

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Алгоритмічно-програмне забезпечення виявлення спотворених
радіосигналів на основі вейвлету Хаара

Виконав(ла): студент(ка) II курсу, групи РАМ-61
спеціальності 172 Електронні комунікації та
радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Кашуба Р.М. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Хвостівська Л.В. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Хвостівська Л.В. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Дунець В.Л. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	Дедів Л.Є. (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 29 » листопада 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Електронні комунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Кашубі Роману Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Алгоритмічно-програмне забезпечення виявлення спотворених радіосигналів на основі вейвлету Хаара

Керівник роботи Хвостівська Лілія Володимирівна, к.т.н. доц.

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

Затверджені наказом ректора від « 29 » листопада 2024 року № 4/7-1145

2. Термін подання студентом завершеної роботи 26.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Об'єкт дослідження: процес виявлення спотворених радіосигналів.

Предмет дослідження: метод та алгоритмічно-програмного забезпечення виявлення спотворених радіосигналів.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Оглядова частина

2. Основна частина

3. Науково-дослідна частина

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

Актуальність роботи

1. Властивості спотворених радіосигналів

2. Метод вейвлет-виявлення спотворених радіосигналів

3. Алгоритмічне забезпечення вейвлет-виявлення спотворених радіосигналів

4. Програмне забезпечення вейвлет-виявлення спотворених радіосигналів

5. Результати вейвлет-виявлення спотворених радіосигналів

6. Наукова новизна

7. Загальні висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та	Зелінський І.М., доц. каф. ПВ		
безпека в надзвичайних	Окіпний І.Б., зав. каф. МТ		
ситуаціях			

7. Дата видачі завдання 09.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Кашуба Р.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

ХВОСТІВСЬКА Л.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Алгоритмічно-програмне забезпечення виявлення спотворених радіосигналів на основі вейвлету Хаара» // Кваліфікаційна робота // Кашуба Роман Михайлович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАМ-61 // Тернопіль, 2024 // с. – 78, рис. – 38, табл. – 0, додат. – 2, бібліогр. – 30.

Ключові слова: МЕТОД, АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯБ ВЕЙАЛЕТ ОБРОБКАБ БАЗИС ХААРА, РАДІОСИГНАЛИ, ЗАВАДИ, MATLAB.

У роботі представлено результати розробки алгоритмічно-програмного забезпечення виявлення спотворених радіосигналів на основі вейвлету Хаара.

Створено адитивну математичну модель спотвореного радіосигналу, яка відображає особливості поведінки радіосигналів у присутності завад в мережевих комунікаціях.

Розроблено метод та алгоритмічне забезпечення вейвлет-виявлення спотворених радіосигналів в базисі Хаара, що уможлиблюють обов'язкове врахування характеристик структурних флуктуацій реальних сигналів за різної часової масштабності.

Реалізовано ПЗ в середовищі Matlab Guide з елементами автоматизації для вейвлет-виявлення спотворених радіосигналів у завадних умовах та проведено його оцінку для підтвердження його ефективності. Отримані 3D та 2D вейвлет-спектри дозволяють чисельно за значенням рівнів та візуально оцінювати присутність/відсутність спотворених радіосигналів за різного рівня завади.

ANNOTATION

Theme of qualification work: «Algorithmic software for detecting distorted radio signals based on the Haar wavelet» // Qualification work // Kashuba Roman // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, group RAm-61 // Ternopil, 2024 // p. – 78, fig. – 38, tab. – 0, Add – 2, Ref. – 30.

Key words: METHOD, ALGORITHMIC SUPPORT, SOFTWARE, WAVEFORM PROCESSING, HAAR BASIS, RADIO SIGNALS, INTERFERENCE, MATLAB.

In the work presents the results of the development of algorithmic software for detecting distorted radio signals based on the Haar wavelet.

An additive mathematical model of a distorted radio signal has been created, which reflects the peculiarities of the behavior of radio signals in the presence of interference in network communications.

A method and algorithmic support for wavelet detection of distorted radio signals in the Haar basis have been developed, which make it possible to take into account the characteristics of structural fluctuations of real signals at different time scales.

Software has been implemented in the Matlab Guide environment with automation elements for wavelet detection of distorted radio signals in interference conditions and its evaluation has been carried out to confirm its effectiveness. The obtained 3D and 2D wavelet spectra allow numerically by level value and visually to assess the presence/absence of distorted radio signals at different levels of interference.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА.....	10
1.1. Спотворення радіосигналів в електронних комунікаціях.....	10
1.1.1. Апаратні джерела шуму в комунікаційних системах.....	10
1.1.2. Завади природнього типу.....	11
1.1.3. Завади техногенного характеру.....	11
1.1.4. Завади ненавмисного типу.....	13
1.1.5. Завади статичної іоносфери.....	13
1.1.6. Завади галактичного виду.....	14
1.1.7. Завада QRM.....	15
1.2. Методи виявлення спотворених радіосигналів.....	16
1.2.1. Крос-кореляційне виявлення радіосигналів.....	16
1.2.2. Статичне виявлення радіосигналів.....	19
1.2.3. Кореляційний метод виявлення радіосигналів.....	19
1.2.4. Компонентне виявлення радіосигналів.....	21
1.2.5. Синфазне виявлення радіосигналів.....	22
1.2.6. Вейвлет-виявлення радіосигналу в базисі Морле.....	23
1.3. Висновки до розділу 1.....	24
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	26
2.1. Радіосигнали в комунікаційних мережах.....	26
2.2. Метод виявлення спотворених радіосигналів.....	28
2.3. Вибір базису вейвлет-виявлення радіосигналів.....	32
2.4. Алгоритмічне забезпечення вейвлет-виявлення радіосигналів.....	34
2.5. Висновки до розділу 3.....	37
РОЗДІЛ 3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	38
3.1. Програмне забезпечення вейвлет-виявлення радіосигналів в базисі Хаара.....	38
3.2. Результати вейвлет-виявлення спотворених радіосигналів.....	40

3.3. Автоматизоване програмне забезпечення вейвлет-виявлення спотворених радіосигналів	51
3.4. Висновки до розділу 3	55
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	56
4.1. Охорона праці	56
4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях	58
4.3. Висновки до розділу 4	61
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	62
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	63
ДОДАТКИ	68
ДОДАТОК А. Скан-копія тези	69
ДОДАТОК Б. Код автоматизованого програмного забезпечення вейвлет-виявлення спотворених радіосигналів	74

ВСТУП

Актуальність роботи. Передача та прийом радіосигналів (РС) у системах електронного зв'язку завжди супроводжуються впливом різноманітних перешкод, які можуть значно спотворити сигнали, аж до повної втрати їх розпізнаваності [17, 18, 21, 22]. Некоректність та недостовірність оброблених результатів, а також прийнятих на їх основі рішень можуть виникати внаслідок обробки таких радіосигналів. Це трапляється через втрату корисного сигналу в електронних комунікаціях, коли він повністю перекривається завадним середовищем. Тому однією з базової задачі науковців у цій сфері є ідентифікація корисних сигналів серед перешкод, щоб запобігти обробці хибних даних.

Фундаментальні дослідження у галузі виявлення радіосигналів виконували такі науковці, як Rabiner L., Котельников В.А., Gould В. та інші. Серед основних методів, що застосовуються, можна виділити: кореляційну обробку (Тихонов В.І.), крос-кореляційний аналіз (Кулаков В.), статистичні підходи (Зубаков В.Д., Вайштейн Л.А.), синфазну/компонентну обробку (Хвостівська Л.В., Л.М. Коваль, Дедів І.Ю., Хвостівський М.О.), а також вейвлет-аналіз з базисами Морле (Хвостівська Л.В., Ремез А.В., Казьмірів В.В.) і Mexican Hat (Паламар Н.В., Хвостівська Л.В.).

Використання традиційних методів, за винятком вейвлет-аналізу, не дають змоги повноцінно вивчати флуктуаційні процеси в структурі радіосигналів, що ускладнює їхнє виявлення та розпізнавання у завадних умовах електронних комунікацій, особливо з урахуванням часової масштабованості та зсувів.

Однак наявний потенціал вейвлет-обробки ще не повністю реалізований, оскільки в дослідженнях не використовується широкий спектр материнських функцій, здатних розкрити додаткові можливості для виявлення спотворених радіосигналів, що зазнали впливу завад.

Отже, розширення спектра материнських функцій (зокрема використання вейвлету Хаара) відкріє шлях до створення нових підходів та інструментів для флуктуаційного виявлення спотворених радіосигналів у складних завадних середовищах.

Мета: розробка алгоритмічно-програмного забезпечення виявлення спотворених радіосигналів на основі вейвлету Хаара.

Задачі:

1. Провести детальний огляд існуючих математичних підходів для ідентифікації корисних радіосигналів у середовищі з високим рівнем завад в електронних комунікаціях.
2. Створити математичну модель, яка відображає особливості поведінки радіосигналів у присутності завад в умовах електронного зв'язку.
3. Розробити математичний метод та нове алгоритмічне забезпечення для вейвлетного аналізу і виявлення спотворених корисних радіосигналів у зашумленому середовищі.
4. Створити програмне забезпечення для реалізації алгоритмічне забезпечення вейвлет-виявлення спотворених радіосигналів у завадних умовах та провести його оцінку для підтвердження ефективності.

Об'єкт дослідження.

Процес виявлення спотворених радіосигналів.

Предмет дослідження.

Метод та алгоритмічно-програмного забезпечення виявлення спотворених радіосигналів.

Наукова новизна.

Уперше створено алгоритмічно-програмне забезпечення для вейвлет-ідентифікації спотворених корисних радіосигналів у зашумлених електронних комунікаціях на основі вейвлет-аналізу з використанням материнської функції Хаара. Це дозволило збільшити кількість характеристик для ідентифікації радіосигналів за допомогою 3D та 2D вейвлет-спектрів, які відображають флуктуаційні процеси досліджуваних сигналів.

Практичне значення.

Програмне забезпечення, інтегроване в електронні комунікаційні системи, дозволяє виявляти спотворені корисні радіосигнали у завадному електронному середовищі за допомогою вейвлет-аналізу в базисі Хаара.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1. Спотворення радіосигналів в електронних комунікаціях

1.1.1. Апаратні джерела шуму в комунікаційних системах

Існує два основних джерела шуму в комунікаційних системах: внутрішній шум обладнання та зовнішній шум. Зовнішній шум може мати природне або антропогенне походження.

Шум обладнання радіостанцій переважно формується в передніх каскадах комунікаційної системи. Його джерелом є електронні схеми, розташовані на вході приймача або поблизу нього. Це явище пояснюється хаотичним рухом електронів, що спричинене ентропійними процесами в атомних структурах матеріалів і залежить від температури. Через цю залежність такий шум називають тепловим.

Різні напівпровідникові матеріали, які використовуються для виготовлення транзисторів та інтегральних схем, вносять різний вклад у загальний тепловий шум, але він завжди пропорційний температурі.

Загальний тепловий шум, який впливає на вхідний сигнал комунікаційної системи, визначає рівень його шуму. Для оцінки шумових характеристик комунікаційної системи використовуються такі параметри, як коефіцієнт шуму або еквівалентна шумова температура.

На рис. 1.1 представлено графічне відображення типових рівнів сукупного шуму.

