативно впливають на якість даних, належать збої вимірювального обладнання, неточності просторової прив'язки, людський фактор та зовнішні впливи. У результаті до систем зберігання потрапляють дані, які формально відповідають структурним вимогам, але містять логічні помилки.

У сучасних інформаційних системах первинної обробки геофізичних даних дедалі більшого значення набуває інтеграція засобів автоматизованої перевірки коректності. Зокрема, перспективним є використання rule-based підходів, які дозволяють формалізувати експертні знання у вигляді набору правил та застосовувати їх безпосередньо до даних на ранніх етапах обробки.

Таким чином, аналіз сучасних засобів збору та первинної обробки геофізичних даних свідчить про необхідність розробки спеціалізованих комп'ютерних систем, орієнтованих не лише на зберігання та візуалізацію даних, але й на автоматизоване оцінювання їх коректності. Це зумовлює актуальність досліджень, пов'язаних із впровадженням структурних та логічних правил перевірки якості геофізичних даних.

1.3 Основні типи геофізичних даних та джерела їх виникнення

Геофізичні дані можуть бути класифіковані за типом фізичного поля, що вимірюється, а також за джерелами їх отримання. Найпоширенішими є геомагнітні та гравіметричні дані, які широко використовуються під час геологорозвідувальних робіт.

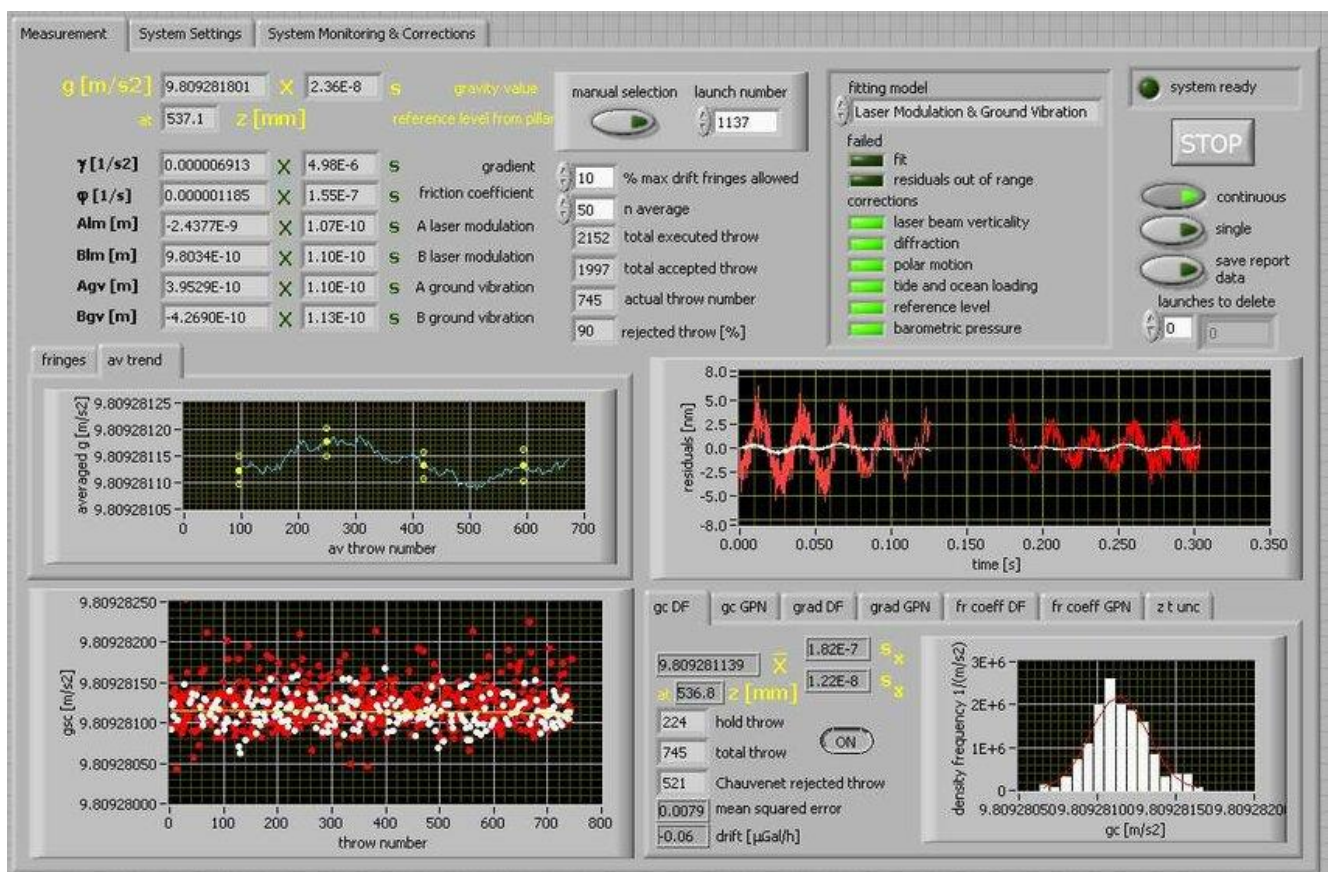


Рисунок 1.1. Панель інтерфейсу користувача Gravisoft PP 1.0 –
Збір геофізичних даних

Процес формування геофізичних даних включає етапи збору польових вимірювань (рис.1.1), їх первинної обробки, збереження в базах даних та подальшого аналізу. На кожному з цих етапів можуть виникати похибки, спричинені технічними обмеженнями вимірювального обладнання, зовнішніми природними факторами, а також людським фактором. У результаті до інформаційних систем надходять дані, що містять пропуски, шум, аномальні значення або логічні суперечності.

Геомагнітні дані (рис1.2 а) [1] відображають просторовий розподіл магнітного поля Землі та дозволяють виявляти аномалії, пов'язані з особливостями геологічної будови. Такі дані отримуються за допомогою наземних, авіаційних або супутникових вимірювань і зазвичай містять інформацію про координати точки вимірювання, значення магнітної індукції та часові мітки.

Гравіметричні дані (рис1.2 б) [1] характеризують варіації гравітаційного поля Землі та використовуються для дослідження щільнісної структури надр. Вони отримуються за допомогою високоточних гравіметрів і потребують складної системи корекцій, що підвищує ймовірність виникнення помилок на етапі обробки.

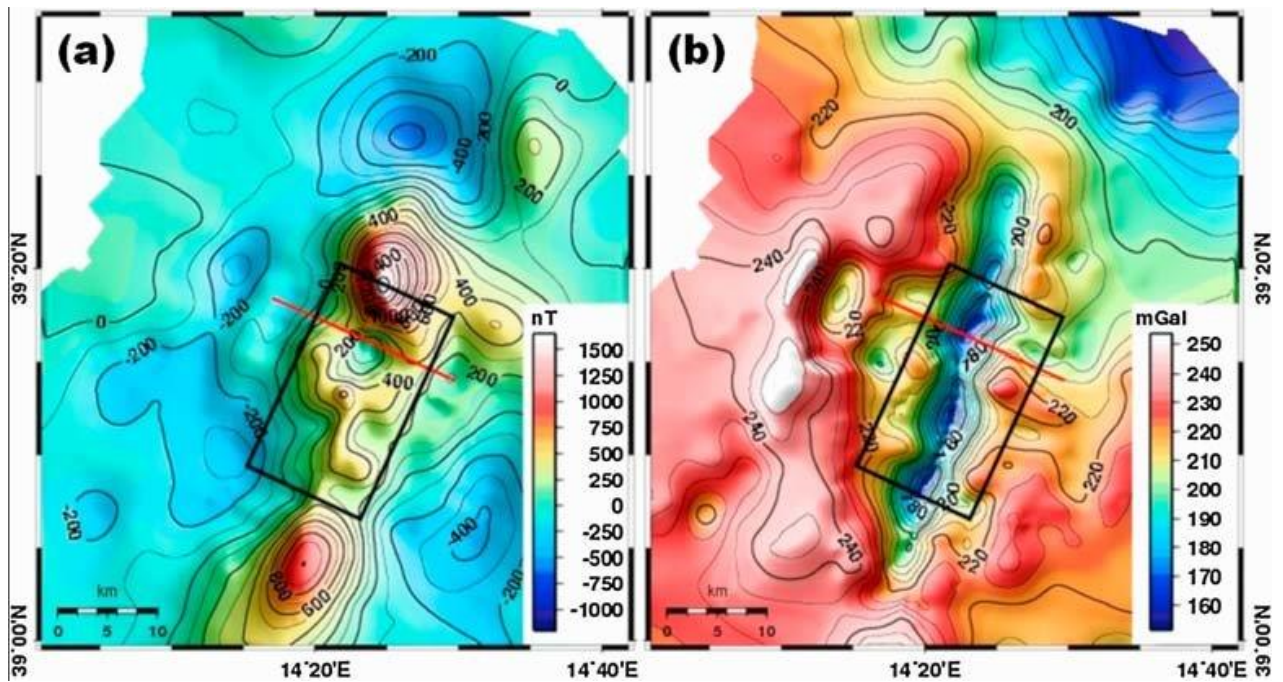


Рисунок 1.2. Моделювання потенціального поля підводних вулканів, схильних до обвалу, у південній частині Тірренського моря (Італія)
а – Магнетичні аномалії, б – Гравітаційні аномалії.

Джерелами помилок у геофізичних даних можуть бути апаратні збої вимірювального обладнання, похибки калібрування, некоректні налаштування програмного забезпечення, а також помилки, допущені під час ручного введення або редагування даних. Крім того, на коректність даних впливають природні чинники, такі як температурні коливання, електромагнітні завади та особливості рельєфу місцевості.

У зв'язку з цим геофізичні дані потребують ретельної перевірки на відповідність встановленим структурним та логічним вимогам перед їх використанням у подальших етапах аналізу.

1.4 Проблеми коректності та якості геофізичних даних

Геофізичні та геодані формуються в результаті складного багатоступеневого процесу, що включає польові вимірювання, попередню обробку, перетворення форматів і збереження в інформаційних системах. На кожному з цих етапів можуть виникати помилки та аномалії, які впливають на якість і достовірність результатів подальшого аналізу. Дослідження причин виникнення таких аномалій є необхідною передумовою для розробки ефективних методів оцінювання коректності даних.

Структурні помилки у наборах геоданих

Структурні помилки пов'язані з порушенням формальної структури даних та невідповідністю їх організації встановленій моделі. Типовими причинами виникнення структурних помилок є використання різних форматів збереження даних, помилки під час імпорту та експорту інформації, а також некоректне налаштування систем керування базами даних.

До найбільш поширених структурних помилок у геофізичних і геоданих належать:

- відсутність обов'язкових атрибутів або їх часткова втрата під час конвертації форматів;
- невідповідність типів даних, зокрема збереження числових параметрів у текстовому вигляді;
- порушення унікальності ідентифікаторів вимірювань;
- невірна просторово-часова прив'язка записів;
- дублювання даних у результаті багаторазового імпорту одних і тих самих наборів.

Такі помилки часто виникають унаслідок автоматизованих процесів оброблення великих масивів даних, де відсутній належний контроль цілісності або перевірка відповідності вхідних даних очікуваній структурі.

Логічні помилки та аномалії у геофізичних даних

Логічні помилки пов'язані з порушенням змістовної узгодженості даних і не завжди можуть бути виявлені за допомогою стандартних структурних перевірок. Причинами їх виникнення є фізичні особливості процесу вимірювань, вплив зовнішніх факторів, а також помилки під час попередньої інтерпретації даних.

До логічних помилок і аномалій належать:

- значення фізичних параметрів, що суперечать відомим фізичним закономірностям;
- різкі просторові або часові стрибки значень без відповідних геологічних передумов;
- невідповідність між пов'язаними параметрами різних типів вимірювань;
- наявність локальних аномалій, спричинених технічними збоями вимірювального обладнання;
- спотворення даних унаслідок недостатньої корекції похибок або шумів.

Логічні аномалії особливо характерні для геофізичних даних, отриманих у польових умовах, де на результати вимірювань впливають природні чинники, такі як рельєф місцевості, електромагнітні завади та кліматичні умови.

Вплив аномалій на результати аналізу

Наявність структурних і логічних помилок у геофізичних наборах даних призводить до викривлення результатів подальшого аналізу, побудови карт аномалій і геологічних інтерпретацій. Це, у свою чергу, може спричинити хибні

висновки щодо будови досліджуваної території та знизити ефективність прийняття інженерних рішень.

Таким чином, дослідження причин виникнення аномалій і помилок у геофізичних даних підтверджує необхідність використання комплексного підходу до оцінювання їх коректності, який поєднує структурні та логічні правила перевірки.

1.5 Аналіз існуючих підходів і програмних засобів перевірки коректності даних

Забезпечення коректності та якості даних є важливим завданням для сучасних інформаційних систем, особливо у випадках роботи з великими масивами геофізичних вимірювань. Для розв'язання цієї задачі на практиці застосовуються різні підходи, які умовно поділяють на структурні, логічні та комбіновані.

Структурні підходи

Структурні підходи базуються на використанні засобів контролю цілісності, вбудованих у системи керування базами даних. До них належать перевірка типів даних, обмеження діапазонів значень, забезпечення унікальності записів, а також контроль зв'язків між таблицями за допомогою первинних і зовнішніх ключів.

Прикладом реалізації структурного підходу є використання обмежень CHECK, NOT NULL (рис. 1.3) [10], UNIQUE та тригерів у Microsoft SQL Server. Такі механізми дозволяють автоматично блокувати запис некоректних значень, наприклад фізично неможливих параметрів або неповних геофізичних вимірювань. Аналогічні можливості присутні в інших СКБД, зокрема PostgreSQL (рис. 1.4) та Oracle Database (рис. 1.5).

Перевагою структурного підходу є його простота та висока продуктивність, однак він має обмежену гнучкість і не дозволяє враховувати складні міжпараметричні залежності, характерні для геофізичних даних.

