

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Механіко-технологічний факультет  
Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

”Допущено до захисту”  
Завідувач кафедри кібербезпеки  
та програмного забезпечення  
д.т.н., професор  
\_\_\_\_\_ Олексій СМІРНОВ  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти**  
на тему  
**“ Дослідження та програмна реалізація прогнозування**  
**сейсмічної ситуації на основі аналізу даних сімейства формату**  
**SEED ”**

Виконав здобувач вищої освіти  
II курсу, групи КН-24М  
ОПП «Комп’ютерні науки»  
спеціальності 122 «Комп’ютерні науки»  
\_\_\_\_\_ Буяков М.С.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник проекту  
кандидат технічних наук  
\_\_\_\_\_ Улічев О.С.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.  
Рецензент \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

м. Кропивницький

## АНОТАЦІЯ

**Буяков М.С. Дослідження та програмна реалізація прогнозування сейсмічної ситуації на основі аналізу даних сімейства формату SEED. 122 Комп'ютерні науки. Центральнoукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2025.**

В даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для моніторингу, аналізу та прогнозування сейсмічної ситуації.

**Об'єктом** дослідження є формати збереження геофізичних даних.

**Предметом** дослідження є формат miniSEED та його конвертація у стандартні формати даних, а також використання даних отриманих при конвертації для прогнозування.

**Мета** роботи полягає у проектуванні програмної системи для конвертації даних із формату miniSEED у стандартні формати.

Результат роботи – програмна реалізація системи призначеної для конвертації даних з формату miniSEED й представлення в вигляді числового ряду показників сейсмічної активності для подальшого аналізу та прогнозування, на основі проведеного аналізу.

В процесі роботи над програмним додатком виконано аналіз формату даних, розроблено модулі для конвертації та візуалізації даних. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Розроблено зручний інтерфейс користувача. Наведені інструкції по роботі з програмними засобами.

Програма може використовуватися на ПЕОМ з ОС Windows 10/11.

Програму розроблено в середовищі VisualStudio C++.

**Ключові слова:** SEED, miniSEED, візуалізація даних, аналіз даних, сейсмічна активність, моніторинг сейсмічної активності.

## ABSTRACT

**Buyakov M.S. Research and software implementation of seismic situation forecasting based on data analysis of the SEED format family. 122 Computer Science. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2025.**

In this final qualification work for the second (master's) level of higher education, software has been developed that is designed for monitoring, analysis and forecasting of seismic situations.

The object of the research is geophysical data storage formats.

The subject of the research is the miniSEED format and its conversion into standard data formats, as well as the use of data obtained during conversion for forecasting.

The purpose of the work is to design a software system for converting data from the miniSEED format into standard formats.

The result of the work is a software implementation of a system designed to convert data from the miniSEED format and present it in the form of a numerical series of seismic activity indicators for further analysis and forecasting, based on the analysis.

In the process of working on the software application, data format analysis was performed, modules for data conversion and visualization were developed. All components of the developed software are fully described.

A user-friendly user interface was developed. Instructions for working with the software are provided.

The program can be used on a PC with Windows 10/11 OS.

The program was developed in the VisualStudio C++ environment.

**Keywords:** SEED, miniSEED, data visualization, data analysis, seismic activity, seismic activity monitoring.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ .....	3
ВСТУП.....	4
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ .....	6
1.1 Призначення системи.....	6
1.2 Область застосування.....	20
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ .....	26
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.....	26
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування	36
2.3 Розгорнута постановка завдання .....	40
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ .....	47
3.1 Опис функціонування системи .....	47
3.2 Розробка структурної схеми.....	49
3.3 Розробка функціональної схеми .....	53
3.4 Розробка діаграми процесів.....	58
4 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ .....	60
4.1 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи.....	60
4.2 Захист розробленого програмного забезпечення.....	72

						<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>		
<b>Вим.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підп.</b>	<b>Дата</b>				
<i>Розроб.</i>	Буяков М.С.				<i>Дослідження та програмна реалізація прогнозування сейсмічної ситуації на основі аналізу даних сімейства формату SEED</i>	<b>Літ.</b>	<b>Аркуш</b>	<b>Аркушів</b>
<i>Перев.</i>	Улічев О.С.					<b>М</b>		109
<i>Н.контр.</i>	Коваленко А.С.					<i>ЦНТУ КН-24М</i>		
<i>Затв.</i>	Смірнов О.А.							

5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ .....	79
6 НАУКОВА НОВИЗНА .....	83
7 МАРКЕТИНГОВЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ІТ-ПРОЄКТУ .....	84
7.1 Визначення цільової аудиторії кінцевого готового продукту .....	84
7.2 Оцінка привабливості шляхом застосування методів експертних оцінок .....	85
7.3 Вибір методу оцінки вартості ПЗ .....	85
7.4 Розрахунок економічної ефективності від впровадження реалізованого ПЗ як фактору його привабливості.....	86
7.5 Пропозиція алгоритму просування проєкту розробки ПЗ .....	88
7.6 Оптимізація каналів збуту та шляхів реалізації ПЗ .....	89
7.7 Визначення ключових факторів успіху конкретного проєкту.....	90
8 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ .....	91
8.1 Вступ.....	91
8.2 Пожежна безпека .....	92
8.3 Пропозиції щодо підвищення працездатності ІТ – фахівців .....	94
8.4 Розробка заходів з умов поліпшення охорони праці .....	95
8.5 Розрахункова частина .....	96
Висновки до розділу.....	99
9 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	100
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	103

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

SEED	–	Сімейство форматів геофізичних даних
miniSEED	–	Окремий формат з сімейства SEED
ACCC	–	Автоматичні системи сейсмологічних спостережень
СЗД	–	Система зберігання даних
ЦОД	–	Центр обробки даних
FAST	–	Fingerprint And Similarity Thresholding
ГСЗ	–	Глибинне сейсмічне зондування
LINQ	–	Language Integrated Query
RAID	–	Redundant Array of Inexpensive Disks
RefTek	-	Фірма-виробник обладнання для геофізичних спостережень

КБПЗ – 2025

## ВСТУП

Темою магістерської роботи є дослідження формату представлення геофізичних даних сімейства SEED – miniSEED та прогнозування сейсмічної ситуації на основі цих даних.

Спочатку формат розроблявся для накопичення та передачі даних сейсмічного контролю. Сейсмічний моніторинг – невід’ємна частина життєзабезпечення населення регіонів з вираженою сейсмічною активністю та систем забезпечення безпеки відповідальних споруд (електростанцій, свердловин, шахт, мостів та ін.) відноситься до технологій зменшення ризику небезпечних природних явищ. Моніторинг включає не лише реєстрацію, а й подальшу оперативну обробку та інтерпретацію сейсмологічних даних з виходом на прогнозні оцінки. Істотний внесок у розробку методів і засобів сейсмічного моніторингу зробили П. Борман, В. Ханка, Б. Вебер, А. А. Треско, С. І. Голенецький, А. Д. Гвішіані та ін.. Моніторинг дозволяє накопичити данні, що використовуються для сейсмічного районування та оцінки сейсмічного ризику території.

Згодом, через зручність та універсальність формату, miniSEED стали використовувати не тільки для зберігання даних сейсмічного контролю, але різних інших геофізичних даних: геомагнітний контроль, контроль рівнів та деформацій тощо.

**Актуальність** дослідження формату визначається практичною потребою експорту даних у різні зовнішні клієнтські системи. Прикладом такої системи може бути клієнтський веб-додаток (або мобільний додаток) для онлайнного контролю даних фахівцями. У будь-якому випадку для реалізації програмного забезпечення відображення даних у числовому вигляді або візуалізації у вигляді графіків та діаграм необхідно декодування формату та подання у вигляді числової послідовності вже кінцевих даних.

					ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

**Об'єктом** дослідження є формати збереження геофізичних даних.

**Предметом** дослідження є формат miniSEED та його конвертація у стандартні формати даних, а також використання даних отриманих при конвертації для прогнозування.

**Мета** роботи полягає у проектуванні програмної системи для конвертації даних із формату miniSEED у стандартні формати.

Виходячи з мети, можна поставити такі **завдання**:

1. провести аналіз предметної галузі, розглянути проблему та особливості організації сейсмічного контролю та моніторингу;
2. навести короткий опис приладів, які підтримують формат;
3. проаналізувати типи даних, подібні до досліджуваного;
4. детально розглянути структуру даних формату miniSEED;
5. вибрати інструментальні засоби для реалізації;
6. розробити модульну структуру програмної системи;
7. реалізувати програмні елементи;
8. розробити макет інтерфейсу для модуля тестування;
9. написати документацію у вигляді пояснювальної записки до магістерської роботи.

Методи дослідження базуються на чисельних та статистичних методах, а також методах розробки програмного забезпечення.

**Наукова новизна отриманих результатів.** У процесі рішення завдань, обумовлених цілями дослідження, отримані наступні результати:

- удосконалено метод конвертації даних.
- розроблено вітчизняний продукт для конвертації формату miniSEED та застосування отриманих даних для аналізу і прогнозування.

**Практична цінність отриманих результатів** полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють отримувати геофізичні й сейсмічні данні, візуалізувати їх для спрощення аналізу та прогнозувати подальшу ситуацію.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

# 1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

## 1.1 Призначення системи

### Сейсмічний моніторинг та аналіз

Сейсмічна активність Землі це результат процесів самоорганізації планети. Сейсмічність як невід'ємна частина процесів самоорганізації відіграє роль дифузії напружень у літосферному покритті. Роль перенесення та розслаблення напруг виражається у русі (дрейфі) літосферних елементів, що супроводжується вивільненням колосальних енергій. Які, вже з погляду людини та інфраструктури організованої людиною, несе у собі загрозу суттєвих руйнувань та катаклізмів. Виходячи з цього – сейсмічний аналіз та моніторинг відіграє велику роль. Моніторинг не дозволяє запобігти самі сейсмічні процеси, але дозволяє завчасно відреагувати та мінімізувати загрози та втрати (людські, фінансові, матеріальні), особливо актуальним є моніторинг в областях високої сейсмічної активності та моніторинг об'єктів інфраструктури, пошкодження яких пов'язане з екологічними та техногенними катастрофами (атомні станції).



Рисунок 1.1 – Руйнування Фукусіми внаслідок цунамі (підводного землетрусу)

					ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Аналіз зарубіжних літературних джерел показує, що організації системи сейсмологічних спостережень більшості країн світу приділяється значна увага. Зрозумілим є той факт, що найбільш зацікавленими в відповідних дослідженнях є країни, які розташовані в сейсмічно активних зонах, наприклад – Японія. І хоча Україна знаходиться в відносно спокійній сейсмічній зоні, вітчизняні дослідники також приділяють увагу даним питанням.

Наведемо короткий перелік та побіжний аналіз статей закордонних авторів в області дослідження.

Integrating Artificial Intelligence and Geophysical Insights for Earthquake Forecasting: A Cross-Disciplinary Review (Ying Zhang et al., 2025): це оглядова стаття, в якій автори аналізують сучасний стан прогнозування землетрусів, зокрема інтеграцію методів штучного інтелекту (ШІ) та класичних геофізичних підходів.

Forecasting the spatiotemporal evolution of fluid-induced microearthquakes with deep learning (Chung et al., 2025): стаття розглядає прогнозування мікроземлетрусів, спричинених ін'єкцією флюїду (наприклад, в геоінженерних застосуваннях).

Employing Machine Learning for Seismic Intensity Estimation (Abdalzaher M.S. et al., 2024): стаття про ML-підхід до оцінки сейсмічної інтенсивності на основі хвильової активності.

Comprehensive study of micro-seismicity by using an automatic workflow (Adinolfi G.M. et al., 2023): стаття присвячена дослідженню автоматичної системи (платформи TREMOR) для виявлення і характеристики сейсмічності із густої мережі записів.

Characteristics of site-specific response using the mini-SEED format (Seo J. et al., 2022): дослідження зосереджено на аналізі характеристик місцевої сейсмічної відповіді (site-response) на прикладі порту Поханг, Корея. В данній статті конкретно розглядається використання даних в форматі mini-SEED та оцінка переваг і недоліків даного формату.

Землетруси завдають величезних збитків та руйнувань. Цим природним явищем практично неможливо жодним чином протидіяти. Попередні дії можуть

					ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7



1. можливість визначення факту сейсмічної події у квазіреальному масштабі часу;
2. згущення пунктів спостережень на найбільш сейсмонебезпечних територіях регіону
3. рівномірне розміщення пунктів спостережень по всій території регіону підлягає контролю;
4. допускається розрив у часі моментів реєстрації даних, їх завантаження в систему та виконанням обробки.

Специфічним для вирішення завдання вивчення сейсмічної обстановки на околицях розміщення екологічно небезпечних промислових об'єктів є:

1. розташування пунктів спостережень на околиці розміщення об'єктів, т. е. створення так званої «малої сейсмічної групи», які у час знайшли поширення у системах контролю випробувань ядерної зброї;
2. допускається малий тимчасовий розрив між реєстрацією та обробкою даних.

Регіональний моніторинг сьогодні пов'язаний не тільки з складнощами технічної організації, але і зі складнощами обробки даних. Основною причиною є наявність різних обурень техногенного характеру. До таких варто віднести різні типи промислових вибухів, варіативність параметрів (потужність, глибина закладання зарядів, структура ґрунту) суттєво впливають на показання, що реєструються.

Другою проблемою є накопичення великих масивів інформації, які за вимогами стандартів мають зберігатися досить багато часу. Враховуючи фактор обсягу даних, вичленування та ідентифікація техногенних збурень стає ще актуальнішою проблемою.

Враховуючи вимоги до реалізації процесу та якості обробки інформації, варто виділити такі складові завдання ефективної організації моніторингу:

1. фінансування та розвиток існуючих АСС;
2. проблема комплектації нових станцій спостереження;

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

3. організація апаратної частини АССС;
4. проблема забезпечення харчування у віддалених районах;
5. проблема оперативної швидкісної передачі від віддалених станцій;
6. розробка та модернізація центрів накопичення та обробки даних;
7. розробка та впровадження швидких алгоритмів обробки даних (Fingerprint And Similarity Thresholding (FAST)) для детектування природних землетрусів.

Частково питання вирішуються за рахунок впровадження ІТ технологій у процеси моніторингу та аналізу даних. Збільшена продуктивність обробки інформації, збільшення обсягів систем зберігання, поява та широке поширення швидкісних каналів зв'язку призвели до якісних змін інформаційних технологій (ІТ). На наш погляд, ці зміни обумовлені двома взаємозалежними обставинами. З одного боку, широке поширення комп'ютерної техніки призвело до зниження її частки в загальних витратах на створення кінцевих продуктів, і відповідно до зростання ролі розробника. З іншого боку, продуктивність сучасних комп'ютерів дозволяє суттєво підвищити рівень абстракції при взаємодії з апаратурою, що дає можливість використовувати для розробки значно простіші у застосуванні засоби створення програмних продуктів. Останні не лише забезпечують доступ до наявних ресурсів без необхідності вникати особливо реалізації, але, як правило, надають великий вибір бібліотек, що містять розв'язання широкого кола завдань із різних галузей знань. Нові можливості, що надаються сучасними ІТ, кардинально змінили не лише вимоги до інформаційних продуктів та сервісів, а й підхід до їхнього створення. Простота реалізації віддаленого доступу до даних та служб, а також передачі інформації в реальному часі призвели до розвитку хмарних сервісів, що забезпечують вирішення ряду завдань, включаючи зберігання даних, виконання обчислень тощо з використанням віддалених серверів, не вимагаючи від користувача будь-яких знань про апаратну та програмну складові служби.

Це один з факторів, що визначає необхідність розвитку стандартизованих форматів даних.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



у важкодоступних (яри, болота, села, залізничні переїзди) місцях. Ці станції суттєво полегшують виконання робіт із сейсмічного моніторингу протяжних промислових об'єктів, які охоплюють велику площу та мають розгалужену мережу виробничих будівель.

### **Огляд обладнання для сейсмічного моніторингу**

Розглядаючи обладнання для сейсмічного моніторингу, варто виділити три категорії (напрями) застосування обладнання:

- 1) Станіонарні глобальні сейсмологічні станції
- 2) Станіонарні станції регіонального чи цільового призначення
- 3) Польові дослідження та сейсморовідка.

Перша категорія представляє станції, об'єднані в глобальну мережу і призначені для глобального планетарного моніторингу.

У цьому напрямку сейсмологічну станцію можна визначити як комплекс з рознесеними площею сейсмологічними приймачами та реєструючою станцією, яка записує сейсмічну активність. Окремі станції об'єднуються у мережу із наявністю глобальних центрів накопичення інформації.

Другий тип характерний обслуговування конкретної ділянки (регіону) чи забезпечення сейсмологічної безпеки будь-якого об'єкта чи будівлі. Зазвичай такі станції збирають дані з шахтних датчиків та обробляють дані локально.

Третя категорія обладнання призначена для польових (нестаніонарних) вимірів та розвідок, що характеризується тимчасовим використанням з можливими періодичними змінами місць розташування. Для обладнання даної категорії характерні мобільність автономність та мале споживання енергії.

Також варто розглядати деякі етапи модернізації, яких зазнавало обладнання протягом останніх десятиліть. Частина працюючих станцій оснащена обладнанням розробки та виробництва 80-90-х років.

У 1985 р. було випробувано прототип сейсмічної станції PRS-1 (портативний рефракційний сейсмограф). Вона створена в Лабораторії приладобудування Відділу геофізики Геологічної служби Канади (GSC) у Оттаві. У 1987 році EDA

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Instruments Ltd випустили партію зі 141 станції PRS-1. Пізніше одноканальну станцію PRS-1 модернізували до триканальної станції PRS-4 (3 канали – сейсмічні дані, 1 канал – час) з додатковою можливістю запису даних на зовнішні носії. Цю станцію використовували для сейсмологічних спостережень у всьому світі та використовують на деяких станціях досі.

Канадська сеймостанція мала вбудований високоточний кварцовий годинник і революційну на ті часи технологію запису сейсмічних даних в оперативну пам'ять. Розмір оперативної пам'яті був всього 1 Мб, але це дозволило записати 500 000 дискретів оцифрованого аналогового сигналу, за часом - 40 хв. Маса сейсмічної станції дорівнює 4,5 кг, а разом із супутнім обладнанням – близько 10 кг.

У 1990р. компанія Texan (Refraction Technology, Dallas, Texas, США) розпочала серійне виробництво сейсмічних станцій RefTek 72A-02 (рис. 1.2, а). Спочатку це була 6-канальна станція, яку пізніше переробили на 3-канальний портативний сейсмореєстратор. До складу станції входили REF TEK 72A такі блоки:

1. Система збору даних (DAS), обладнана 24-бітним аналого-цифровим перетворювачем (АЦП) та 2,5 Мб інтегрованої оперативної пам'яті. У цій моделі вперше АЦП був 24-бітовим, що підвищило чутливість станції до слабких коливань ґрунту. Усі станції, які описані вище, мають 12-бітовий АЦП.

2. Підсистема копіювання сейсмічної інформації, яка вбудована на згадку про станцію, на жорсткі диски. На початку ємність зовнішнього диска дорівнює 200 Мб, згодом її збільшили до 4 Гб. Це дозволяло проводити польові дослідження безперервно протягом кількох місяців, фактично вирішуючи завдання сейсмічного моніторингу чи сейсмологічних спостережень.

3. Супутникова система визначення точного часу GPS та вбудований годинник OMEGA. Перед початком запису сейсмічних хвильових полів годинник станції синхронізується за допомогою системи GPS. Маса станції – 7 кг, розміри 32,5×21×19,7 см. Це було досить складне у використанні обладнання (багато

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

супутніх блоків та важких батарей), але висока надійність сприяла популярності станцій. У 1998 р. станцій, які були у розпорядженні Стенфордського університету, досягла 320. Інша американська компанія Teledyne Brown Engineering (Dallas, Texas, США) практично одночасно з компанією Texan випустила станцію Teledyne Geotech PDAS100 (рис. 1.2, б). У станції були 24-бітовий АЦП (власної розробки) та мікрокомп'ютер, що дозволило записувати сейсмічні події на 4,5 Мб оперативної пам'яті. Параметри збирання польових даних та записаних у полі сейсмічні дані копіювали на комп'ютер за допомогою програмного забезпечення Teledyne-Geotech.

Сейсмостанції RefTek 125 приєднують (перед початком сейсмічних робіт) через додаткове периферійне обладнання до комп'ютера, вони отримують точний час із системи GPS, мають часовий графік увімкнення та вимкнення запису сейсмічних подій. Одночасно до периферійного обладнання для програмування або зчитування записаних даних можна підключати 45 станцій.



Рисунок 1.2 – Сейсмічні станції RefTek

Серед обладнання для стаціонарних станцій можна виділити:

- 1) Сейсмографи, сейсмометри – замір коливань та сейсмічної активності (рис. 1.3)
- 2) Акселерометри – вимірювання лінійних прискорень

3) Датчики деформації – застосовуються на стаціонарних конструкціях для оцінки впливу зовнішніх факторів у галузі деформації об'єкта



Рисунок 1.3 – Сейсмограф та сейсмометр фірми ZET



Рисунок 1.4 – Акселерометр та датчик деформації фірми ZET

Однією з ключових тенденцій створення систем геодинамічного моніторингу відповідальних об'єктів та споруд є організація обсерваторських спостережень у масштабі часу, наближеного до реального [Кузьмін, 2014]. Ці спостереження

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

дозволяють комплексно вирішувати ряд завдань, включаючи: вивчення довготривалої стабільності роботи прецизійного обладнання, методів обробки даних, що одержуються, а також визначення деформаційної стійкості будівлі.

