

ДОДАТОК А

Схеми

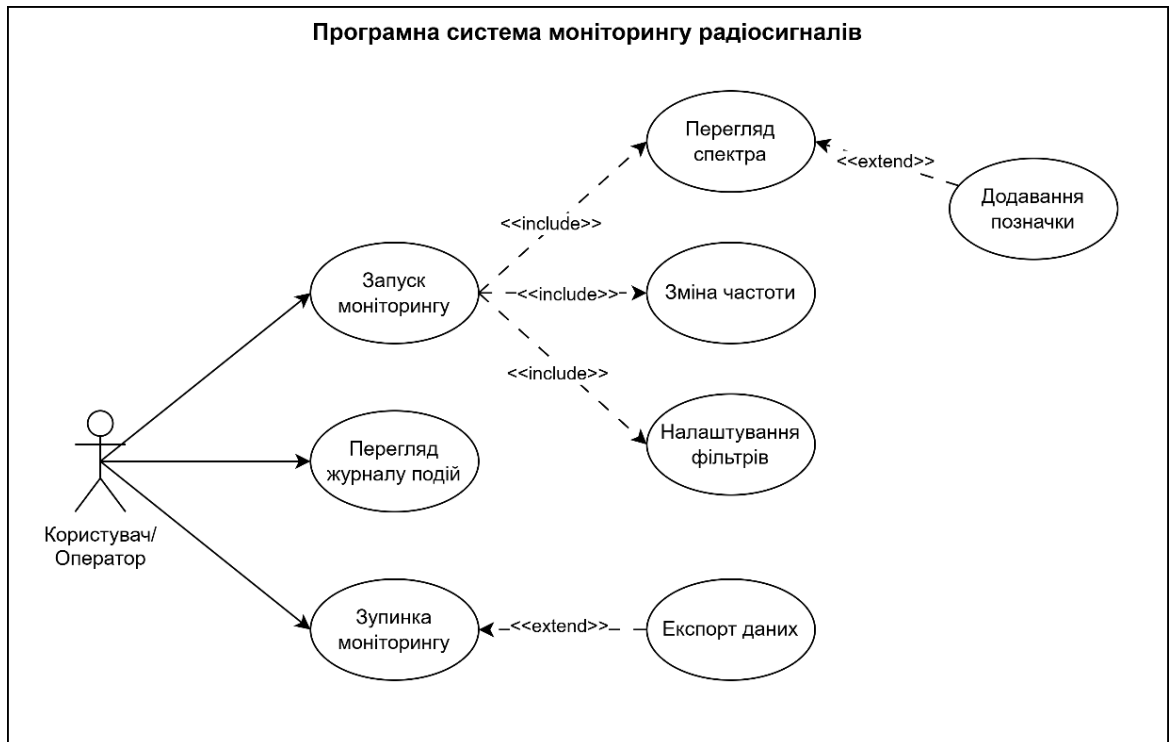


Рисунок А.1 – Діаграма варіантів використання ПСМР

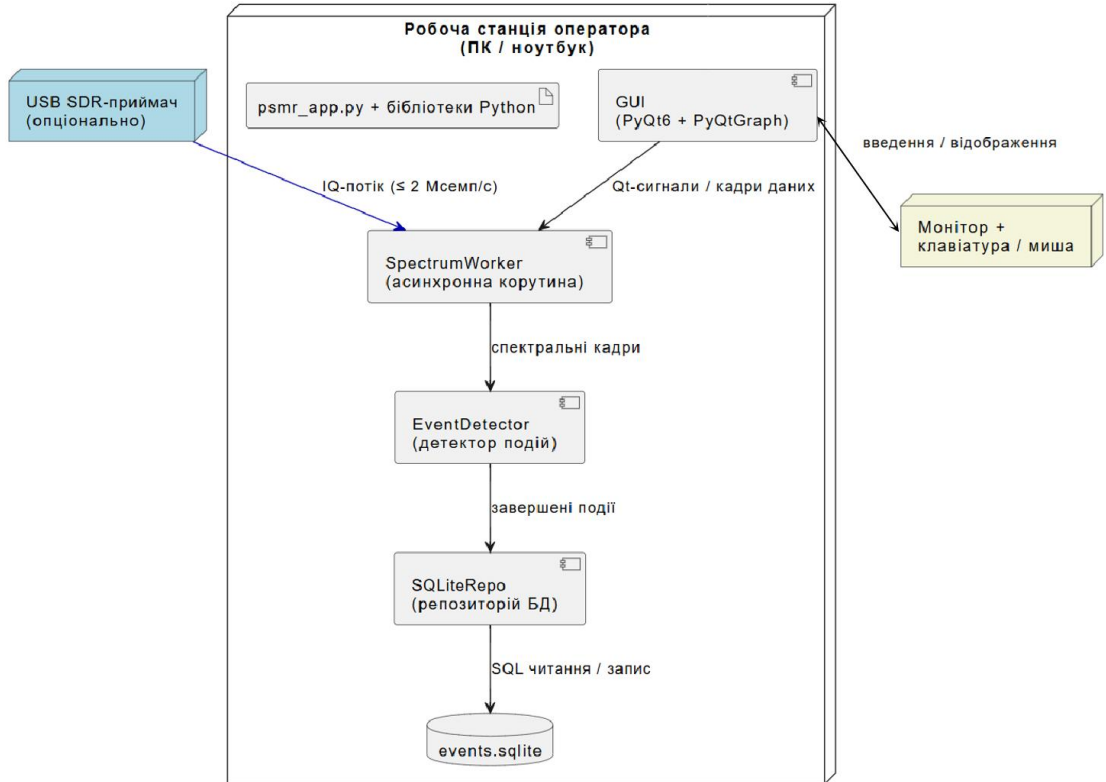


Рисунок А.2 – Схематичне представлення архітектури програмного забезпечення

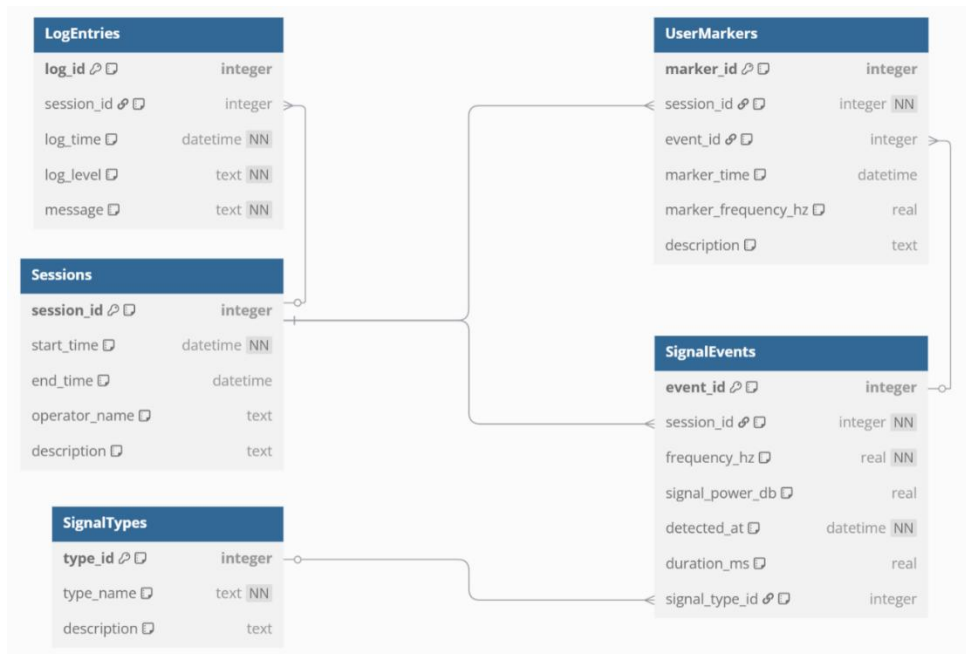


Рисунок А.3 – ER-діаграма для PCMP

ДОДАТОК Б

Звіт результатів перевірки на унікальність тексту в базі ХНУРЕ



Дата звіту 6/22/2025
Дата редагування ---



Звіт не був оцінений

Звіт подібності

метадані

Назва організації
Kharkiv National University of Radio Electronics
Заголовок
2025_Б_ПІ_Пр_ПЗПІ-21-8_Хамбур М. С._скорочений
Автор
Науковий керівник / Експерт
Хамбур Микита Сергійович Олена Олійник
підрозділ
каф. ПІ

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

6827

Кількість слів

54378

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		1
Інтервали		0
Мікропробіли		0
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		0


Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Копір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Копір тексту

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
з бази даних RefBooks (0.00 %)		
ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
з домашньої бази даних (0.00 %)		
ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
з програми обміну базами даних (0.00 %)		



ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
з Інтернету (0.00 %)		
ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ДЖЕРЕЛО URL	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)


Список прийнятих фрагментів (немає прийнятих фрагментів)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗМІСТ	КІЛЬКІСТЬ ОДНАКОВИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
------------------	-------	---------------------------------------

ДОДАТОК В


Слайди презентації

  **МІНІСТЕРСТВО
ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ**

 **ХАРКІВСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
РАДІОЕЛЕКТРОНИКИ**

Програмна система моніторингу радіосигналів в системах обізнаності

Хамбур Микита Сергійович, ПЗПІ-21-8
Керівник: доц. Лещинський В.О.

 **SE**
software
engineering

24 червня 2025

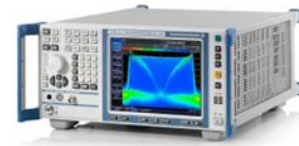
Мета роботи

- Створити доступний інструмент для оперативного аналізу радіоефіру без дорогого обладнання.
- Забезпечити виявлення активних передавачів у реальному часі.
- Надати інтерактивний GUI з візуалізацією спектра й водоспаду.
- Спроекувати архітектуру програмної системи для інтеграції SDR-приймачів та подальших досліджень.

Аналіз існуючих рішень

Аналізатори спектра в реальному часі:

- 100 % виявлення імпульсів, висока частота кадрів
- Енергоспоживання і складність налаштування



SDR + ПЗ:

- USRP (\approx \$1000), RTL-SDR (\approx \$20)
- GNU Radio, SDR# – гнучкі, але вимагають драйверів і складної конфігурації



Постановка задачі

Необхідно створити програмну систему моніторингу радіосигналів, яка буде відповідати наступним вимогам:

- Моніторинг спектра в реальному часі
- Виявлення активних передавачів (частота, потужність, тривалість)
- Журналізація подій і маркерів
- Інтерактивний GUI з можливістю налаштування параметрів

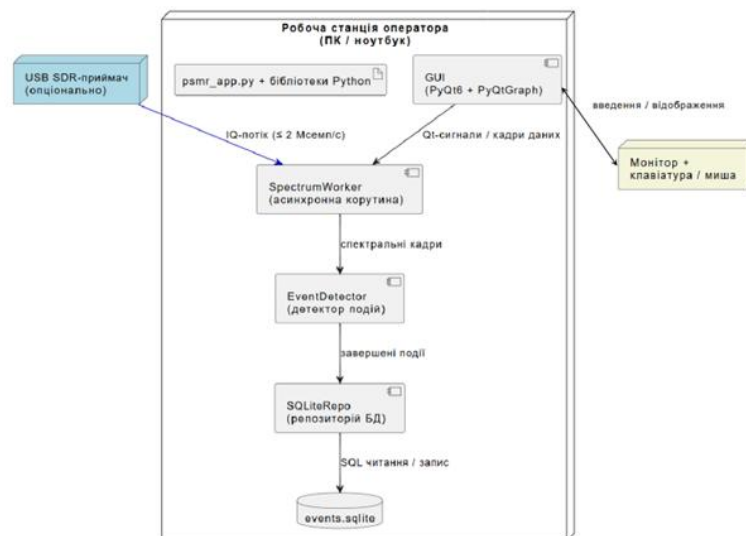


Вибір технологій розробки

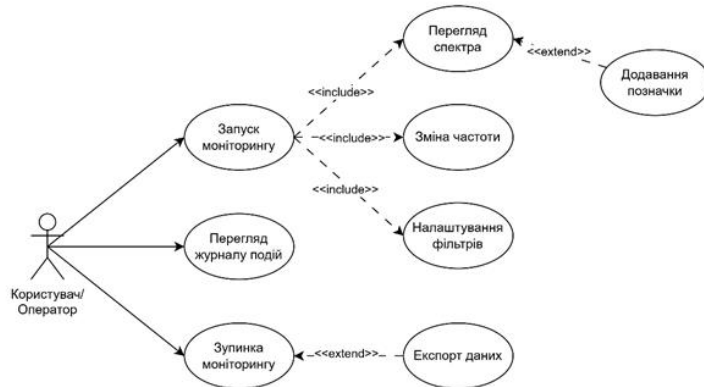
- Мова: Python 3.12
- Обробка сигналів : NumPy, SciPy
- Асинхронність: asyncio + qasync
- GUI: PyQt6 + PyQtGraph
- Сховище: SQLite
- Експорт: CSV і PNG