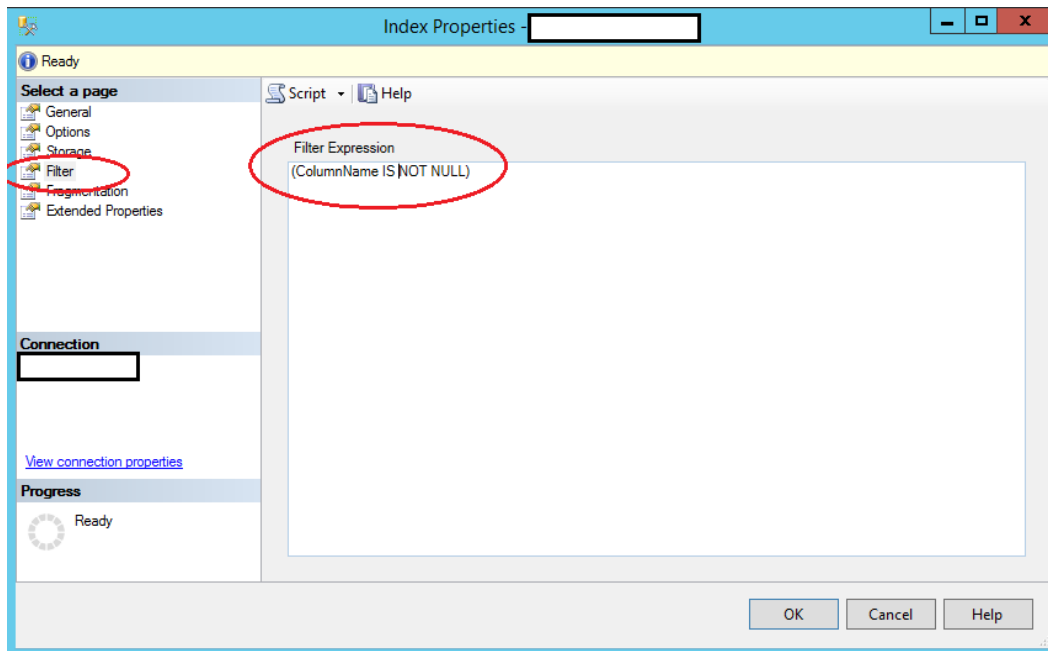


Рисунок 1.3 Фільтрація даних в MS SQL (NOT NULL)

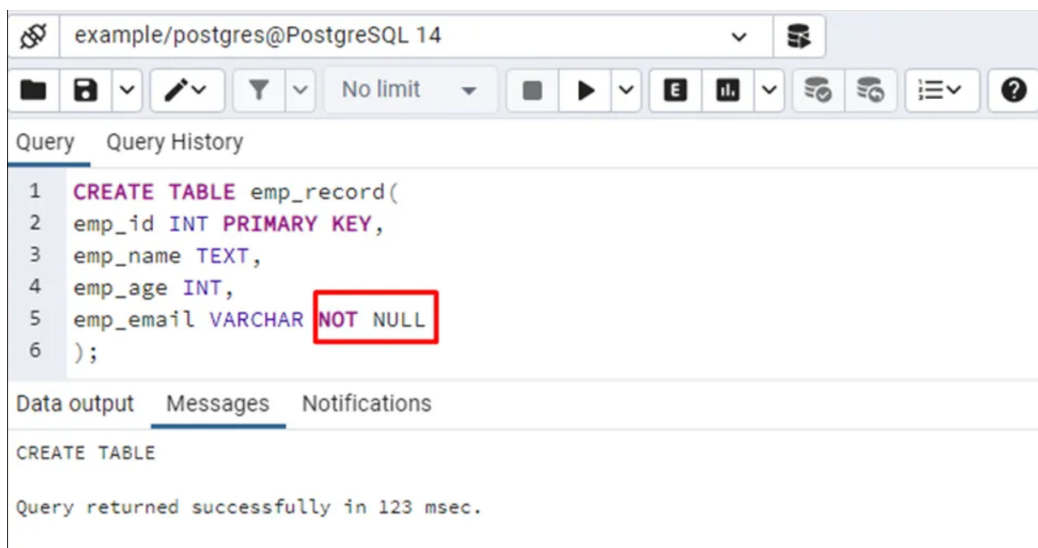


Рисунок 1.4 Реалізація NOT NULL в PostgreSQL

Constraint Name	Constraint Type	Search Condition	Reference Owner
OSQS_PARENTS_CELLPHONE_UK	Unique	(null)	(null)
OSQS_PARENTS_EMAIL_UK	Unique	(null)	(null)
OSQS_PARENTS_NULLCHECK	Check	PARENT_EMAIL is not null or PARENT_CELLPHONE is not null	(null)
OSQS_PARENTS_PK	Primary_Key	(null)	(null)
OSQS_PARENTS_UK4ID	Unique	(null)	(null)
SYS_C009895	Check	"PARENT_NO" IS NOT NULL	(null)

Рисунок 1.5 Null Check в OracleDB

Логічні підходи

Логічні підходи передбачають перевірку коректності даних на основі набору правил, що описують допустимі співвідношення між різними параметрами. Такі правила можуть ґрунтуватися на фізичних закономірностях, геологічних моделях або результатах емпіричних досліджень.

Прикладом реалізації логічної перевірки є використання прикладних модулів у спеціалізованих геофізичних програмних комплексах, таких як Surfer (рис. 1.6), Oasis montaj (Seequent) або Geosoft (рис. 1.7), де здійснюється аналіз аномалій, згладжування даних та виявлення відхилень від очікуваних моделей. У таких системах логічні перевірки часто виконуються на рівні прикладного програмного забезпечення, а не безпосередньо в базі даних.

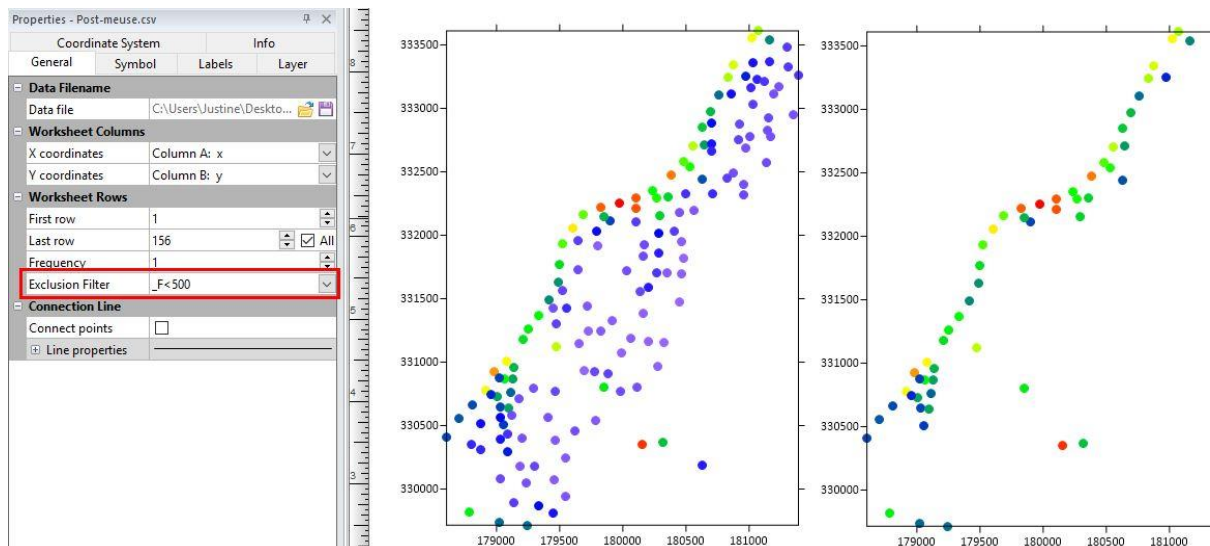


Рисунок 1.6 Фільтр аномалій та вийнятків в Surfer

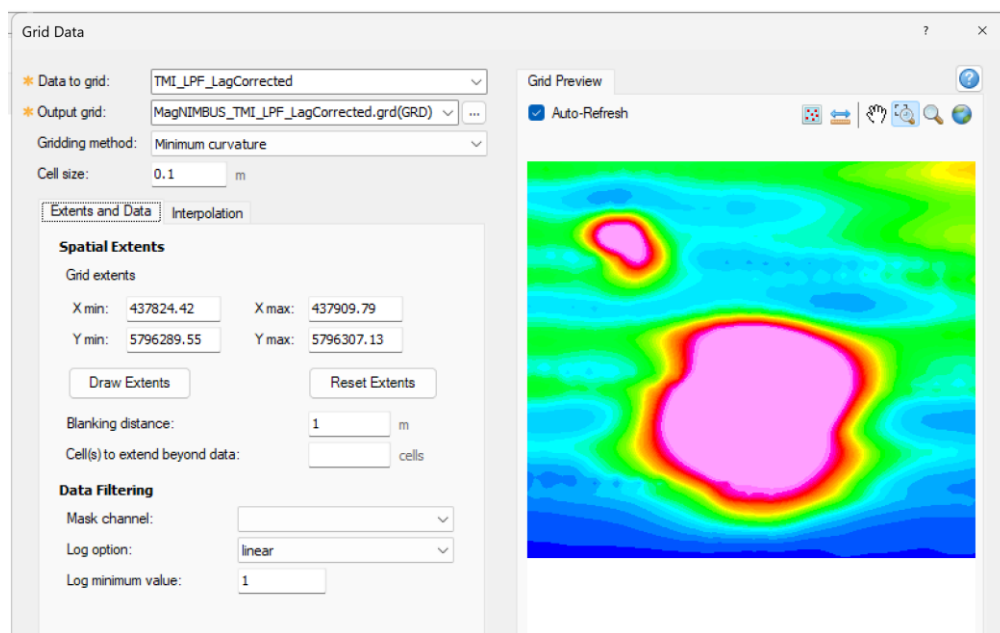


Рисунок 1.7 Фільтр аномалій та вийнятків в Geosoft

Логічний підхід дозволяє виявляти приховані помилки та аномальні значення, однак його реалізація потребує формалізації знань предметної області та часто вимагає ручного налаштування правил.

Комбіновані підходи

Найбільш ефективними вважаються комбіновані підходи, які поєднують структурний та логічний контроль коректності даних. У таких системах базова перевірка виконується на рівні бази даних, після чого застосовуються логічні правила та аналітичні алгоритми.

Прикладом комбінованого підходу є використання платформ ETL-оброблення даних (Extract, Transform, Load), таких як Talend Data Quality (рис.1.8), Informatica Data Quality або Apache NiFi, які забезпечують перевірку форматів, діапазонів значень, виявлення пропусків та аномалій, а також логічну узгодженість наборів даних. Такі інструменти часто застосовуються у великих аналітичних системах та геоінформаційних платформах.

The screenshot shows a 'CRM data deduplication' task in progress. The interface includes a search bar, a filter for 'Occupation: Valid records', and a data table with the following columns and rows:

	Id *	First_Name *	Last_Name *	Gender *	Age *	Occupation *	Company *
	integer	text	text	text	integer	text	text
1	7	Omar	Tollner	M	41	Academi	
2	10	Sarah	Marrier	F	42	Academic/Educ...	Strongcode
3	11	Arnold	Amigon	F	24	Academic/Educ...	Ganjadom
4	13	Amadeus	Caldarera	M	45	Academic/Educ...	Nam-plex

Рисунок 1.8 Дедублікація даних в TDQ

Попри високу ефективність, подібні рішення мають значну складність налаштування та є недостатньо адаптованими до специфіки геофізичних даних без додаткової конфігурації.

Аналіз існуючих підходів та програмних засобів показує, що жоден із них не забезпечує універсального та повністю автоматизованого контролю

коректності геофізичних даних з урахуванням їхньої предметної специфіки. Це обґрунтовує доцільність розробки спеціалізованої комп'ютерної системи, яка поєднує структурні та логічні правила в єдиному середовищі та забезпечує адаптацію до особливостей геофізичних досліджень.

Висновки до розділу

У першому розділі магістерської роботи проаналізовано предметну область геофізичних даних та визначено основні проблеми, пов'язані з їх коректністю та якістю. Розглянуто основні типи геофізичних даних, джерела виникнення помилок і фактори, що впливають на достовірність результатів оброблення.

Проведений аналіз існуючих підходів і програмних засобів перевірки коректності даних показав, що наявні рішення не забезпечують комплексного підходу до валідації геофізичних даних з урахуванням специфіки предметної області. Це обґрунтовує доцільність розробки комп'ютерної системи оцінювання коректності геофізичних даних на основі структурних та логічних правил.

2 ПРОЄКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ КОРЕКТНОСТІ ГЕОФІЗИЧНИХ ДАНИХ

2.1 Загальна архітектура комп'ютерної системи та проектування БД

Комп'ютерна система оцінювання коректності геофізичних даних проектується як модульна багаторівнева система, що забезпечує оброблення, аналіз та валідацію даних на різних етапах їх життєвого циклу. Такий підхід дозволяє підвищити гнучкість системи, спростити її масштабування та забезпечити можливість інтеграції з існуючими інформаційними системами збору та зберігання геофізичних даних.

Загальна архітектура системи передбачає розподіл функціональних обов'язків між окремими модулями, кожен з яких відповідає за виконання визначеного набору задач. Основними компонентами комп'ютерної системи є:

- модуль доступу до даних;
- модуль попередньої фільтрації;
- модуль структурної валідації;
- модуль логічної перевірки;
- модуль оцінювання коректності;
- модуль формування звітів і візуалізації результатів;
- користувацький інтерфейс.

Модуль доступу до даних забезпечує взаємодію системи з реляційними базами даних, що використовуються для зберігання геофізичної інформації. Він відповідає за отримання даних, їх попередню підготовку та передачу до наступних модулів системи.

Модуль попередньої фільтрації виконує базове очищення даних, зокрема видалення дубльованих записів, оброблення пропущених значень та відсів очевидно некоректних даних. Це дозволяє зменшити навантаження на наступні етапи перевірки та підвищити загальну ефективність системи.

Модуль структурної валідації здійснює перевірку даних на відповідність заданій структурі бази даних, типам полів, обмеженням цілісності та допустимим діапазнам значень. Такий підхід дозволяє виявляти помилки, пов'язані з порушенням формату та структури даних.

Модуль логічної перевірки реалізує перевірку міжпараметричних залежностей і логічних правил, що відображають фізичні та емпіричні закономірності предметної області. Він дозволяє виявляти приховані помилки, які не можуть бути визначені лише на основі структурних обмежень.

Модуль оцінювання коректності формує узагальнену оцінку якості даних на основі результатів структурної та логічної перевірки. Оцінка може бути представлена у вигляді числових показників, категорій або рівнів коректності, що полегшує подальший аналіз даних користувачем.

Модуль формування звітів і візуалізації результатів забезпечує відображення результатів перевірки у зручній для користувача формі. Він дозволяє формувати звіти про виявлені помилки, аномалії та рівень коректності даних, а також підтримує візуалізацію статистичних показників.

Користувацький інтерфейс забезпечує взаємодію користувача з системою та надає засоби керування процесами перевірки, перегляду результатів і налаштування параметрів оцінювання коректності даних (рис. 2.1).