Окремим типом обладнання є нахилометри. Ряд приладів цього типу запропоновані вітчизняними розробниками. Приклад такого приладу є НШ11 (нахилометр штольневий). Прилад неодноразово модернізувався, зокрема було реалізовано цифрове представлення сигналу, що вимірюється на основі 14-бітного аналого-цифрового перетворювача (АЦП) Е14-440М з інтерфейсом USB, аналоговий вихідний сигнал подається на вхід АЦП, де проводиться його оцифрування з частотою 1 Гц. Програмне забезпечення LGraph2, що поставляється з АЦП, виконувало візуалізацію одержуваних даних і зберігає реєстровані дані у файлах власного бінарного формату.

Тривіальні рішення, такі як розміщення записаних файлів на FTP-сервері або в хмарному сховищі, не можна вважати задовільним, тому що в цьому випадку використання даних вимагатиме наявності специфічного програмного забезпечення для їх читання та/або конвертації.

Крім того, файли з даними власними силами не містять метаінформації, такої як інформація про кількість каналів, частоту дискретизації і т.п. Ця інформація зберігається в окремих файлах заголовка, які також генеруються програмою LGraph2.

Нахиломір за своєю суттю є сейсмометром з широким динамічним діапазоном, що реєструє дві ортогональні компоненти градієнтів зміщення поверхні. Тому природним чином виникає ідея використовувати для нього підходи та рішення, прийняті в сейсмології при організації довготривалих

спостережень. В даний час при реєстрації даних найбільш поширене їх подання у форматі miniSEED, а для оперативної передачі даних – заснований на ньому протокол SeedLink.

Зображення настановного блоку представлено на рис. 1.5

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



Рисунок 1.5 – Наклонометр НШ11

Сучасною європейською сейсмостанцією автономного типу можна вважати реєстратор DSS CUBE, розроблений у GeoForschungsZentrum (Potsdam, Німеччина) влітку 2009 р.. Уже у вересні 2010 р. була випущена перша пробна партія з 14 сейсмостанцій. Це перші станції, яким не потрібне спеціалізоване периферійне обладнання для підготовки до польових робіт, оскільки завдяки мініатюризації воно вже стало складовою сейсмостанцій, наприклад система точного часу і визначення координат GPS. Низьке енергоспоживання забезпечує безперервний запис на двох батареях типу D-cell (LR20) протягом 20 днів (9 днів з увімкненим GPS). Станція починає запис даних в оперативну пам'ять розміром 2 Гб відразу після встановлення елементів живлення. Зчитування даних та її програмування відбуваються через USB інтерфейс. Маса станції – 1 кг.

DATA-CUBE3 – сучасний автономний 3-канальний сейсмічний пристрій запису даних (рис. 6). Він розроблений у GFZ у 2011 р., пізніше модернізований у тісній співпраці компанії Omnirecs/DiGOS та GFZ з метою задовольнити вимоги, які з'явилися протягом багатьох років роботи сейсмічних станцій у різних організаціях та під час вимірювань у суворих умовах.



Рисунок 1.6 – Підготовка елементів DATA-CUBE3 до польових вимірів

Усього було продано понад 1100 рекордерів DATA-CUBE3 у більш ніж 20 країнах. 50 сеймостанцій DATA-CUBE, власниками яких є Інститут геофізики Польської академії наук, використали у міжнародному проекті GEORIFT 2013, та 150 сеймостанцій DATA-CUBE (GFZ, Німеччина) у 2018 у проекті TTZ-South.

Прикладні сейсмічні роботи з досліджень геологічної будови середовища можна поділити на пошукові та розвідувальні. В окремий вид сейсмічних робіт можна виділити тривалий у часі сейсмічний моніторинг великих за площею територій або об'єктів зі складною геометрією розміщення пунктів автономного спостереження. Для пошукової, корисними копалинами, та розвідувальної інженерно-геофізичної сейсмики наявність автономних сеймостанцій – якнайшвидше питання комфорту у проведенні польових робіт, ніж виробнича необхідність. На сьогодні практика комбінування провідних та бездротових технологій у зборі сейсмічних даних. Автономні сеймостанції залучають до польових робіт на важкодоступних ділянках зі складним рельєфом, автотрасами, залізницею, річками та на частково заболочених територіях. Такий підхід у проведенні робіт економить чималі кошти та час, полегшує логістичні завдання, зменшує потребу у кількості обслуговуючого персоналу. Розвідувальні інженерно-геофізичні роботи, як правило, проводять у досить складних умовах, оскільки території обстеження мають надзвичайно розгалужену інфраструктуру житлових та виробничих об'єктів з малою кількістю відкритого ґрунту, наявністю

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

транспортних розв'язок та підземних комунікацій. Від якості отриманого сейсмічного матеріалу залежить достовірність вирішення обернених завдань, а в результаті - правильність наданих замовнику фізичних параметрів ґрунтів.



Рисунок 1.7 – Сейсмостанції Magseis Fairfield ZLAND 3C Node

Деякі нові пасивні сейсмостанції мають бездротові технології передачі невеликої кількості інформації на короткі відстані (до 10 м) для контролю за самодіагностикою та технічним станом. Їх обладнають системами Bluetooth чи WiFi. Активні сейсмостанції конструктивно складні - вони додатково (до пасивних станцій) мають засоби бездротової передачі даних (радіоканали, WiFi, стільникову мережу LTE/4G) та мікрокомп'ютер, який формує пакети даних та відправляє їх у реальному часі на ретранслятор чи базову станцію збору сейсмічної інформації. Як правило, активні станції споживають більше електроенергії, ніж пасивні, через необхідність передавати та отримувати дані; час їхньої автономної роботи в 3-4 рази менше, тому до них приєднують зовні акумулятори великої ємності, за рахунок чого вони стають важчими.

Magseis Fairfield ZLAND 3C Node запустила у серійне виробництво станції Wireless Seismic Mk2 з радіоканалами, у 2012 р. – модернізовані станції RT System 2, а у 2017 – RT System 3 (рис. 1.8, а). Інший виробник Sercel (Франція) у своїх сейсмостанціях WTU-508 використовував для передачі даних та контролю якості в реальному часі технологію бездротової комп'ютерної мережі Wi-Fi на частотах 2402-2480 МГц (рис. 1.8, б) Система Sigma компанії iSeis (США) (рис. 1.8 в). вище моделей тим, що її можна застосовувати у різних конфігураціях, оскільки має

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

ознаки універсальної сейсмічної станції. Її можна використовувати в режимі пасивної або активної сейсмостанції, з передачею сейсмічних даних в режимі реального часу бездротовим каналом WiFi, є радіокерування, кабельне підключення 100base-T Ethernet до комп'ютерної мережі, стільниковий зв'язок (модем). В останній моделі 2017 – Sigma4 додано внутрішній трикомпонентний 2-герцевий геофон для пасивних сейсмічних спостережень.



Рисунок 1.8 – Активні сейсмостанції

## 1.2 Область застосування

Проведений аналіз літературних даних та інформаційних Інтернет ресурсів свідчить, що основними системами сейсмічного моніторингу на Земній кулі є наступні системи: об'єднані дослідні сейсмологічні інститути (IRIS); глобальна цифрова сейсмологічна мережа Геологічної Служби США (USGS); СТВТО [7-10].

Проект IRIS (рис. 1.9), починаючи з 1991 року, передбачає розміщення та обслуговування 50-100 пунктів по всій Земній кулі. Мережа IRIS забезпечує збирання повної безперервної інформації по всіх станціях, додаткову обробку в центрі та формування місячних та річних звітів [7].

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20



Структура окремої станції включає: вимірювальні прилади, пристрої оцифрування сигналу, обладнання передачі даних. Типову схему запропоновано на рис. 1.10

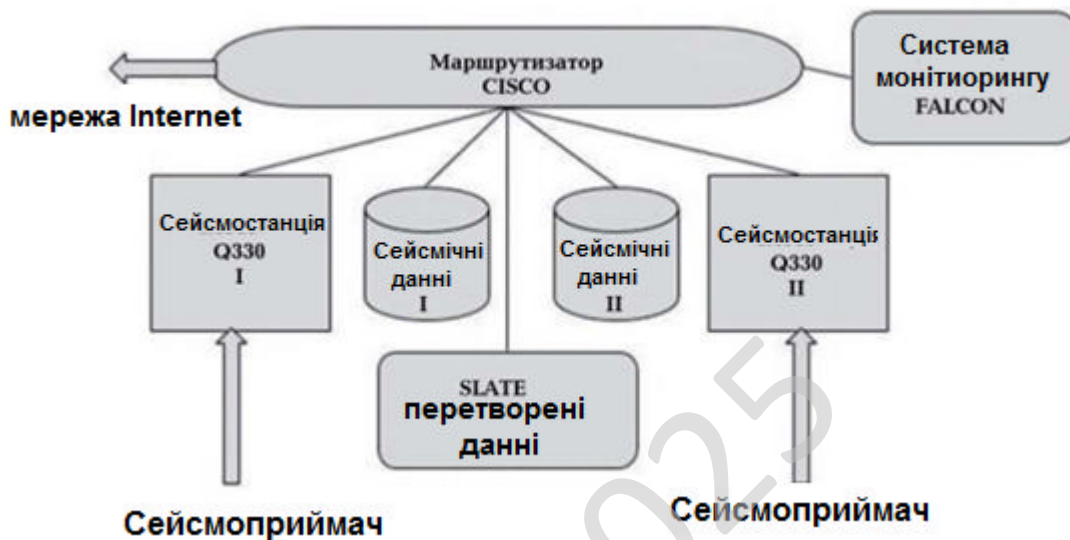


Рисунок 1.10 – Типова схема архітектури станції

Схема можливих комбінацій модулів системи (рис. 1.11), що складається з:

- модуля управління;
- одного з апаратно-специфічних модулів;
- програм-адаптерів та відповідного типу даних модуля передачі.



Рисунок 1.11 – Схема модулів системи

Системи, організовані з урахуванням подібної архітектури, надають можливість оперативної передачі технічно означає наявність безперервно функціонуючої служби (сервісу), надає на запит користувача відповідний потік даних. Роль сервісної служби виконує сервер, що забезпечує трансляцію даних у форматі miniSEED за протоколом реального часу SeedLink.

Загальний вигляд сервісу схематично зображено на рис 1.12. Потік даних від реєстраторів, помічених на схемі цифрами 1–3, перетворюється на формат miniSEED і подається на вхід служби SeedLink для подальшої передачі клієнтам на запит.

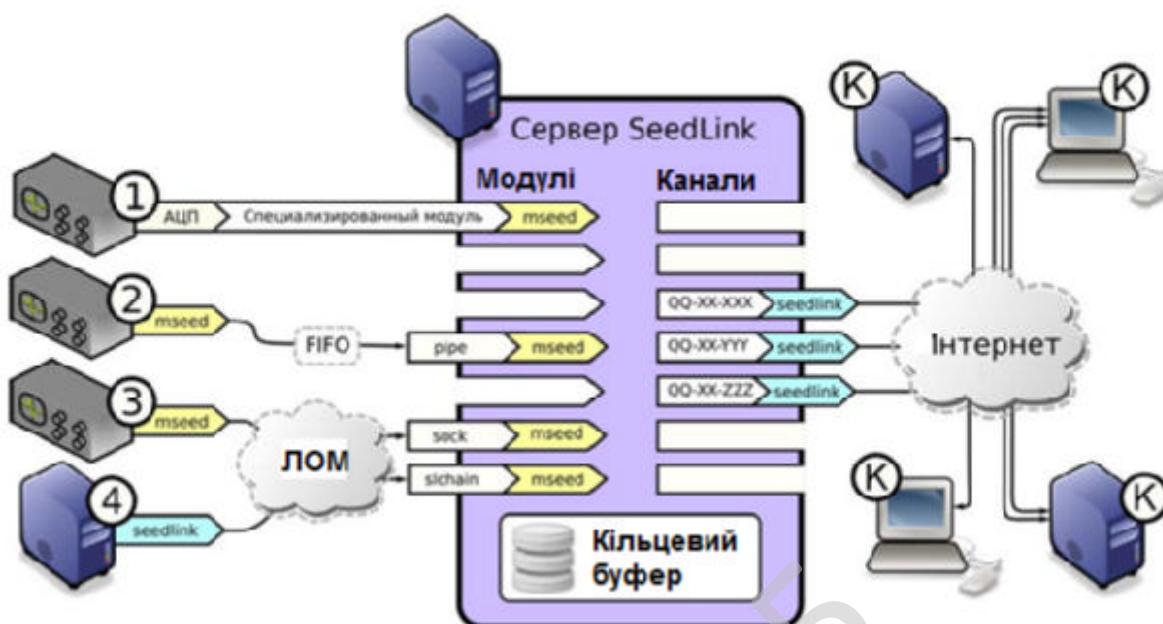


Рисунок 1.12 – Загальна структурна схема сервісу сейсмічного моніторингу

Реєстрація даних з магнітометра здійснюється за інтерфейсом RS-232 або RS-485 за посередництвом програми-адаптера модуля, специфічного для певної серії або моделі магнітометра. Дані перетворюються та надсилаються в модуль передачі. Для передачі магнітних даних використано протокол SeedLink, спеціально створений для оперативної передачі часових рядів і широко застосовується, зокрема, для організації сейсмічних спостережень.

Оснoву протоколу становить формат miniSEED, орієнтований на зберігання та передачу часових рядів. Файл у такому форматі складається із незалежних блоків (у термінах miniSEED blockette). Кожен із блоків містить фрагмент тимчасового ряду або метайнформацію. Інформація зберігаються у бінарному вигляді, а додаткова мінімізація розміру здійснюється за допомогою стиснення без втрат. До додаткових переваг використання протоколу SeedLink слід віднести наявність великої кількості програмного забезпечення, що реалізує як серверну,

так і клієнтську частину, та значну кількість додатків, призначених для роботи з форматом miniSEED:

- програми перевірки створюваних томів,
- їх коригування,
- візуалізації,
- перетворення на інші формати.

КБПЗ\_2025

					ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25



метадані. Докладнішу інформацію про формат можна знайти у Довідковому посібнику SEED на веб-сайті IRIS (<http://www.iris.edu/software/>, -> «Посібник SEED (pdf)»). Багато реєстраторів даних віддають дані miniSEED, як і реєстратори даних PR6-24 (дані Землі), що використовуються в GIPP. Відповідно більшість (необроблених) даних в архіві GIPP представлені у форматі miniSEED.

### **REFTEK**

До 2005 року на ГППІ використовувалась велика кількість реєстраторів 72A (REFTEK). Ці інструменти записують дані у своєму форматі, який можна перетворити за допомогою програмного забезпечення PASSCAL. Можливі формати виводу програмного забезпечення для конвертації: SEG-Y або miniSEED, проте деякі безперервні дані можуть бути збережені в необробленому форматі і не зберігатися під час перекодування.

### **PDAS**

Інструменти типу «Портативна система збору даних» (PDAS-100) від Teledyne/Geotech склали основу GIPP до 2005 року. Ці інструменти записують дані у своєму форматі, що має досить простий заголовок ASCII та блок даних. Крім того, існує ряд допоміжних файлів, що містять стан здоров'я, якість синхронізації і т.д. Формат описаний в КЕРІВНИЦТВІ КОРИСТУВАЧА PDAS (TELEDYNE GEOTECH; Процедури перетворення існують, наприклад, в ORFEUS (<http://www.orfeus-eu.org/>). Деякі старі безперервні дані були збережені у форматі PDAS.

### **SEG-Y**

Формат SEG-Y розроблений «Товариством геофізиків-розвідників» (SEG) як стандартний формат для обміну та архівування геофізичних, особливо сейсмічних даних. Файли SEG-Y містять послідовність даних трасування, кожна з яких складається із заголовка траси та даних (Barry, KM; Cavers, DA; Kneale, CW (1975): рекомендовані стандарти для форматів цифрових стрічок. Geophysics 40 (2): 344-352).

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27



Кожен рівень має свої складності та вимагає застосування сучасних ефективних рішень для підвищення точності прогнозування та швидкості обробки даних.

### **Загальна інформація про формат**

Формат SEED зараз досить стабільний. Протягом перших кількох років його існування у формат було внесено кілька змін. У цьому розділі коротко викладено різні версії SEED, а також основні зміни та доповнення між версіями формату.

В офіційних документах виділяється низка версій формату. Кожна нова версія мала певні зміни у структурі даних або доповнювалась певними розділами. Розділи в термінах формату даних прийнято називати блокетами (Blockettes).

### **Аналіз особливостей окремих версій формату**

Першою офіційно випущеною версією SEED була версія 2.0. Ця версія документована компанією Halbert, Buland та Nutt у публікації Геологічної служби США від 25 лютого 1988 року. «Базова структура та філософія формату даних SEED»

Формат SEED суттєво не змінився порівняно з цією першою документацією формату. Існування тому, аббревіатури, станція та контрольні заголовки проміжку часу всі ці розділи були визначені в першій версії формату. Далі наведемо деякі приклади змін у форматі SEED у пізніших версіях.

### **Версія 2.1, березень 1990**

Версія 2.1 була задокументована в публікації Об'єднаного науково-дослідного інституту сейсмології (IRIS) у березні 1990. У посібнику було роз'яснено багато пунктів у форматі SEED, а також виправлено помилки у попередньому посібнику.

Багато нових блоків були додані в словники відповідності аббревіатур. У форматі були такі підрозділи (блокети).

Blockette 8 – Телеметричний регулятор гучності. Це блокування було додано для забезпечення механізму, за допомогою якого заголовки регулятора гучності не повинні передаватися, якщо вони не були змінені.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Blockette 43 - словник у відповідь (стовпи і нулі). Це блокування було додано так, щоб стовпи та нулі можна було представлено один раз, а потім на нього посилається блок посилань для відповіді. Цей блок містить аналог інформації блокети 53.

Blockette 44 - Відповідь (Словник коефіцієнтів). Аналогічно Blockette 43 лише для інформації Blockette 54.

Blockette 45 - Список відповідей словник Блоків. Аналогічно Blockette 43 лише для інформації Blockette 55.

Blockette 46 - Загальний словник у відповідь Blockette. Аналогічно Blockette 43 лише інформації Blockette 56.

Blockette 47 - словник для проріджування слів. Аналогічно Blockette 43 лише для інформації Blockette 57.

Blockette 48 – Блок чутливості каналу/словник посилення. Аналогічно Blockette 43 лише для інформації Blockette 58.

Blockette 57 – Децимація Блокет. Цей блок було додано, щоб мати можливість повністю вказати відповіді вимірювального інструменту деяких нових реєстраторів даних. Це блокування в даний час регулярно використовується декількома дата\_центрами FDSN.

Blockette 74 – Індекс тимчасових рядів. Цей блок істотно змінив блок 73 у версії 2.0. Це забезпечує індекс для всіх безперервних часових рядів на томі SEED і розміщується безпосередньо перед розміщенням будь-яких даних за обсягом. Це дозволяє швидко отримати інформацію про тимчасові ряди в томі, звертаючись лише до першої частини тому SEED. У версії 2.0 ця інформація була змішана із даними.

### **Версія 2.2, серпень 1991**

Робоча група FDSN із форматів даних знову зібралася у зв'язку з нарадою IUGG у Відні, Австрія.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Зміни у форматі SEED були незначними на цій зустрічі. Довідкове керівництво SEED не було опубліковано, як документацію прийнято використовувати сам протокол засідання FDSN у Відні.

Нижче наведено найбільш значущі зміни, які з'явилися у SEED версії 2.2.

Дві нові блокети було прийнято.

Blockette 61 – Блок реагування РПП. Блоки (54) та (44) традиційно використовувалися для представлення FIR-фільтра. Було потрібне, щоб були визначені всі коефіцієнти і щоб була помилка для кожного коефіцієнта. Але на практиці більшість FIR-фільтрів мають деякі властивості симетрії, а помилка для коефіцієнтів не використовуються. З цієї причини була введена блокета 61, так що специфікація FIR-фільтра зажадала менше місця.

Blockette 41 - Словник FIR. Блокет 41 - це словник аббревіатур, який відповідає блоку 61.

У FDSN також прийнято практику створення томів SEED без даних із версією SEED 2.2. Том SEED без даних містить звичайний том, аббревіатуру та заголовки керування станцією, але пропускає час.

Span Control Заголовки та записи даних.

Метою цих томів є надання альтернативного методу, що дозволяє переконатись (підтвердити), що різні центри обробки даних мають актуальну та правильну інформацію для сейсмічних станцій. Це являє собою поворотний момент, при обміні SEED ці метадані тепер можна обробляти окремо від даних форми хвилі, розпізнавання метаданих часто змінюється (наприклад, внаслідок технічного обслуговування станції, калібрування тощо), на відміну від даних форми сигналу, який є відносно стабільним.

#### **Версія 2.4, квітень 2004**

Наступну структуру було введено у версії v2.4.

Фіксований розділ заголовка даних. Введені поля (Field 2), які визначені як індикатор якості даних, що вказує на рівень якості даних контроль, який був застосований.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

## **Версія 2.4, жовтень 2007**

Наступні пояснення було внесено після липневої зустрічі FDSN:

Фіксований розділ заголовка даних них. Заголовок/індикатор якості (Field 2) може бути «M» для позначення змінених або об'єднаних даних на додаток до індикаторів «D», «R» та «Q».

Blockettes 54 - блок відповіді (коефіцієнтів) та 61 - блок відповіді FIR. Доданий текст для уточнення цього фільтра, коефіцієнт запиту є прямим запитом.

Blockettes 57 – блок децимації (знаковий). Уточнено угоду про знаки для оціночної величини затримки етапу (поле 7) та застосовану корекцію (поле 8).

## **Версія 2.4, серпень 2012**

Blockettes 62 - Поліноміальна блокета. Використання Blockette 62 було вдосконалено для ясності представлення даних та корисності.

Структура та особливості формату miniseed

Оскільки формат SEED був розроблений для досягнення багатьох цілей, він може здатися складним чи грізним із самого початку. Але фактично його структура досить проста. Хоча потрібно також відзначити, що для будь-якої конкретної програми буде використовуватися лише підмножина SEED.