Архітектура програмного забезпечення



Use Case діаграма користувача



Сховище даних

Подія	Маркери	Журнал			
	id	time_utc	frequency	power	duration
1	43596	2025-06-20T18:56:21.238490	9.9889e+07	-49.5375	0.311928
2	43597	2025-06-20T18:56:21.240696	1.00066e+08	-49.8255	0.12452
3	43598	2025-06-20T18:56:21.408830	9.99675e+07	-49.2386	0.436288
4	43599	2025-06-20T18:56:21.524175	9.9882e+07	-49.6051	0.248542
5	43600	2025-06-20T18:56:21.703788	1.00025e+08	-49.4107	0.294116
6	43601	2025-06-20T18:56:21.765815	9.99321e+07	-49.0643	0.834465

Подія	Маркери	Журнал			
	id	time_utc	frequency	power	note
57	72	2025-06-21T21:18:38.504954	9.999e+07	-67.0089	manual
58	73	2025-06-21T21:18:39.437672	9.999e+07	-54.0424	manual
59	74	2025-06-21T21:18:40.198677	9.999e+07	-87.5724	manual
60	75	2025-06-21T21:18:40.928355	9.999e+07	-30.2628	manual
61	76	2025-06-21T21:18:41.587951	9.999e+07	-63.3687	manual
62	77	2025-06-21T21:18:42.368122	9.999e+07	-66.7091	manual

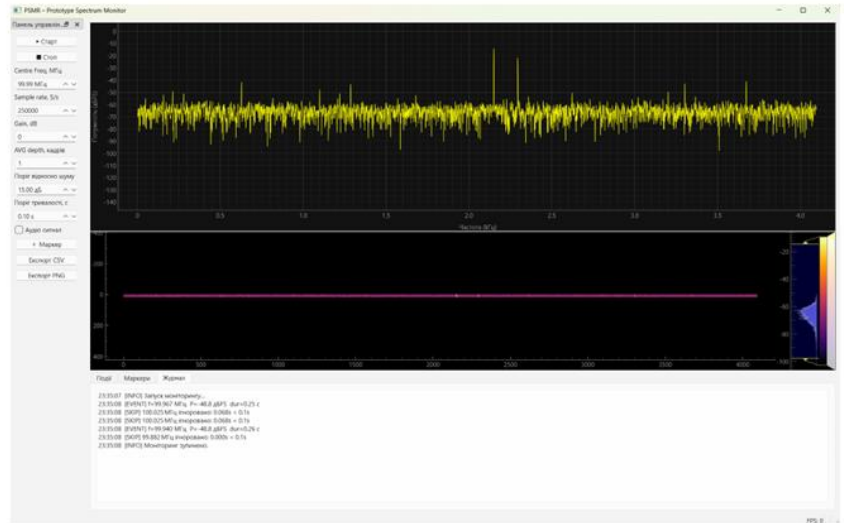
Демонстрація. Запуск моніторингу

- Кнопки «Старт» та «Стоп»
- Логування дій у вкладці «Журнал»
- Індикатор FPS у статус-барі

23:35:07 [INFO] Запуск моніторингу...

23:35:08 [INFO] Моніторинг зупинено.

FPS: 19



9

Демонстрація. Інтерактивний спектр та водоспад

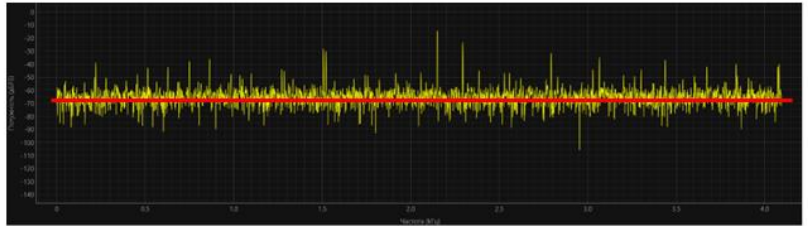
- Візуалізація спектру: частота-потужність
- Візуалізація водоспаду: еволюція спектру