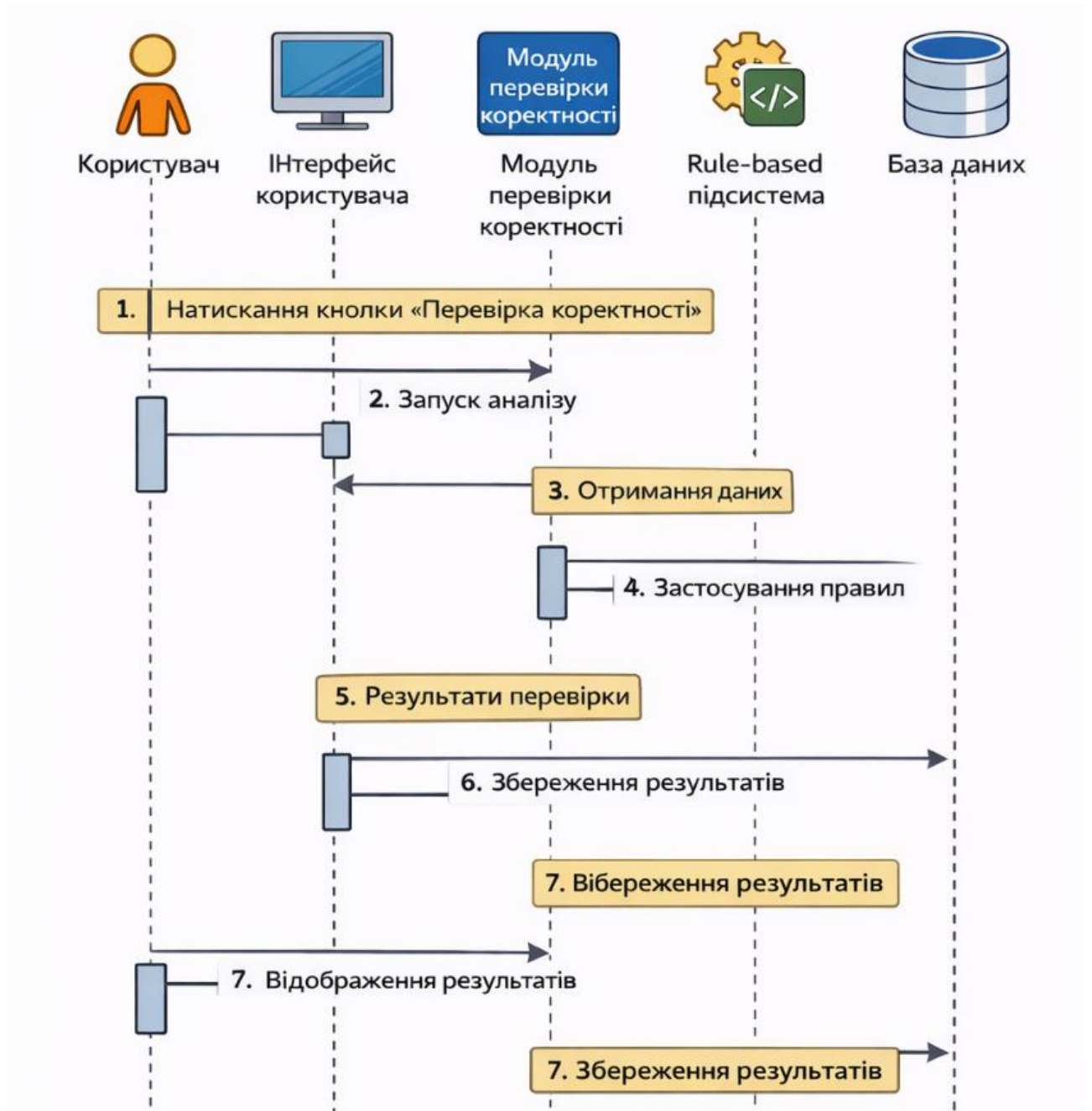


Рисунок 2.1 Діаграма послідовності

Загальну архітектуру комп'ютерної системи та взаємодію її основних модулів наведено на риунку 2.2.

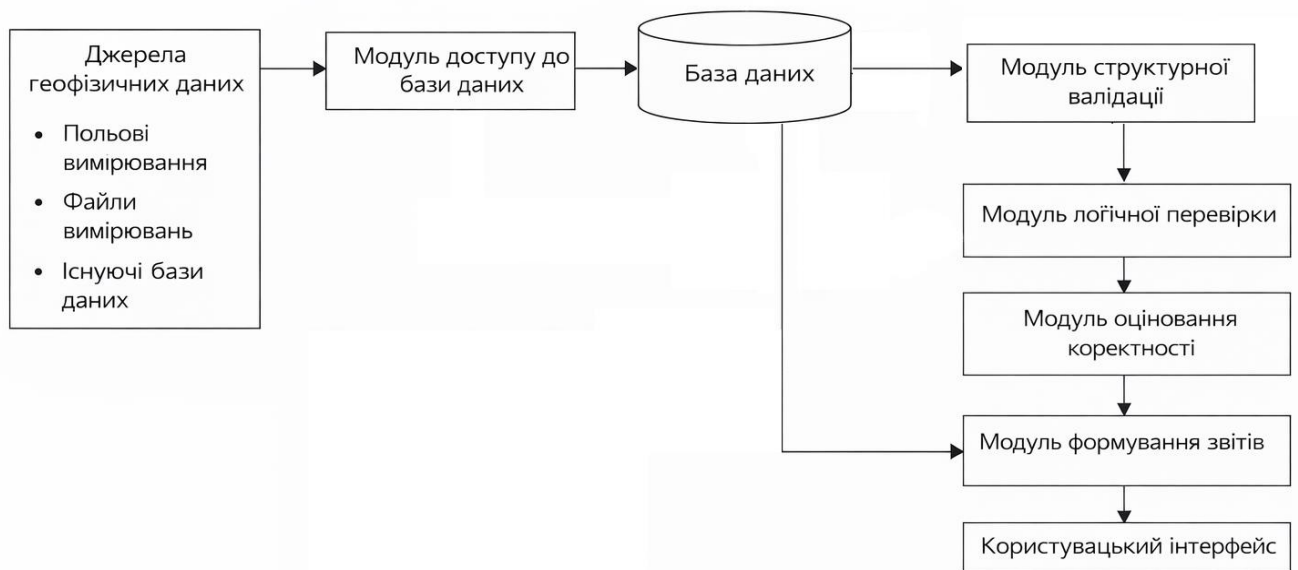


Рисунок 2.2 Загальну архітектуру комп'ютерної системи

2.1.2 Проєктування та створення бази даних для зберігання геофізичних даних

У межах магістерської роботи для забезпечення зберігання, оброблення та подальшого оцінювання коректності геофізичних і координатних даних було спроектовано та створено реляційну базу даних з нуля. Проєктування бази даних здійснювалося з урахуванням особливостей геофізичних досліджень, великого

обсягу вимірювальної інформації, а також необхідності реалізації структурних і логічних правил перевірки якості даних.

Структура бази даних була розроблена таким чином, щоб забезпечити чітке розділення координатної інформації, результатів вимірювань, параметрів спостережень і службових даних. Це дозволяє мінімізувати дублювання інформації, забезпечити логічну цілісність даних та створити основу для подальшої аналітичної обробки.

Структура бази даних

База даних складається з взаємопов'язаних таблиць (рис. 2.3), які умовно можна об'єднати у такі функціональні групи:

- таблиці координатного забезпечення;
- таблиці результатів геофізичних вимірювань;
- таблиці спостережень і серій вимірювань;
- довідкові та службові таблиці.

Усі ключові таблиці мають первинні ключі, а зв'язки між ними реалізовані за допомогою зовнішніх ключів, що забезпечує цілісність і узгодженість геофізичних даних. Детальніша інформація про кожну з таблиць подана в Додатку Г.

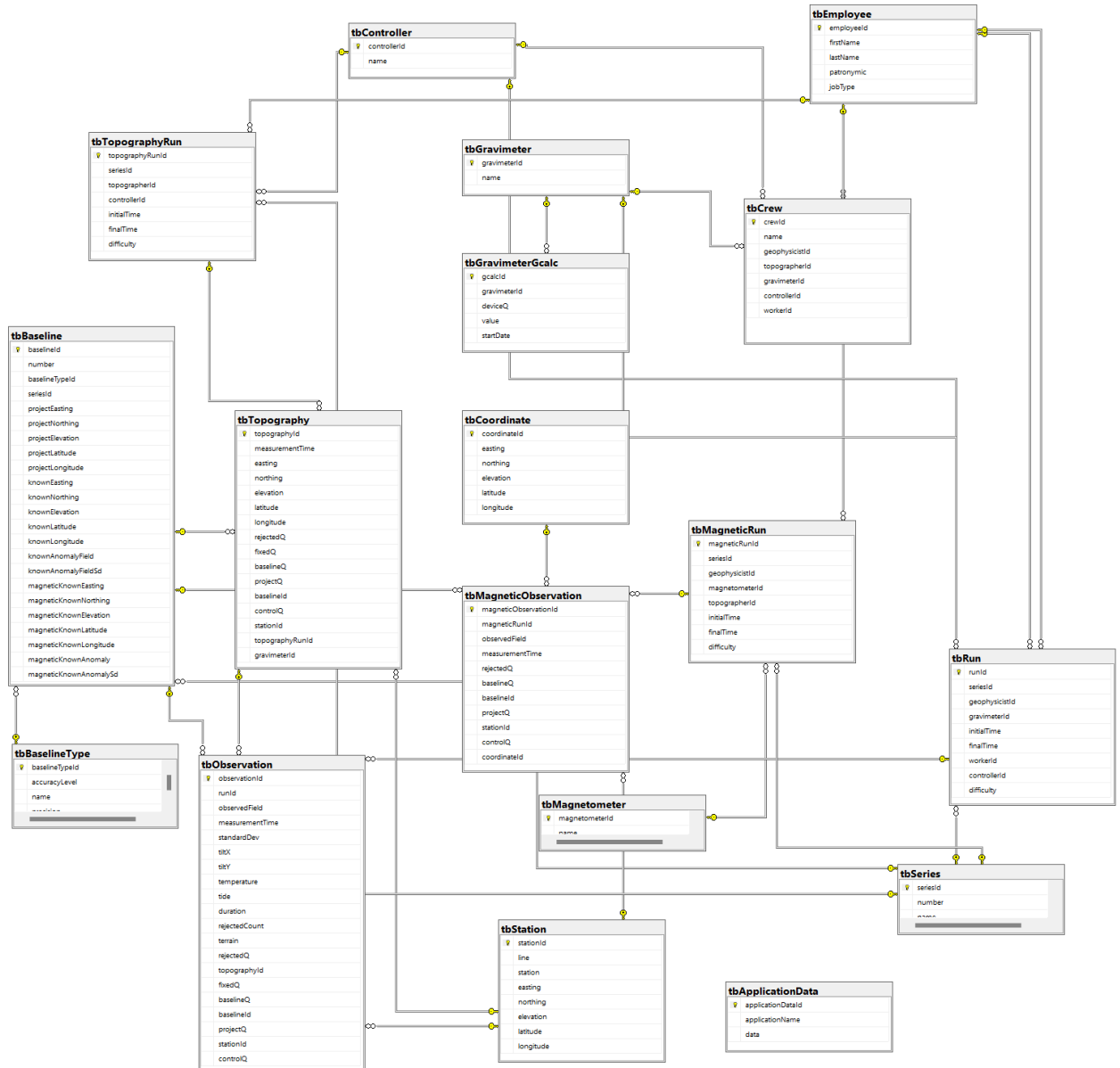


Рисунок 2.3 Структура БД

Роль бази даних у системі оцінювання коректності

Розроблена та створена з нуля база даних є ключовим компонентом комп'ютерної системи оцінювання коректності геофізичних даних. Чітка структура таблиць, формалізовані зв'язки між ними та наявність координатних і часових полів створюють основу для ефективного застосування структурних і логічних правил перевірки якості геоданих.

2.2 Формування набору правил та структурних обмежень

Модель даних комп'ютерної системи оцінювання коректності геофізичних даних розробляється з урахуванням специфіки предметної області, великих обсягів інформації та необхідності забезпечення цілісності й узгодженості даних. Основою моделі є реляційний підхід, який дозволяє структуровано зберігати дані та ефективно реалізовувати механізми їх перевірки.

Геофізичні дані в системі поділяються на логічні групи, що відповідають окремим проєктам, типам вимірювань та часовим інтервалам. Така організація забезпечує гнучкість у роботі з даними та спрощує масштабування системи. Кожен запис містить обов'язкові атрибути, що описують просторову, часову та фізичну складові вимірювань.

Структурні обмеження є базовим механізмом забезпечення коректності даних на рівні бази даних. Вони визначають допустимі значення атрибутів, типи даних та взаємозв'язки між таблицями. До основних структурних обмежень, що застосовуються в моделі даних, належать:

- обмеження типів даних для числових, текстових і часових параметрів;
- використання первинних ключів для унікальної ідентифікації записів;
- застосування зовнішніх ключів для забезпечення зв'язків між логічно пов'язаними таблицями;
- обмеження обов'язковості заповнення критично важливих полів;
- перевірка допустимих діапазонів значень числових параметрів.

Особливу увагу приділено визначенню діапазонів допустимих значень геофізичних параметрів, що дозволяє виявляти фізично неможливі або явно

помилкові дані ще на етапі їх збереження. Такі обмеження зменшують кількість некоректних записів, що надходять до наступних етапів оброблення.

Таблиця 2.1 Структурні обмеження

Тип обмеження	Опис	Мета застосування
NOT NULL	Обов'язкові поля	Запобігання втраті критичних даних
CHECK	Контроль діапазонів	Відсів фізично неможливих значень
UNIQUE	Унікальність	Усунення дублювання
FOREIGN KEY	Зв'язки	Забезпечення цілісності

2.2.1 Обмеження типів даних та форматів

Одним із ключових структурних правил є контроль типів даних і форматів збереження атрибутів. Кожен параметр геофізичного вимірювання повинен зберігатися у типі, що відповідає його фізичній природі та точності.

Для числових параметрів (координат, магнітних та гравіметричних величин) використовуються числові типи з плаваючою комою, тоді як часові мітки зберігаються у форматах дати й часу. Форматні обмеження унеможливають збереження некоректних значень, наприклад текстових рядків у числових полях.

Нехай:

- $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ – множина атрибутів запису;
- $T(a_i)$ – тип даних атрибута.

Умова коректності:

- $\forall a_i \in A: \text{значення}(a_i) \in T(a_i)$

Порушення типів даних призводить до неможливості виконання подальших обчислень, агрегацій і статистичного аналізу. Тому контроль форматів є фундаментальним етапом перевірки якості даних.

2.2.2 Обмеження обов'язковості та повноти даних

Для геофізичних даних критично важливою є наявність повного набору обов'язкових атрибутів, зокрема координат, часу вимірювання та значень фізичних параметрів.

Обмеження типу NOT NULL забезпечують відсутність порожніх значень у ключових полях запису.

Нехай:

- R – множина записів;
- $A_{req} \subset A$ – множина обов'язкових атрибутів

Умова повноти:

- $\forall r \in R, \forall a \in A_{req}: \text{значення}(r, a) \neq \emptyset$

Відсутність навіть одного обов'язкового параметра робить запис непридатним для просторово-часового аналізу, тому такі дані або відсіюються, або позначаються як некоректні.

2.2.3 Обмеження унікальності та ідентифікації записів

Для забезпечення однозначної ідентифікації геофізичних вимірювань застосовуються обмеження унікальності записів, реалізовані за допомогою первинних ключів.