Повна та внутрішньо узгоджена реалізація формату SEED призводить до одного логічного тому. Залежно від типу носія, можна розподілити чи кілька логічних томів однією фізичний том. Проте, не можна створювати логічний том, який охоплює більше фізичного тому.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

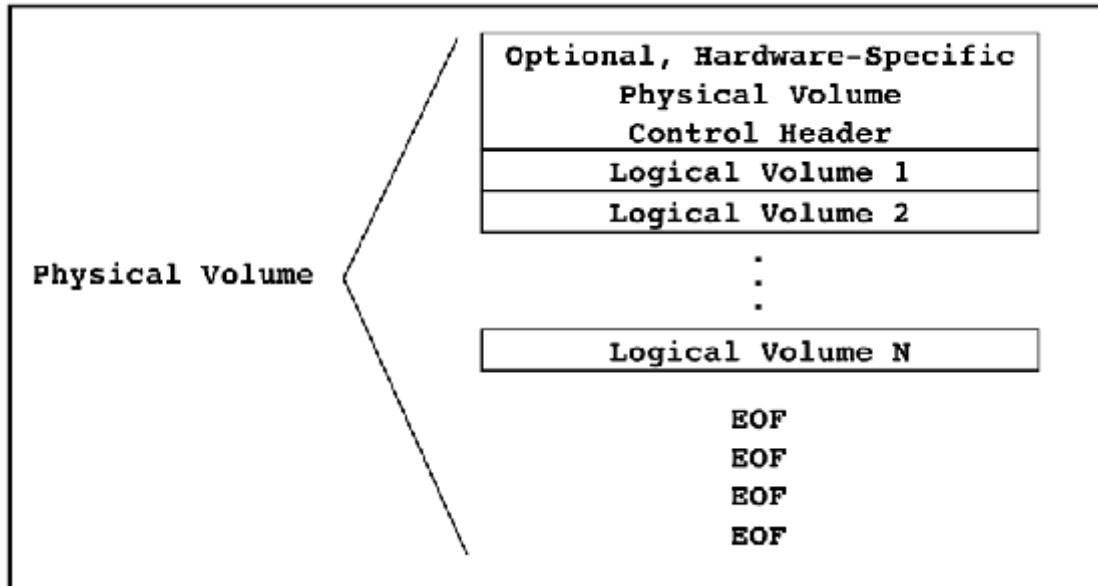


Рисунок 2.1 – Організація логічного тому у фізичному томі

Фізичний запис може містити один або кілька логічних записів, які, у свою чергу, можуть містити один або кілька даних.

Структура SEED дозволяє перетворювати один логічний розмір на інший без необхідності переформатувати записи даних за умови, що розмір запису даних менше, ніж у нового логічного запису. Кожна запис даних містить edxed заголовок розділ, розділ заголовка змінної та розділ даних.

Розділ заголовка з фіксованим значенням забезпечує мінімальне самовизначення, необхідне використання будь-якої частини даних без будь-якої іншої допоміжної інформації. Послідовність не відформатованих бланків, кожен із яких є необов'язковим, становить змінний заголовок-розділ. Ці блок-схеми надають інформацію про конкретні канали, що залежать від часу події, такі як автоматичне визначення інформації про прибуття залежної фази або калібрування.

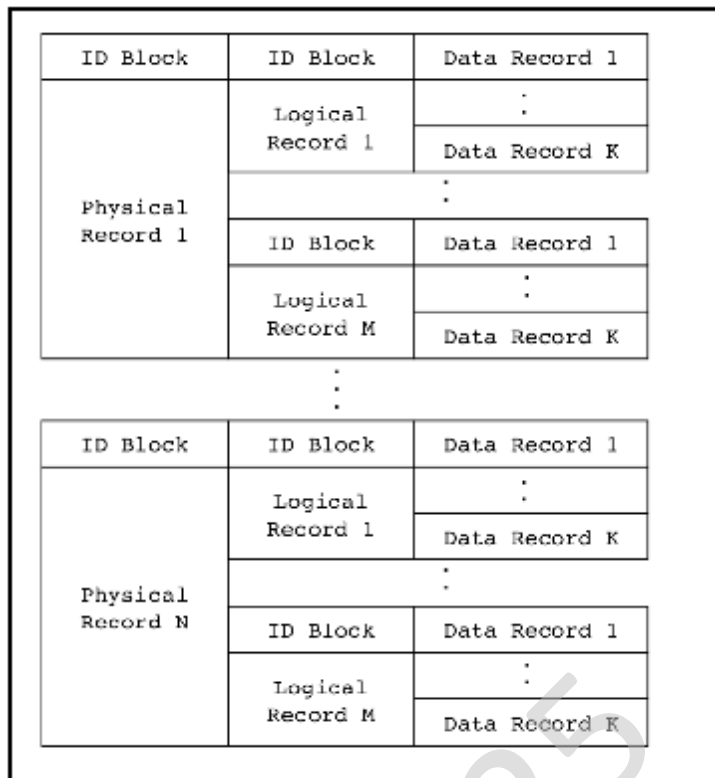


Рисунок 2.2 – Організація записів в об'єкті формату часового ряду

Розділ даних містить фактичні дані часових рядів

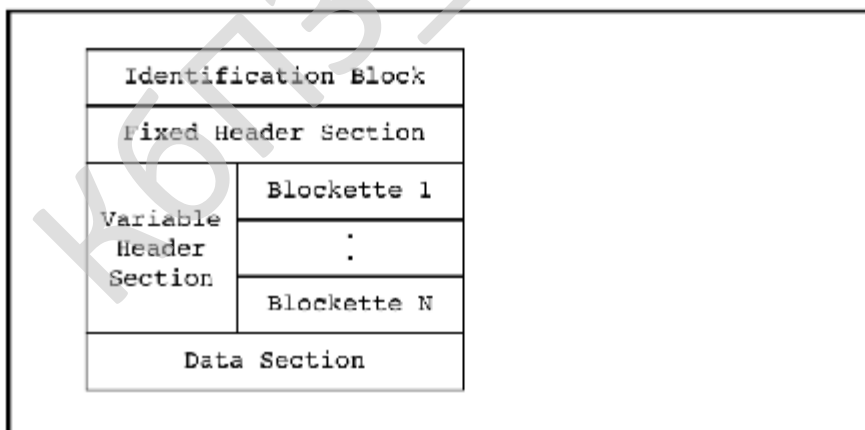


Рисунок 2.3 – Розділ даних

Формат SEED може використовуватися у послідовних кроках та забезпечує обмін даними, що охоплює будь-який тимчасовий або просторовий домен. Наприклад, формат використовується для передачі даних від процесора станції до

центру збору даних, а потім до центру управління даними і, нарешті, кінцевого користувача. Бази даних SEED можуть бути доповнені або змінені різних етапах.

Крім того, центри збору даних та центри керування даними використовують функції формату для архівного зберігання та вилучення даних, як у режимі реального часу, так і із затримкою доставки, залежно від механізмів збору даних.

Через популярність формату даних miniseed з'явився ряд програм, призначених для конвертації даних з інших форматів у miniseed. Деякі з цих програм наведені на рис. 2.4

From Format	Program
GSE	gse2mseed [IRIS DMC], gse2seed (INT only) [ORFEUS]
SAC	sac2mseed [IRIS DMC], sac2ms [NCEDC]
SeisAn	seisan2mseed [IRIS DMC], SeisAn supports Mini-SEED
MARS 88/lite	mars2mseed [IRIS DMC]
Reftok	ref2mseed, rt2ms [IRIS PASSCAL]
SEGY	segy2mseed [IRIS PASSCAL], segy2ms [NCEDC]
SEED	rdseed [IRIS DMC]

Рисунок 2.4 – Розділ даних

Існують також програмні комплекси для аналізу даних і виділення необхідної інформації, наприклад Інспектор Mini-SEED.

### **MSI – Інспектор Mini-SEED**

Розбір та роздруковка корисної інформації про Mini-SEED в одному або декількох файлах. Включаючи безперервну побудову сегментів, друк зразків даних і т. д. Набір даних з яким працює програма - підмножина вибору даних Mini-SEED, упорядкування та скорочення накладання для довільних наборів Mini-SEED, ряд інших функцій та інструментів для роботи з форматом Mini-SEED.

Так як у форматі miniseed сьогодні зберігають не тільки інформацію, отриману в результаті сейсмічного моніторингу, а й ряд інших типів даних, то й програмне забезпечення розробляється в залежності від інтерпретації кінцевих даних. Наприклад для роботи з показаннями магнітних полів Землі, збережених у форматі miniseed використовується програма, що вільно розповсюджується

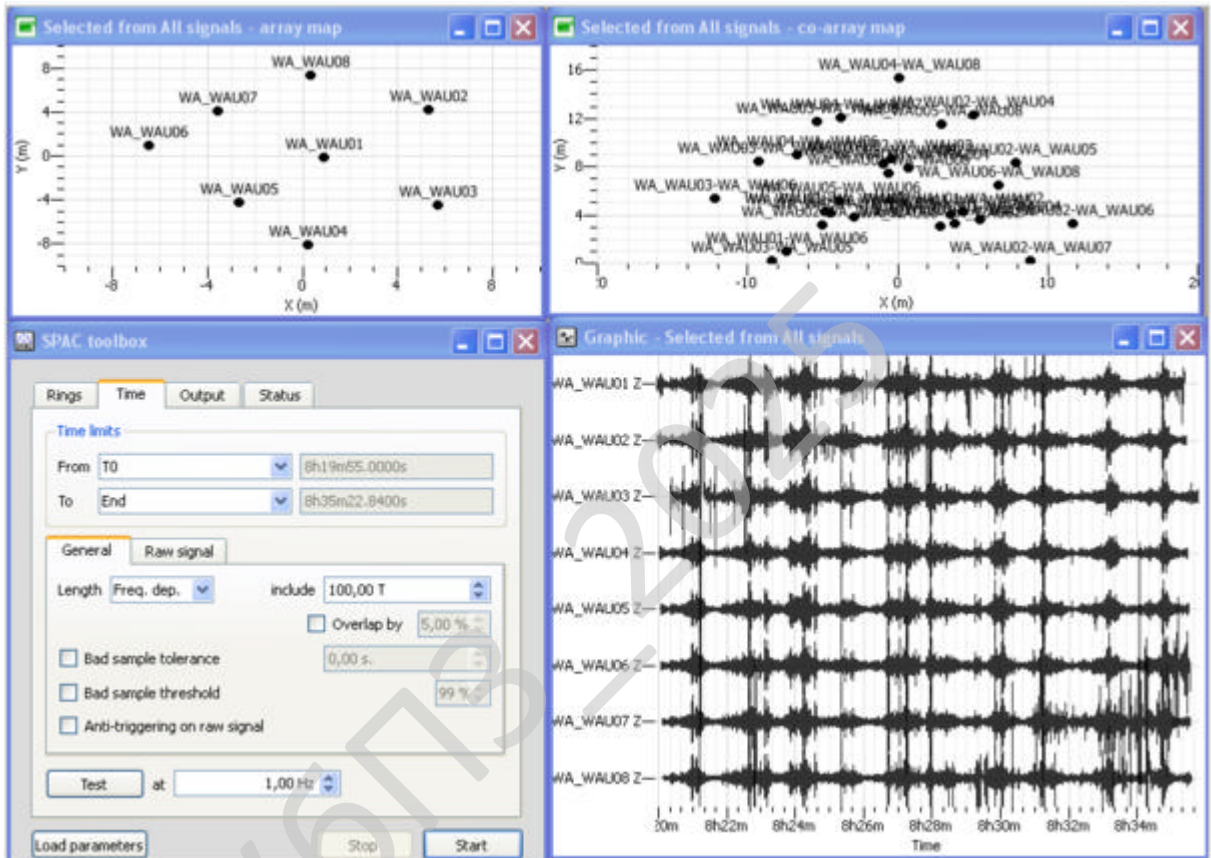


Рисунок 2.5 – Програмний комплекс Geopsy

## 2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Як середовище розробки використовувалися програма Microsoft Visual Studio 2020. Вона повною мірою підтримує .NET Framework, має якості гнучкості та масштабованості проєктів, має гарний рівень документованості.

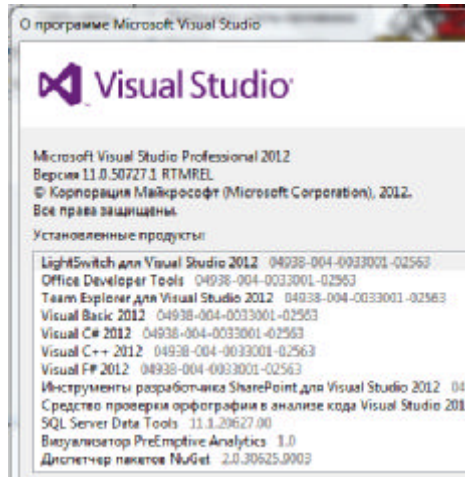


Рисунок 2.6 – Вікно «Про програму» вибраного середовища

Visual Studio 2020 – входить до лінійки продуктів Visual Studio, яку підтримує та постійно розвиває Microsoft, і призначений для розробки програмного забезпечення, а також інструмент включає ряд інструментальних засобів. Цей продукт дозволяє розробляти консольні програми, а також програми з графічним інтерфейсом, однією з особливостей якого є підтримка технології Windows Forms. Крім цього можна розробляти веб-сайти, веб-додатки, веб-служби.

Орієнтовані платформи продукту Microsoft Windows, Windows Mobile, Windows CE, .NET Framework, Xbox, Windows Phone .NET Compact Framework і Microsoft Silverlight[12].

Visual Studio включає редактор вихідного коду з підтримкою технології IntelliSense і можливістю найпростішого рефакторингу коду. Вбудований налагоджувач може працювати як налагоджувач рівня вихідного коду, так і як налагоджувач машинного рівня. Інші вбудовані інструменти включають редактор форм для спрощення створення графічного інтерфейсу програми, веб-редактор, дизайнер класів і дизайнер схеми бази даних.

Visual Studio 2020, яка використовувалася для розробки цього проекту, має такі компоненти.

Language Integrated Query (LINQ) заповнює пробіл між об'єктним програмуванням та даними та дозволяє розробникам зосередитися не на доступі до даних, а на роботі з ними.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37



позначає інкремент змінної. Синтаксис C++ успадкований від мови C. Одним із принципів розробки було збереження сумісності з C. Тим не менш, C++ не є в строгому сенсі надмножиною C; безліч програм, які можуть однаково успішно транслюватися як компіляторами C, так і компіляторами C++, досить велике, але не включає всі можливі програми на C. Мова виникла на початку 1980-х років, коли співробітник фірми Bell Labs Бйорн Страуструп вигадав низку удосконалень до мови C під власні потреби. У 1998 року було опубліковано стандарт мови ISO/IEC 14882:1998 (відомий як C++98)[14]

C++ мова загального призначення і задумана для того, щоб справжні програмісти отримали задоволення від процесу програмування. За винятком другорядних деталей він містить мову C як підмножину. Мова C розширюється введенням гнучких та ефективних засобів, призначених для побудови нових типів. Програміст структурує своє завдання, визначивши нові типи, які відповідають поняттям предметної області завдання. Такий метод побудови програми зазвичай називають абстракцією даних. Інформація про типи міститься в деяких типах, визначених користувачем. З такими об'єктами можна працювати надійно і навіть у тих випадках, коли їх тип не можна встановити на стадії трансляції. Програмування з використанням таких об'єктів зазвичай називають об'єктно-орієнтованим. Якщо цей метод застосовується правильно, то програми стають коротшими і зрозумілішими, а супровід їх спрощується.

Ключовим поняттям C є клас. Клас - це тип, що визначається користувачем та містить одночасно і дані й методи їх обробки, що суттєво підвищує структурованість та логічність вибудовування програми.

Класи забезпечують упаковку і приховування даних, їх ініціалізацію, неявне перетворення типів користувача, динамічне завдання типів, контрольоване користувачем управління пам'яттю і засоби для перевантаження операцій. У мові C++ концепції контролю типів і модульної побудови програм реалізовані повніше, ніж у C. З іншого боку, C++ містить удосконалень, безпосередньо з класами не пов'язані: символічні константи, функції-підстановки, стандартні значення

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

параметрів функцій, навантаження імен функцій, операції управління вільної пам'яттю і тип посилань[15].

## 2.3 Розгорнута постановка завдання

### Назва роботи

Дослідження та програмна реалізація прогнозування сейсмічної ситуації на основі аналізу даних сімейства формату SEED

Сейсмічна активність становить загрозу для людських життів, інфраструктури й економіки. Своєчасне виявлення й прогнозування сейсмічних подій або змін у сейсмічній обстановці дозволяє зменшити ризики та підвищити готовність служб реагування. Формати сімейства SEED (включно з miniSEED та супутніми метаданими) є стандартом зберігання сейсмічних записів у вигляді часових рядів, які містять інформацію з різних сейсмостанцій.

Розробка надійної програмної системи для аналізу таких даних і прогнозування сейсмічної ситуації є практично важливою задачею в геофізиці, цивільній обороні та прикладних дослідженнях. Виконання роботи на мові C++ забезпечує високу продуктивність, контроль пам'яті та можливість побудови інтегрованих систем реального часу.

### Об'єкт і предмет дослідження

- Об'єкт дослідження: сейсмічна ситуація в регіоні (поточна сейсмічна активність, часові ряди з сейсмостанцій).
- Предмет дослідження: алгоритми обробки та аналізу часових рядів у форматі SEED/miniSEED для виявлення передумов сейсмічних подій та прогнозування показників сейсмічної активності.

### Мета роботи

Розробити та дослідити методи аналізу даних сімейства формату SEED та реалізувати програмний комплекс на мові C++ для прогнозування сейсмічної ситуації, який забезпечить:

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>40</b>

- автоматичне зчитування та попередню обробку записів SEED/miniSEED;
- виділення інформативних ознак (features) для побудови моделей прогнозування;
- реалізацію та порівняння декількох підходів прогнозування (статистичних та машинного навчання);
- оцінку якості прогнозів та готового програмного продукту.

### **Завдання**

1. Провести огляд літератури щодо способів аналізу сейсмічних часових рядів і підходів до прогнозування сейсмічності.
2. Детально вивчити структуру та специфікації форматів сімейства SEED (miniSEED, dataless SEED і т.ін.), способи зчитування та представлення даних.
3. Розробити архітектуру програмного комплексу у вигляді модулів: імпорт/парсинг даних, передобробка, екстракція ознак, моделі прогнозування, інтерфейси вводу/виводу, модуль оцінки якості.
4. Реалізувати на мові C++ модулі для:
  - читання та валідації файлів SEED/miniSEED;
  - фільтрації, ресемплінгу, видалення інструментальної відгуку (instrument response) — за наявності метаданих;
  - виявлення короткочасних аномалій (наприклад, STA/LTA) і обчислення базових часових ознак;
5. Розробити набір ознак: часові (амплітуда, енергетичні міри), частотні (спектр, фільтри, спектрограма), часово-частотні (вейвлет-коефіцієнти), статистичні (коваріація, автокореляція), а також інженіринг ознак, що описують тренди і сезонність.
6. Реалізувати та порівняти декілька підходів до прогнозування: класичні статистичні моделі (AR, ARIMA — для часових рядів), методи машинного навчання (Random Forest, SVM), а також нейронні архітектури (RNN/LSTM або CNN на спектрограмах) — за можливості інтеграції з C++ або шляхом виклику зовнішніх реалізацій.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

7. Розробити методику валідації та оцінки: метрики прогнозування (MAE, RMSE), метрики виявлення подій (precision, recall, F1), аналіз часу упередження (lead time) та порівняння за часовими вікнами.

8. Провести експериментальні випробування на реальних та/або синтетичних наборах даних у форматі SEED/miniSEED.

9. Оформити програмний продукт: README, документація API, інструкції по запуску, тести й приклади використання.

10. Оцінити продуктивність, обмеження системи та можливі напрямки подальшого розвитку.

Передбачуваними гіпотезами дослідження, на які опиратимемось в ході дослідження та проектування можна сформулювати наступним чином:

1. Інформативні часові та частотні ознаки, отримані з SEED-даних, дозволять виявляти передсейсмічні зміни зі статистично значущим прогнозним запізненням.

2. Моделі машинного навчання, навчені на правильно підготовлених ознаках, будуть давати кращі прогнози для короткострокової сейсмічної активності, ніж прості лінійні моделі.

3. Використання часово-частотних представлень (наприклад, спектрограми або вейвлети) підвищить розпізнавальну здатність моделей щодо аномалій у сигналах.

Основні джерела: локальні мережі сейсмостанцій, національні чи регіональні каталоги сейсмічних даних, публічні репозиторії збережених файлів у форматі SEED/miniSEED.

Формат: сімейство SEED (включаючи miniSEED для часових рядів та dataless SEED для метаданих). Необхідно врахувати особливості інструментальної корекції, часової синхронізації й відсутності частини метаданих.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

## Попередня методика обробки даних

1. Імпорт даних: читання SEED/miniSEED файлів, валідація метаданих (станція, канал, частота вибірки, часові мітки).

2. Аналіз якості даних: перевірка відсутніх фрагментів, вирівнювання часових інтервалів між станціями.

3. Очищення та передобробка: детрендинг, віконне усереднення, заповнення пропусків, фільтрація (бандпас, низькочастотні/високочастотні фільтри), ресемплінг.

4. Компенсація інструментального відгуку: якщо доступні dataless-метадані — видалення впливу сенсорів, калібрування амплітуд.

5. Екстракція ознак: обчислення часових, частотних і часово-частотних ознак у заданих вікнах (наприклад, 1s, 10s, 1min, залежно від задачі).

6. Маркери подій: розмітка подій на основі існуючих каталогів або алгоритмічного виявлення для навчання та валідації.

## Моделі та підходи

- Класичні методи часових рядів: AR, ARIMA, експоненційне згладжування — для моделювання короткострокових трендів.