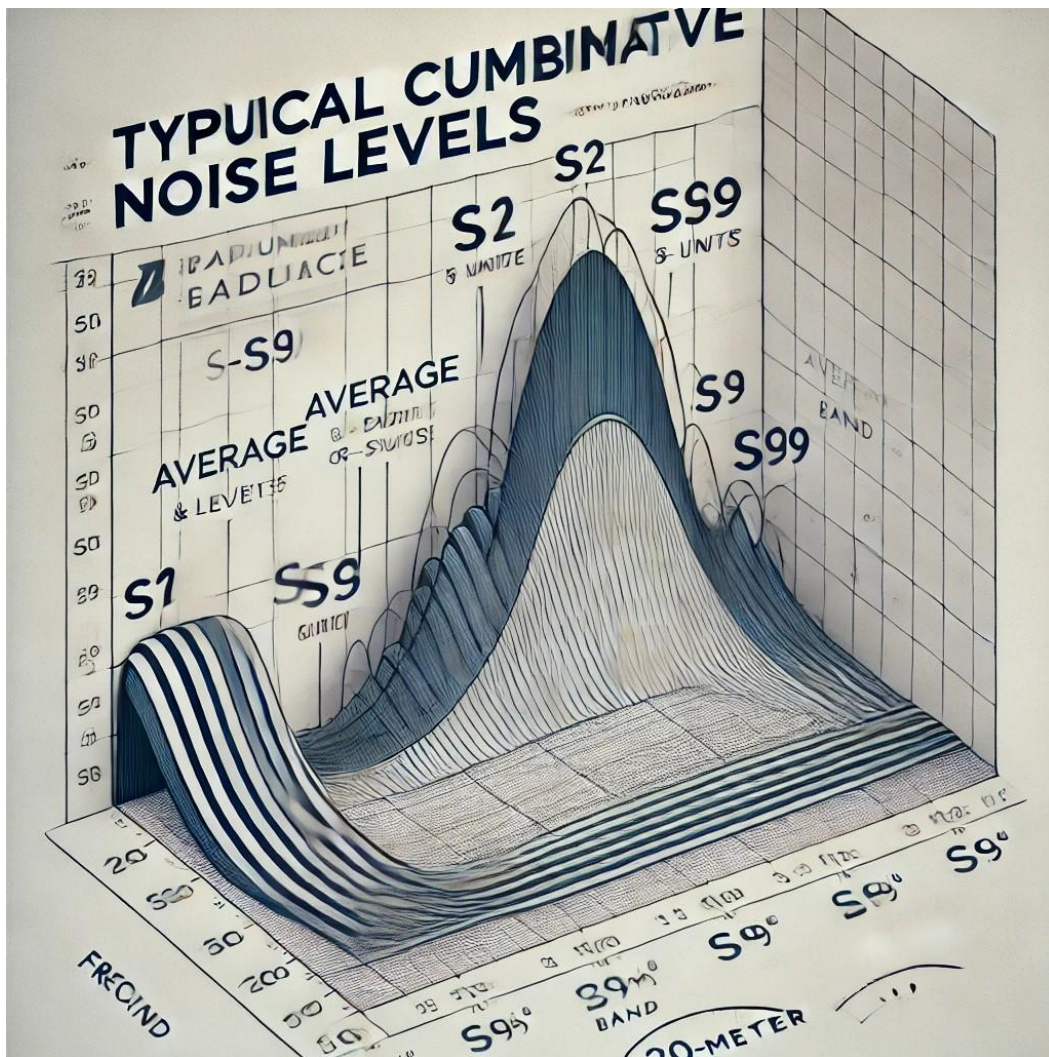


Рис.1.1. Зазначений у [23] типовий середній рівень шуму, відображений на S-метрі в 20-метровому діапазоні.

1.1.2. Завади природного типу

Основними чинниками виникнення завад є шум атмосфери, шум, спричинений метеосистемами, та галактичним шумом. Переважно ці джерела не діють одночасно, щоб значно вплинути на радіозв'язок. Інтенсивність таких шумів суттєво залежить від частоти: на високих частотах вона є значною, а на ультракоротких і дуже високих частотах поступово знижується.

1.1.3. Завади техногенного характеру

Штучний шум є ще одним важливим джерелом радіозавад. Найвищий рівень таких шумів спостерігається у промислових та міських районах, тоді як у передміських і сільських місцевостях їхня інтенсивність знижується. Джерела

завад техногенного характеру надзвичайно різноманітні: високовольтні лінії електропередач, система запалювання авто, промислове електрообладнання, а також техніка побуту. Серед побутових пристроїв значний внесок у створення штучного шуму вносять кухонні обладнання (наприклад, міксери, мікрохвильові печі), телевізори, комп'ютери тощо.

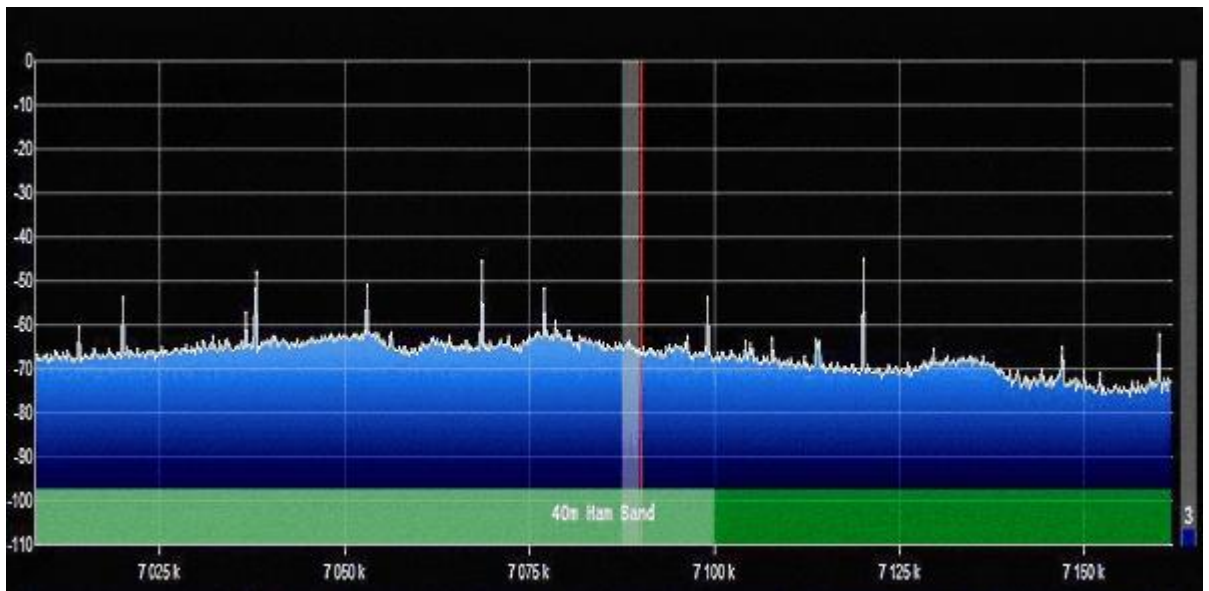


Рис.1.2. Очікуваний рівень гаусівського шуму в діапазоні 40 метрів для середніх широт, як описано в [23].

Більшість штучних джерел завад, згаданих вище, генерують широкосмугові сигнали, що охоплюють частоти від наддовгих хвиль (VLF) до ультракоротких (VHF). Інтенсивність таких шумів поступово зменшується зі зростанням частоти. Високочастотний (ВЧ) спектр більш чутливий до шуму, ніж ультракороткий (УКХ) чи дуже високий (УВЧ) діапазони.

Шум, як і довільне радіовипромінювання, є електромагнітною хвилею, яка поширюється подібно до радіосигналів і має властивості поляризації. Значна частина джерел шуму випромінюють хвилі зі змішаною поляризацією, тобто з горизонтальними та вертикальними компонентами. Основним шляхом поширення шуму є поверхневі хвилі. Вертикально поляризовані хвилі мають значно більший діапазон, ніж горизонтально поляризовані, тому штучні джерела шуму, що знаходяться на великій відстані від вашого місця розташування (QTH),

переважно передають вертикально поляризовані сигнали. В результаті шум, який досягає радіостанції, здебільшого вертикально поляризований.

Процес поляризації антен відіграє важливу роль у масштабі проблем, пов'язаних зі штучним шумом. На нижчих частотах поверхневі хвилі забезпечують ширше покриття, об'єднуючи шум від більшості джерел в інтервалі декількох кілометрів. У діапазонах УКХ та УВЧ, де поверхневі хвилі майже відсутні, шум, що доходить до антен, переважно формується в межах прямої видимості (LOS) і значно менше є залежною від поляризації.

1.1.4. Завади ненавмисного типу

Аматорські радіостанції з недосконалими налаштуваннями часто стають джерелом сторонніх шумів. Це переважно спричиняється неправильним налаштуванням антен та ліній передачі, що створюють дисбаланс і провокують появу синфазних струмів.

Шум також може виникати через недоліки в заземленні обладнання, що призводить до утворення заземлювальних петель і підвищення рівня перешкод. Крім того, близькість до джерел електромагнітного випромінювання або проникнення кондуктивних шумів через лінії електропередач можуть додатково впливати на якість роботи станції.

На високих частотах (УКХ і вище), у разі правильної роботи обладнання, більшість перешкод зазвичай походить від самої апаратури, особливо при використанні наземного зв'язку.

1.1.5. Завади статичної іоносфери

Атмосферний шум є результатом теплового випромінювання, спричиненого через хаотичний рух молекул газів у повітрі. Коли молекули стикаються, їх кінетична енергія трансформується на електромагнітне випромінювання в широкому діапазоні частот. Інтенсивність цього шуму визначається температурою середовища, і стандартною точкою відліку для обчислень є температура 290 К (17 °C).

Під час роботи приймальна антена вловлює цей навколишній шум. Цікаво, що рівень цього шуму залишається сталим незалежно від частоти сигналу, що пояснюється декількома чинниками. На нижчих частотах розмір апертури антени збільшується пропорційно квадрату довжини хвилі. Крім того, іоносфера діє як відбивач, повертаючи енергію шуму до антени в діапазоні 2–9 МГц. Цей ефект виникає через вигнуту структуру іоносферного шару, який підсилює шум. Існують також інші фактори, що впливають на форму кривої розподілу атмосферного шуму.

На графіку (рис. 1.3) наведено залежність інтенсивності шуму від частоти в діапазоні 10-30 МГц. Шум виражено через «шумовий коефіцієнт антени», де значення 0 NF відповідає температурі 290 К. Помітно, що нижче 1 МГц шум значно збільшується. У діапазоні 1,2–9 МГц відбувається додаткове зростання через відбиття від іоносфери. Після 9 МГц рівень шуму починає знижуватися, досягаючи 0 NF за 20 МГц, оскільки хвилі проходять крізь іоносферу.

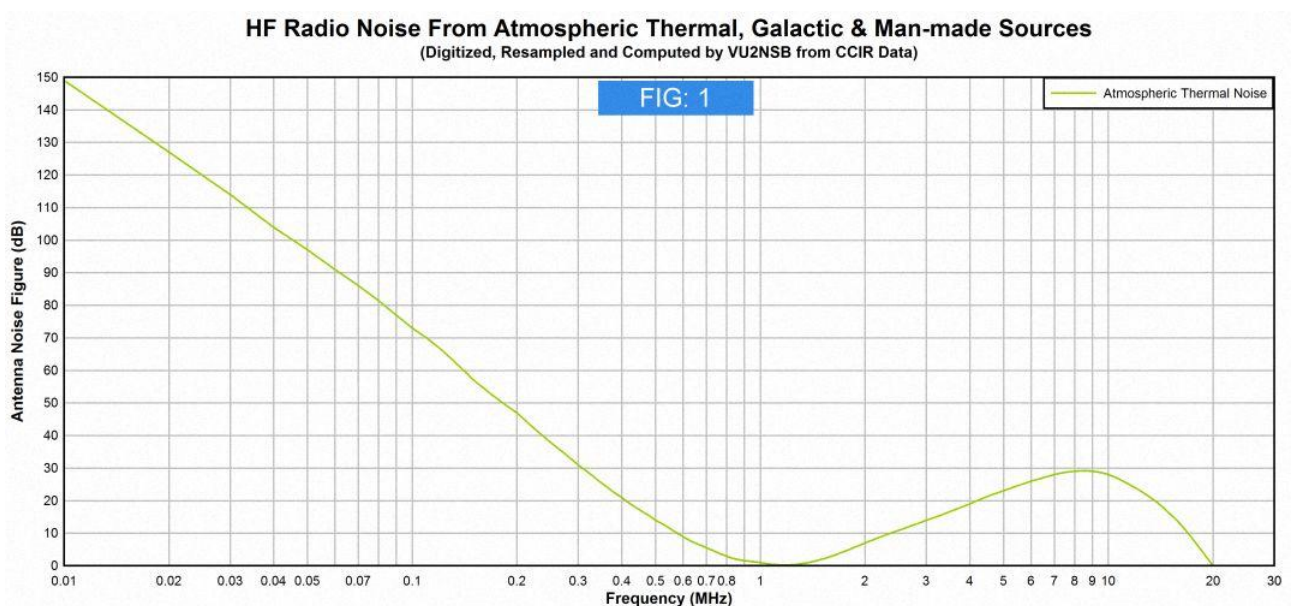


Рис.1.3. Атмосферний тепловий шум діапазону VLF-HF [23]

1.1.6. Завади галактичного виду

Цей шум походить від випромінювання електромагнітних хвиль від Сонця, планет і різних інших зірок і небесних тіл у нашій галактиці. Космічні атомні та субатомні частинки з галактики, а також сонячний вітер, яким вдається

проникнути в магнітосферу Землі, також сприяють цьому галактичному шуму. Як і всі інші природні джерела шуму, це також має розподіл Гауса (рис.1.4). Крива галактичного шуму зображена рожевим кольором. Найнижча частота цієї кривої скорочується до 6 МГц. Обмеження низькочастотного галактичного шуму цілком може досягати 9 МГц. Ця низькочастотна межа визначається щільністю іоносферної плити. Висока щільність іоносфери запобігає проникненню низькочастотного галактичного шуму та досягненню станції RX на земній поверхні. Нижче межі нижньочастотного обрізання галактичний шум відображається у вигляді подовженої горизонтальної пунктирної лінії, що символізує його суттєве зменшення.