10

Демонстрація. Детектування та фільтрація подій

- Фільтри:
Поріг потужності
Тривалість сигналу
- Журналізація:
автоматичні події в таблиці «Події»



Поріг відносно шуму
15.00 дБ

Поріг тривалості, с
0.10 s

Аудіо сигнал

id	time_utc	frequency	power	duration
9111	2025-06-21T21:48:31.353005	9.99907e+07	-48.1212	1.03453
9112	2025-06-21T21:48:31.354659	1.00104e+08	-48.3595	1.03803
9113	2025-06-21T21:49:38.354825	1.00005e+08	-28.402	33.7634
9114	2025-06-21T21:49:38.357284	9.99578e+07	-31.2696	20.9456
9115	2025-06-21T21:49:38.359046	9.99579e+07	-29.5732	20.9456
9116	2025-06-21T21:49:47.241175	1.00035e+08	-33.4556	26.615

```
23:49:44 [SKIP] 99.958 МГц ігноровано: 0.051s < 1.0s
23:49:44 [SKIP] 100.005 МГц ігноровано: 0.000s < 1.0s
23:49:46 [SKIP] 100.005 МГц ігноровано: 0.000s < 1.0s
23:49:46 [SKIP] 99.958 МГц ігноровано: 0.000s < 1.0s
23:49:47 [EVENT] f=100.035 МГц P=-33.5 дБFS dur=26.62 c
```



Демонстрація. Маркери та журнал

- Додавання маркера:
кнопка «+ Маркер» або клавіша M
- Таблиця «Маркери»:
оновлення в реальному часі
- Журнал:
INFO, WARN, EVENT, SKIP-повідомлення

+ Маркер

23:53:24 [INFO] Маркер додано (99.990 МГц)

id	time_utc	frequency	power	note	
69	84	2025-06-21T21:53:24.493427	9.999e+07	-88.7806	manual

23:49:47 [INFO] Моніторинг зупинено.
23:52:35 [WARN] Немає що зупиняти.

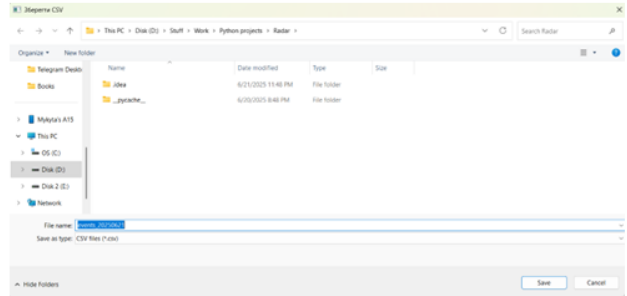
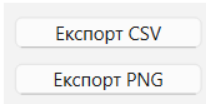
23:35:07 [INFO] Запуск моніторингу...

```
23:49:44 [SKIP] 99.958 МГц ігноровано: 0.051s < 1.0s
23:49:44 [SKIP] 100.005 МГц ігноровано: 0.000s < 1.0s
23:49:46 [SKIP] 100.005 МГц ігноровано: 0.000s < 1.0s
23:49:46 [SKIP] 99.958 МГц ігноровано: 0.000s < 1.0s
23:49:47 [EVENT] f=100.035 МГц P=-33.5 дБFS dur=26.62 c
```



Демонстрація. Експорт даних

- CSV: збереження таблиці events у файл
- PNG: скріншот поточного спектра



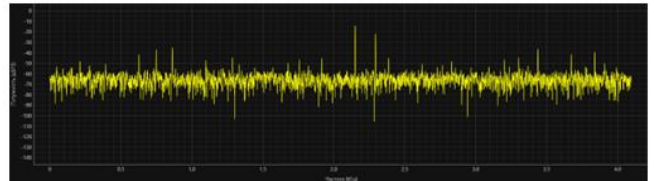
23:55:28 [INFO] CSV збережений → D:/Stuff/Work/Python projects/Radar/events_20250621.csv

23:57:31 [INFO] PNG збережений → D:/Stuff/Work/Python projects/Radar/spectrum_20250621_2157.png