- Методи детекції аномалій: STA/LTA, порогова детекція, методи на основі статистичних критеріїв.

- Машинне навчання: Random Forest, Gradient Boosting, SVM для класифікації/регресії прогностичних показників.

- Глибинне навчання: RNN/LSTM або 1D-CNN для роботи з часовими рядами; 2D-CNN для обробки спектрограм.

- Гібридні підходи: поєднання класичних індикаторів (STA/LTA) з ML-моделями для підвищення стабільності.

Примітка: реалізація деяких моделей глибинного навчання може бути виконана в C++ з використанням відповідних бібліотек (напр., libtorch), або шляхом організації інтерфейсу до Python-модулів (якщо дозволено), проте основна частина проєкту має демонструвати застосування C++ для ключових компонентів.

					ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

## Вимоги до програмного забезпечення

### Функціональні вимоги

- Зчитувати (імпортувати) файли сімейства SEED/miniSEED.
- Проводити базову перевірку та валідацію метаданих.
- Забезпечувати модуль передобробки сигналів (фільтри, ресемплінг, детрендинг).
- Проводити екстракцію набору ознак у заданих часових вікнах.
- Забезпечувати навчання та застосування моделей прогнозування.
- Генерувати звіти про якість прогнозів та логувати підключені дані/помилки.

### Нефункціональні вимоги

- Висока продуктивність та масштабованість (обробка великих наборів часових рядів);
- Модульність і розширюваність архітектури;
- Наявність юніт-тестів і прикладів запуску;
- Крос-платформеність (Linux як пріоритет);
- Документованість (API, інструкції з розгортання).

### Архітектура програмного комплексу

Архітектуру програмного комплексу пропонується будувати на основі модульної структури, що включає в себе наступні модулі:

1. Модуль I/O та парсингу SEED: читання файлів, нормалізація метаданих, збереження у внутрішньому форматі.
2. Модуль передобробки: фільтри, ресемплінг, видалення шуму, вирівнювання часових міток.
3. Модуль екстракції ознак: набір алгоритмів для обчислення часових, частотних і часово-частотних ознак.
4. Модуль моделей: інтерфейси для тренування й застосування різних моделей, підтримка збереження/завантаження моделей.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

5. Модуль валідації та оцінки: підрахунок метрик, перехресна валідація, генерація графіків/звітів.
6. CLI/GUI: консольний інтерфейс для пакетної обробки; (опційно) простий GUI для візуалізації сигналів і результатів.
7. Логування і моніторинг: журнал помилок, часові логи обробки.

### **Технологічні інструменти й бібліотеки**

1. Мова: C++ (стандарт C++17 або новіший).
2. Бібліотеки для обробки сигналів та чисел: Eigen (лінійна алгебра), FFTW або KissFFT (швидке перетворення Фур'є), бібліотеки для wavelet-аналізу (за потреби).
3. I/O для SEED/miniSEED: використання існуючих реалізацій чи бібліотек, що підтримують читання miniSEED (наприклад, libmseed або інші сумісні засоби) або власний парсер у разі необхідності.
4. ML/Deep Learning у C++: для класичних алгоритмів можна використовувати реалізації власних або бібліотеки (наприклад, dlib, mlpack); для нейронних мереж — libtorch або виклик зовнішніх сервісів/скриптів.
5. Тестування: GoogleTest для юніт-тестів.
6. Системи збірки: CMake.

### **Метрики якості й критерії успіху:**

- Точність визначення/детекції подій (precision, recall, F1) у випадку класифікації подій.
- Помилки регресії для показників інтенсивності (MAE, RMSE).
- Час реакції/упередження (lead time) — наскільки рано система може сигналізувати про зміну активності.
- Продуктивність (швидкість обробки 1 ГБ даних / хвилину), використання пам'яті.

### **План експериментальної перевірки та тестування**

1. Підготовка датасету: збір файлів SEED/miniSEED з кількох станцій та розмітка подій за каталогами.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>45</b>

2. Проведення серії експериментів для порівняння різних наборів ознак і моделей.
3. Крос-валідація за часом (time-series cross-validation) або розбивання на навчальну/тестову частини за часовими інтервалами.
4. Оцінка результатів за визначеними метриками та аналіз помилок.
5. Стрес-тести продуктивності та тестування на реальних потокових даних (опціонально).

### **Очікувані результати та продукти**

1. Теоретичний розділ: огляд методів і аргументація вибору підходів.
2. Програмний комплекс на C++ з реалізованими модулями: I/O SEED, передобробка, екстракція ознак, моделі прогнозування, валідація.
3. Набір експериментів та звіт з їх результатами.
4. Документація: опис архітектури, інструкції з налаштування й приклади запуску.
5. Рекомендації щодо подальшого розвитку та можливостей інтеграції з системами моніторингу в реальному часі.

КБПЗ-2025

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>46</b>

## 3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

### 3.1 Опис функціонування системи

Розроблена система прогнозування сейсмічної ситуації базується на автоматизованому зборі, обробленні та аналізі даних цифрових сейсмічних станцій у форматах SEED та MiniSEED. Ці формати є галузевим стандартом у сфері сейсмології, оскільки забезпечують компактне зберігання часових рядів, метаданих інструментів та параметрів реєстрації. Система побудована таким чином, щоб забезпечити повний цикл обробки сейсмічної інформації — від завантаження первинних даних до формування прогнозних оцінок та візуалізації результатів.

Формати, запропоновані для реєстрації даних досить універсальні, але іноді виникає необхідність виділити окремі дані і представити в загальному форматі представлення, що легко читається. Природно коливальні процеси та часові ряди найбільш зручно представляти у вигляді графіків (такий підхід дозволяє візуально аналізувати дані та швидко визначати відхилення, характерні параметри, критичні ділянки). Як проміжна форма представлення даних може знадобитися і текстове (як текстового файла) представлення даних. Конвертація форматів подання може бути використана на різних стадіях, але найбільш затребувана вона на кінцевих стадіях обробки та подання даних кінцевому споживачеві (рис. 3.1)

					ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47



Рисунок 3.1 – Місце та роль конвертації даних у структурі інформаційного комплексу з обробки сейсмічних даних

Крім безпосереднього представлення даних для кінцевого споживача, конвертація даних може бути затребувана при використанні даних у різних веб-сервісах та віддалених інтернет-сервісах для доступу до аналітичних даних, які розробляються для профільних фахівців. Проблема пов'язана з тим, що взаємодіяти з даними проставленими специфічними форматами (наприклад, miniseed) вміє лише спеціалізована апаратура та спеціально розроблені програмні комплекси. Інтеграція даних у веб-сервіс вимагатиме необхідності розробки програмного про шарку обробки даних – програмного конвертера, який дозволить отримувати необхідні набори даних у вигляді числових масивів, текстових файлів або інших стандартних форматів стандартних даних.

Можливу архітектуру інформаційно-аналітичної системи для моніторингу землетрусів представлено на рис. 3.2

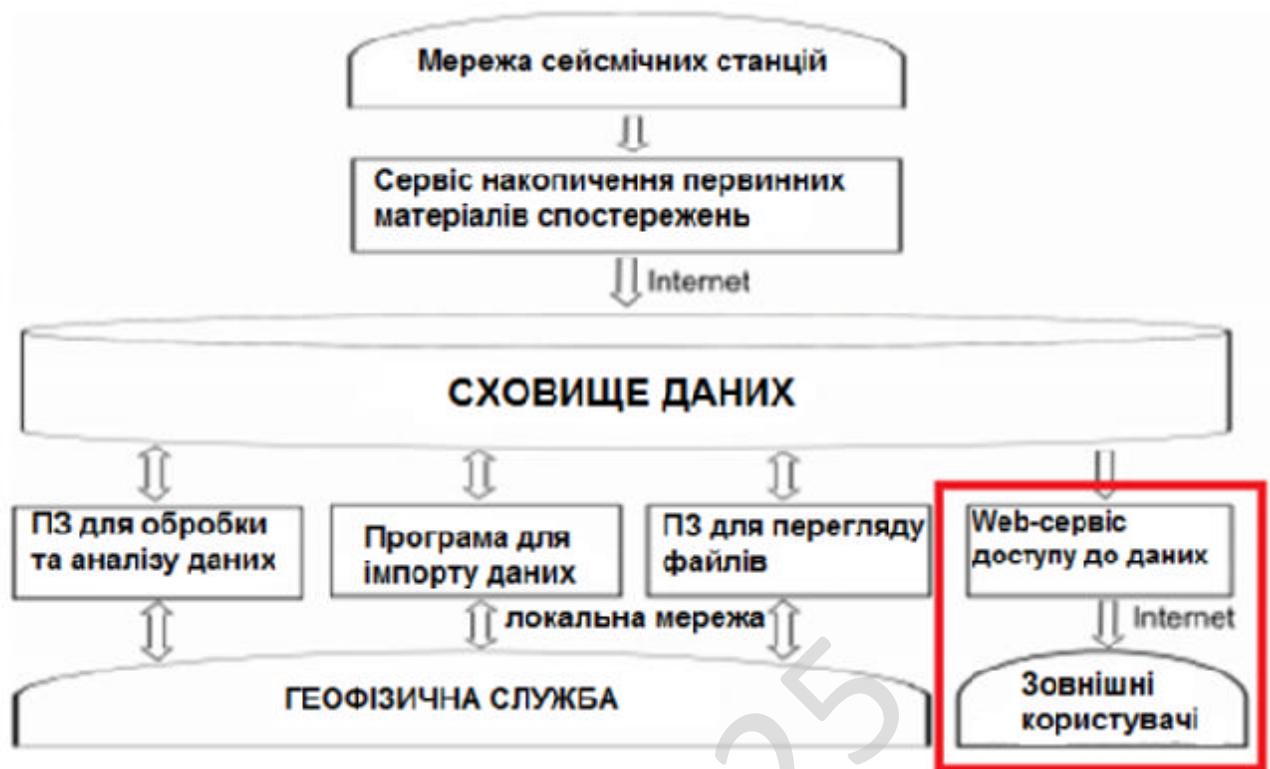


Рисунок 3.2 – Архітектура інформаційно-аналітичної системи

### 3.2 Розробка структурної схеми

Однією з ключових особливостей функціонування системи є модульна архітектура, яка включає підсистеми імпорту даних, попередньої обробки, аналізу сигналів, побудови прогнозних моделей і представлення результатів. Такий підхід дозволяє гнучко адаптувати комплекс під різні сейсмічні станції, змінювати алгоритми обробки та розширювати систему новими модулями без порушення її цілісності.

#### Підсистема імпорту та декодування даних

Під час завантаження файлів MiniSEED система автоматично розпізнає структуру записів, перевіряє цілісність блоків і перетворює їх у внутрішній формат часових рядів. Застосовується декодування різних типів компресії (наприклад, STEIM1/2), що дає змогу працювати з даними з різною частотою дискретизації та

тривалістю запису. Система підтримує як пакетне завантаження історичних файлів, так і обробку поточних даних у режимі квазі-реального часу.

### **Попередня обробка сейсмічних сигналів**

Перед виконанням аналізу дані проходять етапи нормалізації та фільтрації. Система застосовує смугові фільтри, методи видалення тренду та корекції базової лінії, що забезпечує необхідну якість сигналу для подальших розрахунків. У випадку наявності пропусків даних використовується інтерполяція або маркування таких ділянок, щоб уникнути спотворення результатів.

Система також виконує автоматичне визначення ключових характеристик записів — амплітуди, енергії сигналу, спектральних компонентів та індексів активності, що значно прискорює процес підготовки даних до прогнозування.

### **Модуль аналізу параметрів та виявлення аномалій**

На основі очищених даних виконується аналіз часових рядів із застосуванням методів спектрального та кореляційного аналізу. Система визначає зміни в частотних характеристиках, появу високочастотних імпульсів, довготривалі коливання та інші особливості, які можуть вказувати на підвищення сейсмічної активності.

Окремо функціонує алгоритм виявлення аномальних відхилень, заснований на порівнянні поточних параметрів із історичними профілями. Такий підхід дозволяє формувати попередні сигнали про можливу зміну сейсмічної ситуації.

### **Підсистема прогнозування**

Центральним елементом системи є модуль прогнозування, який використовує математичні моделі часових рядів та методи машинного навчання. Залежно від типу доступних даних можуть застосовуватися такі моделі:

- авторегресійні моделі AR/ARIMA;
- моделі згладжування та трендового аналізу;
- нейронні мережі (наприклад, LSTM), здатні враховувати нелінійні залежності;
- моделі класифікації підвищення рівня активності.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Модуль прогнозування генерує оцінки ймовірності виникнення локальних сейсмічних подій певної інтенсивності у найближчому часовому інтервалі. Система може будувати короткострокові та середньострокові прогнози, використовуючи комбінацію кількох алгоритмів для підвищення точності.

### **Візуалізація та представлення результатів**

Система надає користувачеві інтерактивні засоби перегляду часових рядів, спектрів, карт активності та прогнозних графіків. Інтерфейс дозволяє виконувати масштабування, вибір діапазонів, накладання різних параметрів на один графік. Це особливо важливо під час аналізу великих масивів даних, характерних для сейсмічних спостережень.

Також доступне автоматичне формування звітів, що включають графічні та текстові результати аналізу, статистичні показники, прогнозні оцінки та зведені таблиці. Завдяки цьому система може використовуватися як у дослідницьких цілях, так і для оперативного моніторингу.

### **Архітектурні та експлуатаційні особливості**

Програмна система реалізована мовою C++ з використанням бібліотек для роботи з форматами SEED/MiniSEED та інструментів аналізу числових даних. Такий вибір забезпечує високу продуктивність обробки, що є критично важливим для роботи з потоками високочастотних сейсмічних сигналів.

Система оптимізована для роботи як на окремій робочій станції, так і в складі більшого комплексу моніторингу. Передбачена можливість інтеграції з зовнішніми серверами даних через мережеві протоколи (SeedLink або ArcLink), що дозволяє підключати її до існуючої інфраструктури сейсмічного спостереження

Для програмного комплексу конвертації даних (з урахуванням модуля тестування) пропонується наступна модульна структура (рис. 3.3)

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

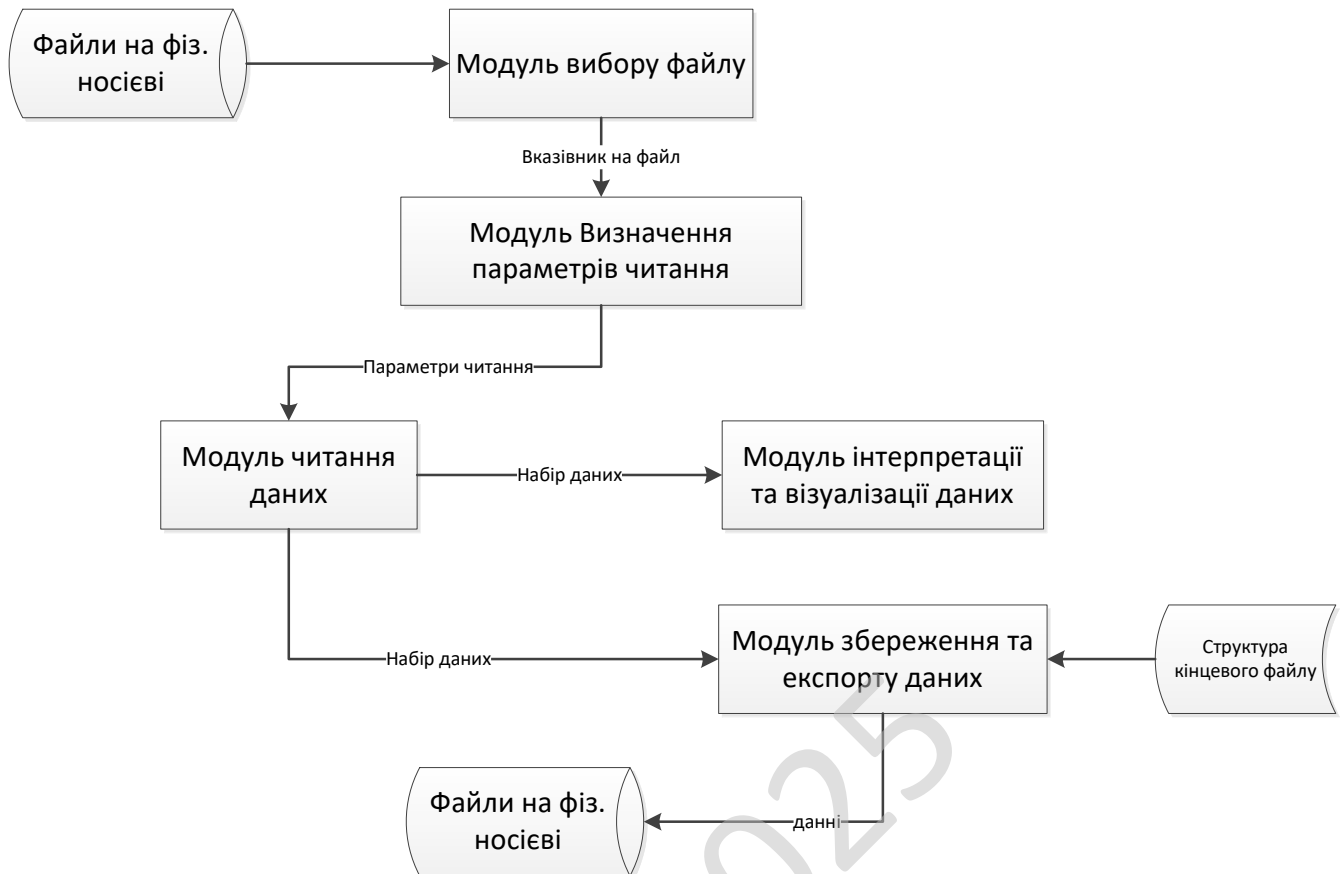


Рисунок 3.3 – Модульна структура системи

Призначення та функціональне навантаження модулів описано у таблиці 3.1.

Загальна логіка обробки даних зрозуміла зі схеми 3.3:

- вибір файлу;
- параметризація читання;
- читання даних;
- подальша обробка прочитаних даних.

### Опис програмних модулів

Наведемо короткий опис моделей, запропонованих на схемі 3.3.

Таблиця 3.1 - Опис модулів

№	Модуль	Призначення та функціональне навантаження
1	Модуль вибору файлу	Призначений для аналізу набору файлів, фільтрації за різними параметрами (ім'я, дата, розмір тощо)
2	Модуль визначення параметрів читання	Модуль визначає параметри читання, секції, обмеження
3	Модуль читання даних	Модуль реалізує функції безпосереднього зчитування даних з фізичного носія та подання їх у вигляді масивів з розміщенням в оперативній пам'яті
4	Модуль інтерпретації та візуалізації даних	Модуль відповідає за розміщення даних на формі користувача (призначений для тестування та візуальної оцінки адекватності отриманих результатів)
5	Модуль збереження та експорту даних	Призначений для збереження даних (раніше прочитаних) у кінцевий файл. Використовує як вхідні набори даних: масив з прочитаними даними з miniseed, структуру кінцевого файлу для експорту. У разі вибору простого текстового файлу послідовно записує числові дані часового ряду.

### 3.3 Розробка функціональної схеми

У результаті робіт спрямованих реалізацію сейсмічного контролю виникає необхідність аналізу даних. Наприклад, на рис. 3.1 наведено функціональну схему процесів, що виникають у ході аналізу даних з подальшим реагуванням.

Система моніторингу сейсмічної активності складається з низки взаємопов'язаних етапів, що забезпечують повний цикл обробки сейсмічної інформації - від моменту реєстрації коливань ґрунту до формування попереджень та офіційних повідомлень відповідним службам.

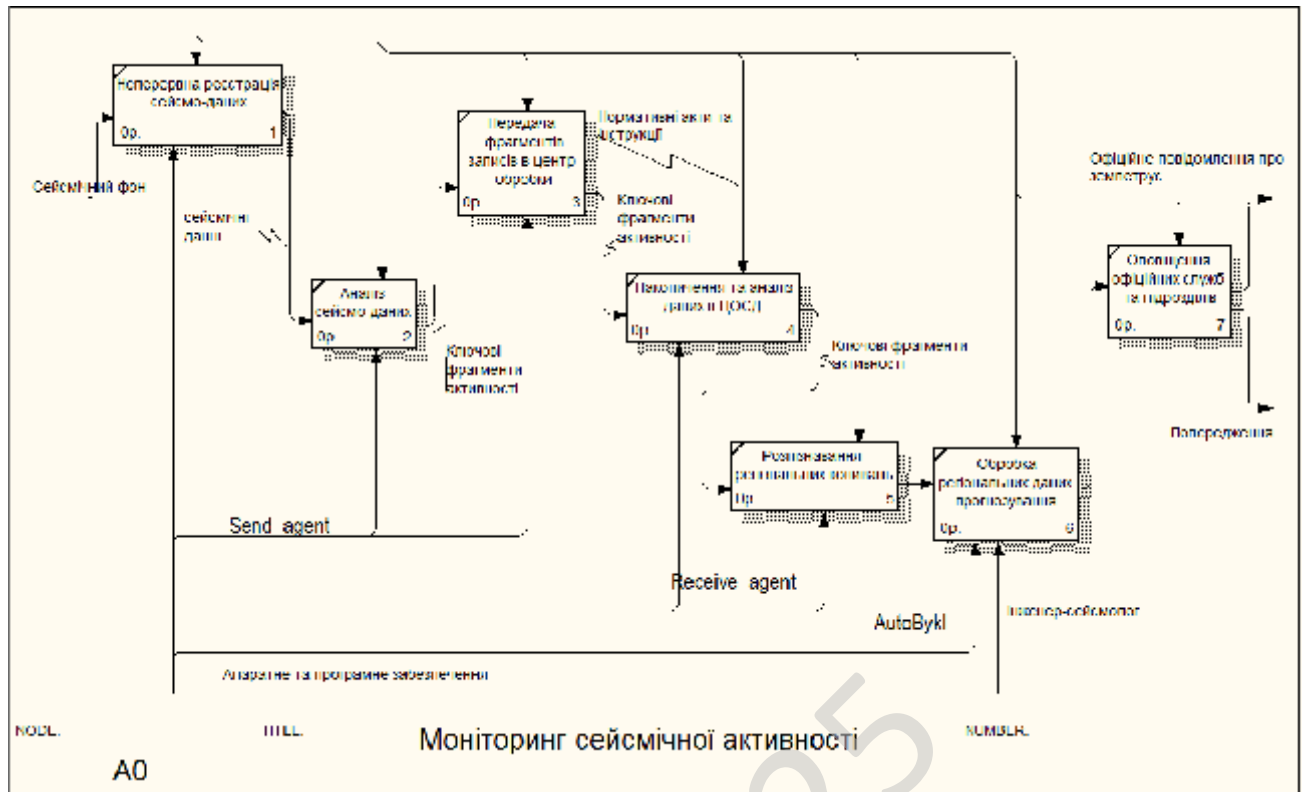


Рисунок 3.4 – Функціональна модель процесів аналізу сейсмічних даних

Основна логіка функціонування представлена у вигляді діаграми (рис. 3.4), де відображено потоки даних, виконавчі процеси та взаємодія між суб'єктами.