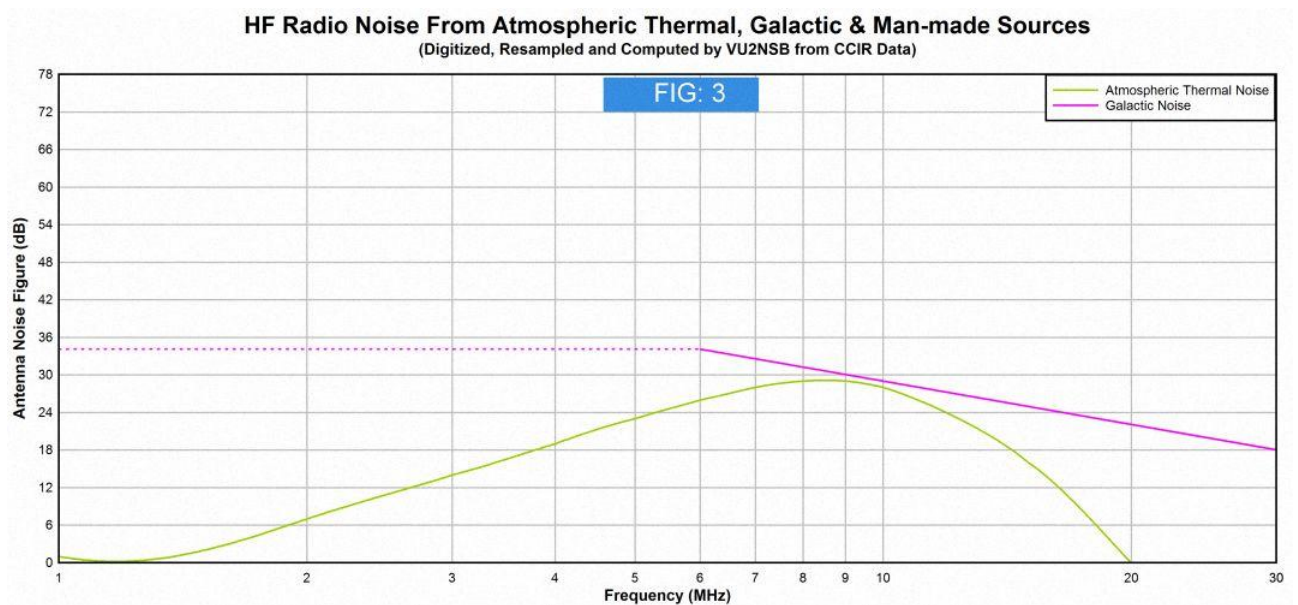


Рис.1.4. Криві залежності шуму галактики [23]

1.1.7. Завада QRM

Штучний шум є важливим джерелом акустичного впливу. Його спричиняють електричні прилади, побутова техніка, комп'ютери, лінії електропередач, автомобільні двигуни та інші механізми. Найвищий рівень такого шуму спостерігається у промислових і ділових зонах, далі за спаданням інтенсивності слідує житлові райони міста, передмістя та сільські території. Енергія цього шуму концентрується переважно на низьких частотах, поступово

зменшуючись у високочастотному діапазоні. На рис. 1.5 представлено різні типи кривих щільності штучної завади.

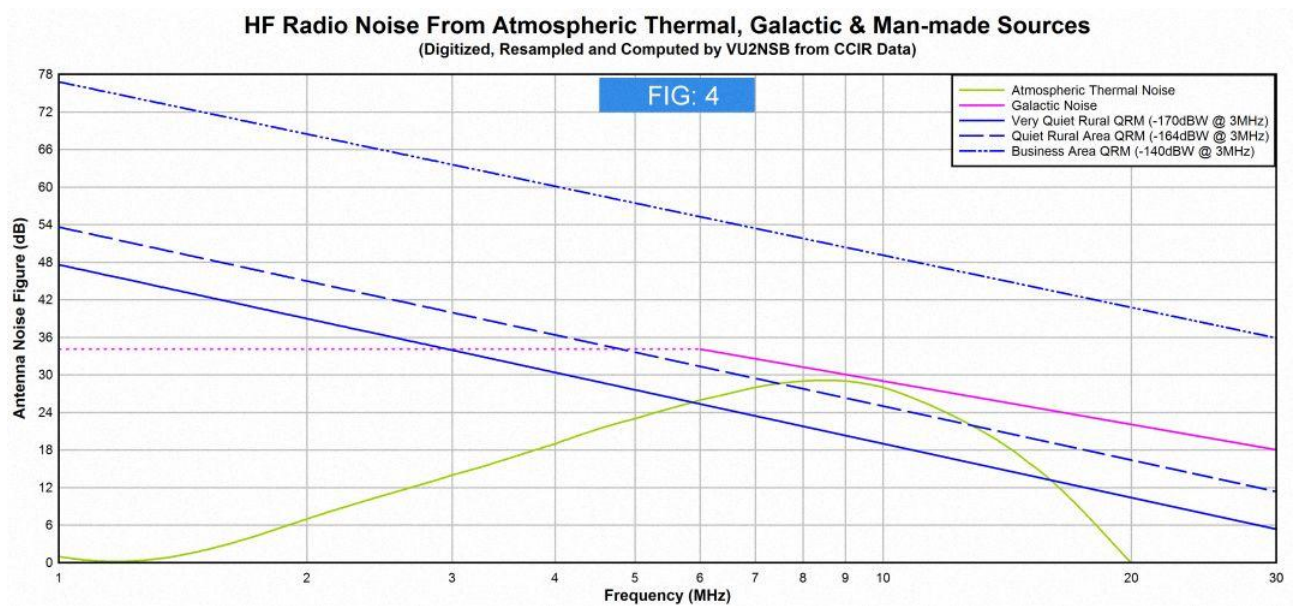


Рис.1.5. Рівні штучної завади [23]

Рівень шуму в ділових районах позначений пунктирно-штриховими лініями, а для тихої сільської місцевості використані пунктирні лінії.

1.2. Методи виявлення спотворених радіосигналів

1.2.1. Крос-кореляційне виявлення радіосигналів

У дослідженні В. Кулакової зазначено, що рівень спектральної щільності шумів у межах частотного діапазону приймальної мережевої системи залишається сталим. При цьому зроблено припущення про існування сигналів $x(n)$ та $y(n)$, які приймаються у двох незалежних каналах [35]:

$$x(n) = s1(n) + q1(n), \quad (1.1)$$

$$y(n) = s2(n) + q2(n) = \alpha \cdot s(1 + D1,2) + q2(n), n = 0,1,..., N - 1, \quad (1.2)$$

де $s1(n)$ –РС (у комплексному форматі), прийнятий на 1-му каналі (стосується обвідної);

$q1(n)$ – РС (у комплексному форматі), прийнятий на 1-му каналі із коефіцієнтом згасання α (стосується обвідної);

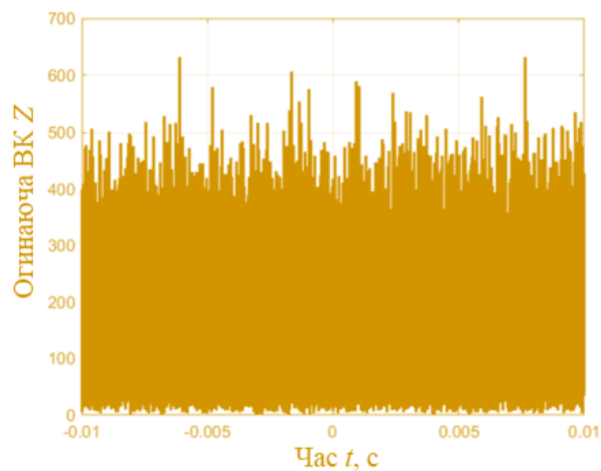
$q1(n), q2(n)$ – адитивні гаусівські шуми 1-2 каналів;

$D_{1,2}$ – часовий зсув $s1(n)$ відносно $s2(n)$.

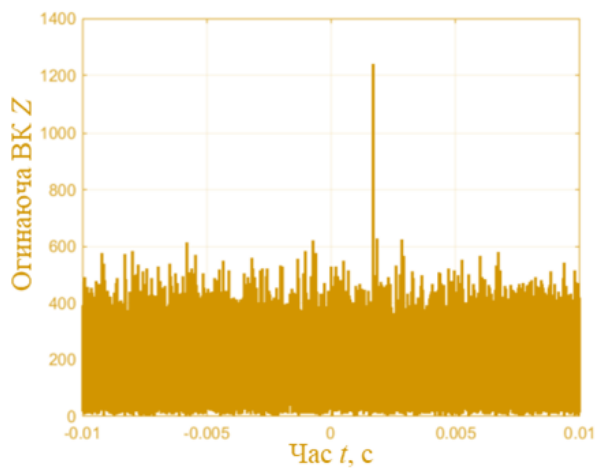
$s1(n)$ є некорельованим стосовно завад $q1(n), q2(n)$.

Крос-кореляційний зв'язок між $x(n)$ та $y(n)$ в праці [35] оцінено за $\max$ можливої затримки РС $D_{\max}$:

Крос-кореляція обвідних обох каналів відображена на рис.1.6.



(а)



(б)

Рис.1.5. Реалізації крос-кореляцій обох каналів за s_0^R [35]

Рис. 1.6 ілюструє результат оцінювання фазових спотворень РС для обох

каналів $\delta\hat{\varphi}_1^R$, $\delta\hat{\varphi}_2^R$ та різницю спотворень фази $\delta\hat{\varphi}_\Delta^R(t)$.

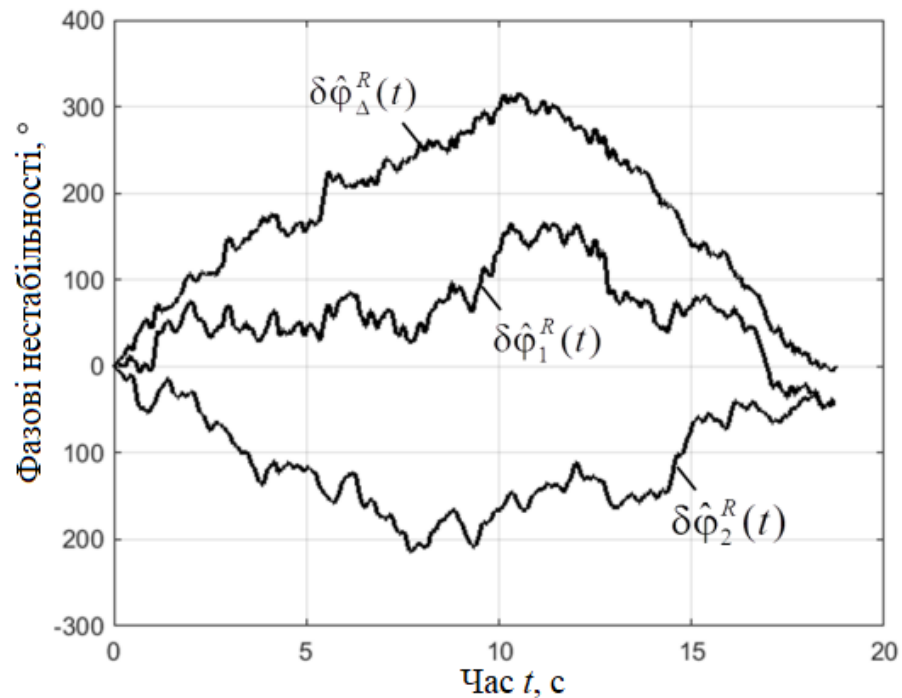


Рис. 1.6. Спотворення фази $\delta\hat{\varphi}_1^R$, $\delta\hat{\varphi}_2^R$, $\delta\hat{\varphi}_\Delta^R(t)$ [35]

Констатовано, що фазове спотворення має рівень 300° , що свідчить про когерентне порушення фазових співвідношень сигналів для двох каналів за результатами крос-кореляційного аналізу.

На рис. 1.5,а відсутній РС через низький рівень сигналу, що не перевищує рівень вхідних завад. Використання еквалайзера забезпечило відновлення РС (рис. 1.5,б) за умов певного співвідношення $\text{SNR } R_{\text{out}} = 6,5 \text{ од. (16 Дб)}$, що відповідає теоретично розрахованому рівню $R_{\text{out}} = 6,6 \text{ од.}$

При знаходженні тах крос-кореляції проводиться компенсація фазових нестабільностей прийнятих сигналів за допомогою еквалайзера, налаштованого на основі відомих параметрів РС.

Виявлення корисного РС із використанням еквалайзера реалізується через процедуру обчислення крос-кореляції та порівняння її огинаючої із заданими рівневими порогами.