Демонстрація. Експорт даних

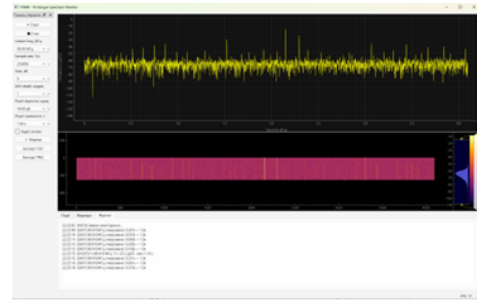
	A	B	C	D	E
1	id	time_utc	frequency	power	duration
2	43596	2025-06-20T18:56:21.238490	99888986.82	-49.53747559	0.311928272
3	43597	2025-06-20T18:56:21.240696	100066416	-49.82550049	0.124519825
4	43598	2025-06-20T18:56:21.408830	99967478.03	-49.23858643	0.436287642
5	43599	2025-06-20T18:56:21.524175	99881967.77	-49.60512543	0.24854207
6	43600	2025-06-20T18:56:21.703788	100025034.2	-49.41070557	0.294116259
7	43601	2025-06-20T18:56:21.765815	99932138.67	-49.06433105	0.834464788
8	43602	2025-06-20T18:56:21.879907	99946481.93	-49.21818161	0.164955139
9	43603	2025-06-20T18:56:22.123570	100024973.1	-49.58819962	0.241651297
10	43604	2025-06-20T18:56:22.231885	100103586.4	-47.57733917	1.305550337
11	43605	2025-06-20T18:56:22.233901	99881967.77	-48.58615112	0.290978909
12	43606	2025-06-20T18:56:22.357052	100074899.9	-49.45701981	0.652684927
13	43607	2025-06-20T18:56:22.588188	99967478.03	-48.85072708	0.70770812
14	43608	2025-06-20T18:56:22.879709	99888986.82	-49.69047546	0.471722126
15	43609	2025-06-20T18:56:22.881714	100024973.1	-48.39562988	0.128071547
16	43610	2025-06-20T18:56:22.883515	100025034.2	-48.05339432	0.128071547
17	43611	2025-06-20T18:56:22.991644	99946481.93	-48.54476166	0.234727144
18	43612	2025-06-20T18:56:23.033773	100103586.4	-49.2434845	0.408624172
19	43613	2025-06-20T18:56:23.333902	99967478.03	-48.6804924	0.398799896
20	43614	2025-06-20T18:56:23.335992	99882028.81	-50.18203735	0.111930132



Тестування

Функціональну коректність ПСМР було підтверджено шляхом ручного функціонального тестування, яке охопило взаємодію користувача з інтерфейсом, злагоджену роботу обчислювального ядра та передачу даних між генератором спектру та модулем візуалізації.

Дія	Очікуваний результат	Фактичний результат
Встановити Поріг відносного шуму на 30 дБ	Фільтрація сигналів, потужність яких менша, ніж шум + 30	Відповідає очікуваному (рис. 5.8)
Встановити Поріг тривалості на 1 с	Фільтрація сигналів, тривалість яких менша, ніж 1 с	Відповідає очікуваному (рис. 5.8)



Підсумки та перспективи

- Результати виконання кваліфікаційної роботи:
 - ПСМР працює в реальному часі
 - Модульна архітектура
 - Інтерактивний GUI
 - Автоматична детекція
 - Журналізація
- Перспективи:
 - Класифікація сигналів на основі ML
 - Розподілена мережа сенсорів із хмарним накопиченням
 - Віддалений веб-інтерфейс і REST API

ДОДАТОК Г

Специфікація програмного продукту

**Software Requirements
Specification****for****Програмна система
моніторингу радіосигналів
в системах обізнаності****Version 1.0 approved****Prepared by Mykyta Khambur****PZPI-21-8****22.06.2025**

1 ВСТУП

1.1 Огляд продукту

Програмна система моніторингу радіосигналів (далі – ПСМР) – крос-платформний настільний застосунок, призначений для безперервного спостереження радіочастотного спектра у реальному часі на звичайних робочих станціях. Система приймає IQ-потік від програмно-визначеного радіо (SDR) або вбудованого генератора тестових сигналів, виконує спектральний аналіз, автоматично виявляє активні передавачі та відображає результати у графічному інтерфейсі користувача (GUI). ПСМР також журналює події, дозволяє вручну позначати цікаві сигнали та експортувати дані у популярні формати (CSV, PNG).