Початковим етапом є **реєстрація сейсмічних даних (Send\_agent)**, що надходять від мережі сейсмометрів. Апаратні комплекси фіксують коливання та формують цифрові записи у відповідному форматі. Після цього модуль виконує **перевірку коректності та цілісності даних**, що дозволяє відкинути пошкоджені або неповні фрагменти.

Наступний процес - **аналіз сейсмологічних даних**. На цьому етапі виконується виокремлення ключових характеристик активності: амплітуди, частоти, тривалості сигналів. Формуються ключові фрагменти активності, які несуть інформацію про можливі ознаки землетрусу. Сформовані дані передаються у центр обробки.

**Передача фрагментів записів до центру обробки** здійснюється каналами зв'язку відповідно до нормативних актів та технічних регламентів. У центрі дані

приймаються модулем Receive\_agent, який виконує **ідентифікацію, перевірку та аналіз отриманих фрагментів.**

Цей модуль відповідає за розподіл інформації між подальшими процесами, формуванням узгоджених сейсмічних записів та оцінку їх якості. Ключові ознаки активності передаються в модуль AutoBykl для подальшого детального аналізу.

Система здійснює **розпізнавання регіональних коливань(AutoBykl)**, що дозволяє виділити локальні та віддалені джерела сейсмічних подій. На основі попередньо оброблених фрагментів проводиться **оцінка регіональної сейсмічної обстановки.**

До цього етапу входять такі процедури:

- порівняння даних із історичними шаблонами активності;
- визначення відхилень від фонових коливань;
- аналіз частотних та енергетичних характеристик сигналів;
- формування прогнозу щодо розвитку сейсмічної ситуації.

Результатом роботи є **регіональні дані прогнозування**, які передаються фахівцю-сейсмологу.

### **Прийняття рішення та інформування служб**

Інженер-сейсмолог аналізує отримані результати, оцінює рівень загрози та приймає рішення щодо формування **офіційного повідомлення про землетрус.** У разі потреби активується процедура попередження відповідних служб та організацій - систем оповіщення населення, рятувальних служб, органів цивільного захисту.

Окремий модуль відповідає за **оповіщення офіційних структур**, що включає:

- передачу даних про можливий землетрус,
- надсилання попереджень на підрозділи,
- формування інформаційних бюлетенів.

Таким чином, система забезпечує безперервний моніторинг стану сейсмічної активності та оперативне реагування на її зміни.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Представлена схема описує цілісний процес моніторингу сейсмічної активності — від моменту первинної реєстрації коливань ґрунту до формування офіційного повідомлення про землетрус і попередження відповідних служб. Модель відображає взаємодію апаратних засобів реєстрації, програмних модулів (Send\_agent, Receive\_agent, AutoBykl) та інженера-сейсмолога. Нижче наведено детальний опис кожного блоку, зв'язків та потоків.

Окремі блоки функціональної схеми рівня А0 можна описати і більш формально. Опишемо декілька блоків для прикладу.

### **Модель А0. Моніторинг сейсмічної активності**

Головний процес включає сім основних операційних блоків (позначених Op.N), кожен з яких виконує конкретну задачу у загальній системі. Дані рухаються зліва направо, проходячи послідовні етапи обробки, трансформації та аналізу.

#### **Op.1: Перевірка реєстрації сейсмо-даних**

##### **Призначення блока**

На цьому етапі апаратні сейсмічні станції фіксують коливання ґрунту та генерують сирі сейсмічні записи у форматах SEED/MiniSEED. Всі поточні коливання, включно з фоновими шумами, передаються до системи для первинної перевірки.

##### **Основні функції**

- контроль працездатності датчиків і приладів реєстрації;
- перевірка якості сигналу (відсутність збоїв, переповнення буфера, обривів);
- маркування пошкоджених або неповних записів;
- стандартне формування блоків даних для подальшої обробки.

##### **Результат**

Коректні сейсмічні дані передаються у наступний блок аналізу, а невалідні — відкидаються або журналюються.

#### **Op.2: Аналіз сейсмо-даних**

##### **Призначення**

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Блок виконує попередній аналіз сигналу для виділення фрагментів, що можуть містити ознаки сейсмічної активності.

### **Виконувані дії**

- фільтрація сигналів, видалення шуму;
- визначення амплітуди, частоти, тривалості хвиль;
- виявлення імпульсів та можливих початків сейсмічних подій;
- формування **ключових фрагментів активності** (сегментів сигналу, що потенційно важливі).

### **Результат**

Система формує структуровані ключові фрагменти, які несуть максимальну інформативність для подальшого аналізу.

### **Ор.3: Передача фрагментів записів у центр обробки**

#### **Сутність**

Блок Send\_agent здійснює передачу відібраних фрагментів сигналу у центр обробки даних.

#### **Дані на вході**

- ключові фрагменти активності;
- метадані щодо станції та часу реєстрації.

#### **Особливості**

Процес повинен відповідати:

- технічним регламентам,
- нормативним актам,
- вимогам до мережевої безпеки та формату передачі.

### **Результат**

Фрагменти надходять до модуля Receive\_agent для центрального аналізу.

### **Ор.4: Ідентифікація та аналіз даних у ЦОСД ()**

(ЦОСД — Центр обробки сейсмічних даних)

### **Призначення блоку**

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Receive\_agent отримує дані від мережі станцій та виконує їх комплексну обробку.

### Основні функції

- перевірка цілісності отриманого фрагмента;
- синхронізація даних різних станцій;
- нормалізація часових міток;
- визначення достовірності активності;
- розподіл фрагментів між подальшими програмними модулями.

### Результат

Сформовані «ключові фрагменти активності» передаються в AutoVukl.

## 3.4 Розробка діаграми процесів

Відповідно до раніше спроектованих діаграм та проведеного аналізу, можна представити діаграму процесів (рис. 3.5)

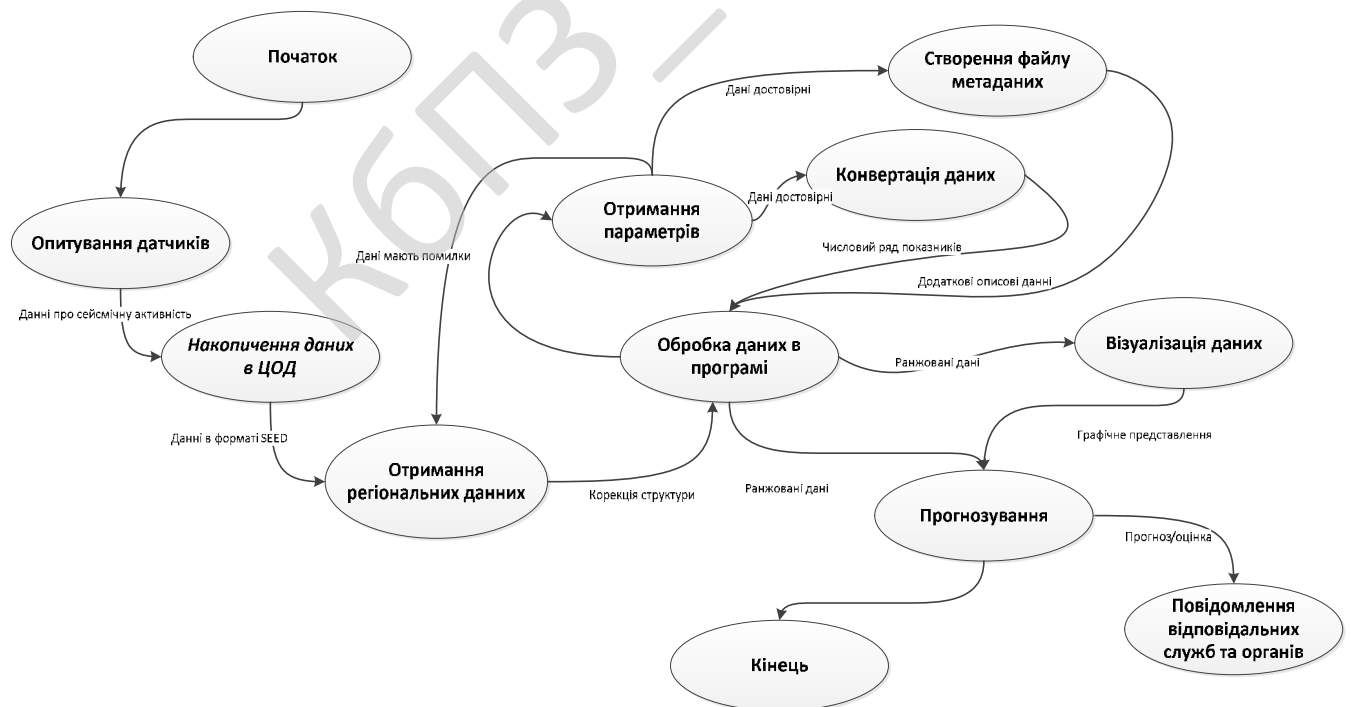


Рисунок 3.5 – Діаграма процесів

Діаграма взаємодії процесів використовується для візуалізації процесів обробки даних (структурне проектування).

Етапи функціонування програмної системи вже розглянуті і детально описані раніше, схема (рис. 3.5) лише деталізує послідовність виконання процесів та обмін інформаційними потоками між процесами. Варто зазначити, що процеси «Початок», «Кінець», показані на схемі, достатньо формально. Так як система призначена для постійної роботи: моніторингу та аналізу даних.

КБПЗ\_2025

					ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

## 4 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

### 4.1 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи

У цьому пункті проілюстровано основні моменти роботи з форматом: читання даних з різними вхідними параметрами.

На рис. 4.1 представлено загальну структуру формату даних SEED, нижче представлений фрагмент коду, відштовхуючись від цієї структури, формує набір даних.

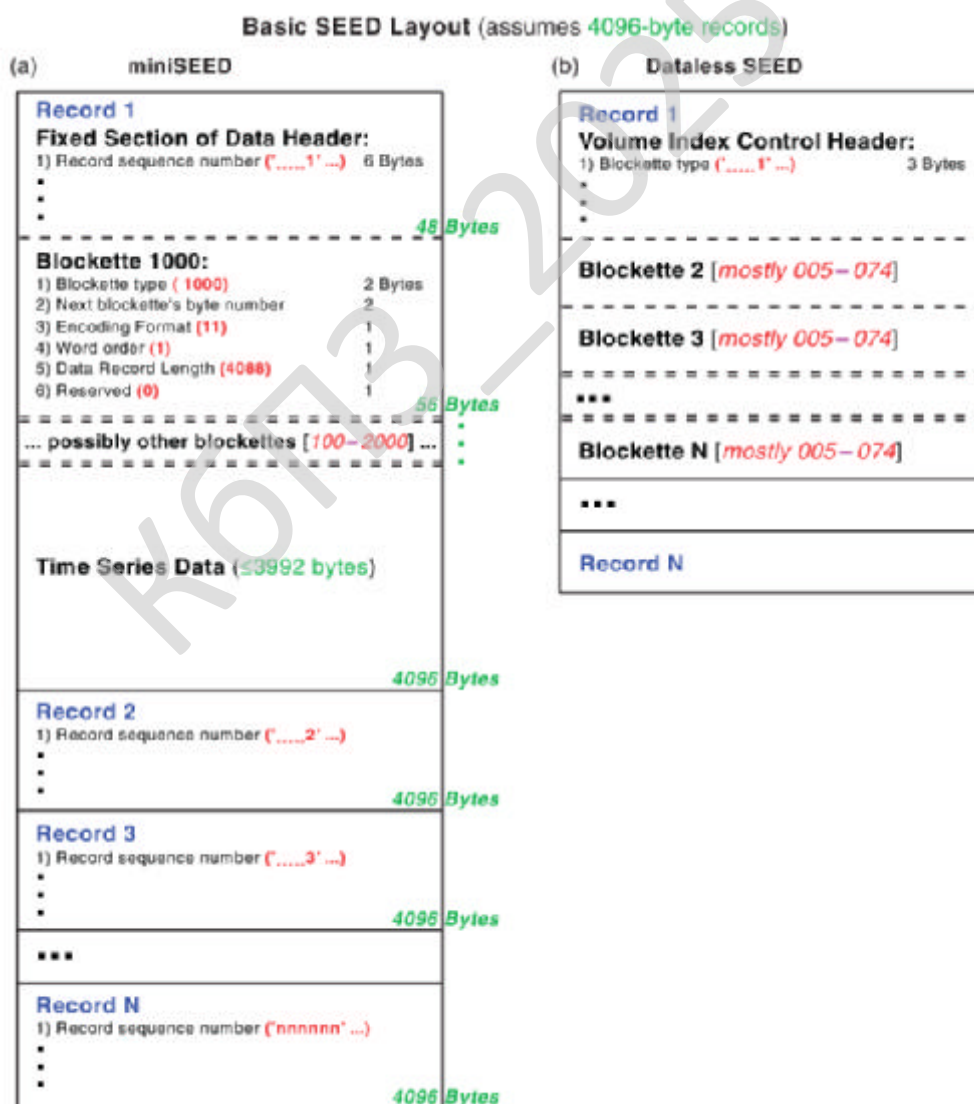


Рисунок 4.1 – Загальна структура формату даних SEED



```

ms_log (0, "%10d ", *(int32_t *)sptr);
else if (msgr->samplotype == 'f')
ms_log (0, "%10.8g ", *(float *)sptr);
else if (msgr->samplotype == 'd')
ms_log (0, "%10.10g ", *(double *)sptr);
cnt++;
}
}
ms_log (0, "\n");
if (prt_data == 1)
break;
}
}
}
if (retcode != MS_ENDOFFILE)
ms_rlog_emit (NULL, 0, _verbs);
ms3_readmsgr (&msgr, NULL, NULL, NULL, 0, 0);
if (b_sum)
ms_log (1, "Records: %" PRIu64 ", Samples: %" PRIu64 "\n",
totalrecs, totalsamps);
return 0;
}

```

В представленому вище фрагменті реалізовано основний цикл зчитування даних з потоку та переведення даних в файл. При цьому в файл запусуються вже виключно числові дані показників, які можна в подальшому аналізувати та візуалізувати. Тобто фактично в цьому коді і реалізовано конвертацію даних.

Блок-схема основної функції представлена на рис. 4.2

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

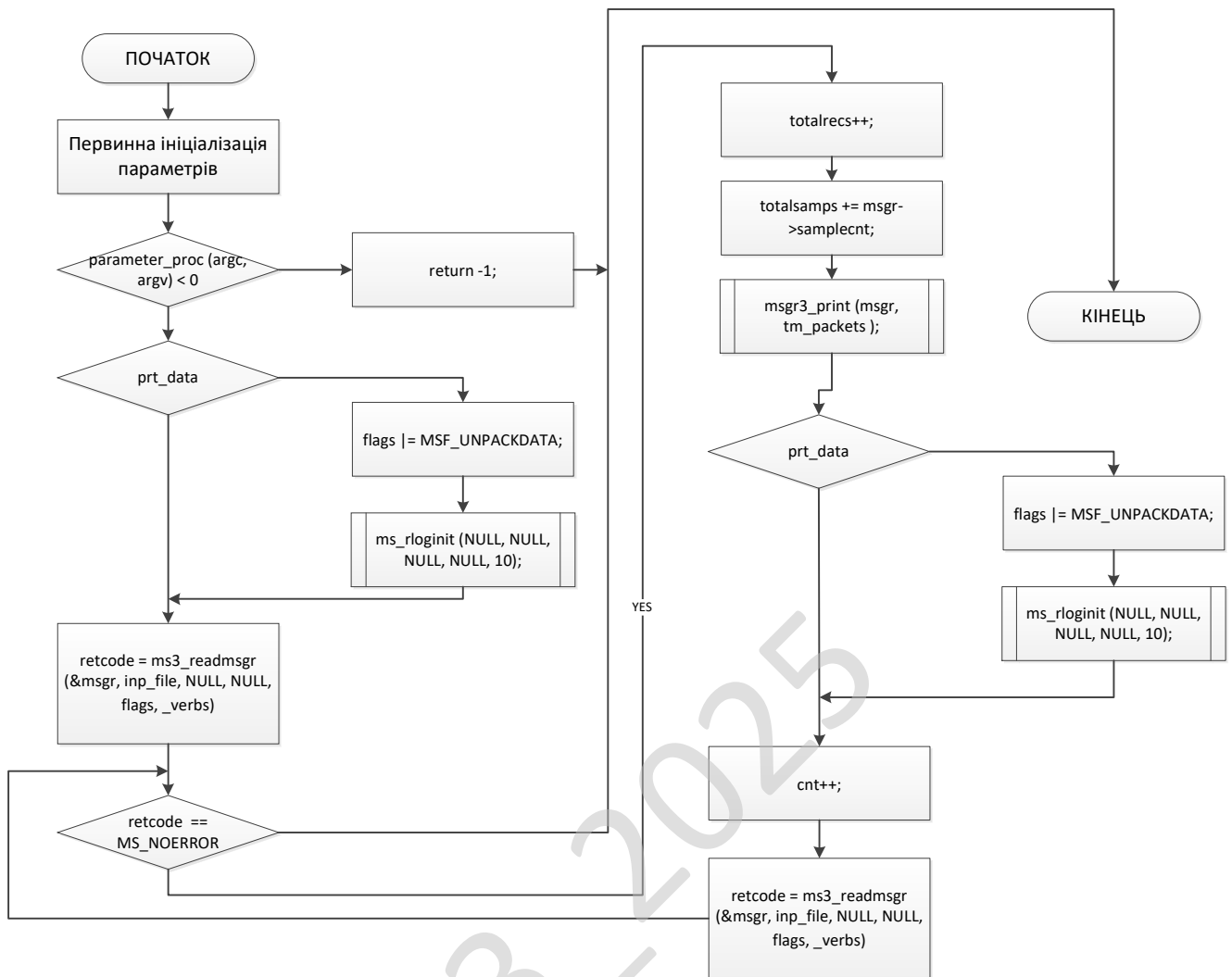


Рисунок 4.2 – Блок-схема головної функції програми

Додаткові перевірки, отримання блоків, звірення сум та отримання значень різних прапорів з потоку даних реалізовано у вигляді окремих функцій.

В наступному фрагменті представлено код функції, що отримує параметри процесу в ході прийняття даних

```

static int
parameter_proc (int argcount, char **argv)
{
    int optin;
    for (optind = 1; optind < argcount; optind++)
    {
        if (strcmp (argv[optind], "-v") == 0)
        {
            ms_log (1, "%s version: %s\n", PACKAGE, VERSION);
            exit (0);
        }
    }
}
  
```

```

}
else if (strcmp (argv[optind], "-h") == 0)
{
_usage ();
exit (0);
}
else if (strncmp (argv[optind], "-v", 2) == 0)
{
_verbs += strspn (&argv[optind][1], "v");
}
else if (strncmp (argv[optind], "-p", 2) == 0)
{
tm_packets += strspn (&argv[optind][1], "p");
}
else if (strncmp (argv[optind], "-d", 2) == 0)
{
prt_data = 1;
}
else if (strncmp (argv[optind], "-D", 2) == 0)
{
prt_data = 2;
}
else if (strcmp (argv[optind], "-s") == 0)
{
b_sum = 1;
}
else if (strncmp (argv[optind], "-", 1) == 0 &&
strlen (argv[optind]) > 1)
{
ms_log (2, "Unknown option: %s\n", argv[optind]);
exit (1);
}
else if (inp_file == 0)
{
inp_file = argv[optind];
}
else
{
ms_log (2, "Unknown option: %s\n", argv[optind]);
exit (1);
}
if (!inp_file)
{
ms_log (2, "No input file was specified\n\n");
ms_log (1, "%s version %s\n\n", PACKAGE, VERSION);
ms_log (1, "Try %s -h for usage\n", PACKAGE);
exit (1);
}
if (libmseed_url_support () && ms3_url_useragent (PACKAGE, VERSION))
return -1;
if (_verbs)
ms_log (1, "%s version: %s\n", PACKAGE, VERSION);
return 0;
}

```

Алгоритмічно функція досить проста. Фактично її робота полягає в перевірці заданого набору параметрів та їх значень. У випадку наявності прапорів, що

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

свідчать про помилковість даних процес переривається та функція очікує посилання на новий потік даних. У випадку коректних даних формується рядок метаданих та починається запис у файл.