1.2.2. Статичне виявлення радіосигналів

Процедура розв'язання задачі виявлення низькопотужного РС в середовищі завад, створеному впливом зовнішніх/внутрішніх перешкод чи артефактів, базується на методі усереднення РС впродовж N повторень (Вайштейн Л.А., Зубаков В.Д.). Такий підхід дозволяє суттєво знизити рівень завад, зменшивши їх вплив у $\sqrt{N}$ разів, пропорційно до числа реалізацій сигналу, і спрямувати усереднений РС на виділення його корисної складової. Такий підхід передбачає значну кількість повторень мережевих передавань, що збільшує тривалість загального процесу передачі РС крізь електронні мережеві канали. Із збільшенням кількості повторень K зростає нестаціонарність РС, що може призводити до суттєвих відхилень усереднених значень від корисної складової через вплив завад і артефактів.

У таких умовах необхідно застосовувати ефективні методи та комп'ютерні системи, які забезпечують оцінювання корисного РС за мінімальної кількості повторень під час передавання та приймання сигналу у комунікаційних каналах.

1.2.3. Кореляційний метод виявлення радіосигналів

Вузол-корелятор у мережах є основним компонентом, який відповідає за виявлення РС. Цей вузол дає змогу гарантовано формувати максимально SNR на своєму виході, навіть за умови наявності на його вході радіосигналу $s(t)$, підданого адитивній заваді БГШ $n(t)$:

$$\xi(t) = s(t) + n(t), \quad (1.3)$$

Коли завада зазначеного типу присутня, тоді оптимальним засобом виявлення є корелятор, який формує на виході $\max \text{SNR}$ за допомогою згортки.

$$v(t) = \int_0^T s(T - \tau) \xi(t - \tau) d\tau, \quad (1.4)$$

де $s(t)$ – не спотворений РС;

$\xi(t)$ – спотворений РС;

T – часовий проміжок виявлення;

τ – часове затримання.

Вираз для виявлення РС (1.4) подано через вираз:

$$v_{uj} = \delta \sum_{i=0}^{L-1} S_{L-1} \xi_{u,k-i}, \quad (1.5)$$

де

$$v_{uj} = v_u(j\delta), \quad \xi_{uj} = \xi_u(j\delta), \quad S_j = S(j\delta). \quad (1.6)$$

На рис. 1.7 показана схему виявлення спотвореного РС при використанні кореляційного ядра з виразу (1.6).

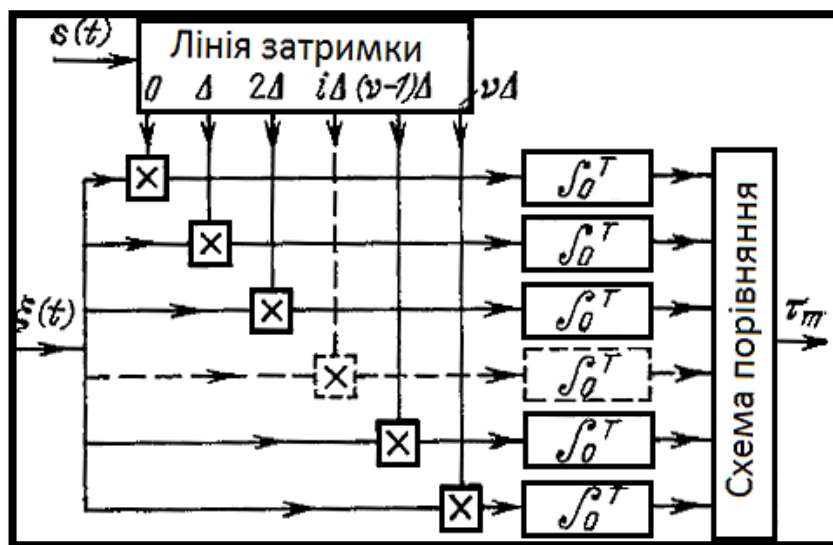


Рис.1.7. Структура системи виявлення спотвореного РС на базі корелятора

В процесі виявлення спотвореного РС як імпульсного на базі корелятора з використанням 1 біта, на виході корелятора утворюється сигнал у вигляді трикутної хвилі на інтервалі 2τ з амплітудним рівнем $2E/N$.

1.2.4. Компонентне виявлення радіосигналів

В роботах [5, 14] РС розглядають ПКВП та його виявлення використано метод компонентний виявлення згідно виразу [38]:

$$\hat{B}_k(u) = \frac{1}{\theta} \int_0^\theta \xi(t+u) \xi(t) \exp\left(-ik \frac{2\pi}{T} t\right) dt, \quad (1.7)$$

Алгоритм компонентного виявлення спотвореного РС згідно (1.7) подано на рис.1.8.

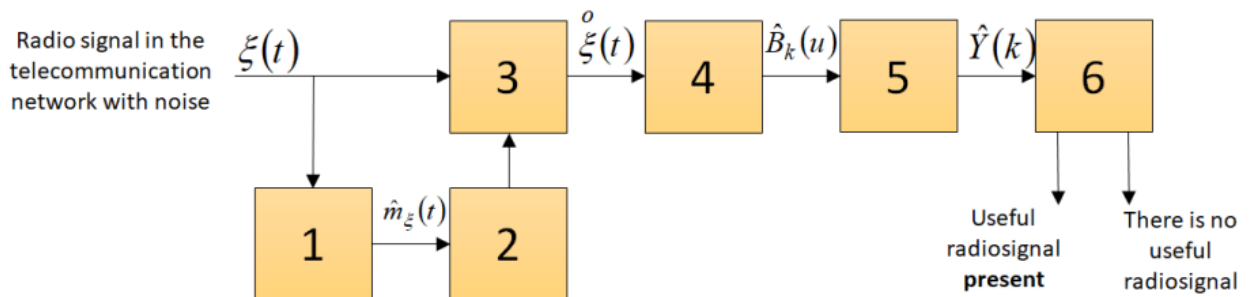


Рис.1.8. Алгоритм виявлення спотвореного сигналу [38]

Алгоритм виявлення (рис.1.8) складається з: 1 – числення середніх значень; 2 – формування періодичності численних середніх значень; 3 – центрування спотвореного РС; 4 – числення спектральних компонент; 5 – усереднення компонент; 6 – прийняття рішень (присутній/відсутній) сигналу.

Результати виявлення спотвореного РС зображено на рис.1.9.

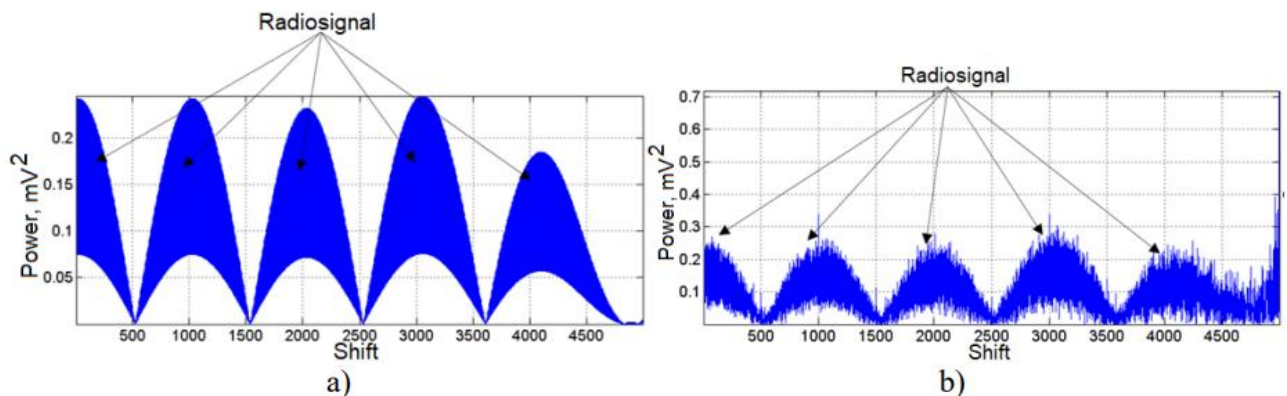


Рис.1.9. Усереднені спектральні компоненти а) беззавадний РС; б) завадний РС

Використаний авторами компонентний метод та ознаки виявлення (рис.1.9) забезпечують чітке відображення факту щодо виявлення спотвореного РС.

1.2.5. Синфазне виявлення радіосигналів

У працях [15, 16] автори запропонували застосування синфазного підходу щодо процесу виявлення спотвореного РС як ПКВП. Процес синфазного виявлення спотвореного РС побудовано на основі обчислення виразу (1.7) (наближеність до компонентного виявлення з різницею в обчисленні коваріації та послідовності обчислень).

Синфазний алгоритм виявлення спотвореного РС наведено на рис.1.10.

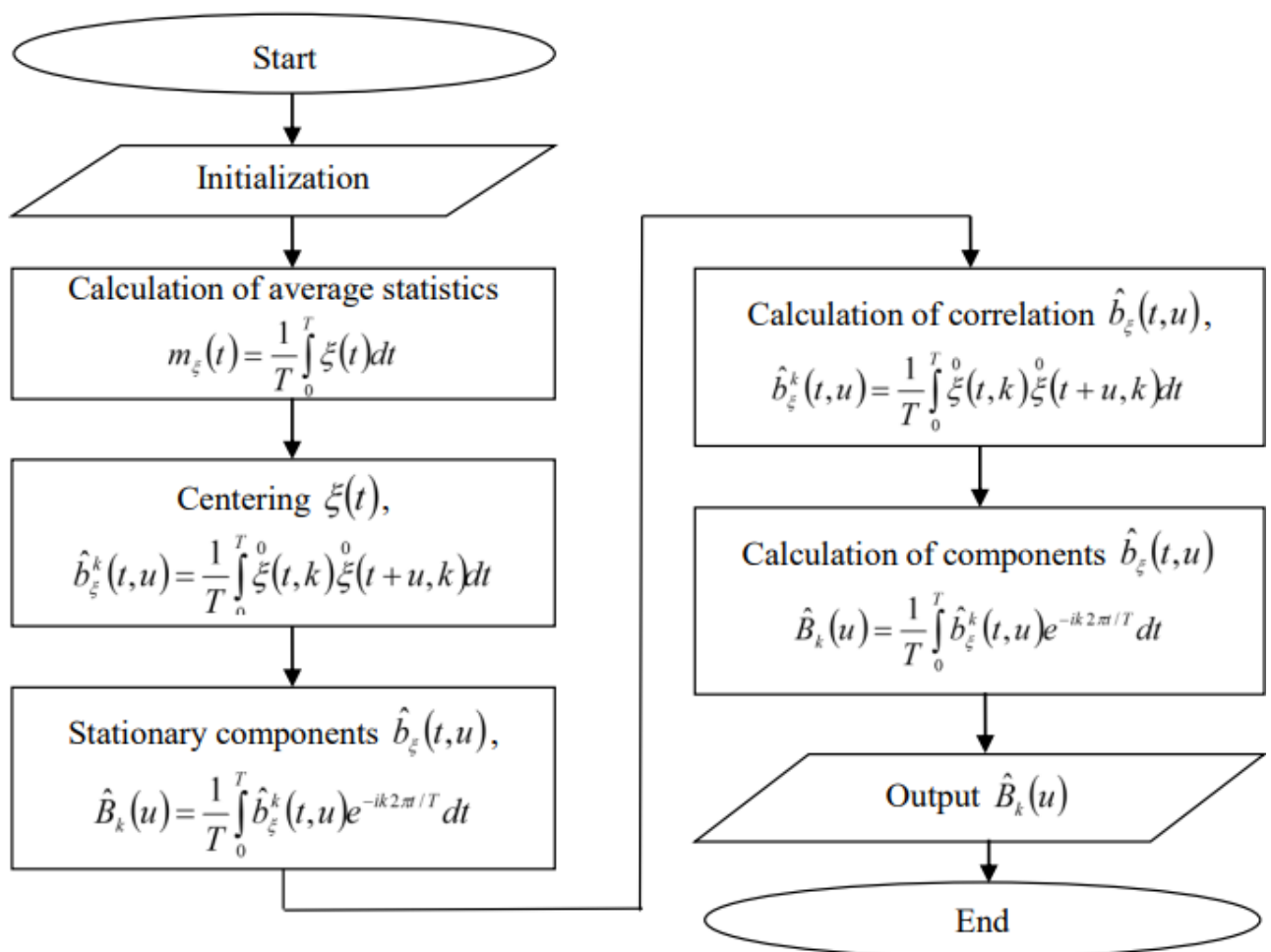


Рис.1.10. Синфазний алгоритм виявлення спотвореного РС

На рис.1.11 показано результат синфазного виявлення спотвореного РС поданого через компоненти виявлення.