1.2 Мета

Надати доступний інструмент для ситуаційної обізнаності у радіоефірі, що:

- **зменшує вартісний бар'єр** входження у спектральний моніторинг завдяки використанню дешевих SDR-пристроїв;
- **гарантує 100 % імовірність виявлення** навіть короткочасних сигналів у заданому частотному діапазоні;
- **спрощує інтерпретацію** великого обсягу спектральних даних за рахунок інтерактивної візуалізації та базових засобів автоматичного аналізу.

1.3 Межі

- **Діапазон частот:** 30 кГц – 6 ГГц (обмежується можливостями підключеного SDR).
- **Пропускна здатність:** ≤ 4 МС/s у поточній реалізації (можна розширити при переході на продуктивніший SDR).
- **Платформи:** Windows 10/11 ×64, Ubuntu 22.04 ×64, macOS 13+ (ARM64/Intel).
- **Поза межами:** декодування протоколів верхнього рівня, активні засоби придушення або блокування сигналів, веб-інтерфейс (планується у наступних релізах).

1.4 Означення та аббревіатури

Терміни	Пояснення
SDR (Software-Defined Radio)	Приймач/передавач, де радіочастотна обробка реалізована програмно
IQ-дані	Пара ортогональних відліків (In-phase, Quadrature) після оцифрування
FFT	Швидке перетворення Фур'є
GUI	Graphical User Interface
PCMP	Програмна система моніторингу радіосигналів (продукт, що розробляється)
Event	Подія – факт виявлення сигналу, системне повідомлення або маркер

2 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС

2.1 Перспективи продукту

PCMP позиціонується як **настільний монітор** з можливістю еволюції у:

- **розподілену мережу сенсорів** з центральним хмарним сервером;
- **навчальний стенд DSP** (демонстрація основ спектрального аналізу);
- **модуль ситуаційної обізнаності** в комплексних системах безпеки (інтеграція через REST API).

2.2 Функції продукту (огляд)

1. Підключення до SDR-пристрою або генератора IQ-даних.
2. Налаштування параметрів прийому (частота, смуга, підсилення, швидкість семплювання).
3. Реальний-час FFT та побудова:
 - **амплітудно-частотного спектра;**
 - **водоспадної спектрограми.**
4. Алгоритм порогового виявлення активних передавачів.

5. Реєстрація подій у базі SQLite і відображення журналу.
6. Додавання та редагування ручних маркерів.
7. Експорт даних (CSV) і графіків (PNG).

2.3 Характеристики користувачів

Категорія	Досвід	Потреби
Оператор РЧ-служби	Середній досвід роботи зі спектроаналізаторами	Швидка індикація появи завад та нелегальних передавачів
Інженер-дослідник	Високий рівень DSP	Гнучкі налаштування обробки та експорт сирих даних
Студент	Базові знання радіотехніки	Візуалізація та коментовані маркери для навчання

2.4 Загальні обмеження

- Ємність оперативної пам'яті ≥ 8 ГБ;
- Графічний адаптер з підтримкою OpenGL 3.3 (для прискореного рендеру PyQtGraph);
- Пропускна здатність USB-шини, достатня для заданого SR.

2.5 Припущення й залежності

- У системі встановлено Python 3.12 та пакети (numpy, scipy, PyQt6, pyqtgraph, qasync).
- Драйвери SDR (RTL-SDR, SoapySDR, UHD) встановлено й перевірено.
- Користувач має права на доступ до USB-пристроїв і створення локальних файлів.

3 КОНКРЕТНІ ВИМОГИ

3.1 Вимоги до зовнішніх інтерфейсів

3.1.1 Інтерфейс користувача

ID	Опис	Критерій приймання
UI-1	Вікно «Головний спектр» – лінійний графік з оновленням ≥ 10 FPS	Спектр оновлюється без пропусків при навантаженні CPU < 30 %
UI-2	Вікно «Waterfall» – 2-D кольорова спектрограма	Колірна карта масштабована, підтримує колесо прокрутки для ZOOM
UI-3	Панель керування – кнопки <i>Start</i> , <i>Stop</i> , поля <i>Centre Freq</i> , <i>Sample Rate</i> , <i>Gain</i> , <i>AVG</i>	Зміни параметрів застосовуються без переривання потоку
UI-4	Таблиця «Журнал подій» (QTableView)	Новий запис з'являється ≤ 200 мс після спрацювання детектора
UI-5	Діалог «Експорт»	Файл експорту містить не менше 95 % записів поточної сесії

3.1.2 Апаратний інтерфейс

- **SDR-джерело:** USB 2.0/3.0 пристрій, сумісний з RTL2832U, HackRF One, USRP B200 тощо.
- **З'єднання:** одна сесія захоплення IQ-потoku з 8-битною або 16-битною глибиною.