Кожному вимірюванню відповідає унікальний ідентифікатор, який не може повторюватися в межах одного набору даних.

Нехай:

– $id(r)$ – ідентифікатор запису r .

Тоді:

– $\forall r_i, r_j \in R, r_i \neq r_j : id(r_i) \neq id(r_j)$

Порушення унікальності призводить до дублювання вимірювань, спотворення статистичних оцінок і некоректних результатів аналізу.

2.2.4 Діапазонні обмеження числових значень

Для попередження збереження фізично неможливих або явно помилкових значень застосовуються діапазонні обмеження для числових атрибутів.

Значення кожного параметра повинно належати визначеному допустимому інтервалу.

Формальне правило:

$$- P_{min} \leq P_i \leq P_{max}$$

де:

- P_i – значення параметра;
- P_{min}, P_{max} – межі допустимих значень.

У деяких випадках допустимі межі можуть залежати від просторових або часових характеристик:

Такі обмеження дозволяють відсіяти грубі помилки вимірювань і забезпечують базову фізичну правдоподібність даних ще до застосування логічних правил.

Узагальнення структурних обмежень

Структурні обмеження забезпечують первинний рівень контролю якості геофізичних і координатних даних та створюють формальну основу для подальшої логічної перевірки. Їх застосування дозволяє істотно зменшити обсяг некоректних записів, що надходять на етап аналізу, та підвищити надійність всієї інформаційної системи.

Структурна модель даних передбачає збереження службової інформації, необхідної для аналізу коректності. До неї належать дані про джерело

вимірювань, умови збору, версію програмного забезпечення та час внесення змін. Це дозволяє відстежувати походження даних і підвищує прозорість процесів їх оброблення.

Використання структурних обмежень не забезпечує повної перевірки коректності геофізичних даних, однак створює надійну основу для подальшої логічної валідації. Поєднання структурної моделі даних із логічними правилами дозволяє значно підвищити загальну якість і достовірність інформації, що обробляється в системі.

2.3 Логічні правила оцінювання коректності геофізичних даних

Логічні правила оцінювання коректності геофізичних даних призначені для виявлення помилок і аномалій, які не можуть бути зафіксовані лише за допомогою структурних обмежень. На відміну від структурної валідації, логічна перевірка враховує фізичний зміст вимірювань, просторово-часові залежності та взаємозв'язки між параметрами.

Таблиця 2.2 Логічні правила оцінювання коректності геофізичних даних

Тип правила	Опис	Приклад
Просторові	Узгодженість координат	Відсутність “стрибків”
Часові	Послідовність вимірювань	Коректні часові мітки
Фізичні	Відповідність законам	Реалістичні значення
Кореляційні	Зв'язок параметрів	Узгоджені аномалії

У межах даної роботи сформовано набір основних класів логічних правил, які застосовуються до координатних і магнітних даних.

2.3.1 Просторові логічні правила

Просторові логічні правила спрямовані на перевірку коректності розподілу значень геофізичних параметрів у просторі. Основна ідея полягає в тому, що фізичні поля, зокрема магнітне та гравітаційне, змінюються відносно плавно у межах локальних ділянок земної поверхні, за винятком зон різких геологічних переходів.

Для кожної точки вимірювання аналізується її найближче просторове оточення. Значення параметра в точці порівнюється із середнім значенням у радіусі певної відстані. Якщо відхилення перевищує допустимий поріг, таке значення вважається потенційною аномалією.

Нехай:

- P_i – значення геофізичного параметра в точці i ;
- $N_{(i)}$ – множина сусідніх точок;
- \bar{P}_i – середнє значення параметра в околі.

Середнє обчислюється за формулою:

$$- \bar{P}_i = \frac{1}{|N_{(i)}|} \sum_{j \in N_{(i)}} P_j$$

Критерій аномальності:

$$- |P_i - \bar{P}_i| > k * \sigma$$

де:

σ - стандартне відхилення значень у локальному оточенні;

k - емпіричний коефіцієнт чутливості.

Такий підхід ґрунтується на припущенні локальної стаціонарності геофізичних полів. Різкі просторові стрибки зазвичай свідчать про технічні похибки вимірювань або помилки позиціонування.

2.3.2 Часові логічні правила

Часові логічні правила аналізують послідовність геофізичних вимірювань у часі. Для стаціонарних або квазістаціонарних процесів очікується відносно плавна зміна параметрів між сусідніми моментами часу.

Перевіряється:

хронологічна впорядкованість записів;

швидкість зміни параметра у часі.

Нехай:

– $P(t_i)$ – значення параметра у момент часу t_i ;

– $\Delta t = t_{i+1} - t_i$

Швидкість зміни параметра:

$$- \vartheta_i = \frac{P(t_{i+1}) - P(t_i)}{\Delta t}$$

Умова коректності:

$$- |\vartheta_i| \leq \vartheta_{max}$$

де ϑ_{max} максимально допустима швидкість зміни, визначена фізичними характеристиками процесу.

Перевищення допустимої швидкості зміни параметра зазвичай пов'язане з:

помилками синхронізації;

некоректними часовими мітками;

впливом шумів або збоїв обладнання.

2.3.3 Фізичні логічні правила

Фізичні логічні правила базуються на відомих законах фізики та межах допустимих значень геофізичних параметрів. Наприклад, магнітні та гравіметричні поля мають обмежені інтервали значень для конкретних регіонів.

Основна ідея

Кожен параметр повинен належати до фізично обґрунтованого інтервалу:

$$- P_{min} \leq P_i \leq P_{max}$$

Для деяких параметрів застосовується нормалізація:

$$- P_i^* = \frac{P_i - \mu}{\sigma}$$

де:

μ — середнє значення;

σ — стандартне відхилення.

Значення:

$$- |P_i^*| > 3$$

можуть розглядатися як фізично некоректні або екстремальні.

Такі правила базуються на статистичних властивостях геофізичних полів і широко використовуються для виявлення викидів (outliers).

2.3.4 Кореляційні логічні правила

Кореляційні логічні правила аналізують узгодженість між різними геофізичними параметрами, які мають фізичний взаємозв'язок.

Розраховується коефіцієнт кореляції між двома параметрами:

$$- r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}}$$

Якщо:

$$- |r_{xy}| < r_{min}$$

де r_{min} — мінімально допустиме значення кореляції, то дані вважаються логічно неузгодженими.

Порушення кореляційних залежностей може свідчити про:

часткову втрату даних;

помилки калібрування;

накладання шумів.

Запропонований набір логічних правил забезпечує багаторівневий аналіз коректності геофізичних даних і доповнює структурну валідацію. Застосування цих правил дозволяє виявляти складні аномалії, що не фіксуються стандартними механізмами перевірки цілісності даних.

2.4 Алгоритми фільтрації, валідації та виправлення даних

Алгоритми фільтрації, валідації та виправлення даних є ключовими компонентами комп'ютерної системи оцінювання коректності геофізичних даних. Їх основним призначенням є виявлення, класифікація та усунення некоректних або підозрілих значень на різних етапах оброблення інформації.

Фільтрація даних є початковим етапом оброблення та спрямована на усунення очевидно некоректних записів, які не відповідають базовим вимогам структури або містять критичні помилки. До таких операцій належать видалення дубльованих записів, відсів даних із відсутніми обов'язковими параметрами, а також ігнорування значень, що виходять за допустимі фізичні межі. Реалізація фільтрації дозволяє зменшити обсяг даних, що надходять на подальші етапи аналізу, та підвищити загальну ефективність системи.

Етап валідації даних передбачає застосування структурних та логічних правил для перевірки коректності значень. Структурна валідація забезпечує контроль відповідності типів даних, форматів та обмежень цілісності, тоді як

логічна валідація дозволяє перевіряти взаємозв'язки між параметрами та узгодженість даних у просторі й часі. Результатом цього етапу є класифікація записів за рівнем коректності, що дозволяє розділити дані на коректні, сумнівні та некоректні.

Виправлення даних є додатковим етапом, який застосовується у випадках, коли виявлені помилки можуть бути усунуті автоматично або напівавтоматично. До таких операцій належать заповнення пропущених значень на основі сусідніх вимірювань, корекція незначних відхилень параметрів, а також нормалізація даних відповідно до заданих правил. У випадках, коли автоматичне виправлення є неможливим або може призвести до спотворення результатів, дані маркуються для подальшого аналізу користувачем.

Алгоритми фільтрації, валідації та виправлення реалізуються як послідовні етапи оброблення, що утворюють єдиний конвеєр перевірки коректності даних. Такий підхід дозволяє забезпечити гнучкість системи та адаптувати її до різних типів геофізичних даних і умов їх збору.

Застосування описаних алгоритмів у межах комп'ютерної системи дозволяє значно підвищити якість геофізичних даних, зменшити кількість помилок та підвищити надійність результатів подальшого аналізу й інтерпретації.

Алгоритми фільтрації, валідації та виправлення даних є ключовими компонентами комп'ютерної системи оцінювання коректності геофізичних даних, оскільки саме вони забезпечують багаторівневий контроль якості інформації на всіх етапах її оброблення. Запропонований підхід ґрунтується на послідовному застосуванні алгоритмів, кожен з яких вирішує окремий клас задач і зменшує ймовірність потрапляння некоректних даних до фінального набору.

Алгоритм фільтрації геофізичних даних

Фільтрація даних є початковим етапом оброблення та спрямована на видалення записів, які не відповідають мінімальним вимогам до структури та фізичної правдоподібності. На цьому етапі виконуються швидкі перевірки без аналізу складних взаємозв'язків між даними.

До основних кроків алгоритму фільтрації належать:

- перевірка наявності обов'язкових атрибутів (координати, часові мітки, значення вимірювань);
- виявлення та усунення дубльованих записів;
- вилучення записів з некоректними типами даних;
- відсів значень, що виходять за допустимі фізичні межі.

Алгоритм фільтрації дозволяє значно скоротити обсяг даних, що передаються на наступні етапи оброблення, та зменшити навантаження на rule-based підсистему.



Рис 2.7 – Блок-схема алгоритму фільтрації даних

Алгоритм валідації геофізичних даних.

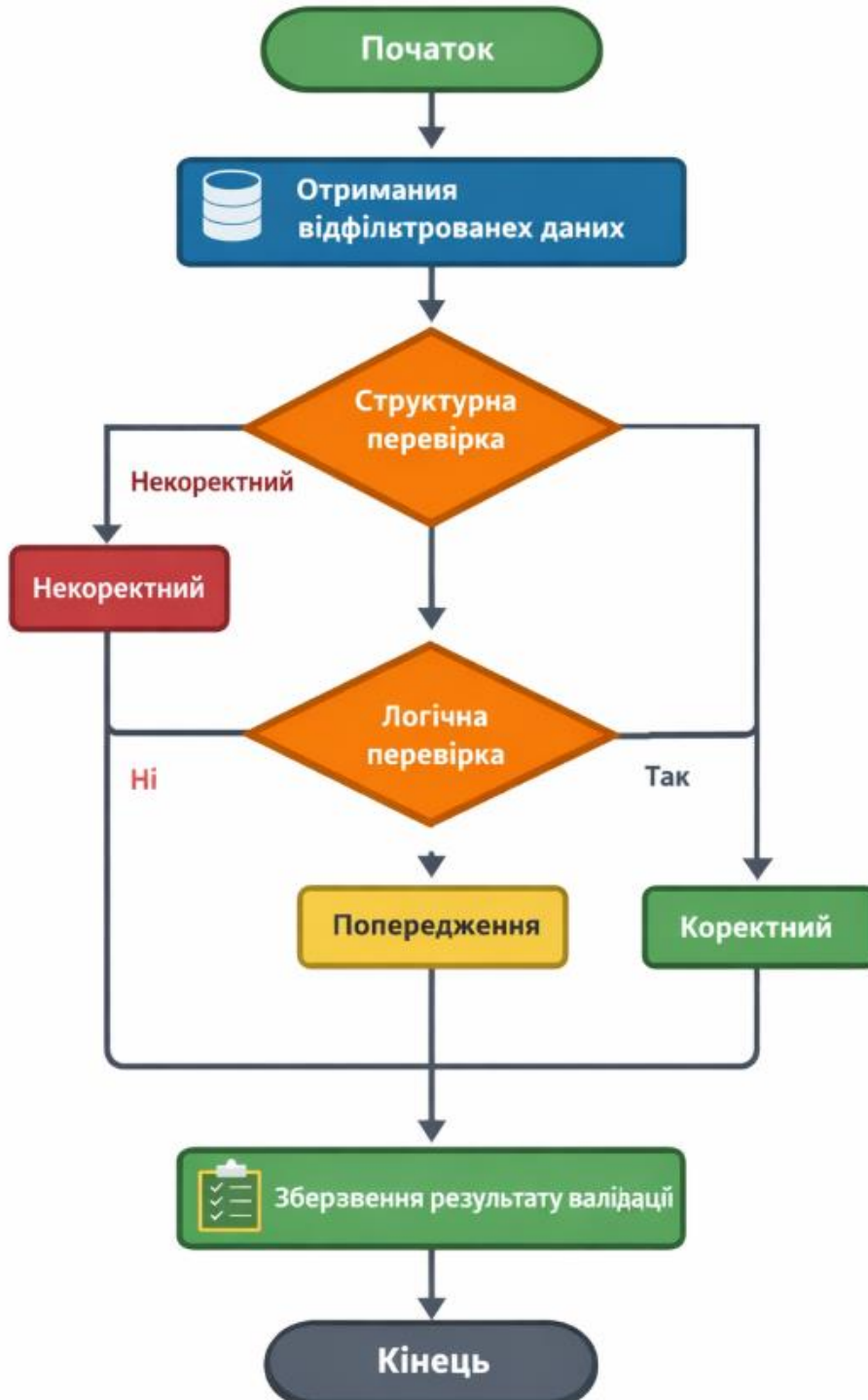


Рисунок. 2.8 – Блок-схема алгоритму валідації даних

Етап валідації спрямований на глибшу перевірку коректності даних із використанням формалізованих структурних та логічних правил. На відміну від фільтрації, валідація аналізує не лише окремі записи, а й їх взаємозв'язки

Структурна валідація передбачає:

- перевірку відповідності форматів і типів даних;
- дотримання обмежень цілісності;
- контроль ключових залежностей між таблицями.
- Логічна валідація забезпечує:
 - перевірку просторової узгодженості координат;
 - аналіз часової послідовності вимірювань;
 - виявлення аномальних переходів значень параметрів.

Результатом валідації є класифікація кожного запису за рівнем коректності: коректний, з попередженням або некоректний.

Алгоритм виправлення геофізичних даних

Алгоритм виправлення застосовується до даних, для яких виявлені помилки не є критичними та можуть бути усунуті без втрати достовірності. Виправлення здійснюється на основі визначених правил та аналізу суміжних значень.

Основними операціями виправлення є:

- заповнення пропущених значень методом інтерполяції;
- згладжування різких стрибків значень;
- нормалізація параметрів;
- корекція часових міток у межах допустимих похибок.