Блок-схема допоміжної функції представлена на рис. 4.3

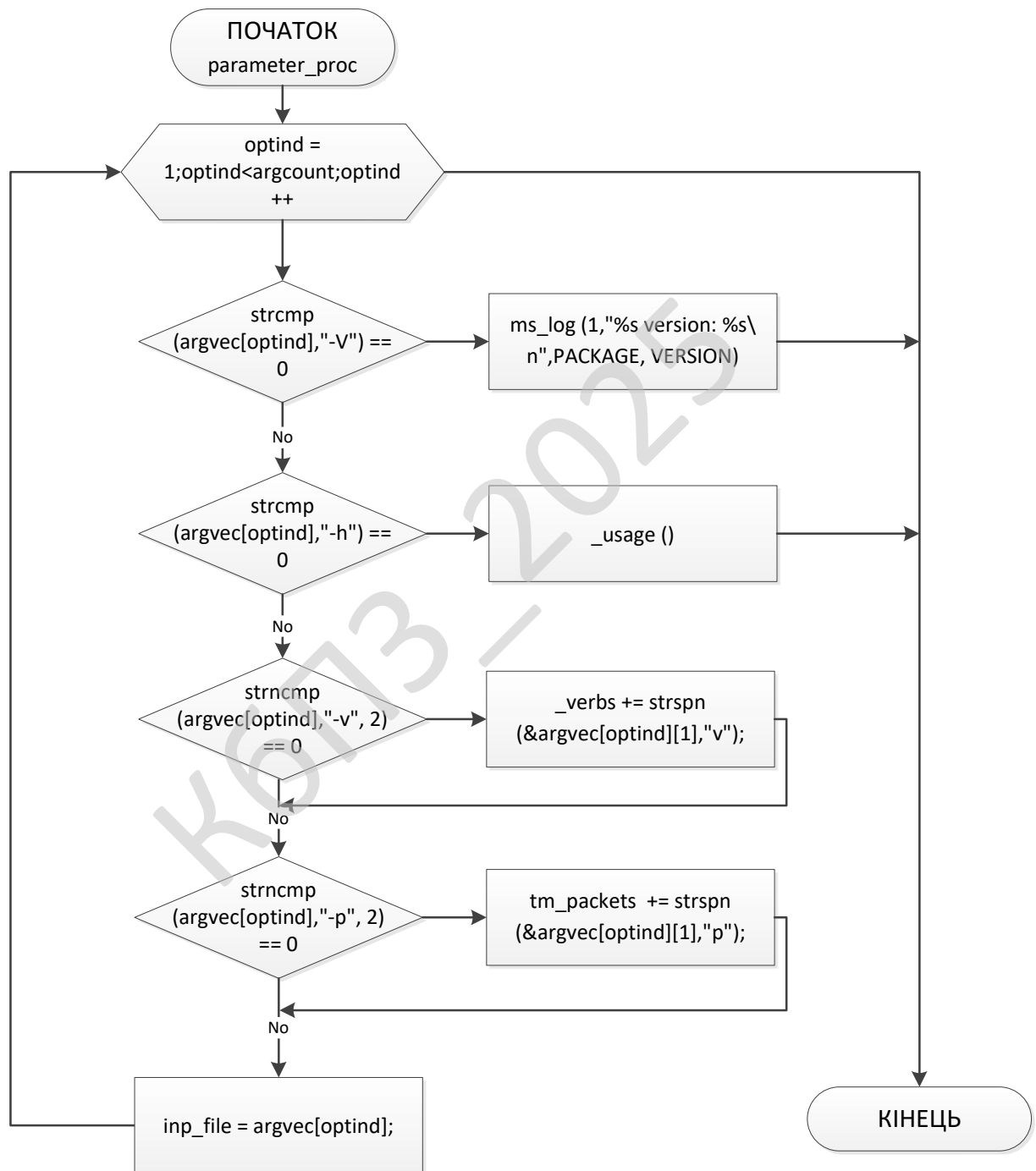


Рисунок 4.3 – Блок-схема функції перевірки параметрів та формування файлу метаданих





- читання блоку,
- збереження набору даних у зовнішньому файлі (наприклад, текстовий).

Для тестування функцій візуалізації даних або експорту до зовнішніх контейнерів (наприклад, файли додатків MS Office \*.xls, \*.xlsx) краще вибрати тип інтерфейсу WinForms або WPF. Останній варіант може бути кращим, оскільки являє собою адаптивний тип інтерфейсу, але вимагає більше витрат на проектування.

Windows Presentation Foundation (WPF) - система для побудови клієнтських програм Windows з візуально привабливими можливостями взаємодії з користувачем, графічна (презентаційна) підсистема у складі .NET Framework (починаючи з версії 3.0), що використовує мову XAML.

WPF встановлена у Windows 7 (.NET Framework 3.5 SP1), Windows 8 (.NET Framework 4.0 та 4.5), Windows 8.1 (.NET Framework 4.5.1) і вище.

В основі WPF лежить векторна система візуалізації, яка не залежить від дозволу пристрою виводу та створена з урахуванням можливостей сучасного графічного обладнання. WPF надає засоби для створення візуального інтерфейсу, включаючи мову XAML (Extensible Application Markup Language), елементи керування, прив'язку даних, макети, двовимірну та тривимірну графіку, анімацію, стилі, шаблони, документи, текст, мультимедіа та оформлення.

Графічною технологією, що лежить в основі WPF є DirectX, на відміну від Windows Forms, де використовується GDI/GDI+. Продуктивність WPF вища, ніж у GDI+ рахунок використання апаратного прискорення графіки через DirectX.

Також існує урізана версія CLR, що називається WPF/E, вона відома як Silverlight.

На наступному малюнку представлено схему побудови інтерфейсу з використанням технології WPF.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68



Рисунок 4.4 – Побудова програми WPF

Зважаючи на те, що інтерфейс створюється тільки для тестування основних функцій, для прискорення та полегшення роботи виберемо звичайний WinForms інтерфейс.



```

this->menuStrip1->Name = L"menuStrip1";
this->menuStrip1->Size = System::Drawing::Size(683, 24);
this->menuStrip1->TabIndex = 0;
this->menuStrip1->Text = L"menuStrip1";

//
// chart1
//
this->chart1->BorderlineDashStyle =
System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::ChartDashStyle::Solid;
chartArea2->Name = L"ChartArea1";
this->chart1->ChartAreas->Add(chartArea2);
legend2->Name = L"Legend1";
this->chart1->Legends->Add(legend2);
this->chart1->Location = System::Drawing::Point(196, 54);
this->chart1->Name = L"chart1";
series2->ChartArea = L"ChartArea1";
series2->ChartType =
System::Windows::Forms::DataVisualization::Charting::SeriesChartType::Line;
series2->Legend = L"Legend1";
series2->Name = L"Series1";
this->chart1->Series->Add(series2);
this->chart1->Size = System::Drawing::Size(456, 300);
this->chart1->TabIndex = 1;
this->chart1->Text = L"chart1";
this->chart1->Click += gcnew System::EventHandler(this, &Form1::chart1_Click);
//
// textBox1
//
this->textBox1->Location = System::Drawing::Point(12, 54);
this->textBox1->Multiline = true;
this->textBox1->Name = L"textBox1";
this->textBox1->Size = System::Drawing::Size(164, 300);
this->textBox1->TabIndex = 2;
//

// label2
//
this->label2->AutoSize = true;
this->label2->Location = System::Drawing::Point(202, 35);
this->label2->Name = L"label2";
this->label2->Size = System::Drawing::Size(82, 13);
this->label2->TabIndex = 4;
this->label2->Text = L"Визуализация:";
//
// button1
//
this->button1->Location = System::Drawing::Point(451, 360);
this->button1->Name = L"button1";
this->button1->Size = System::Drawing::Size(201, 23);
this->button1->TabIndex = 5;
this->button1->Text = L"Сохранить на внешний носитель";
this->button1->UseVisualStyleBackColor = true;
//

// Form1
//
this->AutoScaleDimensions = System::Drawing::SizeF(6, 13);
this->AutoScaleMode = System::Windows::Forms::AutoScaleMode::Font;
this->ClientSize = System::Drawing::Size(683, 394);
this->Controls->Add(this->button2);
this->Controls->Add(this->button1);
this->Controls->Add(this->label2);

```

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

```

this->Controls->Add(this->label1);
this->Controls->Add(this->textBox1);
this->Controls->Add(this->chart1);
this->Controls->Add(this->menuStrip1);
this->MainMenuStrip = this->menuStrip1;
this->Name = L"Form1";
this->Text = L"MSEED_Converter";
this->menuStrip1->ResumeLayout(false);
this->menuStrip1->PerformLayout();
(cli::safe_cast<System::ComponentModel::ISupportInitialize^ >(this->chart1))-
>EndInit();
this->ResumeLayout(false);
this->PerformLayout();

}

#pragma endregion

```

В даному пункті роботи пункті роботи запропоновані елементи проектування програмної системи для читання та конвертації даних із формату miniseed у стандартні формати даних.

Така конвертація може знадобитися в різних випадках, коли дані обробляються не спеціалізованими програмами, а передаються в якісь зовнішні сервіси, наприклад, веб-сервіси. У разі веб-сервісів, доцільніше писати програмний код мовами адаптованих під веб (наприклад Java). Але програмне забезпечення, яке досліджується у роботі, не є кінцевим продуктом, а представляє практичну складову дослідження. У кожному конкретному варіанті інструментальні засоби мають бути вибрані під кінцеві потреби.

Процес проектування та реалізації програмного забезпечення детально описано в розділах 3 та 4 магістерської роботи. В даних розділах визначено місце програмного забезпечення конвертації даних, описані можливі способи його використання. Наведено модульну структуру програмної системи, реалізовано окремі програмні частини. Останній пункт розділу пропонує інтерфейс для тестування розроблених функцій.

## 4.2 Захист розробленого програмного забезпечення

У процесі розроблення програмного забезпечення, призначеного для прогнозування сейсмічної ситуації на основі аналізу даних у форматі SEED та

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

miniSEED, особлива увага приділяється питанню забезпечення безпеки як самого програмного комплексу, так і даних, що в ньому обробляються. Оскільки система працює з великими обсягами наукових сейсмічних вимірювань, які часто передаються у потоковому режимі та зберігаються у централізованих репозиторіях, критично важливими є цілісність, достовірність та захищеність цих даних.

### **1) Захист програмного забезпечення**

Архітектура розробленої системи включає модулі для прийому поточкових сейсмологічних даних, їхнього попереднього аналізу, обробки та прогнозування. Для забезпечення захисту програмного забезпечення застосовується комплекс заходів:

#### **1.1) Контроль доступу та аутентифікація.**

Адміністративні інтерфейси, інструменти завантаження даних та сервіси прогнозування захищені механізмами авторизації. Використання токенів доступу або ключів API запобігає несанкціонованому доступу до модулів обробки.

#### **1.2) Шифрування внутрішньої взаємодії сервісів.**

Оскільки передавання даних між модулями (наприклад, модулем прийому потоків SEED та модулем обробки) може здійснюватися через мережу, застосовується транспортний рівень шифрування (TLS). Це знижує ризики перехоплення даних чи ін'єкції фальшивих пакетів.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

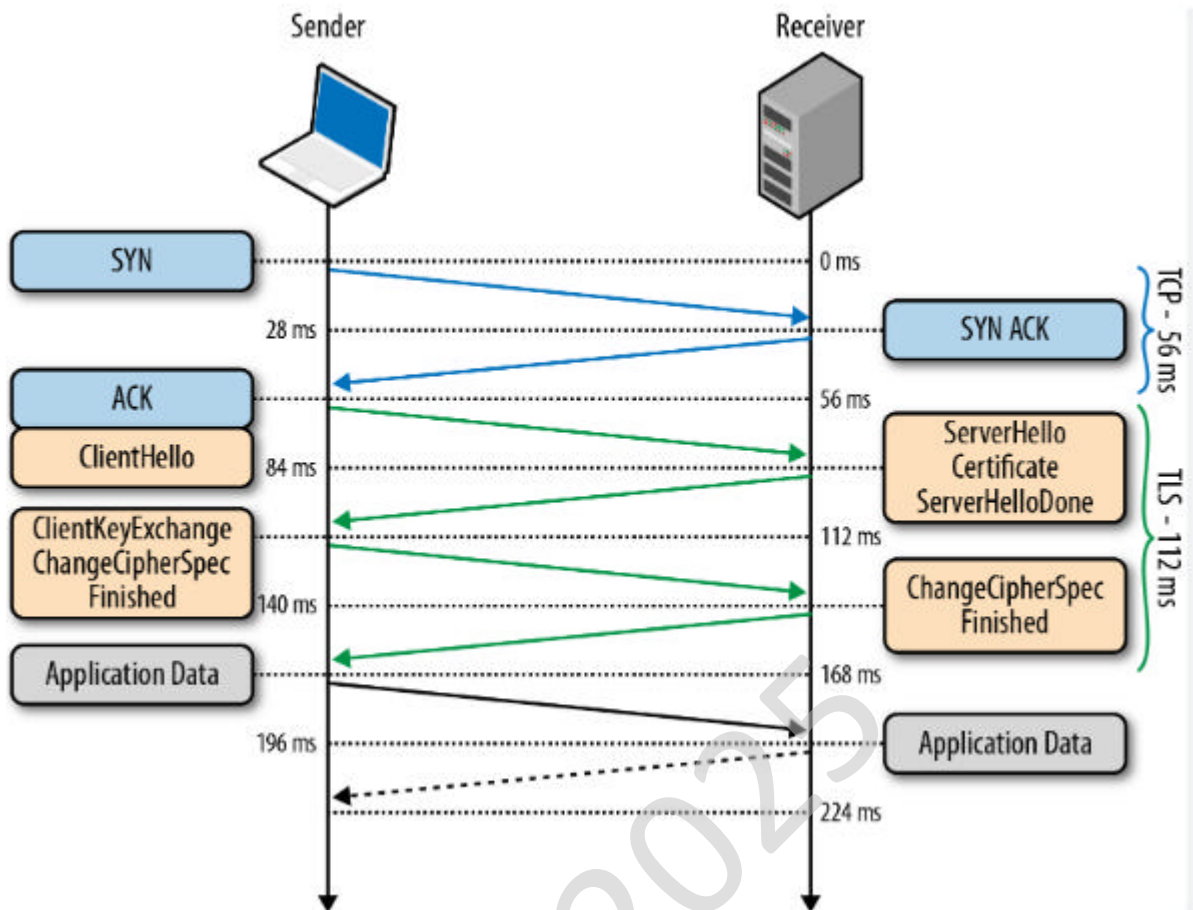


Рисунок 4.6 – Транспортний рівень шифрування

### 1.3) Захист від ін'єкцій та порушення логіки роботи системи.

Інтерфейси завантаження SEED-файлів та метаданих можуть стати ціллю для шкідливих входів. Тому реалізовано валідацію форматів, структурних полів та суворе дотримання стандартів SEED та miniSEED під час парсингу. Це зменшує ризик використання системних вразливостей.

### 1.4) Контроль цілісності виконуваних модулів.

Використання контрольних хешів (SHA-256) дозволяє визначати, чи не були модулі модифіковані сторонньою особою. Автоматизовані перевірки здійснюються при запуску системи.

## 2) Забезпечення захисту даних сейсмічних вимірювань

Сейсмічні дані SEED/miniSEED можуть передаватися у потоковому режимі (наприклад, через SeedLink або інші канали) і зберігатися в базі даних. Для їхнього

захисту важливо гарантувати конфіденційність, автентичність, цілісність та стійкість до спотворень.

## 2.1) Поточковий алгоритм шифрування

Оскільки система може працювати з поточковими даними, доцільно застосувати поточковий криптографічний алгоритм. Серед сучасних і рекомендованих до використання підходів:

Алгоритм ChaCha20 - сучасний поточковий шифр, який використовується у TLS 1.3, відзначається високою продуктивністю та стійкістю до криптоаналізу.

Переваги ChaCha20 для нашої системи:

- висока швидкість шифрування потоків сейсмічних даних у реальному часі;
- мінімальна затримка;
- стійкість до атаки через побічні канали;
- надійність при роботі на різних архітектурах, включно з вбудованими системами збору даних.

ChaCha20 використовується для шифрування потоків SEED під час передавання каналами SeedLink або іншими протоколами передачі телеметрії.

ChaCha20 - це поточковий шифр, розроблений для підтримки високопродуктивних програмних реалізацій. Він покращує попередній поточковий шифр Salsa20 зі збільшеною дифузією за раунд без зниження продуктивності.

Пакет також містить реалізацію XChaCha20: варіант ChaCha20 з розширеним 192-бітним (24-байтовим) одноразовим числом, що використовується функцією Cargo chacha20 (увімкнено за замовчуванням).

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

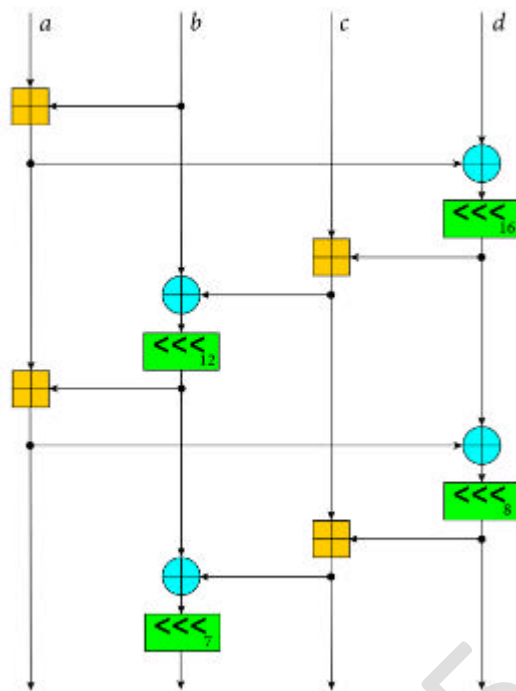


Рисунок 4.7 – Поточковий алгоритм шифрування ChaCha20

### Реалізації

Пакет містить такі реалізації ChaCha20, всі з яких працюють на стабільній версії Rust з такими RUSTFLAGS:

```
x86 / x86_64
avx2: (~1.4cpb) -Ctarget-cpu=haswell -Ctarget-feature=+avx2
sse2:  (~2.5cpb) -Ctarget-feature=+sse2 (увімкнено за
замовчуванням на процесорах x86)
aarch64
neon (~2-3 рази швидше, ніж soft) вимагає Rust 1.61+ та
увімкнену функцію neon
```

Портативний: soft: (~5 cpb на x86/x86\_64)

### Безпека

Пакет не гарантує автентичність шифротекстів (тобто не використовує MAC для перевірки цілісності шифротексту), що може призвести до серйозних вразливостей при неправильному використанні!

Щоб уникнути цього, варто використовувати режим AEAD на основі ChaCha20, тобто ChaCha20Poly1305. Дивіться репозиторій RustCrypto/AEADs для отримання додаткової інформації.

Усі реалізації, що містяться в пакеті (разом із самим потоковим шифром ChaCha20), розроблені для виконання в постійному часі.

Мінімальна підтримувана версія Rust: Rust 1.56 або вище.

Мінімальну підтримувану версію Rust можна змінити в майбутньому, але це буде зроблено з незначним оновленням версії.

Політика SemVer: Усі функції цієї бібліотеки, що встановлені за замовчуванням, покриваються SemVer. MSRV вважається звільненим від SemVer, як зазначено вище.

Ліцензія:

Ліцензія Apache, версія 2.0

Ліцензія MIT.

### 3) Оцінка та забезпечення цілісності даних

Для наукових сейсмологічних вимірювань критично важливо гарантувати, що дані не були спотворені та відображають реальні показники датчиків. Тому в системі реалізовано такі механізми:

#### 3.1) Використання криптографічних хешів

Для кожного отриманого файлу SEED/miniSEED або його окремого фрагмента обчислюється контрольний хеш:

- SHA-256 — стандартний алгоритм забезпечення цілісності даних;
- хеші зберігаються у базі даних разом з метаданими запису;
- при кожній вибірці або обробці даних хеш повторно обчислюється та порівнюється зі збереженим.

Це дозволяє виявляти як випадкові помилки, так і навмисні модифікації.

#### 3.2) Цифровий підпис даних

У випадку отримання даних з офіційних сейсмологічних центрів можливо застосовувати алгоритм цифрового підпису (наприклад, ECDSA):

					ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

- сервер-постачальник підписує блоки даних SEED;
- система перевіряє підпис перед обробкою;
- це гарантує автентичність джерела інформації.

### 3.3) Перевірка структури та форматів SEED

Оскільки формат SEED містить жорстко структуровані блоки (Blockette 1000, Blockette 1001, записи фреймів), програмна система перевіряє:

- коректність довжини записів,
- валідність службових полів,
- правильність часових міток,
- структурну цілісність кожного блоку.

Такі перевірки дозволяють виявити спотворення або неповноту інформації навіть на до-хешовому етапі.

Таким чином, у межах розробленої програмної системи забезпечено комплексний захист програмного забезпечення та сейсмічних даних. Використання потокового алгоритму ChaCha20, механізмів перевірки цілісності (SHA-256, цифрові підписи) та валідації форматів SEED гарантує достовірність та безпечність інформації, що є критично важливим для коректного прогнозування сейсмічної активності.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

## 5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Впровадження системи прогнозування сейсмічної ситуації на основі даних SEED/miniSEED у промислову експлуатацію потребує поетапного та комплексного підходу.