3.1.3 Програмний інтерфейс

- **Драйвери:** RTL-SDR (librtlsdr), SoapySDR, UHD.
- **API інтеграції (road-map):** REST v1 /events, /markers, WebSocket для потоку спектра.

3.1.4 Комунікаційний протокол

- Внутрішній: Zero-сору черги (Python asyncio.Queue) між потоками GUI та ядра.
- Зовнішній (optional): TCP + JSON (UTF-8), TLS 1.3, авторизація Bearer Token.

3.1.5 Обмеження пам'яті

- Буфер IQ ≤ 2 сек (≈ 32 МБ при $4 \text{ MS/s} \times 2 \times 16$ бит).

- Кільцевий буфер останніх 100 кадрів FFT (≈ 13 МБ при $N=4096$, float32).

3.1.6 Операції

ID Потік подій

OP-1 Operator натискає *Start* → ядро ініціалізує SDR → починає асинхронно читати IQ дані → генерує спектр → надсилає GUI і детектору

OP-2 Зміна *Centre Freq* → ядро надсилає команду `set_center_freq()` SDR-пристрою, підтверджує GUI

OP-3 Детектор реєструє сигнал $> \text{Threshold dBFS}$ → створює об'єкт Event → записує у SQLite → генерує сигнал `eventAdded` → GUI додає рядок

3.1.7 Функції продукту

Детальний перелік подано у п. 3.1.6 та таблиці «Функції продукту» (дод. А).

3.1.8 Припущення й залежності

- SDR повертає безперервний потік без втрат пакетів.
- Часова база ПК синхронізована (NTP/RTC) для коректної мітки подій.

3.2 Властивості програмного продукту

Див. табл. 1.

Властивість	Цільовий показник
Частота оновлення GUI	≥ 10 FPS (спектр) / ≥ 5 FPS (waterfall)
Затримка ознаки сигналу → протокол події	≤ 200 мс
Максимальна смуга миттєвого аналізу	4 МГц (single-thread), scalable
Обробка користувацьких дій	GUI не блокується > 100 мс

3.3 Атрибути програмного продукту

3.3.1 Надійність

- Система повинна автоматично відновлюватися після короткочасного обриву USB ≤ 3 с.
- Журнальні файли зберігаються із періодом ротації 7 днів.

3.3.2 Доступність

- MTBF ≥ 72 год при безперервній роботі.
- Час перезапуску після збоїв ≤ 30 с.

3.3.3 Безпека

- Права доступу до файлів events.sqlite — не ширше, ніж для поточного користувача ОС.
- При роботі у мережевому режимі — обов'язкове шифрування TLS 1.3.

3.3.4 Супроводжуваність

- Код структурований за схемою **ядро / gui / storage / drivers**.
- Автоматичні юніт-тести покривають ≥ 60 % логіки ядра.

3.3.5 Переносимість

- Компіляція wheel-пакета без C-розширень; залежності встановлюються через `pip install -r requirements.txt`.

3.3.6 Продуктивність

- Навантаження CPU (AMD Ryzen 5 5600G) при SR = 2 MS/s, FFT = 4096, FPS = 20 — не більше 25 %.

3.4 Вимоги бази даних

- **СУБД:** SQLite 3.44, один файл < 100 МБ за 24 год нормальної експлуатації.
- **Схема:**
 - sessions(id, started_at, ended_at, center_freq, sample_rate)
 - events(id, session_id, timestamp, freq_hz, level_dbfs, duration_s, type)
 - markers(id, session_id, timestamp, freq_hz, comment)
- **Транзакції:** ACID, рівень ізоляції — SERIALIZABLE.
- **Індекси:** events(timestamp), events(freq_hz).

3.5 Інші вимоги

- **Мовна локалізація:** UA (базова), EN (опційно).
- **Ліцензія ПЗ:** GPL-3.0 або MIT (визначається замовником).

- **Документація для кінцевого користувача:** PDF-мануал не менше 20 сторінок, інтегрована довідка (Qt Help).
- **Відповідність стандартам:** ІЕС 61000-6-4 (електромагнітна сумісність, за потреби апаратної сертифікації).