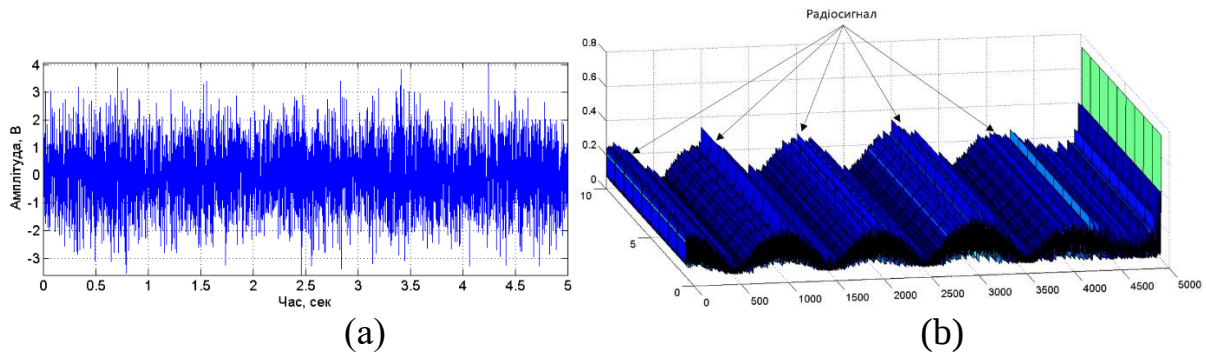


Рис.1.11. Компоненти синфазного виявлення спотвореного РС:

а) спотворений РС; б) результат виявлення

За значеннями компонент (рис.1.11) чітко виявляється локалізація спотвореного. Зазначений метод функціонує на 100% при синфазному виявленні спотворених РС.

1.2.6. Вейвлет-виявлення радіосигналу в базисі Морле

В праці [4] автори висунули ідею застосування вейвлет-обробки на основі базису Морле аби виявляти спотворенні РС.

В ядрі вейвлет-виявленням спотвореного РС закладено вираз:

$$C(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \sum_{t=0}^{t_{\max}} x(t) \psi(t,a,b), \quad (1.8)$$

де $\psi(t,a,b)$ - базис Морле:

$$\psi(t,a,b) = e^{i\omega \frac{t-b}{a}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t-b}{a} \right)^2}, \quad (1.9)$$

де a – показник час; b – показник часового (дискретного) зсуву; ω – значення частоти.

Спотворений РС наведено на рис.1.12 (а), а результат вейвлет-виявлення в базисі Морле – на рис.1.12 (б).

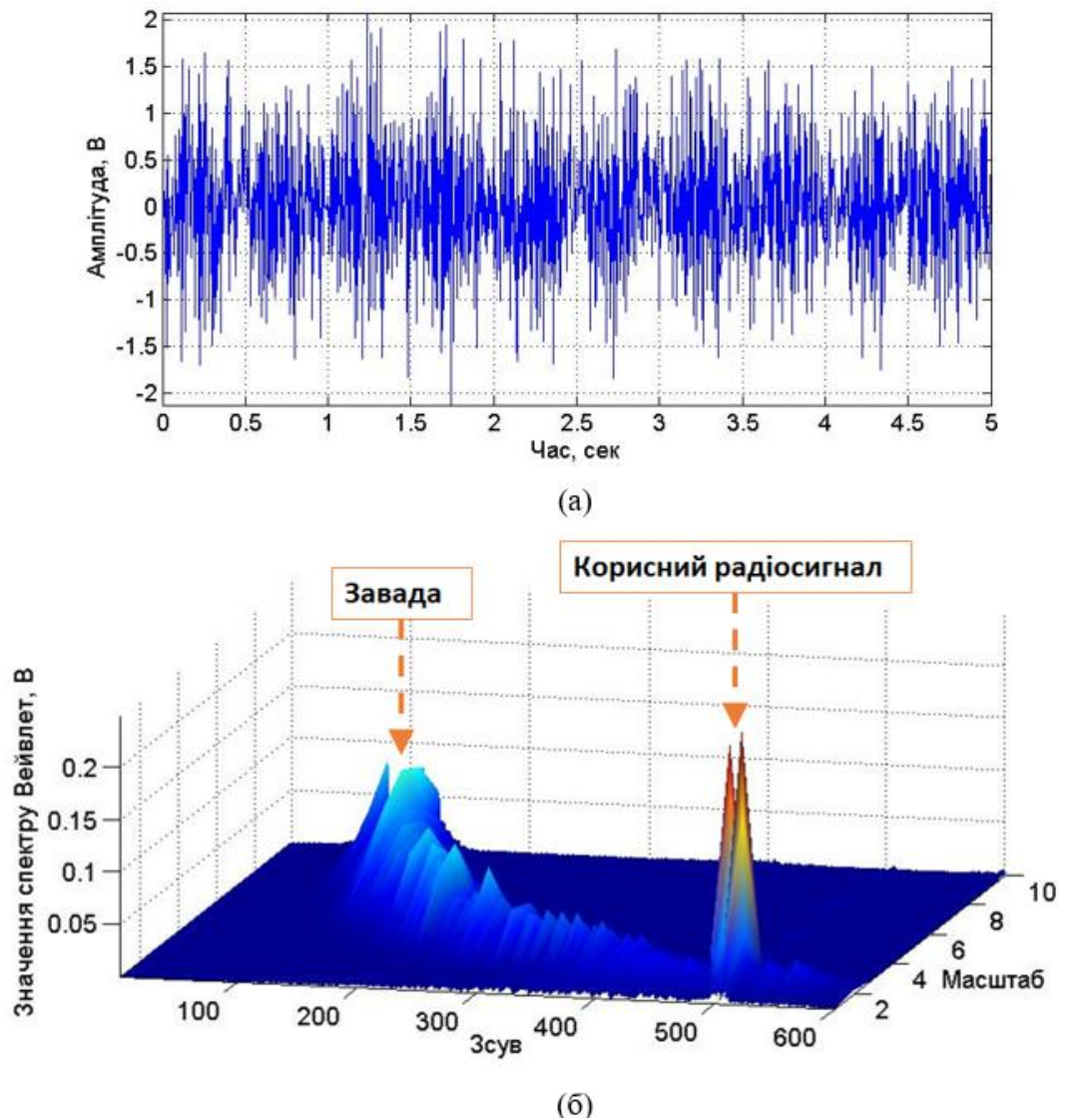


Рис.1.12. Результат вейвлетного виявлення спотвореного РС

Отримані авторами спектри-вейвлет спотвореного РС для базису Морле констатують чітко факт наявності корисної складової РС, яка локалізована на 500-му зсуві.

1.3. Висновки до розділу 1

Відомі методи виявлення спотворених радіосигналів у зашумлених електронних комунікаціях демонструють високу ефективність і дозволяють отримувати максимальне співвідношення SNR. Проте їх застосування вимагає вагомості чисельності повторених реалізацій сигналу, що може перевантажувати

комунікаційні системи та збільшувати ризик виникнення дестабілізуючих факторів.

Компонентне/синфазне виявлення, хоча й не потребують великої кількості повтору РС, не дозволяють досліджувати часові флуктуації в структурі сигналів за різного масштабу протягом їх виявлення та/або розрізнення.

Більшість із зазначених методів, за винятком вейвлет, не забезпечують можливості дослідження флуктуаційних змін у структурі сигналів. Це ускладнює їх застосування для точного виявлення і розпізнавання корисних РС у зашумленому середовищі з урахуванням параметрів часового масштабу та зсуву.

Однак, потенціал методу вейвлет-виявлення недостатньо застосовано, оскільки в наукових дослідженнях рідко використовуються різноманітні материнські базисні функції. Їх застосування могло б значно розширити можливості цього методу у виявленні спотворених радіосигналів.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1. Радіосигнали в комунікаційних мережах

Під час розробки систем зв'язку комунікації (рис. 3.1) виступають їхньою основною компонентою, забезпечуючи повну взаємодію між РС та вузлами приймання.

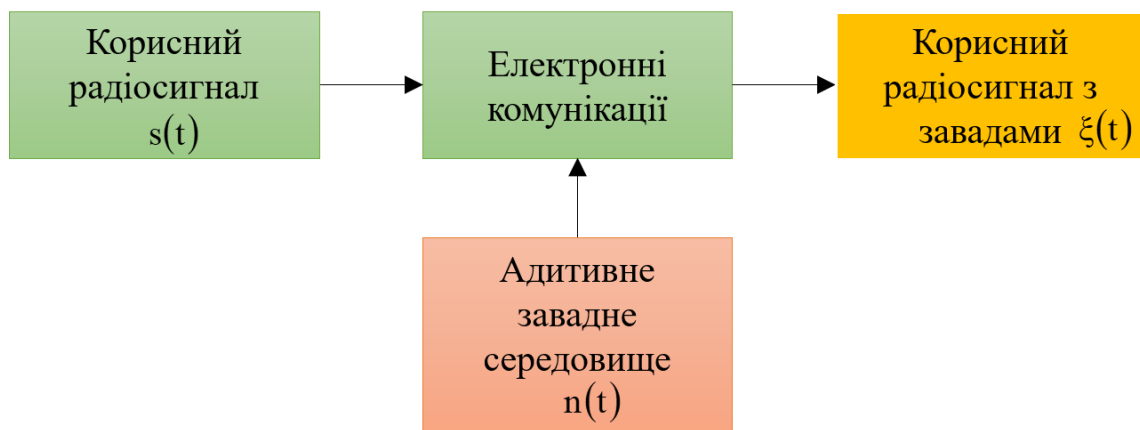


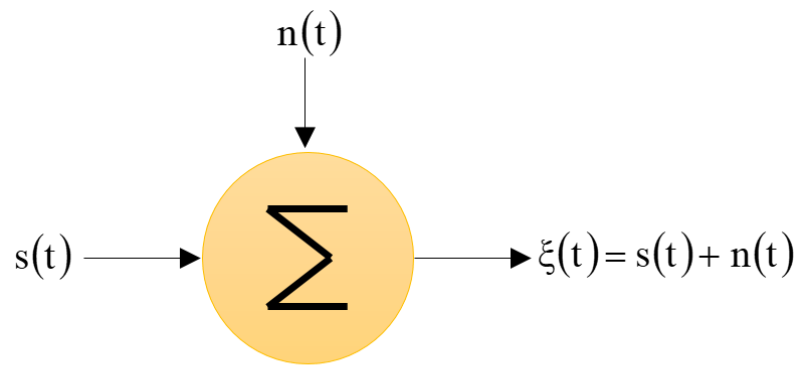
Рис. 2.1. Модель спотвореного радіосигналу в комунікаційних мережах

Взаємозалежність вихідного та вхідного РС визначається при використанні виразу:

$$\xi(t) = L\{s(t)\}. \quad (2.1)$$

Усі комунікаційні канали та його складові загалом є нелінійними за властивістю. Є такі випадки, коли більшість каналів у шумовому середовищі достатньо описувати моделями лінійного типу, де радіосигнали подаються у вигляді адитивності (рис.2.2).

В електронних комунікацій лінійного типу радіосигнали описується адитивним образом, який зображено на рис. 2.2.



Електронні комунікації

Рис. 2.2. Модель спотвореного радіосигналу

Модель (рис.2.2) спотвореного РС уможливорює опис такого виду сигналів під впливом завад $\xi(t)$ через адитивність завади $n(t)$, яка утворюється за рахунок зовнішніх/внутрішніх (апаратних) негативних впливів.

З метою уточнення параметрів спотворених РС застосовано аналітичний підхід, спрямований на дослідження варіативностей значень сигналу. Такий підхід забезпечує можливість точного математичного опису сигналів, що слугує основою для розробки високоефективного методу виявлення сигналів у спотвореному середовищі передавання даних завадами.

На рис.2.3 зображено частото-модульований (ЧМ) радіосигнал під впливом завад.

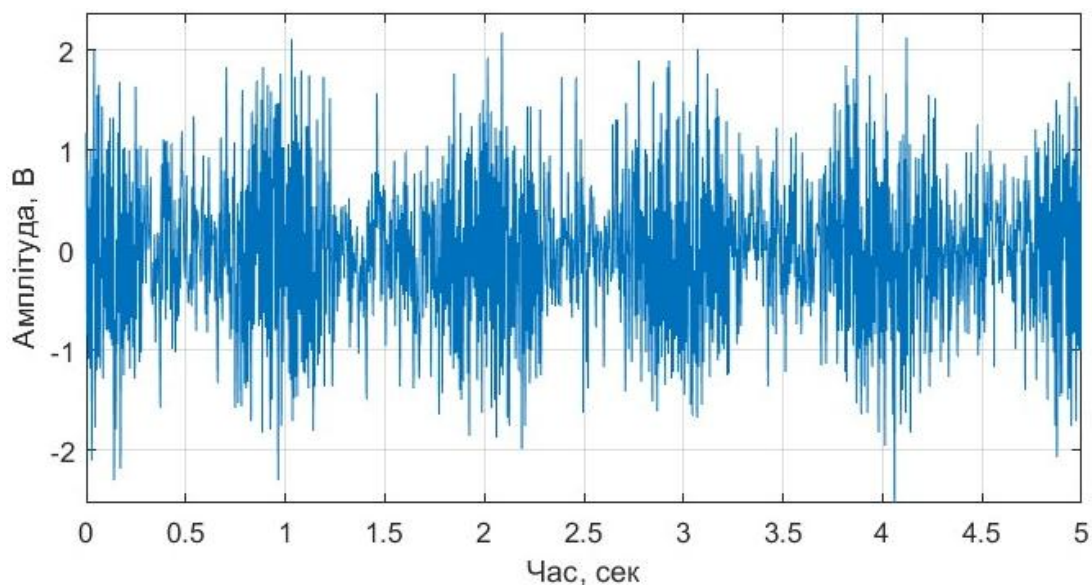


Рис. 2.3. ЧМ радіосигнал під дією завад

РС з наявною ЧМ притаманна випадковість за рахунок впливу завад і періодичність, сформована в процесі модуляційного процесу. Рівень амплітуд такого типу сигналу змінюються в просторі часу, демонструючи відхилення від середнього рівня корисного сигналу, що викликає флуктуації. Це явище наочно ілюструється на рис. 2.3. Аналіз зазначеного процесу в часовому просторі дозволяє швидко ідентифікувати (виявляти) корисні спотворені сигнали в комунікаційних мережах.