Записи, для яких автоматичне виправлення є небезпечним або неможливим, маркуються та передаються для подальшого аналізу користувачем.



Рисунок 2.9 – Блок-схема алгоритму виправлення даних

Конвеєр оброблення даних

Алгоритми фільтрації, валідації та виправлення реалізуються у вигляді єдиного послідовного конвеєра оброблення даних. Такий підхід дозволяє модульно змінювати окремі етапи та адаптувати систему до різних типів геофізичних даних і умов їх збору.

Висновки до розділу

У другому розділі магістерської роботи виконано проєктування комп'ютерної системи оцінювання коректності геофізичних даних. Розроблено загальну архітектуру системи, що базується на модульному підході та забезпечує розподіл функціональних обов'язків між основними компонентами.

Сформовано модель даних та визначено структурні обмеження, які забезпечують базову цілісність і коректність геофізичної інформації на рівні бази даних. Запропоновано використання логічних правил оцінювання коректності, що дозволяють враховувати міжпараметричні залежності та специфіку предметної області.

Розглянуто алгоритми фільтрації, валідації та виправлення даних, які забезпечують багаторівневий підхід до контролю якості геофізичних даних. Запропоновані рішення створюють основу для реалізації комп'ютерної системи, здатної підвищити достовірність і надійність результатів оброблення геофізичної інформації.

3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА РОБОТА СИСТЕМИ

3.1 Загальна характеристика програмної системи

Програмна реалізація комп'ютерної системи оцінювання коректності геофізичних даних базується на програмному забезпеченні, розробленому у межах бакалаврської кваліфікаційної роботи. У магістерській роботі система отримала подальший розвиток шляхом розширення функціональності та додавання нового модуля оцінювання коректності координатних і магнітних даних на основі структурних та логічних правил.

Базове програмне забезпечення було орієнтоване на роботу з базами даних геодезичних і геофізичних даних та надавало користувачеві інструменти для управління проектами, копіювання, клонування, очищення та створення нових баз даних. У межах магістерської роботи програмна система доповнена функціоналом перевірки якості даних, що дозволило перейти від простого адміністрування даних до їх інтелектуального аналізу.

3.2 Опис базового функціоналу програмної системи (реалізованого у бакалаврській роботі)

На початковому етапі програмна система виконувала роль інструмента для управління проектами та базами даних, які використовуються для зберігання геофізичних даних. Основні функції базового програмного забезпечення включали:

- створення нового проекту, який представляє окремий набір геофізичних даних;
- копіювання проекту, що дозволяє створити повну копію існуючої бази даних;
- клонування бази даних для роботи з тестовими або експериментальними даними;
- очищення бази даних від застарілих або некоректних записів;
- видалення проектів та пов'язаних із ними даних;
- перегляд структури бази даних та основних таблиць.

Зазначений функціонал забезпечував зручну та ефективну роботу з великими обсягами геофізичної інформації і слугував основою для подальшого розвитку системи.

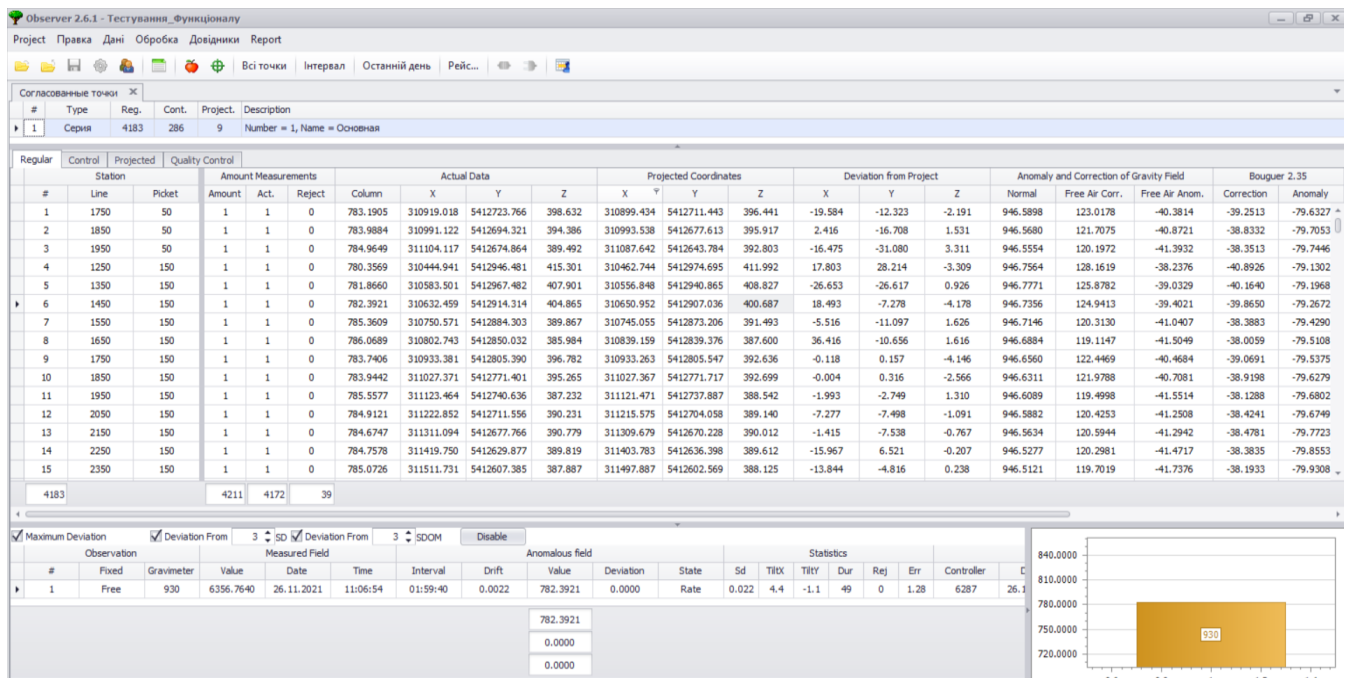


Рисунок 3.1 – Головне вікно програмної системи управління проектами

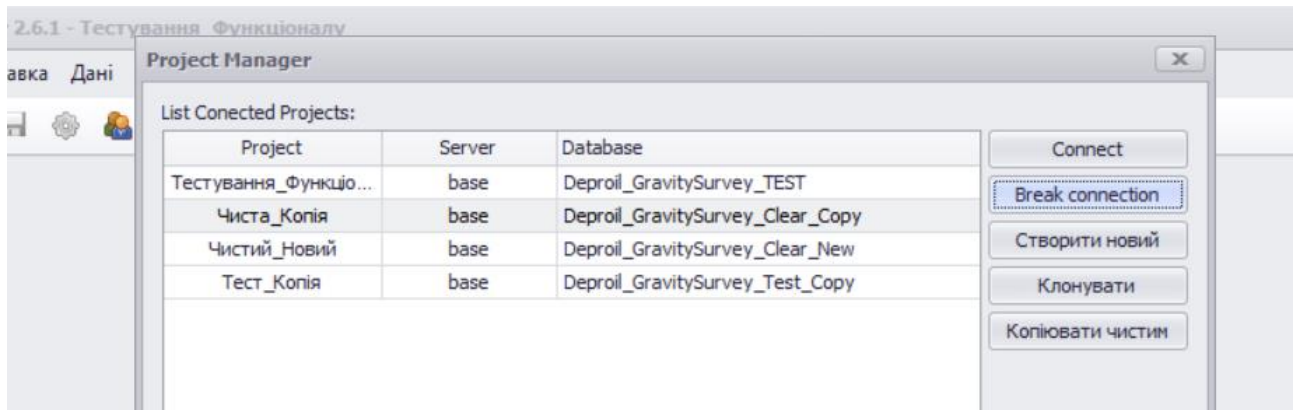


Рисунок. 3.2 – Меню клонування копіювання та очищення проектів

3.3 Розширення функціоналу системи в межах магістерської роботи

У межах магістерської роботи до існуючого інтерфейсу програмної системи було додано новий функціональний модуль — модуль оцінювання коректності геофізичних даних. Новий модуль органічно інтегрований у вже існуючий користувацький інтерфейс і доступний у вигляді окремої кнопки керування.

Для запуску процесу перевірки коректності даних у головному вікні системи додано кнопку «Перевірка коректності», яка активує rule-based підсистему аналізу даних.

#	Type	Reg.	Cont.	Project.	Description
1	Серия	4183	286	9	Number = 1, Name = Основная

Station		Amount Measurements			Actual Data				
#	Line	Picket	Amount	Act.	Reject	Column	X	Y	Z
1	1750	50	1	1	0	783.1905	310919.018	5412723.766	398.6
2	1850	50	1	1	0	783.9884	310991.122	5412694.321	394.3
3	1950	50	1	1	0	784.9649	311104.117	5412674.864	389.4
4	1250	150	1	1	0	780.3569	310444.941	5412946.481	415.3
5	1350	150	1	1	0	781.8660	310583.501	5412967.482	407.9
6	1450	150	1	1	0	782.3921	310632.459	5412914.314	404.8
7	1550	150	1	1	0	785.3609	310750.571	5412884.303	389.8

Рисунок 3.2 – Головне вікно системи з доданою кнопкою «Перевірка коректності»

3.4 Інтерфейс модуля перевірки коректності даних

Після активації модуля перевірки коректності користувачу надається інтерфейс налаштування параметрів аналізу. На цьому етапі користувач може обрати набір структурних та логічних правил, які будуть застосовані до геофізичних даних.

- Інтерфейс модуля перевірки містить:
- елементи керування вибором правил перевірки;
- індикатори стану процесу перевірки;
- кнопку запуску аналізу;
- область відображення результатів.

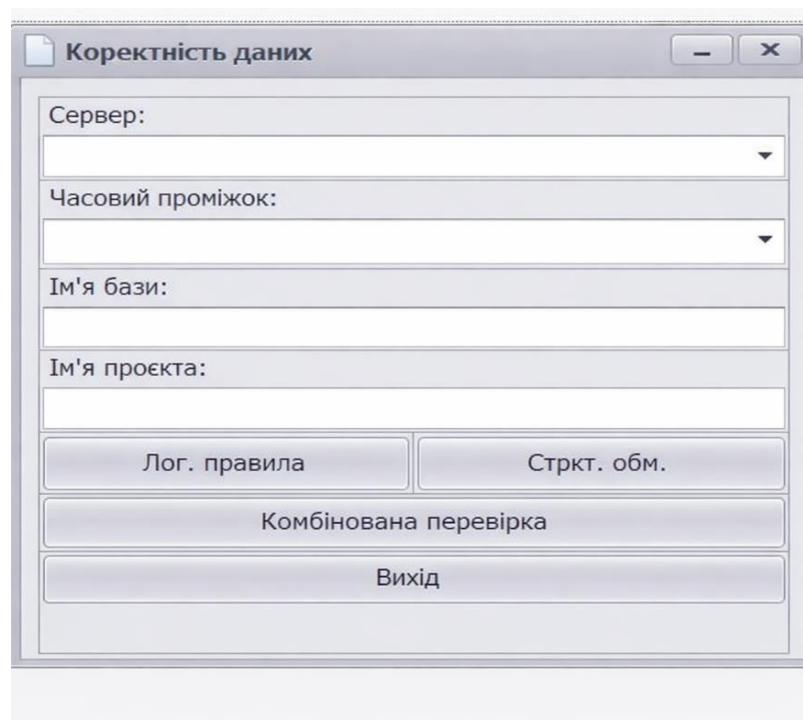


Рисунок 3.3 – Інтерфейс налаштування перевірки коректності геофізичних даних

3.5 Відображення результатів оцінювання коректності

Результати перевірки коректності відображаються у вигляді таблиці, де кожному запису геофізичних даних відповідає статус коректності. Для зручності аналізу використовується кольорове маркування результатів:

коректні записи;

записи з попередженнями;

записи з критичними помилками.

Користувач має можливість переглядати детальну інформацію про виявлені порушення для кожного запису даних.