Загальні схема експлуатації комплексу та функціональні складові показано на рис 5.1

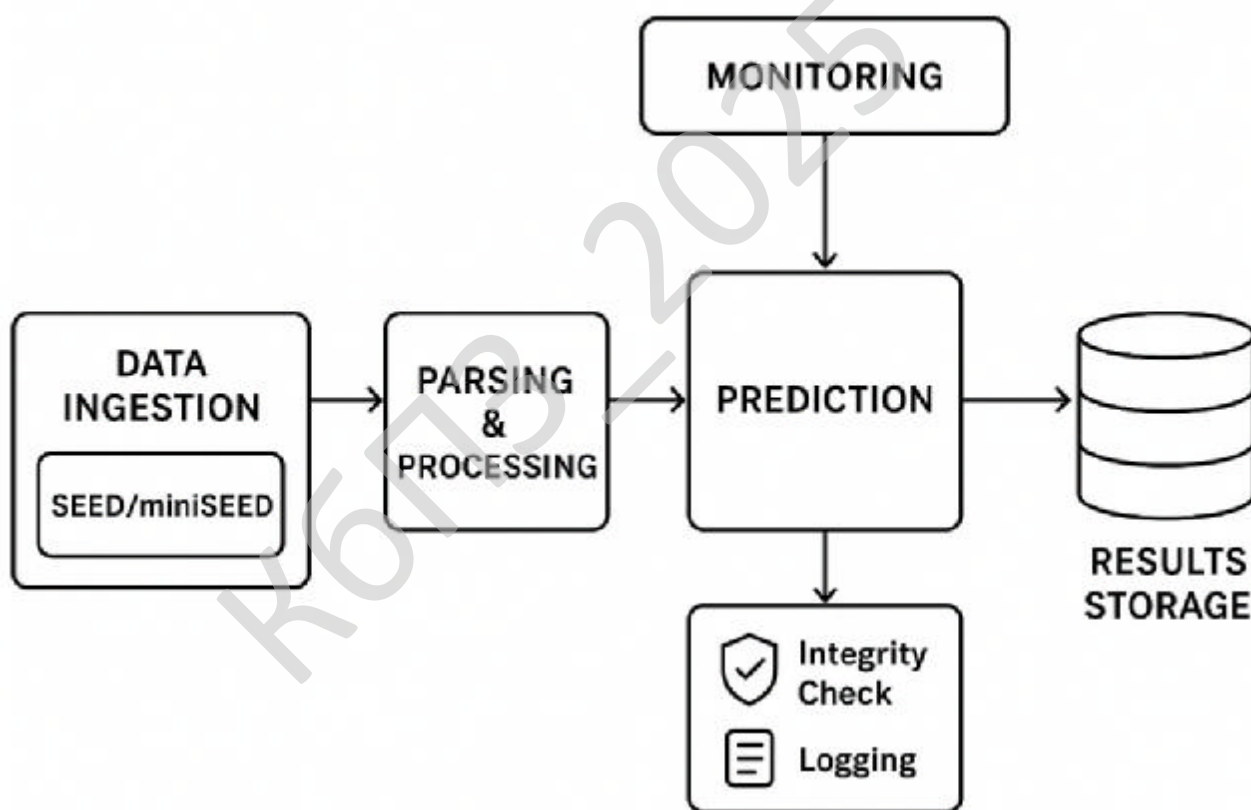


Рисунок 5.1 – Експлуатація комплексу маніторингу сейсмічної ситуації

Оскільки система працює з високочутливими сейсмологічними вимірюваннями, отриманими у режимі реального часу, а також використовує



ресурси, здатні виконувати аналіз і прогнозування, мережеві канали та їх пропускна здатність, системи резервування й архівації даних, інструменти моніторингу стану обладнання.

На основі проведеного аудиту формуються вимоги до розгортання системи.

Зокрема до системи формуються вимоги щодо:

- продуктивності (швидкість опрацювання потоків SEED);
- точності (мітки часу, декодування, відтворення амплітуд);
- надійності (відмовостійкість, дублювання каналів);
- безпеки (шифрування, контроль доступу, цілісність даних);
- масштабованості (можливість підключення нових станцій).
- Окремо визначаються параметри:
  - допустимі затримки при потоковому прийомі,
  - мінімальні характеристики серверів прогнозування,
  - вимоги до програмних залежностей.

## 2. Розгортання програмних компонентів

На цьому етапі налаштовуються:

- модулі прийому поточкових даних SEED/miniSEED;
- протоколи обміну (SeedLink, ARCLink, власні TCP-сервіси);
- механізм валідації формату й структури блоків SEED;
- буферизація та кешування у разі тимчасової нестабільності мережі.

Потоки захищаються шифруванням ChaCha20 або TLS 1.3 залежно від топології мережі.

Розгортання сервера обробки та прогнозування напрямлений на налаштування та запуск основного вузла системи. Центральний обчислювальний вузол включає ряд модулів (описано в роботі раніше).

Сервер прогнозування розгортається на окремій машині для забезпечення максимального доступного часу роботи.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>81</b>

Всі аналітичні процеси системи потребують накопичення даних, тому обов'язковим етапом впровадження в експлуатацію є налаштування бази даних. Н цьому етапі потрібно виконати наступні кроки:

- створення структури таблиць для SEED-блоків, прогнозних даних, службової інформації;
- налаштування шифрування (AES-256-GCM для даних "на спокої");
- створення політик доступу до таблиць;
- впровадження індексів для прискорення аналітичних запитів.

Безпосередньо «Експлуатаційний етап» передбачає постійний моніторинг стану системи, до якого входить: моніторинг телеметрії, контроль показників продуктивності, аналіз логів. Система потребує періодичного технічного обслуговування: архівація даних, перевірка резервних копій, оновлення програмного забезпечення, перевірка контрольних хешів.

Запропонована методика впровадження забезпечує повний цикл переходу системи прогнозування сейсмічної ситуації від стадії розроблення до промислової експлуатації. Її дотримання гарантує надійну роботу програмного забезпечення, високу якість сейсмологічних даних, чітке структурування процесів аналізу та прогнозування, а також стійкість системи до зовнішніх та внутрішніх загроз.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

## 6 НАУКОВА НОВИЗНА

У випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи безперервної роботи додатків при серверній віртуалізації.

**Метою розробки** є дослідження та програмна реалізація системи прогнозування сейсмічної регіональної ситуації на основі аналізу даних в форматі SEED.

**Об'єктом** дослідження є формати збереження геофізичних даних.

**Предметом** дослідження є формат miniSEED та його конвертація у стандартні формати даних, а також використання даних отриманих при конвертації для прогнозування.

**Мета** роботи полягає у проектуванні програмної системи для конвертації даних із формату miniSEED у стандартні формати.

**Наукова новизна отриманих результатів.** У процесі рішення завдань, обумовлених цілями дослідження, отримані наступні результати:

– запропоновано комбінований метод прогнозування, який базується на алгоритмі статистичного прогнозування на основі числових рядів та враховує додаткові фактори, такі як: регіональні особливості та серії попередніх спостережень.

– розроблено вітчизняний продукт, що вміє працювати з міжнародним форматом для представлення геофізичних даних SEED, та дозволяє на основі отриманих даних проводити аналіз та прогнозувати регіональну сейсмічну активність.

					ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

## 7 МАРКЕТИНГОВЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ІТ-ПРОЄКТУ

### 7.1 Визначення цільової аудиторії кінцевого готового продукту

Результати такого дослідження можуть зацікавити насамперед державні служби, які відповідають за моніторинг природних ризиків. Для них можливість оперативно оцінювати сейсмічну активність означає швидше ухвалення рішень та краще реагування на потенційні небезпеки, що напряду впливає на безпеку населення.

Промислові підприємства, особливо ті, що розташовані в сейсмонебезпечних зонах, також мають великий інтерес до цього проєкту. Для них точний прогноз може стати ключем до збереження обладнання, запобігання аваріям і зниження ризиків простоїв, які завжди дорого коштують.

Науково-дослідні установи можуть розглядати цю систему як інструмент для поглиблених досліджень земної кори. Формат SEED — це стандарт у світі сейсмології, тому доступ до вдосконаленого аналізу відкриває нові можливості для публікацій та експериментів.

Місцеві органи влади теж отримують реальну користь, адже їхня робота пов'язана з плануванням розвитку територій. Своєчасна інформація про сейсмічну ситуацію допомагає ухвалювати правильні рішення щодо будівництва, інфраструктури та зонування територій.

Крім того, результати будуть цікавими і приватним компаніям у сфері страхування. Прогнозування ризиків дозволяє точніше формувати політики, розраховувати страхові тарифи та будувати фінансові моделі, засновані на реальній картині ризиків регіону.

					ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

## 7.2 Оцінка привабливості шляхом застосування методів експертних оцінок

Щоб оцінити привабливість проєкту, я б почав зі створення групи експертів, які добре розуміються на сейсмології, IT-інфраструктурі та управлінні ризиками. Саме їхній досвід дозволив би об'єктивно оцінити потенціал такого рішення та його практичну користь.

Кожному експерту можна було б запропонувати оцінити ключові показники, наприклад, точність прогнозів, очікуваний економічний ефект, складність інтеграції та можливість масштабування. Ці оцінки зазвичай здійснюються за шкалою — наприклад, від 1 до 10, що робить їх зручними для подальшого аналізу.

Після збору даних можна було б зіставити результати та визначити середні значення. Наприклад, якщо експерти високо оцінять інноваційність і економічний ефект, але занижено — складність інтеграції, це означатиме, що проєкт перспективний, але потребує достатнього технічного ресурсу.

Отримані результати допомогли б побачити сильні й слабкі сторони і визначити, чи є проєкт комерційно перспективним. Також експерти могли б висловити рекомендації, як посилити недоопрацьовані елементи.

Цей підхід дозволяє уникнути упередженості, тому що рішення ґрунтується одразу на кількох точках зору. У результаті формується збалансована оцінка, якою вже можна користуватися під час обґрунтування фінансування чи підготовки бізнес-плану.

## 7.3 Вибір методу оцінки вартості ПЗ

Найбільш логічним у цьому випадку виглядає витратний метод оцінки вартості, оскільки він дозволяє врахувати всі прямі та непрямі витрати, пов'язані з дослідженням, розробкою програмного забезпечення та впровадженням системи.

					VKPM-122.25.0033.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

Це важливо, тому що саме на початкових етапах проєкт потребує найбільших інвестицій.

Одночасно я вважаю, що варто звернути увагу й на дохідний підхід. Він допомагає оцінити фінансові вигоди, які може принести прогнозування сейсмічної активності: економія на аваріях, швидкість реагування, зменшення збитків інфраструктури. Це дає більш реальну картину окупності.

Можна також звернутися до ринкового методу, але він буде менш точним, бо на ринку не так багато аналогічних рішень. Проте аналіз аналогів дозволяє зрозуміти, як оцінюють подібні системи в інших країнах і які моделі ціноутворення використовують.

Комбінація цих методів дає змогу сформувати найбільш об'єктивну оцінку, адже вона враховує і витрати, і потенційний прибуток. Це важливо для донесення цінності проєкту до інвесторів.

У підсумку той метод, який врахує і вкладені ресурси, і майбутню економію, буде найкориснішим для реальної оцінки вартості. Саме тому доцільно застосовувати змішаний підхід.

#### **7.4 Розрахунок економічної ефективності від впровадження реалізованого ПЗ як фактору його привабливості**

Реалізація передбачає наступні економічні вигоди.

Зменшення збитків від сейсмічних подій досягається завдяки ранньому виявленню передсейсмічних аномалій, що дає можливість проводити локальні превентивні дії. Це дозволяє знижувати аварійність на промислових об'єктах, транспортній інфраструктурі та енергетичних системах, мінімізуючи як прямі збитки від пошкодження обладнання, так і опосередковані втрати, пов'язані із зупинкою виробництва.

Оптимізація роботи сейсмологічних центрів забезпечується за рахунок зменшення витрат на ручний аналіз хвильових сигналів і автоматизації обробки

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>86</b>

великих масивів SEED-даних. Завдяки цьому суттєво скорочується навантаження на персонал — у середньому на 20–30% робочого часу.

Підвищення точності прогнозів і швидкості реагування сприяє більш оперативному ухваленню рішень під час надзвичайних ситуацій. Це зменшує економічні ризики для підприємств і органів місцевого самоврядування, забезпечуючи стабільність їх роботи у кризових умовах.

Додаткова економія досягається завдяки тому, що немає необхідності модернізувати апаратне забезпечення. Існуючі сейсмостанції можуть продовжувати роботу без оновлення сенсорів, оскільки формат SEED є міжнародним стандартом. Основні інвестиції спрямовуються у програмну частину, що суттєво знижує загальні витрати.

Орієнтовні дані зведено до таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Потенційні економічні вигоди

Напрямок економії	Опис ефекту	Орієнтовна економія/рік
Зменшення збитків від пошкоджень інфраструктури	Раннє реагування → менше руйнувань	5–20 млн грн
Зменшення кількості аварій на промислових об'єктах	Автоматичне сповіщення → менше простоїв	1–3 млн грн
Скорочення витрат на ручний аналіз даних	Автоматизація аналізу SEED	0,4–0,8 млн грн
Зменшення кількості хибних тривог	Краща класифікація даних	0,5–1 млн грн
Зменшення навантаження на персонал	Менше ручної роботи	0,3–0,4 млн грн
<b>Загальний економічний ефект</b>	—	<b>7,2–25,2 млн грн/рік</b>

Запровадження проекту передбачається на рівні регіону, середня кількість сейсмостанцій — 15–25, система попереджувального аналізу — сервер + програмний комплекс. Інвестиційні витрати зведено до таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Інвестиційні витрати

Стаття витрат	Сума
Розробка алгоритмів аналізу SEED	1 000 000 грн
Програмна реалізація + UI	600 000 грн
Серверне обладнання	400 000 грн
Інтеграція + налаштування станцій	300 000 грн
Навчання персоналу	100 000 грн
<b>Загальна інвестиція</b>	<b>2 400 000 грн</b>

За результатами розрахунків можемо зробити наступний висновок: провадження програмної системи прогнозування сейсмічної ситуації на основі аналізу SEED-даних є надзвичайно економічно ефективним проектом. Ключові показники становлять: окупність — 1–4 місяці, чистий прибуток — 6,9–24,9 млн грн/рік, ROI — 287–1037%. Окрім цього, суттєво знижується ризик людських і фінансових втрат від землетрусів, автоматизація спрощує роботу сейсмологічних центрів і підвищує точність прогнозів.

### 7.5 Пропозиція алгоритму просування проекту розробки ПЗ

Просування цього проекту я б почав із створення його чіткої і зрозумілої концепції, де буде показано, як саме система працює, які проблеми вирішує та який економічний ефект забезпечує. Такий матеріал можна було б використовувати як базу для презентацій і зустрічей.

Далі важливо налагодити комунікацію з державними структурами та науковими інститутами, які займаються моніторингом сейсмічної активності. Вони можуть стати першими зацікавленими партнерами, оскільки ця система безпосередньо полегшує їхню роботу та підвищує точність прогнозів.

Я б також брав участь у профільних конференціях і форумах, де можна презентувати проєкт і отримати фідбек від фахівців. Це допомагає не тільки поширити інформацію, але й знайти нових партнерів для співпраці чи навіть фінансування.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

Крім того, можна створити демонстраційну веб-платформу, де потенційні клієнти зможуть переглянути приклади роботи системи. Це допоможе зробити проєкт більш доступним і зрозумілим широкому колу користувачів.

На завершенні варто зібрати реальні кейси використання системи після її впровадження. Досвід роботи на практиці часто переконає набагато сильніше, ніж будь-які описані можливості чи презентації..

## 7.6 Оптимізація каналів збуту та шляхів реалізації ПЗ

Щоб оптимізувати канали збуту, я б спочатку визначив ключові цільові групи - державні служби, наукові установи та промислові компанії. Для кожної з них потрібен окремий підхід, тому сегментація клієнтів — це перший крок до ефективних продажів.

Для державних структур доречно застосовувати прямі переговори та участь у тендерах. Цей шлях складніший, але дає доступ до великих контрактів і забезпечує стабільний попит.

Промисловим підприємствам можна пропонувати систему у вигляді сервісу з підпискою. Така модель робить продукт доступнішим і дозволяє масштабувати продажі. Водночас це забезпечує постійний потік доходів.

Університети та наукові центри можуть стати партнерами, які використовують систему для досліджень і навчають з нею студентів. Це забезпечує довгостроковий ефект і сприяє популяризації.

Ще один важливий напрям — цифрові канали. Лендінги, демонстраційні відео та цільова реклама допомагають охопити нових користувачів та сформувати попит у тих, хто навіть не здогадувався про існування такого рішення.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

## 7.7 Визначення ключових факторів успіху конкретного проєкту

Головним фактором успіху я вважаю точність алгоритмів прогнозування, адже від них залежить довіра користувачів. Якщо система показує реальні корисні результати, вона має набагато більше шансів на впровадження та широке використання.

Важливо також, щоб система була зручною у використанні. Навіть найточніша модель не буде ефективною, якщо її складно налаштовувати або інтегрувати. Простий і зрозумілий інтерфейс значно підвищує привабливість продукту.

Не менш важливим є забезпечення стабільної технічної підтримки. Клієнти мають знати, що у випадку проблем вони отримають допомогу, а система буде оновлюватися відповідно до нових технологій і стандартів.

Велике значення має репутація команди розробників. Якщо вона демонструє професійність і відкритість, це позитивно впливає на ставлення потенційних покупців і партнерів, а також сприяє масштабуванню проєкту.

І нарешті, проєкт повинен мати можливість адаптуватися до різних регіонів і сценаріїв. Гнучкість і масштабованість дозволяють розширювати аудиторію і роблять продукт актуальним у довгостроковій перспективі.

					ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

## 8 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

### 8.1 Вступ

Охорона праці - система збереження життя і здоров'я працівників у процесі трудової діяльності, що включає правові, соціально-економічні, організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, лікувально-профілактичні, реабілітаційні та інші заходи.

Згідно закону України “Про охорону праці” [22] кожна компанія впроваджує заходи з охорони праці. Реалізується трудові відносини з вживанням необхідних засобів з охорони праці та розробки відповідних документів:

- Інструкцій з охорони праці по кожній професії і загальні;
- Положення про охорону праці;
- Накази з охорони праці;
- Журнали реєстрації та інструктажу.

Роботодавець створює відділ який працює відповідно до типового положення, яку затверджується центральним органом виконавчої влади і забезпечує виконання вимог державної політики у сфері охорони праці.

За недотриманням вимог, керівники ІТ-компаній можуть бути притягнуті до відповідальності, яка виглядає у виді накладання штрафу. Якщо в результаті порушення умов охорони праці є постраждалі працівники то керівні особи ІТ-компаній притягуються до кримінальної відповідальності.

Законом України “Про охорону праці” [22] регламентуються загальні положення державної політики в галузі охорони праці, а конкретизуються ці положення нормативно-правовими актами про охорону праці, зокрема Наказом Міністерства соціальної політики України 14.02.2018 № 207, який зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25 квітня 2018 р. за №508/31960 «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [24], яким затверджено нормативно-правовий акт з охорони праці

					ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

НПАОП 0.00-7.15-18, «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», та «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» ДСанПіН 3.3.2-007-98 [2].

Науково-технічний прогрес привніс суттєві зміни в умови виробничої діяльності робітників розумової діяльності. Їх праця стала більш інтенсивною, напруженою і вимагає значних витрат розумової, емоційної і фізичної енергії. Це призвело до необхідності у знаходженні комплексного рішення проблем ергономіки, гігієни і організації праці, регламентації режимів праці та відпочинку.

Охорона здоров'я робітників, забезпечення безпеки умов праці, ліквідація та профілактика професійних захворювань і виробничого травматизму складає одну з головних турбот людського суспільства.

## 8.2 Пожежна безпека

Вимоги до пожежної безпеки на підприємстві неухильно повинен дотримуватися кожен співробітник, а організаційна складова при цьому покладається на посадових осіб за відповідним рішенням керівництва і прописується в посадових інструкціях і положеннях по структурним підрозділам.

Зокрема, вказуються конкретні території, ділянки, зони, об'єкти, цілі будівлі і їх частини, поверхи, на яких відповідального співробітника повинне проводити такі організаційні роботи.

Відповідальні особи зобов'язуються розробити, впровадити та підтримувати в певному інструкцією і положенням на ввірених їм об'єктах протипожежний режим і інструкції відповідно до вимог, викладених в нормативних актах.

Передбачено також створення підрозділу добровільної пожежної охорони та пожежно-рятувальної команди в його складі.

Встановлений режим включає порядки з описом місць спеціального призначення та правила їх користування та утримання, наприклад:

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

- евакуаційних шляхів;
- так званих «курилок»;
- місць складування продукції та сировини;
- стоянки транспорту.

Також встановлюється порядок роботи та технічного обслуговування:

- вентиляційного устаткування;
- засобів пожежогасіння і захисту від загорянь;
- нагрівальних приладів;
- електрообладнання.

Розробляються і впроваджуються правила роботи з відкритим вогнем і горючими матеріалами. Створюються графіки проходження інструктажів з пожежної безпеки співробітників, а також порядок і терміни перевірок знань пожежно-технічного мінімуму, в тому числі, тих працівників, які відповідальні за цю ділянку роботи на підприємстві. При цьому можуть передбачатися внутрішні лекції, семінари, тренінги та практичні заняття на підприємстві, а також зовнішні – на базі спеціалізованих навчальних центрів з професійними викладачами.

Важливою складовою протипожежного режиму на будь-якому об'єкті є розробка і впровадження порядку дій при виникненні пожежі. Неодмінно має бути план евакуації, описано, як повинні відключатися електроустановки, що і в якій послідовності необхідно робити співробітникам.

Відповідно, для кожного об'єкта, кожного приміщення (крім коридорів, санвузлів, басейнів і подібних приміщень), окремих видів робіт складаються інструкції, за якими повинен працювати персонал, залучений на певних ділянках і в виконанні окремих видів робіт. За інструкціями проводиться навчання (інструктаж) персоналу з подальшим контролем знань.

Детально про те, як розробити протипожежний режим, прописати порядки та інструкції, пояснюють на тематичних курсах і семінарах [23].

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

### 8.3 Пропозиції щодо підвищення працездатності ІТ – фахівців

Поява та впровадження нових інформаційно-комунікаційних технологій зумовлює необхідність подальшого вдосконалення охорони праці фахівців ІТ-індустрії. Все це потребує розробки нових нормативно-правових актів з регламентації праці та відпочинку фахівців ІТ-індустрії і стандартів підприємств, центрів комп'ютерної техніки, центрів інформаційних технологій, сучасних комп'ютерних класів. Для підвищення розумової працездатності то зорової роботи повинна здійснюватися ергономічна оптимізація в рамках системи «оператор-термінал», яка сприятиме результативній фізичній та інтелектуальній працездатності і відновленню психосоматичного здоров'я фахівців ІТ-індустрії.