Отже, математичне моделювання РС і методи його виявлення повинні враховувати специфічні флуктуації сигналів, що спостерігаються в різних масштабах часу.

2.2. Метод виявлення спотворених радіосигналів

Обробка даних радіосигналу із застосуванням вейвлетів є одним із методів спектрального аналізу, що базується на використанні спеціальних коливань, які називаються вейвлетами. Ці коливання є материнськими базисними функціями різної форми.

В процесі такої обробки застосовують параметр масштабу, що дозволяє охоплювати короткі хвилі протягом усього часово-частотного діапазону. Це дає змогу вивчати флуктуації в структурі радіосигналу та відстежувати зміни при часовому зсуві у інтервалах материнської функції.

Математичний вираз для визначення материнської функції радіосигналу має такий вигляд:

$$\psi(t - b) = \psi\left(\frac{t - b}{a}\right), \quad (2.2)$$

де b – величина зсуву; a – рівень масштабу.

Базисна материнська функція $\psi(t)$ повинна задовольняти умови 0-ого інтегралу, а також дорівнювати 0 для статистичного моменту 1-2-го порядків, а також інших рівнів моменту.

Під час розкладу радіосигналу в просторах часу/частоти застосовується принцип суперпозицій, який передбачає використання набору вейвлет різних масштабних рівнів. Це дає змогу візуалізувати та аналізувати функції сигналу.

Обробка за допомогою вейвлетів базується на застосуванні двох взаємопов'язаних функцій, які є неперервними в часовому просторі, інтегрованими за змінною та характеризуються незалежними параметрами:

1) Вейвлетна функція $\psi(t)$, що є залежною від показника часу. В спектральному просторі $\psi(\omega)$ ця функція демонструє локальну особливість радіосигналів, що виникають у середовищі завадних мереж.

У процесі обробки РС для використання вейвлетів зазвичай вибирають функції, що мають чітку локалізацію як у просторах часу та частот.

Функція, наведена на рис. 2.4, ілюструє приклад її вигляду в часовому/частотному просторах.

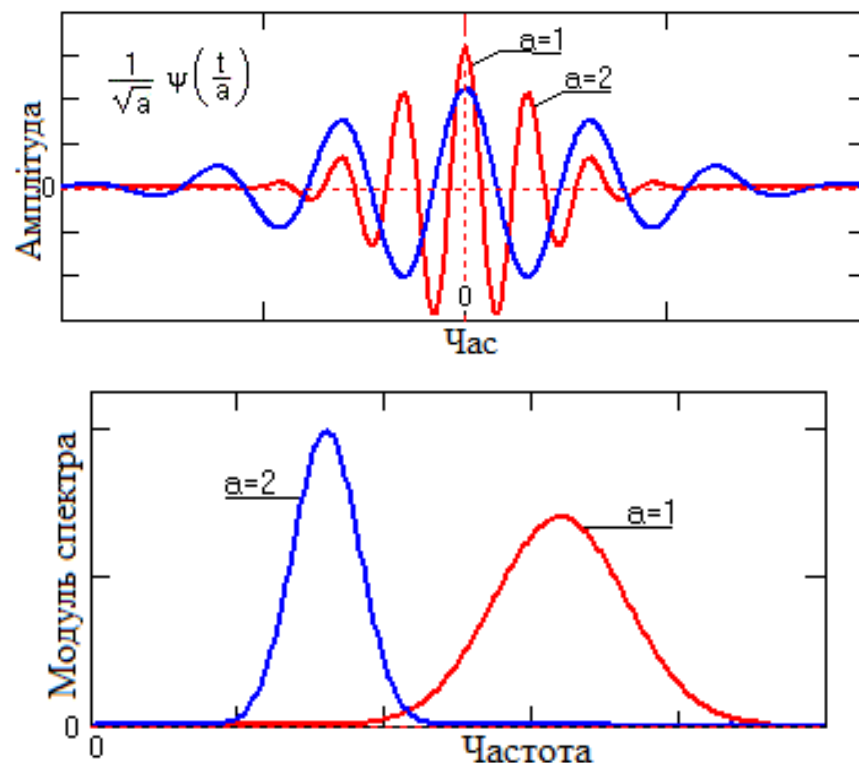


Рис. 2.4. Вейвлетна функція (два масштаби)

2) Масштабні функції $\psi(t)$ виступають локалізованими в часовому просторі функціями-скейлінг з інтегральними значенням рівними 1. Це

уможливорює апроксимацію, тобто наближення до аналізованих даних радіосигналу.

Для обробки спотворених РС в завадних мережах рекомендовано використовувати дискретну форму вейвлет-перетворення. Цей підхід передбачає дискретизацію значень вейвлет-функцій, параметри яких визначені у виразі (2.1) через дискретні змінні a та b .

У результаті такого перетворення формується велика чисельність коефіцієнтів загальною довжиною не більше довжини початкового радіосигналу. Це є актуальною умовою для подальшої якісної реконструкції сигналу після виявлення.

Дискретне вейвлет-перетворення дозволяє отримувати необхідний інформативний спектр для виявлення РС, а також їх синтезу з міні витратами обсягу пам'яті комп'ютерної системи.

У випадку дискретної обробки за допомогою перетворення Фур'є, масштабні коефіцієнти a та b найчастіше визначаються за ступеневим принципом:

$$a = a_0^{-m}, \quad b = ka_0^{-m}, \quad a_0 > 1, \quad m, k \in I \quad (2.3)$$

де m –масштабуюча змінна,

k – зсув в часовому просторі.

В базисі $L^2(R)$ із використанням вейвлет-перетворення в дискретній області, функцію можна подати за умови її дискретності при використанні виразу:

$$\psi_{mk}(t) = |a_0|^{m/2} \psi(a_0^m t - k), \quad m, k \in I, \quad \psi(t) \in L^2(R), \quad (2.4)$$

Вейвлет-коефіцієнти розраховуються в процесі виконання прямого перетворення при використанні формули:

$$C_{mk}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) a_{mk}(t) dt. \quad (2.5)$$

Зворотнє перетворення-вейвлет в базисі ортонормованому має вигляд:

$$s(t) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \psi_{mk} C_{mk}(t). \quad (2.6)$$

Під час розробки ПЗ з метою відповідного/зазначеного вище обчислення варто не використовувати значення мінусові m , а здійснювати переміщення знаку від'ємного в виразі (2.6) при використанні материнського базисну:

$$\psi_{mk} = |a_0|^{-m/2} \psi(a_0^{-m}t - k), \quad m, k \in I, \quad \psi(t) \in L^2(R) \quad (2.7)$$

Базис $\psi_{mk}^{\#}(t)$ для будь якої R-функції по відношенню до $\psi_{mk}(t)$ формує базис ортогональності. Базис $\psi_{mk}^{\#}(t)$ розраховується у вигляді двійника базису по відношенню до ортогонального при застосуванні виразу:

$$\langle \psi_{mk}^{\#}(t), \psi_{mn}(t) \rangle = \delta_{k1} \cdot \delta_{mn}, \quad (2.8)$$

За умови неортогональності базису $\psi(t)$ та умови того, що він є «двійником», можна розрахувати повну множину $\psi_{mk}^{\#}(t)$ коефіцієнтів так як при зворотному перетворенні при застосуванні базису $\psi_{mk}(t)$.

В такому випадку гарантованість виявлення флуктацій у РС може бути нульовою, але процедура буде наближеною за статистикою до СКВ, яку придатна до обчислення.

Основою методу вейвлет-виявлення радіосигналу через вейвлет-обробку базується на виразі:

$$C(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \sum_{t=0}^{t_{\max}} x(t) \psi(t, a, b), \quad (2.9)$$

де $\psi(t, a, b)$ - базисна функція, яка уможлиблює процес дослідження флуктуаційних процесів у структурі спотвореного РС, що є вкрай важливим при виявленні корисної складової РС в завадних мережах на фоні шумів.

2.3. Вибір базису вейвлет-виявлення радіосигналів

Основною особливістю вейвлет-виявлення в ядрі з вейвлет-обробкою є здатність до застосування цілого ряду функцій, які здатні реалізувати різні співвідношення невизначеностей. В такій ситуації передбачена гнучкість щодо вибирання між ними та застосування вейвлет-функцій, які максимально ефективні при вирішенні виявленні спотворених РС.

Доцільність конструювання базисного вейвлет-простору $L^2(R)$, $R(-\infty, \infty)$ необхідно з використання фінітних функцій, які є належними щодо часової локалізації простору в межах $[0; \infty]$. При швидшій спрямованості ці функції прямуватимуть до 0, що забезпечує максимальну зручність застосовування їх в якості базисного перетворення при вейвлет-виявленні РС. Припустимо, що в якості цієї функції є функція $\psi(t)$, яка є дорівнює 0 за інтервалами деякої межі скінченності часу та з характерним 0-им середнім значенням в зазначеній зоні виявлення. Зазначене є важливим при встановленні локалізаційної спектральності вейвлету

Найпростішим типом базисної функції для виявленні РС є функція Хаара, яку подано через вираз:

$$\psi(t) = \begin{cases} 1, & 0 < t < 1/2 \\ -1, & 1/2 < t < 1 \\ 0, & t < 0, t > 1 \end{cases} \quad (2.10)$$

Вибирання базису Хаара здійснено через його ортогональність, носійову

компактність та відмінну локалізаційну особливість в часі..

Здійснено перевірку того факту, що за значень $m = 0, 1, 2, \dots$, $a = 2$, $k = 0, 1, 2, \dots$ будь-які 2 функції, що отримані при застосуванні базисної функції Хаара при використанні масштабної трансформації та перенесення та встановлено що вони є ортогональними з нормою одиничною.

Рис. 2.5 візуалізовано ф-її для 1-их трьох значень b і m за різної комбінації, де ортогональність чітко відображена.

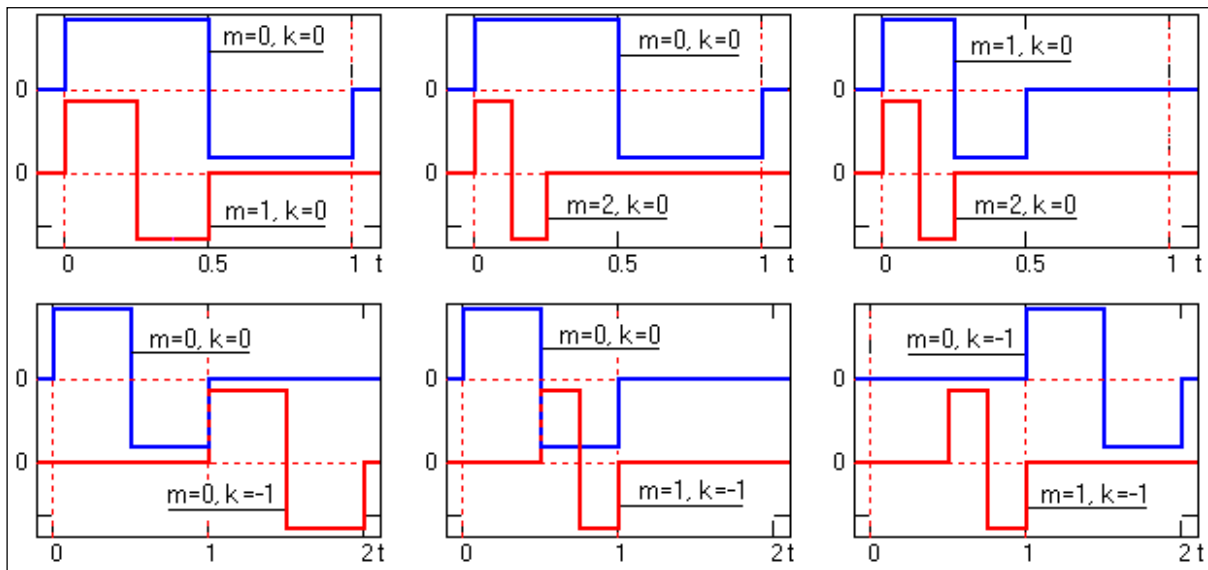


Рис. 2.5. Реалізації Хаара

Спектральне представлення вейвлету в базисі Хаара по відношенню до Фур'є має двовимірний вигляд та цілком забезпечує визначення поверхні в просторі 2D з двома змінними m і k . В процесі графічного представлення показник стискання/розтягування спектру m буде відкладатися по осі абсцис, а показник локалізаційні k на ординатній осі – незалежність зміни РС. Наприклад, з математичного боку процедура вейвлет-виявлення/обробки РС $s(t)$ за спрощеності вигляду розглянута в базисі Хаара за наявності 3-ої послідовних локалізаційно в масштабному просторі m вейвлет-функцій при $a = 2$. В цьому випадку РС $s(t)$ сформовано як результат сумування зазначених вейвлет-функцій з однаковими амплітудними показниками та неоднаковими зсувами зі стартом 0 (рис.2.6).