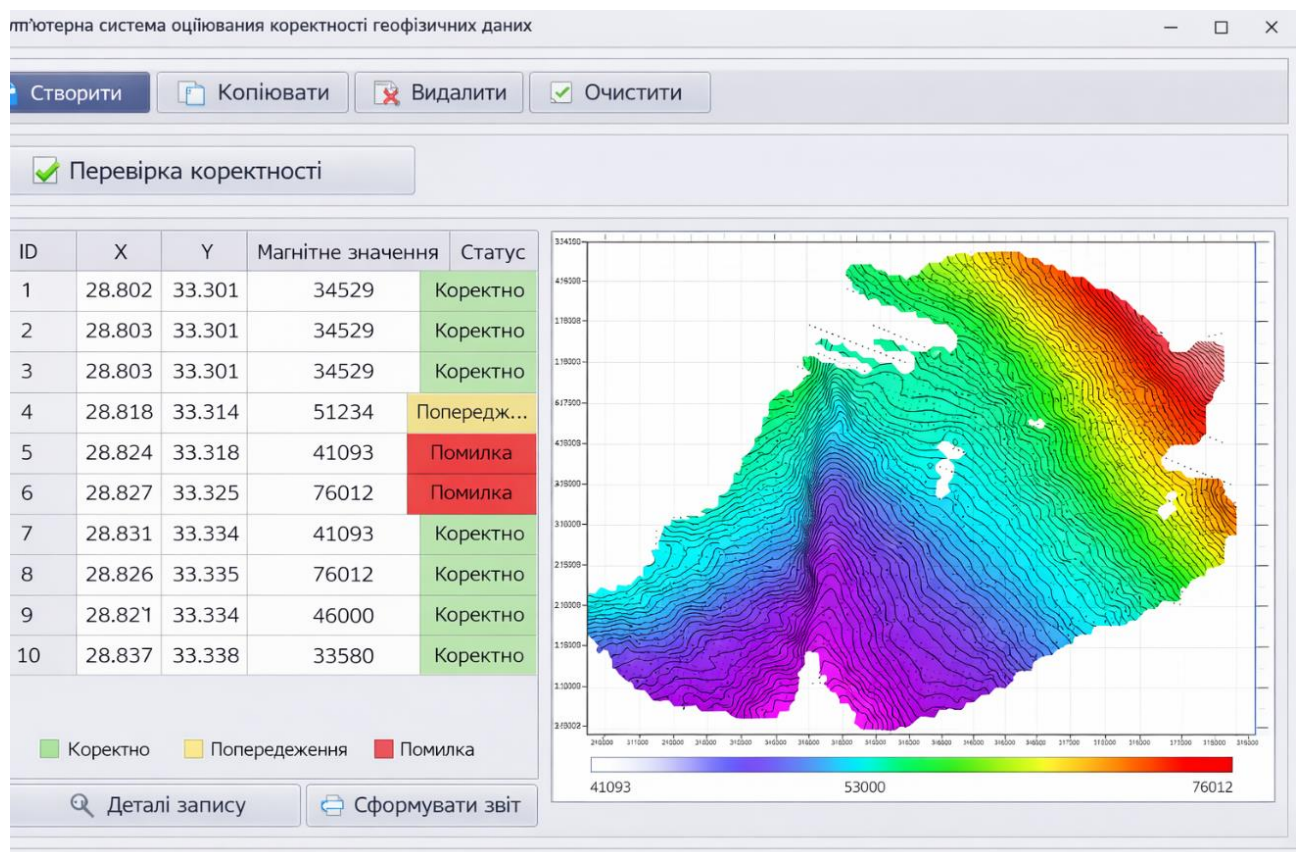


Рисунок 3.4 – Результати перевірки коректності геофізичних даних

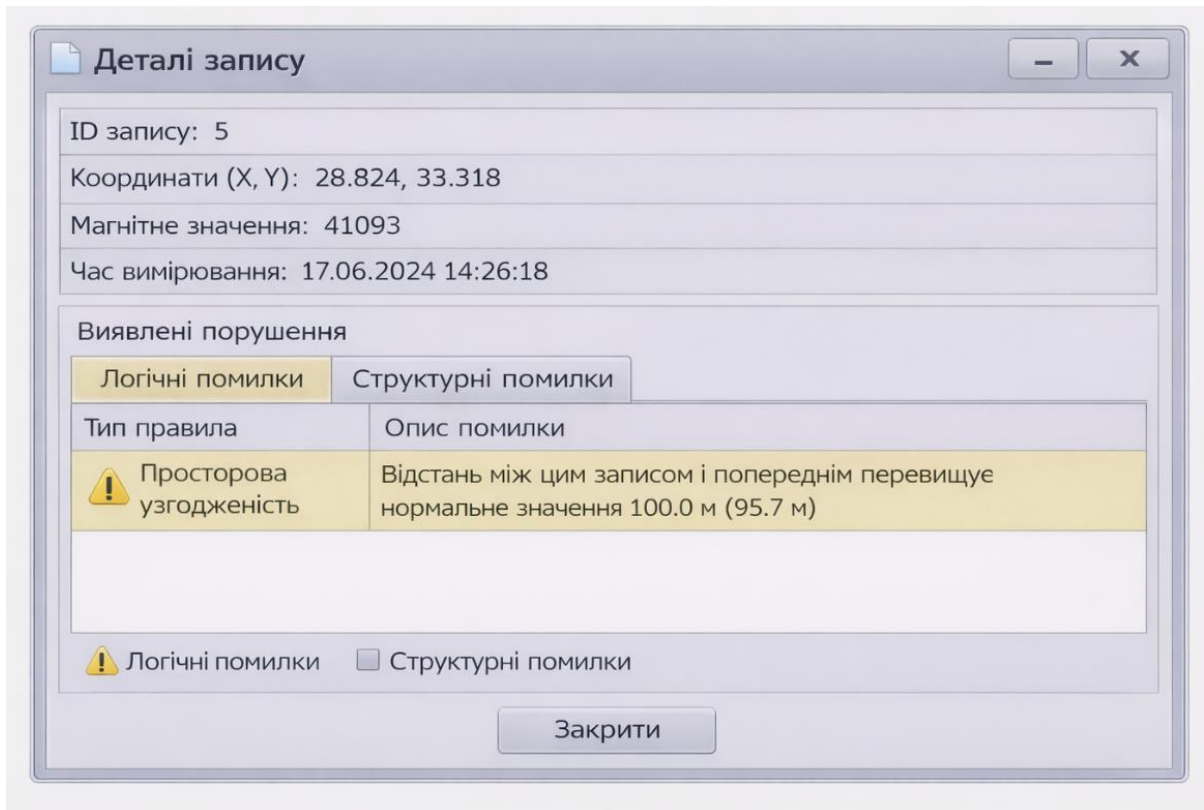


Рисунок 3.5 – Деталізація логічних і структурних помилок Test_Functional

3.6 Перевірка та оцінювання коректності роботи системи

З метою перевірки ефективності функціонування розробленої комп'ютерної системи оцінювання коректності геофізичних даних було проведено контрольне тестування з використанням двох окремих баз даних. Такий підхід дозволив оцінити здатність системи виявляти як поодинокі, так і системні структурні та логічні помилки.

Для тестування було створено дві тестові бази даних:

Тест_Фукціоналу — база даних із коректними геофізичними даними;

Тест_Копія — база даних, до якої штучним чином було внесено помилки різного типу.

Обидві бази даних були створені на основі однакової структури та містили записи з координатними та магнітними параметрами.

3.6.1 Характеристика тестових баз даних

База даних Test_Functional містить геофізичні дані, які відповідають установленим структурним та логічним вимогам. Усі координатні значення знаходяться в допустимих діапазонах, магнітні параметри не перевищують граничні значення, а просторово-часова узгодженість записів не порушена.

База даних Test_Cору була створена шляхом копіювання основної тестової бази з подальшим навмисним внесенням помилок. Зокрема, у цій базі були реалізовані такі штучні порушення:

- зміна магнітних значень з виходом за допустимі фізичні межі;
- порушення просторової узгодженості між суміжними вимірюваннями;
- некоректні координатні значення;
- пропущені або аномальні часові мітки.

Такий підхід дозволяє змоделювати реальні помилки, що можуть виникати під час збору або оброблення геофізичних даних.

3.6.2 Процедура тестування

Процедура тестування складалася з таких етапів:

- підключення до відповідної тестової бази даних;
- запуск модуля перевірки коректності;
- застосування структурних і логічних правил до всіх записів;
- аналіз результатів оцінювання;
- порівняння поведінки системи для різних тестових наборів даних.

Для обох баз даних використовувався однаковий набір правил (комбінований), що забезпечує коректність порівняння результатів.

3.6.3 Результати тестування

У результаті перевірки бази даних Тест_Фукціоналу система не виявила критичних порушень коректності. Поодинокі попередження, пов'язані з граничними значеннями параметрів, відповідали логічним правилам і не мали критичного характеру. Приклад результатів аналізу наведено на рисунку 3.5 (деталізація логічних і структурних помилок окремого запису).

Натомість під час аналізу бази Test_Cору система виявила значну кількість структурних і логічних помилок (рис. 3.6).

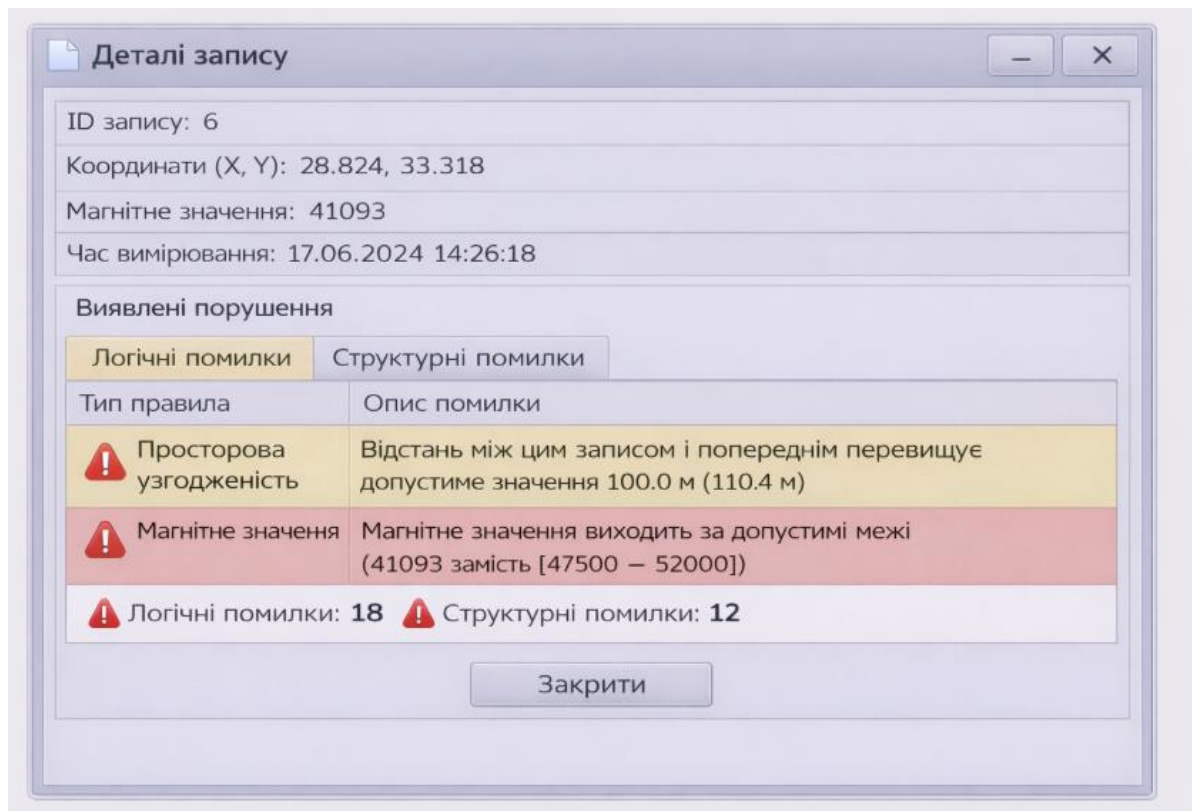


Рисунок 3.6 Результат аналізу Тест_Копія

Для більшості записів були зафіксовані:

- критичні структурні порушення;
- логічні аномалії просторової узгодженості;
- некоректні значення магнітних параметрів.

Це свідчить про високу чутливість системи до помилкових даних та коректну роботу rule-based підсистеми.

Увагу також потрібно звернути й на результати окремих перевірок, логічними правилами та структурними обмеженнями для обох баз даних. Можливо результат перевірки буде відрізнятися від комбінованого методу, Результат зображено на рисунках нижче.