Особливе значення у соціальному захисті цієї категорії працівників належить прийняття комплексного договору, який може забезпечити фахівців додатковими пільгами та компенсаціями.

Пропозиції щодо підвищення працездатності ІТ-фахівців, розіб'ємо на декілька категорій:

Середовище і розпорядок праці. Для мінімізації негативних ефектів, що пов'язані з перевтомленням ІТ-фахівців, потрібно чітко прописати і реалізувати графік періодів праці-відпочинку, щоб фахівець міг можливість переключити увагу, дати можливість відпочити очам, мозку, елементарно, встати розім'яти ноги. Також потрібно зробити максимально комфортними умови мікроклімату у офісному приміщенні, де працюють ІТ-фахівці. Мається на увазі встановлення і експлуатація, коли виникає необхідність, кондиціонерів, опалення, та системи вентиляції, задля попередження перегрівання, переохолодження ІТ-фахівців, і подальшої неможливості ними виконувати свої функції. Також, за можливості, нами пропонується введення практики віддаленої праці ІТ-фахівцями, якщо роботодавець не може забезпечити оптимальні і безпечні умови в офісному приміщенні, або якщо фахівця вони не влаштовують із певних причин.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

Фізичні і психоемоційні чинники. Першим і найважливішим чинником, що впливає на працездатність ІТ-фахівців є робоче місце, і саме тому, роботодавець має забезпечити максимальний його комфорт і безпеку. Гарантією цих факторів може слугувати сертифікація меблів, що використовуються на підприємстві ІТ-галузі. Тому нами пропонується закупівля тільки меблів, які пройшли сертифікацію на відповідність. Під психоемоційними чинниками ми розуміємо гарне самопочуття фахівців, позитивний настрій, гарний психологічний клімат у колективі, тощо. Задля того, щоб психоемоційні чинники мали максимально позитивний ефект, керівництву слід поводити заходи, які сприятимуть укріпленню і покращенню міжособистісних стосунків у колективі, таких як психологічні тренінги, таймбілдінг, спортивні змагання і естафети. Також, сюди можна віднести розробку і впровадження системи мотивації працівників, як фінансової, так моральної і адміністративної.

#### 8.4 Розробка заходів з умов поліпшення охорони праці

Згідно аналізу умов праці в розглянутому приміщенні, ми одержали наступні результати:

- розмірі приміщення, у розрахунку на одному працюючого, відповідають нормативам;
- мікроклімат відповідає нормативному значенню;
- акустичні умови роботи не перевищують нормативних значень;

Таким чином можна припустити, що основною причиною можливого зниження працездатності програміста є психофізіологічний фактор, тому основна пропозиція буде така: дотримання позитивної психологічної атмосфери в колективі та регламентованого режиму праці та відпочинку, організація робочого місця з урахуванням ергономічних вимог.

Рекомендовані заходи: регулярні періодичні наочні огляди персоналом шляхів для евакуації людей із приміщення, відповідно до плану евакуації (який повинен розташовуватись на видному місці у приміщенні), включення до

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

колективного договору мінімально можливого вмісту аптечок з обов'язковою наявністю масок-клапанів, або іншого спорядження для штучного дихання. Регулярна періодична перевірка параметрів заземлення та занулення (вимірювання опору ланцюга) [28].

Регулярна наочне знайомство персоналу із шляхами для евакуації людей із приміщення відповідно до плану евакуації, забезпечення розподільних щитів спеціальними розетками з заземлюючими контактами; організація заземлення всіх приладів і пристроїв, які працюють при нарузі вище 36 В.

Оскільки при ураженні електричним струмом у людини може статися фібриляція шлуночків серця, в організації бажано мати дефібрилятор і підготовлений персонал для роботи з ним.

### 8.5 Розрахункова частина

Для захисного штучного заземлення будемо застосовувати вертикальні електроди з сталевого прокату круглого перерізу діаметром 35 мм, довжиною  $L=2$  м, та горизонтальний електрод - металева полоса з перетином 35x4 мм. Напруга - 220/380 В. Розрахункова схема розташування заземлюючих електродів - по контуру (прямокутником).

Розрахунок проводиться за допустимим опором розтіканню струму заземлювача.

Початкові дані для розрахунку захисного заземлення: тип верхнього шару ґрунту - чорнозем, нижнього шару ґрунту - глина (питомий опір  $\rho_2 = 40$  Ом·м). Умовна товщина верхнього шару ґрунту:  $H=0,6$  м. Відстань між вертикальними заземлювачами (електродами)  $A=3$  м. Глибина закладення горизонтального контура заземлення  $t=0,75$  м. Опір заземлювача, який нормується:  $R_{3Н}=4$  Ом. Необхідно визначити необхідну кількість вертикальних заземлювачів та довжину полоси (горизонтального заземлювача).

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96





результаті остаточно отримали:  $R = 3,9 \text{ Ом}$ . при кількості вертикальних електродів  $N = 9$ .

### **Висновки до розділу**

Дотримання всіх необхідних умов праці не лише сприяє збереженню здоров'я працівників, а також підвищує ефективність виробництва в цілому.

З цих міркувань було здійснено аналіз приміщення, призначеного для праці програмістів, проведено розгляд питань пожежної безпеки, небезпечних та шкідливих факторів, що негативно впливають на програмістів під час роботи.

Тільки повна усвідомленість працівника про можливі небезпеки, що можуть підстерігати його на робочому місці та дотримання вимог нормативних актів о питань охорони праці та відповідних рекомендацій фахівців, дозволять значною мірою знизити негативний вплив шкідливих та небезпечних факторів при роботі з комп'ютером на організм людини.

Виконано розрахунок захисного штучного заземлення, як одного з ключових факторів безпеки програміста.

КБПЗ-2025

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

## 9 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Хоча SEED був розроблений в основному для установ, які обмінюються даними, сейсмологи прийняли інші способи використання формату даних. Деякі процесори сейсмічних станцій генерують дані SEED у польових умовах. Це мінімізує збирання та витрати при передачі даних. Сейсмологи також використовують формат для передачі сейсмічних даних за допомогою електронних засобів, забезпечення прийому та розповсюдження даних у режимі реального часу. Нарешті, дослідники, що працюють з іншими наземними геофізичними спостереженнями, не пов'язаними із землетрусами (наприклад, деформація, нахил, GPS, датчики навколишнього середовища, гравіметричні або магнітні польові дані) також вважають SEED досить універсальним форматом, який може використовуватися для їх цілей. У своїй останній реалізації формат SEED по суті має дві форми: формат miniSEED, що використовується для файлів сигналів, і формат SEED без даних, що використовується для файлів метаданих.

Популярність формату miniseed визначає актуальність дослідження та розробки різного прикладного програмного забезпечення для роботи з цим форматом. До цього класу програмного забезпечення можна віднести і програмне забезпечення для конвертації даних, яке проектується в практичній частині роботи.

Специфіка збору геофізичних даних часто вимагає розміщення вимірювального обладнання у важкодоступних місцях із поганим електропостачанням та ненадійними каналами зв'язку. Тому ключовим напрямом у розвитку систем збирання даних дуже часто є мінімізація енергоспоживання всіх компонентів системи спостереження без втрати її функціональності. Багато сучасних вимірювальних комплексів не обходяться без пристрою, забезпечуючи управління процесом вимірювань та збереження даних, а в деяких випадках і передачу даних до центрів зберігання та обробки даних. Цей пристрій може бути реалізоване у вигляді вузькоспеціального контролера або комп'ютера загального

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		100

призначення. Застосування спеціальних контролерів пов'язані з великими фінансовими витратами, оскільки вимагає розробки апаратури самого контролера, а застосування комп'ютерів лише програмного забезпечення. Часто до складу вимірювальних комплексів входить комерційне програмне забезпечення із закритим кодом (пропрієтарне програмне забезпечення). Хоча такі рішення дозволяють проводити деякі спостереження і первинну обробку даних, гнучке їх застосування важко з низки причин.

Окремим завданням, під час проведення вимірювальних робіт, є представлення даних формат збереження та передачі. Одним із найбільш застосовуваних сьогодні типів подання вимірювальної інформації в галузі сейсмології є формати сімейства SEED.

Зважаючи на широкий спектр застосування формату даних SEED, а також орієнтованості на цей формат багатьох апаратних вимірювальних пристроїв, вивчення формату представляє актуальне і затребуване завдання.

У роботі проведено дослідження, орієнтовані на вивчення формату даних SEED та його підтипу miniseed. Мета досліджень – проектування програмного забезпечення для перекодування цього специфічного формату даних формати загального подання інформації (наприклад txt).

Наявність такого конвертера дозволить аналізувати інформацію, використовуючи ширший спектр програмного забезпечення, та спростить обробку даних. Модульність та відкриті програмні інтерфейси багато в чому вирішили б проблеми та складності при роботі зі специфічними форматами представлення даних. Слід зазначити, що у дослідницькій сфері використовуються різні ОС і апаратні архітектури, а пропрієтарне ПО найчастіше видається лише однієї ОС та одного типу ПК. Таким чином, можна виділити три ключові параметри для ПЗ системи обробки геофізичних даних: модульність, відкриті програмні інтерфейси та кросплатформність.

Робота складається з вступу, висновків та чотирьох розділів основної частини. У вступі визначено актуальність дослідження, об'єкт та предмет дослідження роботи.

В першому розділі коротко охарактеризовано компанію, на базі якої було проходження переддипломної практики.

Другий розділ присвячений дослідженню предметної області загалом, у цьому розділі розглядається сейсмологічний моніторинг, його завдання та проблеми. Тут також представлений огляд обладнання, особливості його застосування та типи даних для зберігання накопиченої інформації.

У третьому розділі наводиться детально опис досліджуваного формату, ставиться завдання практичної частини роботи, вибирається інструмент реалізації практичної частини.

Останній (четвертий) розділ присвячений проектуванню програмного комплексу, призначеного для вирішення поставленого завдання – конвертація даних із формату miniseed у стандартні формати даних.

Проведені в роботі дослідження та отримані результати можуть використовуватись як матеріали та робоча документація для розвитку напряму та розробки програмного комплексу обробки даних, представлених у форматі miniseed.

					ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кравець С., Малицький Д., Асташкіна О. Актуальні підходи до адаптації сейсмічних датчиків для техногенно навантажених територій // *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* — 2023. — Вип. 1(84). — С. 27–36. — Режим доступу: <https://geology.bulletin.knu.ua/article/view/864>.
2. Кендзера О. В., Заяць В. В., Попов М. Г., Бойко О. О. Моніторинг сейсмічності південно-західних областей України та суміжних територій // *Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки.* — 2013. — Т. 18, Вип. 1(18). — С. 52–60. — Режим доступу: <https://visgeo.onu.edu.ua/article/view/183591>.
3. Старостенко В. І., Кендзера О. В., Ляшенко В. І., Назарова К. А. Розвиток сейсмологічної мережі на території України для цілей сейсмічного захисту // *Геотехнічна механіка.* — 2021. — Вип. 157. — С. 150–160. — Режим доступу: <https://journals.igns.kyiv.ua/index.php/geotech/article/download/276/253/257>.
4. Сейсмічність і сейсмічна небезпека території України : постанова Президії Національної академії наук України від 08 жовтня 2008 р. № 244 // *Законодавство України.* — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0244550-08>.
5. Кендзера О. В. Сейсмічна небезпека і сейсмічний захист в Україні // *Український географічний журнал.* — 2015. — № 3. — С. 9–15. — DOI: 10.15407/ugz2015.03.009. Тютюник В. В., Черногор Л. Ф., Калугін В. Д., Агазаде Т. Х. Інформаційно-технічний метод моніторингу та прогнозування рівня сейсмічної небезпеки локальної території Земної кулі // *Інформаційні технології для запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій.* — 2020. — № 161. — С. 12–?. — DOI: 10.30748/soi.2020.161.12
6. Авторський колектив (Кендзера О. В. та ін.). Глибинна будова літосфери та сейсмічна небезпека території України // [Матеріали ...] — Київ : Інститут

					ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України, Сейсмічна небезпека території України // Вісник Національної академії наук України. — 2023. — № 6(7). — [Журнал НАН України](#)

7. Офіційний сайт Глобальної Мережі прогнозування землетрусів [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://seismonet.org/index.htm>.

8. Офіційний сайт Міжнародного консорціуму сейсмологічних інститутів (IRIS) [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.iris.edu/hq/>. US Geological Survey, National Earthquake Information Center [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.earthquake.usgs.gov>.

9. Офіційний сайт Національного центру даних США (USNDC, Флорида, США) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.usndcorps.org](http://www.usndcorps.org).

10. Kuznetsov, O., Kryvinska, N., Ilchenko, O., Smirnova, T., Ulianovska, Y. «Comparative Analysis of Cryptocurrency Trading Platforms Using the Analytic Hierarchy Process». *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, 3628, pp. 106-115.

11. Smirnov, O., Odarchenko, R., Smirnova, T., Bondar, S., Volosheniuk, D. «Optimal Structure Construction of Private 5G Network for the Needs of Enterprises». *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 2023, 178, pp. 208–223.

12. Smirnov, O., Odarchenko, R., Abakumova, A., Usik, P., Kundyzy, M., «QoE optimization technique for media delivery in 5G networks». *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019. P.597-601.

13. Smirnov, O., Krasnobayev, V., Yanko, A., Kuznetsova, T. «Methods of nulling numbers in the system of residual classes». *CEUR Workshop Proceedings*, Vol 2588, P. 90-106, 2019.

14. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., Prokopovych-Tkachenko, D., «Discrete Signals with Special Correlation Properties», *CEUR Workshop Proceedings Volume 2353, CEUR Workshop Proceedings 2019*, Pages 618-629.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>104</b>

15. Смірнова Т.В., Гнатюк С.О., Сидоренко В.М., Юдін О.Ю., Сидоренко С.Ю., «Модель визначення критичності галузевих інформаційно-телекомунікаційних систем». *Проблеми інформатизації та управління*, № 2(70). 2022. С. 28-37.

16. Смірнов О.А., Коноплицька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В., Поліщук Л.І. Інформаційна безпека в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2020. – 294 с.

17. Смірнова Т.В., Солових Є.К., Смірнов О.А., Дреєв О.М. Побудова хмарних інформаційних технологій оптимізації технологічного процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. № 1(32). с. 184-194, 2019.

18. Смірнов О.А., Гнатюк С.О., Кавун С.В., Терейковський І.А., Жмурко Т.О., Смірнов С.А., Коваленко А.С. Основи безпеки в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2018. – 177 с.

19. Державні будівельні норми України: ДБН В.2.5-28:2018. - *Режим доступу до ресурсу: <https://goo.su/9AkQ>*

20. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин: ДСанПІН 3.3.2-007-98. - *Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98>*

21. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 р. № 2694-ХІІ. - *Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>* (дата звернення 19.10.22).

22. Зеркалов Д. В. Охорона праці в галузі: Загальні вимоги: навч. посіб. Київ: Основа. 2011. 551 с.

23. Наказ Міністерства соціальної політики України 14.02.2018 № 207 «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час

					ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

роботи з екранними пристроями». - Режим доступу до ресурсу:  
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508>

24. Постанова № 42 від 01.12.1999 Головного державного санітарного лікаря України «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99. - Режим доступу до ресурсу:  
<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>

25. Оришака, О. В. Основи охорони праці: навч. посіб. / О. В. Оришака, Г. П. Горбачова, К. М. Марченко; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2022. - 175 с. – Режим доступу до ресурсу: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/12161>

26. Оришака О.В. Охорона праці в галузі та цивільний захист / О.В Оришака, Г.П. Горбачова, О.М. Мезенцева , К.М. Марченко, К.О. Буравченко; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2019. – 226 с. – Режим доступу до ресурсу: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/9258>

27. Методичні рекомендації до виконання розділу "Заходи з охорони праці та техніки безпеки" випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти для здобувачів вищої освіти спеціальностей 123 "Комп'ютерна інженерія" та 122 "Комп'ютерні науки" / М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. кібербезпеки та програм. забезпечення; [укл. О.В. Оришака, К.М. Марченко]. - Кропивницький: ЦНТУ, 2022. - 19 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/12240>

28. Розрахунки з електробезпеки. Розрахунок захисного заземлення. Режим доступу: [https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/rozrah\\_rozd\\_OP\\_DP\\_bak\\_spec\\_mag](https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/rozrah_rozd_OP_DP_bak_spec_mag)

29. Bollobás B., Borgs C., Chayes T., Riordan O.M. Directed scale-free graphs. ProceedingSODA '03 Proceedings of the fourteenth annual ACM-SIAM символізм на Discrete algorithms, P. 132–139, 2003

					ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

30. Smirnov A.A., Kuznetsov A.A., Danilenko D.A., Berezovsky A., «The statistical analysis of a network traffic for the intrusion detection and prevention systems», *Telecommunications and Radio Engineering*. – Volume 74, Issue 1. – Begel House Inc. – 2015. – P. 61-78.

31. Смірнова Т.В., Гнатюк С.О., Сидоренко В.М., Юдін О.Ю., Сидоренко С.Ю., «Модель визначення критичності галузевих інформаційно-телекомунікаційних систем». *Проблеми інформатизації та управління*, № 2(70). 2022. С. 28-37.

32. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Смірнов С.А., Поліщук Л.І., «Дослідження стійкості до диференціального криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2022, № 3(69). С. 93-98.

33. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Поліщук Л.І., Смірнов С.А. «Дослідження статистичної стійкості та швидкісних характеристик запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки»*, № 2 (307). С. 46-52. 2022.

34. Смірнов О.А., Усік П.С., Миронець І.В., Буравченко К.О., Якименко Н.М. «Метод підвищення ефективності розподіленої обробки даних у комп'ютерних системах операторів стільникового зв'язку» *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки*. №4. С. 103-110. 2020.

35. О.А.Смірнов, Т.В.Смірнова, Л.І. Поліщук, К.О. Буравченко, А.О.Макевнін, «Дослідження хмарних технологій як сервісів», *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. № 3(7). С. 43-62. 2020.

36. Смірнов О.А., Коноплицька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В., Поліщук Л.І. Інформаційна безпека в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2020. – 294 с.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		107

37. Смірнов О.А., Дреєва Г.М., Дреєв О.М., Смірнова Т.В. «Фрактальний аналіз генератора самоподібного трафіку на основі ланцюга Маркова». *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* № 2(33). с. 161-172, 2019.

38. Смірнов О.А., Дреєва Г.М. Метод генерування фрактального трафіку за допомогою моделі генератора на графі. Монографія: Інформаційна безпека та інформаційні технології : монографія / за заг. ред. В. С. Пономаренка. – Х. : Вид. Рожко С.Г. 2019. С. 123-139

39. Смірнова Т.В., Солових Є.К., Смірнов О.А., Дреєв О.М. Побудова хмарних інформаційних технологій оптимізації технологічного процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* № 1(32). с. 184-194, 2019.

40. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Поліщук Л.І., Смірнова Т.В., Коноплицька-Слободенюк О.К. Метод формування антивірусного захисту даних з використанням безпечної маршрутизації метаданих. *Кібербезпека: освіта, наука, техніка.* – Том 3 № 3. – Київ: КУ ім. Бориса Грінченка. – 2019. – С. 63-87.

41. Смірнов О.А., Гнатюк С.О., Кавун С.В., Терейковський І.А., Жмурко Т.О., Смірнов С.А., Коваленко А.С. Основи безпеки в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2018. – 177 с.

42. Смірнов О.А., Котелянець В.В. Стійкі до колізій стохастичні моделі функціонування безпроводових сенсорних мереж. *Вісник інженерної академії України, №3, с. 145-152, 2018*

43. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Дідик А.К. Метод безпечної маршрутизації метаданих у хмарні антивірусні системи. Системи озброєння та військова техніка. – Випуск 2 (46) – Х.: ХУПС – 2016. – С. 146-149.

44. Смірнов О.А., Кавун С.В., Доренський О.П., Вялкова В.І. Інформаційна безпека в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2016. – 151 с.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		108

45. Смірнов О.А., Кавун С.В., Коваленко О.В., Дреєв О.М. Мережні інформаційні технології. Навчальний посібник – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2016. – 159 с.
46. Verizon 2022 Data Breach Investigations Report [Електронний ресурс]// URL: <https://www.verizon.com/business/resources/reports/dbir/2022/master-guide/> (дата звернення: 25.10.2025)
47. Орлов А.Ю. Організація віртуального співтовариства у мережі Інтернет/А.Ю. Орлов // Інформаційні технології. - 2008. - № 8. - С. 15 - 19.
48. Пелещішин А.М. Процеси управління інтерактивними соціальними комунікаціями в умовах розвитку інформаційного суспільства: монографія / О.М. Пелещішин, Ю.О. Серов, О.Л. Березко, О.П. Пелещішин, О.Ю. Тимовчак-Максимець, О.В. Марковець; за заг. ред. А. М. Пелещішина. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 368 с.
49. Почепцов Р. Контроль за розумом / Р. Почепцов. – К: ВД Київсько-Могилянська академія, 2012. – 350 с.
50. Рідель В.В. Комп'ютерне моделювання // Методичні вказівки навчальної дисципліни, Одеса, 2017
51. Закон України "Про інформацію" від 2 жовтня 1992 р.: із змінами, внесеними Законом України від 2 грудня 2010 р. : за станом на 1 березня 2015 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2657-12/ed20110113>. - Назва з екрану.
52. Конституція України: прийнята на п'ятій сесії Верховної Ради України 28 червня 1996 р. із змінами, внесеними Законом України від 21 лютого 2014 р. : за станом на 1 березня 2015 р. / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр>. - Назва з екрану.

					<b>ВКРМ-122.25.0033.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		109