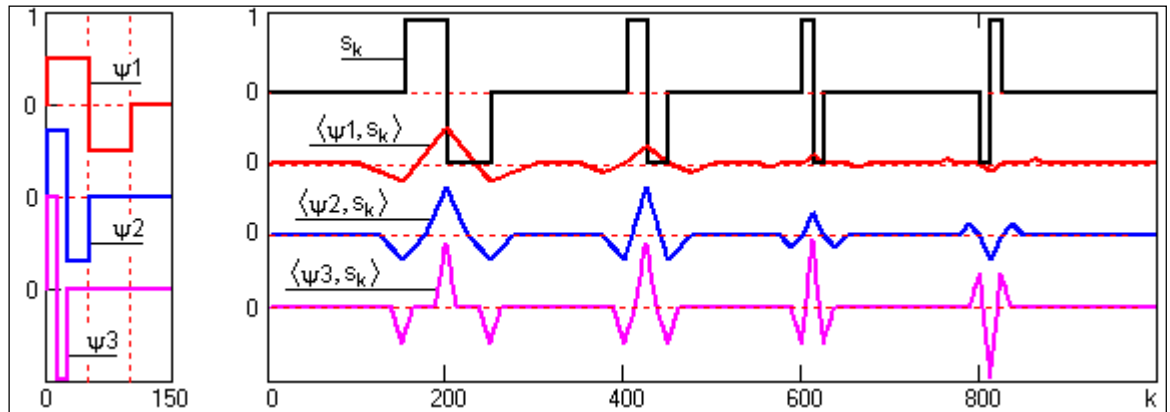


Рис. 2.6. Результат добутку вейвлету із сигналом

Спершу визначається вейвлет-функція $\psi_1(t)$ з початковим значенням масштабного коефіцієнта, що виступає параметром стисання. Далі обчислюється скалярний добуток із вейвлет-функцією $\langle \psi_1(t), s(t+k) \rangle$ з аргументом зсуву k . Для наочності представлено на рис. 2.12 результати обчислення добутку скалярного відносно центрів функцій вейвлетів, тобто при аргументі k , що змінюється від 0 із поступовим зсувом до $1/2$ часової зони вейвлет-функції. Очікувані результати показують, що $\max$ значення добутків локалізовані в областях локалізації вейвлет-функцій.

Після реалізації 1-го рядка масштабуючого розкладання змінено параметр масштабуючий вейвлет-функції $\psi_2(t)$, і процес обчислення повторюється для 2-го спектрально масштабованого рядка і так далі.

На рис. 2.6 ілюстровано висновок про те, що при точнішій локалізаційній особливості РС співпадіння з вейвлет-функцією, тим ефективнішою є процедура виявлення РС на довільній послідовності масштабу вейвлет-спектру. Також помітно, що при значному стисненні вейвлета Хаара чітко виділяється локальна особливість у вигляді стрибку сигналу та напрямку зазначеного стрибка.

2.4. Алгоритмічне забезпечення вейвлет-виявлення радіосигналів

На рис.2.7 наведено алгоритм вейвлет-виявлення спотворених радіосигналів на базі вейвлет-обробки в базисі Хаара

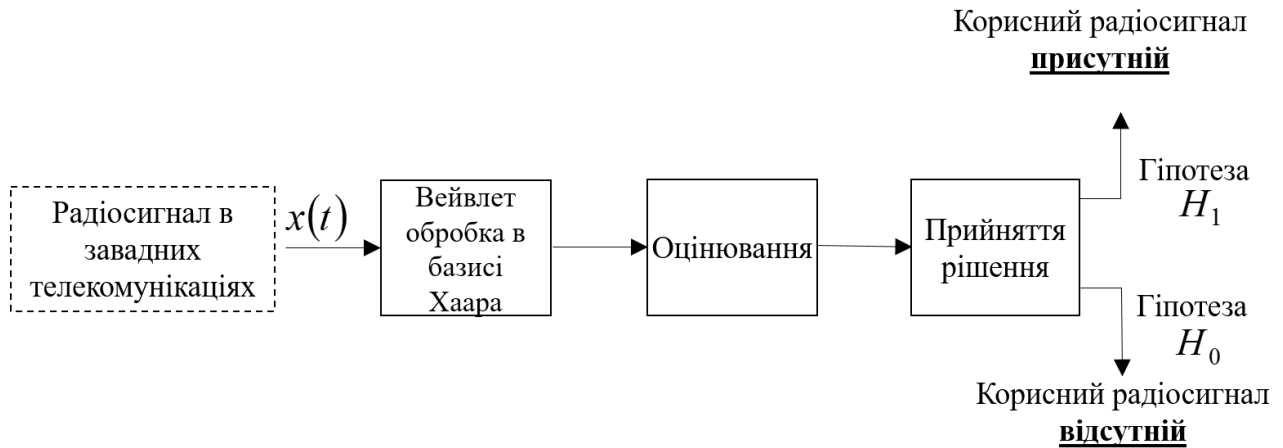


Рис.2.7. Алгоритм вейвлет-виявлення РС

Алгоритм, який зображено на рис. 2.7, включає наступні етапи:

- Обробка-вейвлет спотворених РС при застосуванні виразу (2.9) шляхом числення індикаторів виявлення, які відображають флуктуації у структурі РС при різному масштабі часу.
- Процедура оцінювання індикаторів виявлення спотворених РС;
- Процедура прийняття рішення за результатами морфообробки або візуальної обробки щодо встановлення (констатування) факту присутності корисної складової спотвореного РС.

Під час оцінювання значень індикаторів вейвлет-спектрів РС $S(f, a, b)$ використано алгоритм обчислення усереднених значень РС вздовж зсувів часу у відповідності до виразу.

$$\hat{Y}(a, b) = M_b \{S(a, b, f)\}. \quad (2.11)$$

При застосування виразу вейвлет-обробки реалізовано алгоритмічне забезпечення вейвлет-виявлення РС з материнською функцією Хаара, який наведено на рис. 2.8.

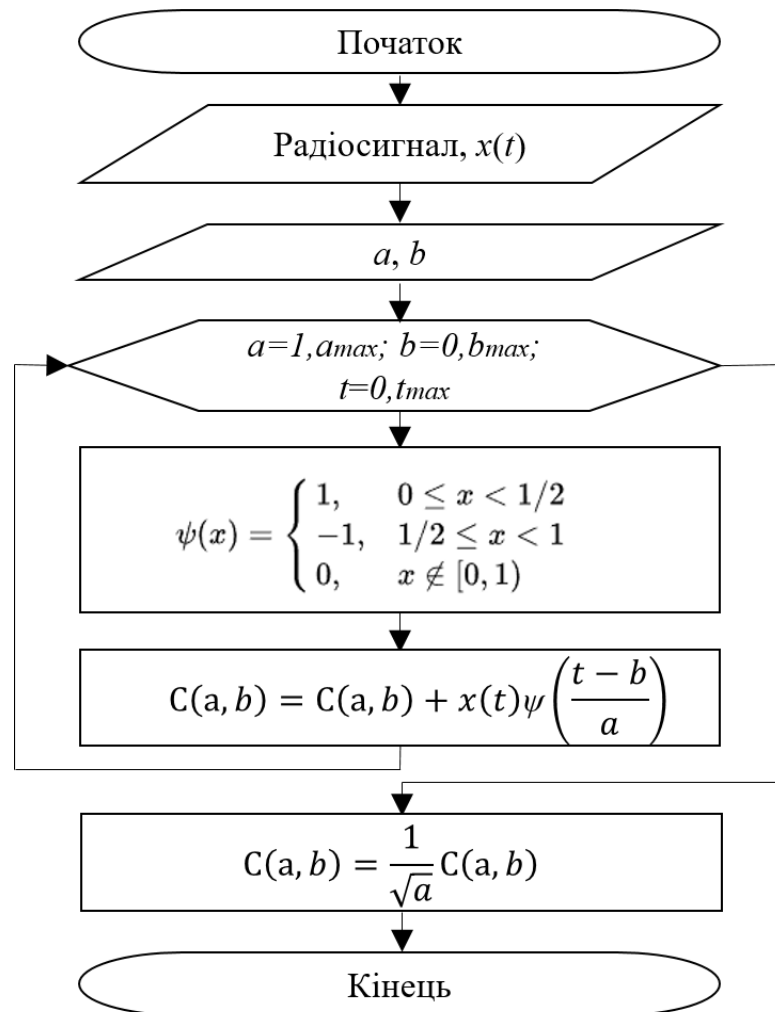


Рис.2.8. Алгоритмічне забезпечення вейвлет-обробки РС з материнською функцією Хаара як ядро виявлення спотворених сигналів

Алгоритмічна послідовність (алгоритмічне забезпечення) вейвлет-обробки РС (рис. 2.8) як ядра виявлення спотвореного сигналу містить такі етапи:

1. Завантаження даних спотворених РС $x(t)$.
2. Ввід коефіцієнтів масштабу $a=1, a_{\max}$, зсуву $b=1, b_{\max}$ та границь часу виявлення $t=0, t_{\max}$.
3. Розрахунок значення функції Хаара $\psi(t)$.
4. Циклічний розрахунок вейвлет-коефіцієнтів $C(a, b)$ з аргументами a, b, t .

Алгоритмічне забезпечення дає змогу вейвлет-обробляти та виявляти спотворені РС в базисі Хаара. Це забезпечення уможливорює проведення аналізу структурних флуктацій спотворених РС в часо-частотному просторі поданому

через 3D-проекцію. Така ідея здійснює відтворюваність всіх структурних варіацій спотворених РС, що слугують індикатором їх вейвлет-виявлення в середовищі з шумами різними.

2.5. Висновки до розділу 2

Для дослідження спотворених радіосигналів комунікаційних мережах було використано аналітичний підхід для оцінки варіаційних процесів у структурі емпіричних даних РС. Завдяки цьому підходу вдалося створити математичну модель радіосигналу, яка стала основою для розробки ефективного вейвлет-методу та алгоритмічного забезпечення виявлення спотворених радіосигналів.

Встановлено, що запропоновані/розроблені модель спотворених радіосигналів, метод та алгоритмічне забезпечення уможливають обов'язкове врахування характеристик структурних флуктуацій реальних радіосигналів сигналів з різною часовою масштабністю, що є вкрай актуальним для достовірного виявлення спотворених сигналів.

Для визначення корисної складової спотвореного радіосигналу застосовано вейвлет-обробку із використанням базису Хаара, що забезпечує ефективне дослідження флуктуацій при різній часовій роздільності.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1. Програмне забезпечення вейвлет-виявлення радіосигналів в базисі Хаара

При розробці ПЗ вейвлет-виявлення спотворених РС використано Matlab.

Файл даних РС не спотворений завантажено та збережено до змінної RadioData0, а спотворений – до змінної RadioDatain:

```
RadioData0=load('radionoise_fmmod_0.txt');    % Дані РС без завад
RadioDatain=load('radionoise_fmmod_0_5.txt'); % Спотворений РС
```

Значення частоти дискретизації збережено під змінну fdRadioData:

```
fdRadioData=250;
```

Створено масив часових відліків та збережено до змінної tRadioData:

```
tRadioData=(0:(size(RadioDatain,2)-1))./fdRadioData;
```

При візуалізації даних РС застосовано розроблений програмний код:

```
figure(1)                % Зона візуалізації даних RadioDatain
plot(tRadioData, RadioDatain); % Залежність RadioDatain від tRadioData графічна
grid on;                 % Сіткове розділення зони візуалізації
axis tight;              % Масштабне розтягнення зони візуалізації
xlabel('Час, сек');       % Підпис осі для даних tRadioData
ylabel('Амплітуда, В');  % Підпис осі для даних RadioDatain
```

При реалізації вейвлет-обробки даних РС RadioDatain використано

функцію cwt з синтаксисом:

```
waveletRadio=cwt(RadioDatain, scaleRadio, 'basiswaveletRadio');
```

Аргументи cwt:

basiswaveletRadio – назва базису вейвлет;

scaleRadio – масив масштабу виявлення;

waveletRadio – змінна розрахованих вейвлет-коефіцієнтів.