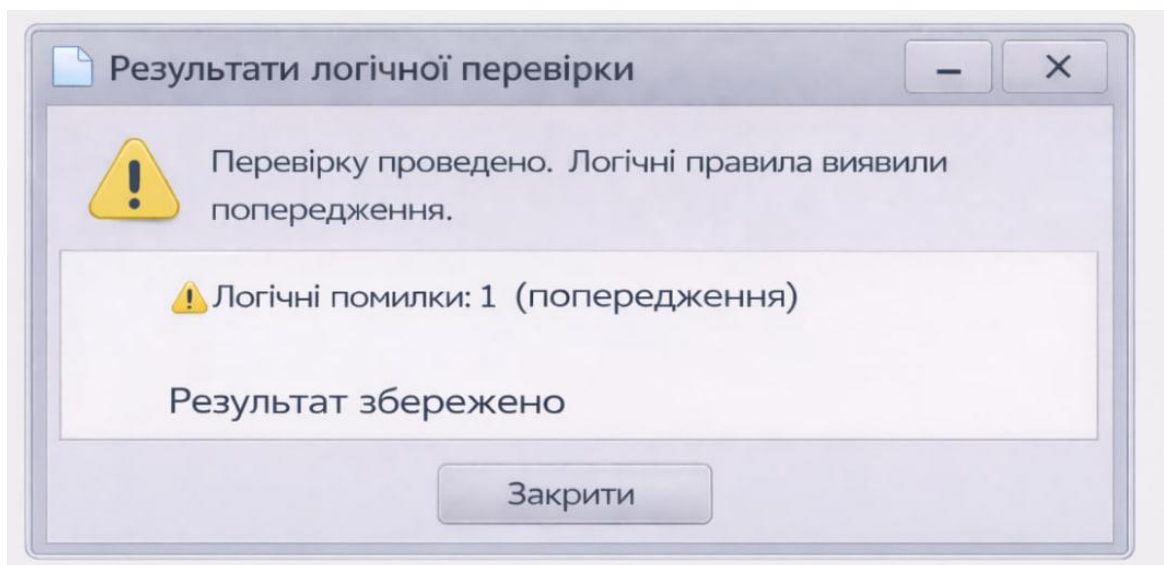


Рисунок 3.7 Результат аналізу логічним методом Тест_Функціоналу

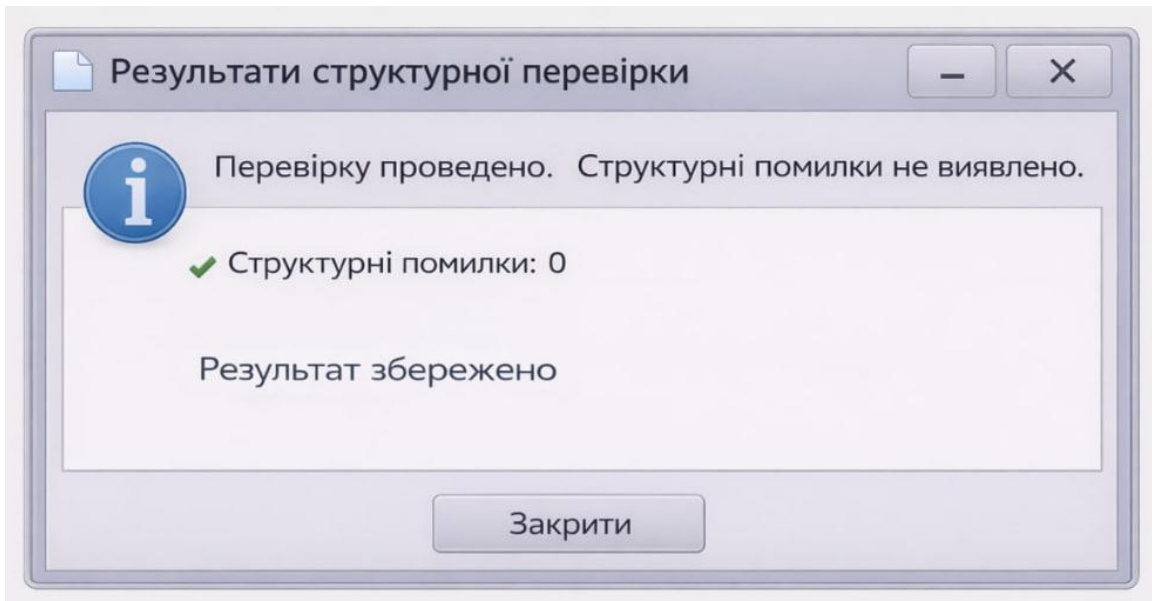


Рисунок 3.8 Результат аналізу структурним методом Тест_Функціоналу

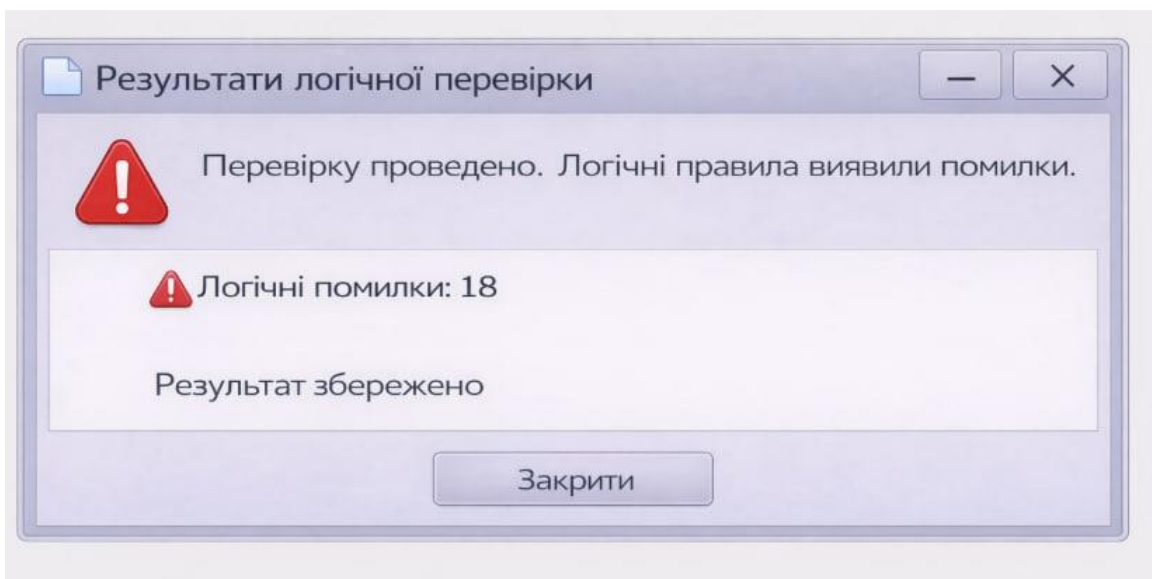


Рисунок 3.9 Результат аналізу логічним методом Тест_Копія

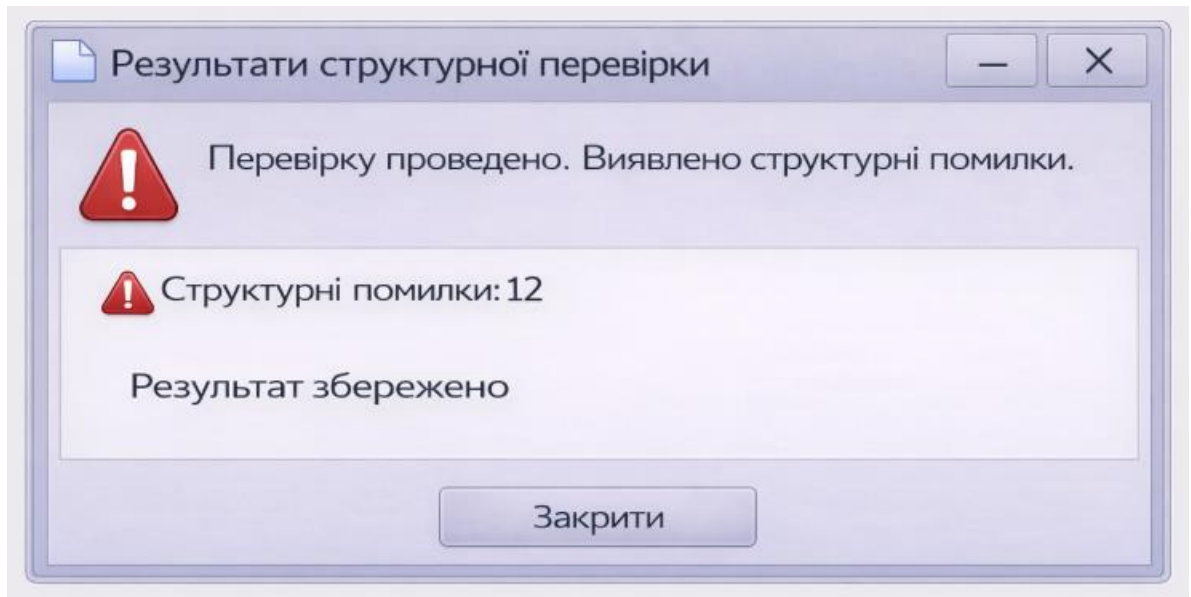


Рисунок 3.10 Результат аналізу структурним методом Тест_Копія

Таблиця 3.1 – Порівняльні результати перевірки тестових баз даних

Метод перевірки	База даних	Виявлені структурні помилки	Виявлені логічні помилки	Загальний результат
Структурний	Test_Functional	0	–	Дані коректні
Структурний	Test_Copy	12	–	Виявлено помилки
Логічний	Test_Functional	–	1 (попередження)	Дані умовно коректні
Логічний	Test_Copy	–	18	Виявлено помилки
Комбінований	Test_Functional	0	1 (попередження)	Дані коректні
Комбінований	Test_Copy	12	18	Виявлено помилки

3.6.4 Оцінка ефективності роботи системи

Результати тестування підтвердили ефективність розробленої системи оцінювання коректності геофізичних даних. Система стабільно реагує на навмисно створені помилки, коректно класифікує записи та забезпечує детальну інформацію щодо характеру виявлених порушень.

Отримані результати демонструють доцільність використання структурних та логічних правил для автоматизованого контролю якості геофізичних даних саме в комбінованому вигляді, але для специфічних видаків окремі методи теж покинні бути на готові.

3.7 Узагальнення функціональних можливостей системи

Програмна система, що була реалізована в бакалаврській роботі, у межах магістерської роботи отримала додаткову інтелектуальну складову у вигляді rule-based модуля перевірки коректності даних. Поєднання засобів управління базами даних і механізмів оцінювання якості геофізичної інформації дозволяє ефективно використовувати систему для попередньої підготовки даних до подальшого аналізу та інтерпретації.

Висновки до розділу

У третьому розділі реалізовано програмний прототип комп'ютерної системи оцінювання коректності геофізичних даних, описано її архітектуру, основні функціональні модулі та користувацький інтерфейс. Систему розширено на основі програмного забезпечення бакалаврської роботи шляхом інтеграції rule-based підсистеми перевірки коректності даних, а проведене тестування на контрольних наборах підтвердило ефективність застосування структурних і логічних правил.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі розв'язано задачу проєктування комп'ютерної системи оцінювання коректності геофізичних даних на основі структурних та логічних правил. Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення достовірності та якості геофізичної інформації, що використовується під час геологорозвідувальних робіт та наукових досліджень.

У ході виконання роботи проаналізовано предметну область геофізичних даних, визначено основні типи помилок і фактори, що впливають на їх коректність. Проведено аналіз існуючих підходів і програмних засобів перевірки якості даних, за результатами якого встановлено доцільність поєднання структурних обмежень і логічних правил у межах єдиної комп'ютерної системи.

Розроблено архітектуру комп'ютерної системи оцінювання коректності геофізичних даних, що базується на модульному підході та забезпечує гнучкість і масштабованість рішення. Сформовано модель даних із використанням структурних обмежень, які забезпечують базову цілісність інформації, а також запропоновано набір логічних правил для перевірки міжпараметричних залежностей.

Описано алгоритми фільтрації, валідації та виправлення геофізичних даних, які реалізують багаторівневий підхід до контролю якості інформації. Запропоновані алгоритми дозволяють виявляти помилки, аномальні значення та підвищувати достовірність даних перед їх подальшим аналізом.

Розроблено комп'ютерну систему, описано її структуру, користувацький інтерфейс та основні сценарії роботи. Отримані результати підтверджують доцільність використання запропонованого підходу для автоматизації процесів оцінювання коректності геофізичних даних.

Результати магістерської роботи можуть бути використані під час розроблення та вдосконалення інформаційних систем збору, зберігання та аналізу геофізичних даних, а також у навчальному процесі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Моделювання потенціального поля підводних вулканів, схильних до обвалу, у південній частині Тірренського моря. веб-сайт. URL:
https://www.researchgate.net/publication/233297888_Potential-field_modeling_of_collapse-prone_submarine_volcanoes_in_the_southern_Tyrrhenian_Sea_Italy
2. ISO/IEC 25012:2008 Software engineering — Data quality model. веб-сайт. URL:
<https://www.iso.org/standard/35736.html>
3. Kimball R., Ross M. *The Data Warehouse Toolkit*. Wiley, 2013. веб-сайт. URL:
<https://www.wiley.com/en-us/The+Data+Warehouse+Toolkit%2C+3rd+Edition-p-9781118530801>
4. Batini C., Scannapieco M. *Data Quality: Concepts, Methodologies and Techniques*. Springer, 2016. веб-сайт. URL:
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-36257-6>
5. Redman T. C. *Data Quality: The Accuracy Dimension*. Morgan Kaufmann, 2001. веб-сайт. URL:
<https://www.sciencedirect.com/book/9781558605065/data-quality>
6. Pipino L. L., Lee Y. W., Wang R. Y. Data quality assessment.
<https://dl.acm.org/doi/10.1145/505248.506007>
7. Wang R. Y., Strong D. M. Beyond accuracy: What data quality means to data consumers. веб-сайт. URL:
<https://www.jstor.org/stable/249002>
8. Rahm E., Do H. H. Data cleaning: Problems and current approaches. веб-сайт. URL:
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=10.1.1.2.5500>
9. Microsoft SQL Server Documentation. веб-сайт. URL:
<https://learn.microsoft.com/en-us/sql/>
10. Microsoft SQL Server Management Studio (SSMS). веб-сайт. URL:
<https://learn.microsoft.com/en-us/sql/ssms/>

11. Date C. J. *An Introduction to Database Systems*. веб-сайт. URL:
<https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/introduction-to-database-systems/P200000001595>
12. Elmasri R., Navathe S. *Fundamentals of Database Systems*. веб-сайт. URL:
<https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/fundamentals-of-database-systems/P200000003321>
13. Silberschatz A., Korth H. F., Sudarshan S. *Database System Concepts*. веб-сайт. URL:
<https://www.mheducation.com/highered/product/database-system-concepts-silberschatz/M9780078022159.html>
14. Inmon W. H. *Building the Data Warehouse*. веб-сайт. URL:
<https://www.wiley.com/en-us/Building+the+Data+Warehouse%2C+4th+Edition-p-9780764599446>
15. Garcia-Molina H., Ullman J. D., Widom J. *Database Systems: The Complete Book*. веб-сайт. URL:
<https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/database-systems-the-complete-book/P200000003288>
16. Fowler M. *UML Distilled*. веб-сайт. URL:
<https://martinfowler.com/books/uml.html>
17. Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I. *The Unified Modeling Language User Guide*. веб-сайт. URL:
<https://www.informit.com/store/unified-modeling-language-user-guide-9780321267979>
18. Sommerville I. *Software Engineering*. веб-сайт. URL:
<https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/software-engineering/P200000006091>
19. Pressman R. S., Maxim B. R. *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. веб-сайт. URL:

<https://www.mheducation.com/highered/product/software-engineering-practitioner-s-approach-pressman/M9781259872976.html>

20. Gamma E., Helm R., Johnson R., Vlissides J. *Design Patterns*. веб-сайт. URL:

<https://refactoring.guru/design-patterns/book>

21. Microsoft .NET Documentation. веб-сайт. URL:

<https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/>

22. IEEE Std 830-1998 Software Requirements Specification. веб-сайт. URL:

<https://standards.ieee.org/standard/830-1998.html>

23. IEEE Std 1016-2009 Systems Design Specification. веб-сайт. URL:

<https://standards.ieee.org/standard/1016-2009.html>

24. ISO/IEC 12207:2017 Software life cycle processes. веб-сайт. URL:

<https://www.iso.org/standard/63712.html>

25. ISO/IEC 25010:2011 Systems and software quality model. веб-сайт. URL:

<https://www.iso.org/standard/35733.html>

26. Abiteboul S., Hull R., Vianu V. *Foundations of Databases*. веб-сайт. URL:

<https://webdam.inria.fr/Alice/>

27. Han J., Kamber M., Pei J. *Data Mining: Concepts and Techniques*. веб-сайт. URL:

<https://www.sciencedirect.com/book/9780123814791/data-mining>

28. Chen P. P.-S. The entity-relationship model. веб-сайт. URL:

<https://dl.acm.org/doi/10.1145/320434.320440>

29. Date C. J., Darwen H. *A Guide to the SQL Standard*. веб-сайт. URL:

<https://www.oreilly.com/library/view/a-guide-to/0201964260/>

30. Hevner A. R. et al. Design science in information systems research. веб-сайт. URL:

<https://www.jstor.org/stable/25148625>

ДОДАТОК А

Лістинг коду

Реалізація логічних правил оцінювання коректності геофізичних даних

А.1 Інтерфейс логічного правила

```
public interface ILogicalRule
{
    ValidationResult Validate(DataRecord current, DataRecord previous);
}
```

А.2 Логічне правило перевірки просторової узгодженості

```
public class SpatialConsistencyRule : ILogicalRule
{
    private readonly double _maxDistance;

    public SpatialConsistencyRule(double maxDistance)
    {
        _maxDistance = maxDistance;
    }

    public ValidationResult Validate(DataRecord current, DataRecord previous)
    {
        double distance = Math.Sqrt(
            Math.Pow(current.CoordinateX - previous.CoordinateX, 2) +
            Math.Pow(current.CoordinateY - previous.CoordinateY, 2));

        if (distance > _maxDistance)
        {
            return new ValidationResult
            {
                RecordId = current.RecordId,
                Status = ValidationStatus.Warning,
                Message = $"Перевищення допустимої відстані ({distance:F1} м)"
            };
        }

        return new ValidationResult
        {
            RecordId = current.RecordId,
            Status = ValidationStatus.Valid,
            Message = "Просторова узгодженість не порушена"
        };
    }
}
```

А.3 Логічне правило часової послідовності

```
public class TimeOrderRule : ILogicalRule
{
    public ValidationResult Validate(DataRecord current, DataRecord previous)
    {
        if (current.MeasurementTime < previous.MeasurementTime)
        {
            return new ValidationResult
            {
                RecordId = current.RecordId,
```

```

        Status = ValidationStatus.Warning,
        Message = "Порушення часової послідовності вимірювань"
    };
}

return new ValidationResult
{
    RecordId = current.RecordId,
    Status = ValidationStatus.Valid,
    Message = "Часова послідовність коректна"
};
}
}

```

ДОДАТОК Б

Реалізація структурних обмежень у СКБД MS SQL Server

Б.1 Обмеження діапазону магнітних значень

```

ALTER TABLE MagneticObservation
ADD CONSTRAINT CK_MagneticValue_Range
CHECK (MagneticValue BETWEEN 47500 AND 52000);

```

Б.2 Заборона NULL для координат

```

ALTER TABLE Coordinate
ALTER COLUMN X FLOAT NOT NULL;

```

```

ALTER TABLE Coordinate
ALTER COLUMN Y FLOAT NOT NULL;

```

Б.3 Перевірка коректності часових міток

```

ALTER TABLE MagneticObservation
ADD CONSTRAINT CK_MeasurementTime
CHECK (MeasurementTime <= GETDATE());

```

Б.4 Тригер контролю структурної цілісності

```

CREATE TRIGGER trg_StructuralValidation
ON MagneticObservation
AFTER INSERT
AS
BEGIN
    IF EXISTS (
        SELECT 1
        FROM inserted
        WHERE MagneticValue < 47500 OR MagneticValue > 52000
    )
    BEGIN
        RAISERROR ('Некоректне магнітне значення', 16, 1);
        ROLLBACK TRANSACTION;
    END
END
END

```

ДОДАТОК В

Комбінована перевірка (C# + T-SQL)

В.1 Виклик SQL-перевірки з C# (структурні обмеження)

```
public bool CheckStructuralIntegrity(int recordId)
{
    using var connection = new SqlConnection(_connectionString);
    using var command = new SqlCommand("sp_CheckStructuralErrors", connection);

    command.CommandType = CommandType.StoredProcedure;
    command.Parameters.AddWithValue("@recordId", recordId);

    connection.Open();

    return (int)command.ExecuteScalar() == 0;
}
```

В.2 Збережена процедура структурної перевірки (T-SQL)

```
CREATE PROCEDURE sp_CheckStructuralErrors
    @recordId INT
AS
BEGIN
    DECLARE @errorCount INT;

    SELECT @errorCount = COUNT(*)
    FROM MagneticObservation
    WHERE ObservationId = @recordId
        AND (MagneticValue < 47500 OR MagneticValue > 52000);

    SELECT @errorCount;
END
```

В.3 Комбінована rule-based перевірка

```
public ValidationResult CombinedValidation(
    DataRecord current,
    DataRecord previous)
{
    if (!CheckStructuralIntegrity(current.RecordId))
    {
        return new ValidationResult
        {
            RecordId = current.RecordId,
            Status = ValidationStatus.Error,
            Message = "Структурне обмеження порушене"
        };
    }

    var spatialRule = new SpatialConsistencyRule(100);
    return spatialRule.Validate(current, previous);
}
```

В.4 Основний сценарій використання

```
foreach (var record in records)
{
    var result = CombinedValidation(record, previousRecord);
    SaveValidationResult(result);
    previousRecord = record;}
}
```

ДОДАТОК Г

Структура таблиць БД

- TopographyRun – відповідає за розпаковані масиви топографічних даних місцевості;
- Observation – відповідає за загально зібрані дані всіх типів в одному пакеті;
- BaseLine - відповідає за базові координатні прямі;
- Station – відповідає за номер станції на якій відбувався тестовий запуск обладнання перед початком роботи;
- Series - відповідає за відповідну серію пакетів даних надісланих до проекту ;
- MagneticRun – відповідає за розпаковані масиви даних магнетичного поля;
- Magnetometr – відповідає за використаний для вимірювань магнетометр;
- BaseLineType – відповідає за типи прямих;
- Gravimetr – відповідає за гравіметр використаний для вимірювань;
- Run – відповідає за розпаковані дані з Observation;
- Employe – відповідає за геодезиста який виконував вимірювання;
- Crew – відповідає за групування відповідальне за вимірювання;
- Coordinate – відповідає за географічні координати та прокладання маршрутів вимірювання;
- Controller – відповідає за контроллер використаний для вимірювання;

- GravimetricGCALC – відповідає за пакет базових налаштування обраний перед початком вимірювань за допомогою гравіметра;
- Topography – відповідає за запаковані топографічні дані;
- Magnetic Observation – запакований масив даних магнітного поля;

Column Name	Data Type	Allow Nulls
coordinateId	bigint	<input type="checkbox"/>
easting	float	<input type="checkbox"/>
northing	float	<input type="checkbox"/>
elevation	float	<input type="checkbox"/>
latitude	float	<input type="checkbox"/>
longitude	float	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Рис. Г.1 - структура таблиці Coordinate

Column Name	Data Type	Allow Nulls
applicationId	int	<input type="checkbox"/>
applicationName	nvarchar(256)	<input type="checkbox"/>
data	xml	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Рис. Г.2 - структура таблиці ApplicationData

Column Name	Data Type	Allow Nulls
baselineTypeId	int	<input type="checkbox"/>
accuracyLevel	int	<input type="checkbox"/>
name	nvarchar(64)	<input type="checkbox"/>
precision	float	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Рис. Г.3 - структура таблиці BaseLineType

Column Name	Data Type	Allow Nulls
crewId	int	<input type="checkbox"/>
name	nvarchar(64)	<input type="checkbox"/>
geophysicistId	int	<input type="checkbox"/>
topographerId	int	<input type="checkbox"/>
gravimeterId	int	<input type="checkbox"/>
controllerId	int	<input type="checkbox"/>
workerId	int	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Рис. Г.4 - структура таблиці Crew

Column Name	Data Type	Allow Nulls
employeeId	int	<input type="checkbox"/>
firstName	nvarchar(64)	<input type="checkbox"/>
lastName	nvarchar(64)	<input type="checkbox"/>
patronymic	nvarchar(64)	<input type="checkbox"/>
jobType	int	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Рис. Г.5 - структура таблиці Employee

Column Name	Data Type	Allow Nulls
gravimeterId	int	<input type="checkbox"/>
name	nvarchar(64)	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Рис. Г.6 - структура таблиці Gravimeter

BASE.Deproil_Gravi...tbGravimeterGcalc			
	Column Name	Data Type	Allow Nulls
PK	gcalcId	int	<input type="checkbox"/>
	gravimeterId	int	<input type="checkbox"/>
	deviceQ	bit	<input type="checkbox"/>
	value	float	<input type="checkbox"/>
	startDate	datetime	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Рис. Г.7 - структура таблиці Gcalc

BASE.Deproil_Gravi...agneticObservation			
	Column Name	Data Type	Allow Nulls
PK	magneticObservationId	bigint	<input type="checkbox"/>
	magneticRunId	bigint	<input type="checkbox"/>
	observedField	float	<input type="checkbox"/>
	measurementTime	datetime	<input type="checkbox"/>
	rejectedQ	bit	<input type="checkbox"/>
	baselineQ	bit	<input type="checkbox"/>
	baselineId	bigint	<input checked="" type="checkbox"/>
	projectQ	bit	<input type="checkbox"/>
	stationId	bigint	<input checked="" type="checkbox"/>
	controlQ	bit	<input type="checkbox"/>
	coordinateId	bigint	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Рис. Г.8 - структура таблиці Observation

BASE.Deproil_Gravi...nd - dbo.tbBaseline		
Column Name	Data Type	Allow Nulls
baselineId	bigint	<input type="checkbox"/>
number	nvarchar(32)	<input type="checkbox"/>
baselineTypeld	int	<input type="checkbox"/>
seriesId	int	<input type="checkbox"/>
projectEasting	float	<input checked="" type="checkbox"/>
projectNorthing	float	<input checked="" type="checkbox"/>
projectElevation	float	<input checked="" type="checkbox"/>
projectLatitude	float	<input checked="" type="checkbox"/>
projectLongitude	float	<input checked="" type="checkbox"/>
knownEasting	float	<input checked="" type="checkbox"/>
knownNorthing	float	<input checked="" type="checkbox"/>
knownElevation	float	<input checked="" type="checkbox"/>
knownLatitude	float	<input checked="" type="checkbox"/>
knownLongitude	float	<input checked="" type="checkbox"/>
knownAnomalyField	float	<input checked="" type="checkbox"/>
knownAnomalyFieldSd	float	<input checked="" type="checkbox"/>
magneticKnownEasting	float	<input checked="" type="checkbox"/>
magneticKnownNorthing	float	<input checked="" type="checkbox"/>
magneticKnownElevation	float	<input checked="" type="checkbox"/>
magneticKnownLatitude	float	<input checked="" type="checkbox"/>
magneticKnownLongitude	float	<input checked="" type="checkbox"/>
magneticKnownAnomaly	float	<input checked="" type="checkbox"/>
magneticKnownAnomal...	float	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Рис. Г.9 - структура таблиці BaseLine

Column Name	Data Type	Allow Nulls
magneticRunId	bigint	<input type="checkbox"/>
seriesId	int	<input type="checkbox"/>
geophysicistId	int	<input type="checkbox"/>
magnetometerId	int	<input type="checkbox"/>
topographerId	int	<input checked="" type="checkbox"/>
initialTime	datetime	<input type="checkbox"/>
finalTime	datetime	<input type="checkbox"/>
difficulty	real	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Рис. Г.10 - структура таблиці Magnetic Run

Column Name	Data Type	Allow Nulls
observationId	bigint	<input type="checkbox"/>
runId	bigint	<input type="checkbox"/>
observedField	float	<input type="checkbox"/>
measurementTime	datetime	<input type="checkbox"/>
standardDev	real	<input checked="" type="checkbox"/>
tiltX	real	<input checked="" type="checkbox"/>
tiltY	real	<input checked="" type="checkbox"/>
temperature	real	<input checked="" type="checkbox"/>
tide	real	<input checked="" type="checkbox"/>
duration	smallint	<input checked="" type="checkbox"/>
rejectedCount	smallint	<input checked="" type="checkbox"/>
terrain	real	<input checked="" type="checkbox"/>
rejectedQ	bit	<input type="checkbox"/>
topographyId	bigint	<input checked="" type="checkbox"/>
fixedQ	bit	<input type="checkbox"/>
baselineQ	bit	<input type="checkbox"/>
baselineId	bigint	<input checked="" type="checkbox"/>
projectQ	bit	<input type="checkbox"/>
stationId	bigint	<input checked="" type="checkbox"/>
controlQ	bit	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Рис. Г.11 - структура таблиці Observation

Column Name	Data Type	Allow Nulls
runId	bigint	<input type="checkbox"/>
seriesId	int	<input type="checkbox"/>
geophysicistId	int	<input type="checkbox"/>
gravimeterId	int	<input type="checkbox"/>
initialTime	datetime	<input type="checkbox"/>
finalTime	datetime	<input type="checkbox"/>
workerId	int	<input checked="" type="checkbox"/>
controllerId	int	<input checked="" type="checkbox"/>
difficulty	real	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Рис. Г.12 - структура таблиці Run

Column Name	Data Type	Allow Nulls
magnetometerId	int	<input type="checkbox"/>
name	nvarchar(64)	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Рис. Г.13 - структура таблиці Magnetometr

Column Name	Data Type	Allow Nulls
stationId	bigint	<input type="checkbox"/>
line	nvarchar(32)	<input type="checkbox"/>
station	nvarchar(32)	<input type="checkbox"/>
easting	float	<input checked="" type="checkbox"/>
northing	float	<input checked="" type="checkbox"/>
elevation	float	<input checked="" type="checkbox"/>
latitude	float	<input checked="" type="checkbox"/>
longitude	float	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Рис. Г.14 - структура таблиці Station

Column Name	Data Type	Allow Nulls
topographyRunId	bigint	<input type="checkbox"/>
seriesId	int	<input type="checkbox"/>
topographerId	int	<input type="checkbox"/>
controllerId	int	<input type="checkbox"/>
initialTime	datetime	<input type="checkbox"/>
finalTime	datetime	<input type="checkbox"/>
difficulty	real	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Рис. Г.15 - структура таблиці Topography Run

Column Name	Data Type	Allow Nulls
topographyId	bigint	<input type="checkbox"/>
measurementTime	datetime	<input type="checkbox"/>
easting	float	<input type="checkbox"/>
northing	float	<input type="checkbox"/>
elevation	float	<input type="checkbox"/>
latitude	float	<input type="checkbox"/>
longitude	float	<input type="checkbox"/>
rejectedQ	bit	<input type="checkbox"/>
fixedQ	bit	<input type="checkbox"/>
baselineQ	bit	<input type="checkbox"/>
projectQ	bit	<input type="checkbox"/>
baselineId	bigint	<input checked="" type="checkbox"/>
controlQ	bit	<input type="checkbox"/>
stationId	bigint	<input checked="" type="checkbox"/>
topographyRunId	bigint	<input type="checkbox"/>
gravimeterId	int	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Рис. Г.16 - структура таблиці Topography

Column Name	Data Type	Allow Nulls
seriesId	int	<input type="checkbox"/>
number	int	<input type="checkbox"/>
name	nvarchar(128)	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Рис. Г.17 - структура таблиці Series

Column Name	Data Type	Allow Nulls
controllerId	int	<input type="checkbox"/>
name	nvarchar(64)	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Рис. Г.18 - структура таблиці Controller

ДОДАТОК Г

Графічний матеріал

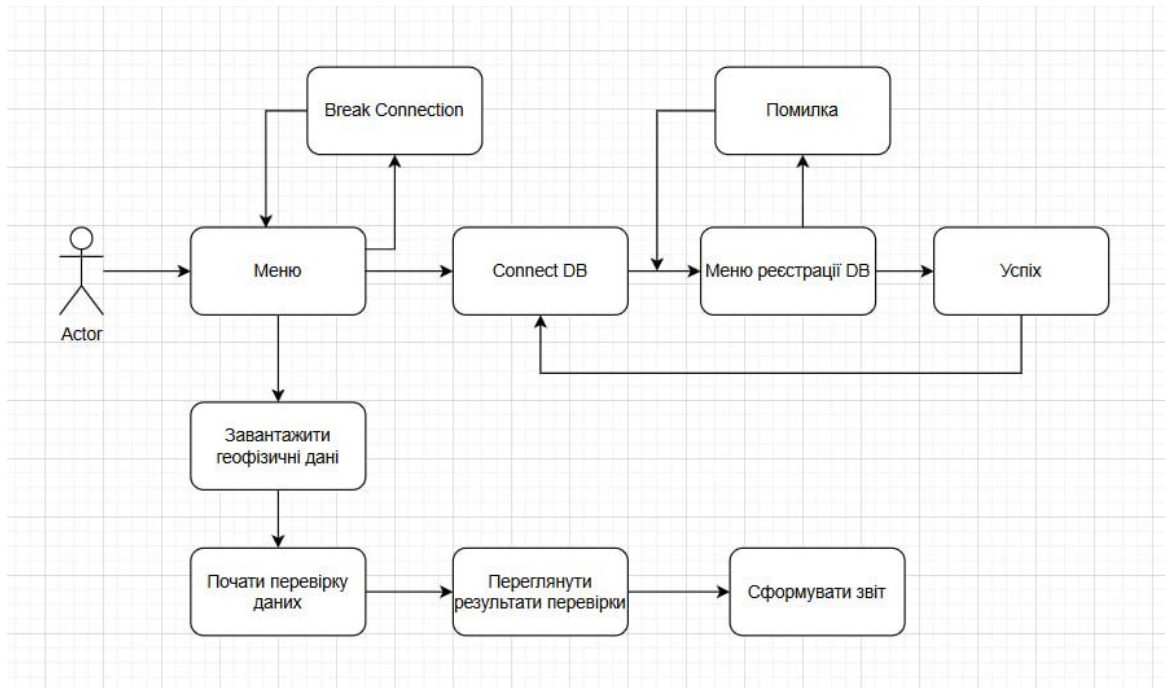


Рисунок Г.1 Use case діаграма