При вейвлет-обробці даних спотвореного РС RadioDatain в базисі Хаара до вхідного аргумент 'basiswaveletRadio' записано 'haar':

```
cwt(RadioDatain,scaleRadio,'haar');
```

Процедура обробки даних РС у базисі Хаара з інтегрованим кодом подальшої Фур'є обробки для переходу до області частот забезпечується кодом:

```
basiswaveletRadio='haar';           % вибирання базису Хаара
krokscaleRadio=1;                   %приріст масштабу
b=30;                               % рівень масштабу
for a=1: krokscaleRadio:b            % масив масштабності
    nwRadio= nwRadio +1;
    SRadi0(nwRadio,:)=abs(fft(cwt(RadioData0,a, basiswaveletRadio)));
    SRadioin(nwRadio,:)=abs(fft(cwt(RadioDatain,a, basiswaveletRadio)));
end
```

Рівні масштабу задаються циклом при використанні оператора for в межах [1,30], які зберігаються до змінної a. Цей цикл реалізовує числення спектрального подання вейвлет-коефіцієнтів та зберігання результатів до змінних S1 (без спотворення РС) та S2 (спотворений РС).

Розраховані значення вейвлет-спектрів в базисі Хаара візуалізовано при застосуванні коду:

```
figure(2)                % Зона візуалізації даних SRadi0
surf(SRadi0);            % 3D-спектри для RadioData0
grid on;                 % Сіткове розділення зони візуалізації
axis tight;              % Масштабне розтягнення зони візуалізації
zlabel('Рівень спектру, B'); % Підпис осі для даних спектру
ylabel('Масштаб');        % Підпис осі для даних масштабу
xlabel('зсув');           % Підпис осі для даних зсуву
figure(3)                % % Зона візуалізації даних SRadiin
surf(SRadioin);          % 3D-спектри для RadioDatain
grid on;                 % Сіткове розділення зони візуалізації
axis tight;              % Масштабне розтягнення зони візуалізації
zlabel('Рівень спектру, B'); % Підпис осі для даних спектру
ylabel('Масштаб');        % Підпис осі для даних масштабу
xlabel('зсув');           % Підпис осі для даних зсуву
```

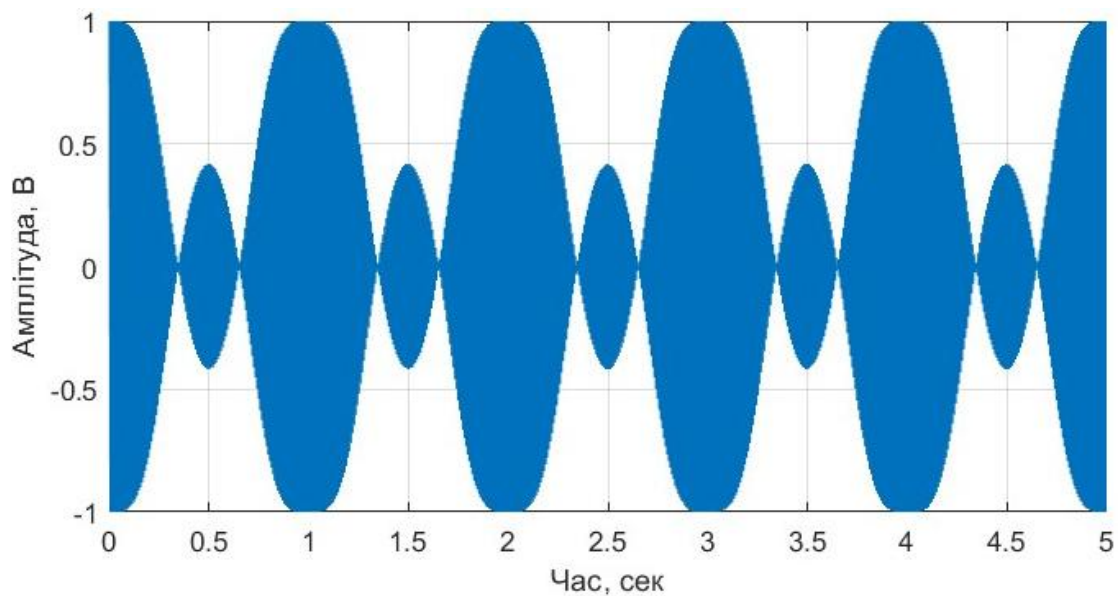
Процедуру статистичного оцінювання вейвлет-спектрів через усереднення задля більш детальності прийняття рішення щодо виявлення реалізовано кодом:

```
mSRadi0=mean(SRadi0);    % 2D-вейвлет спектри даних SRadio0
mSRadioin =mean(SRadioin); % 2D-вейвлет спектри даних SRadioin
```

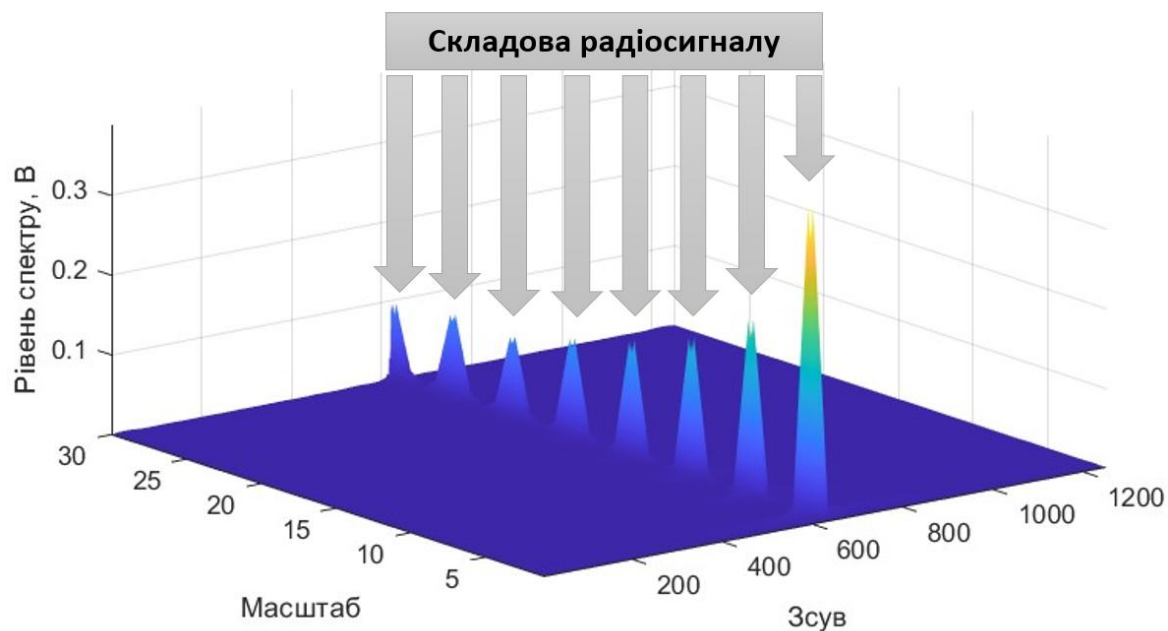
Реалізоване ПЗ буде застосовано при виявленні спотворених РС, в.т.ч. корисні.

3.2. Результати вейвлет-виявлення спотворених радіосигналів

Результат вейвлет-виявлення спотворених РС в базисі Хаара без на завади $СКВ = 0B^2$ у виді вейвлет-спектрів подано на рис.3.1.



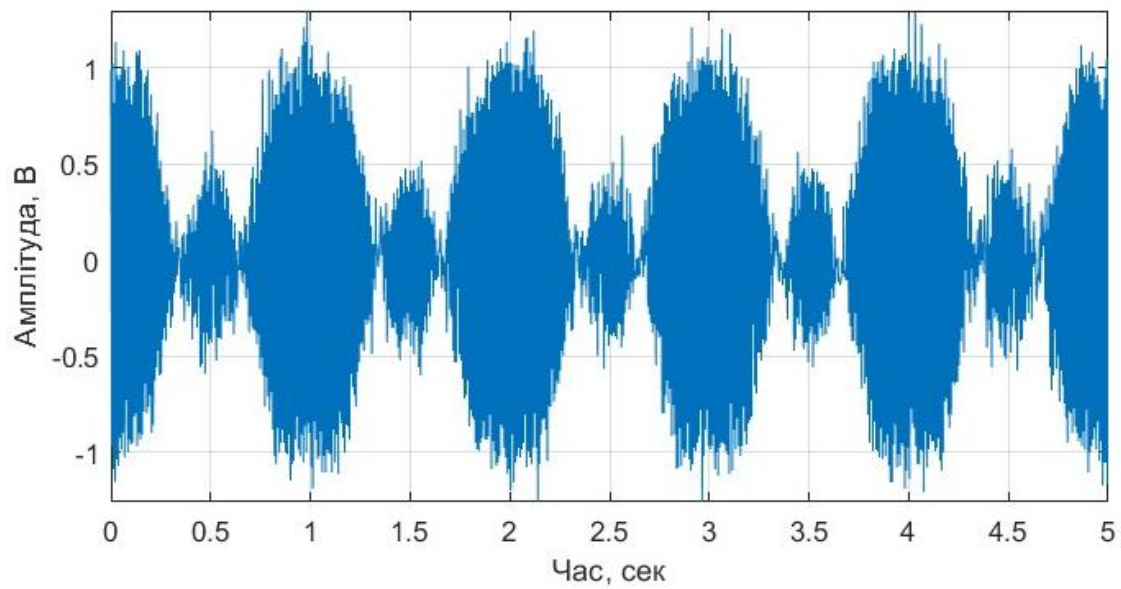
(а)



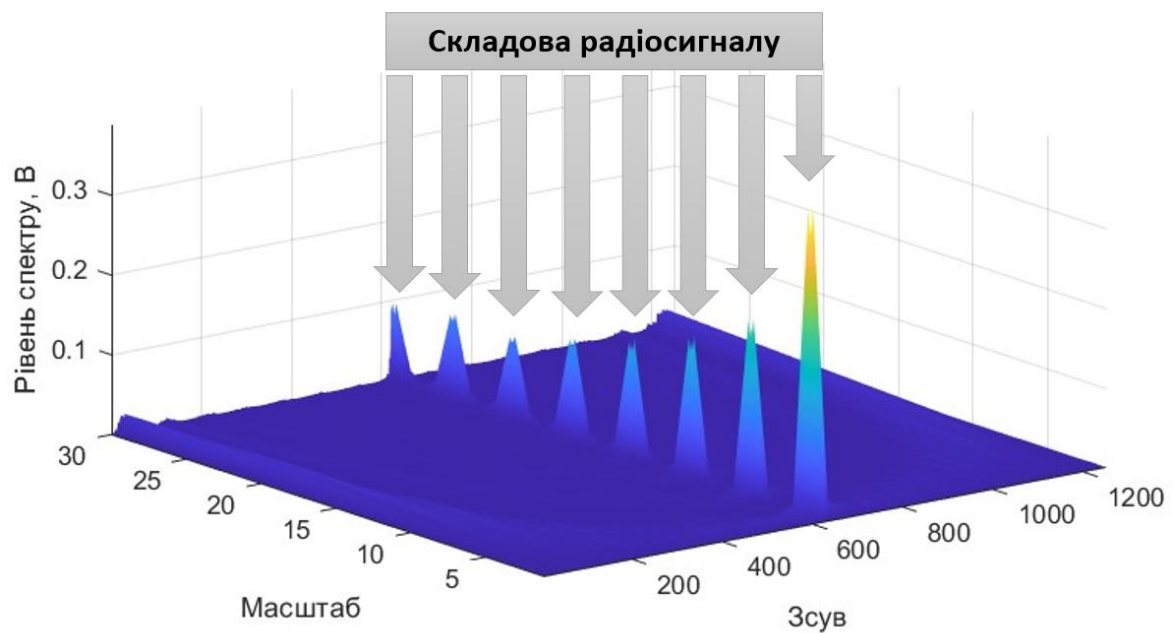
(б)

Рис.3.1. 3D вейвлет-спектри (б) вейвлет-виявлення РС (а)
(рівень завади СКВ = 0В^2) в базисі Хаара

Результат вейвлет-виявлення спотворених РС в базисі Хаара без на завади СКВ = $0,1\text{В}^2$ у виді вейвлет-спектрів подано на рис.3.2.



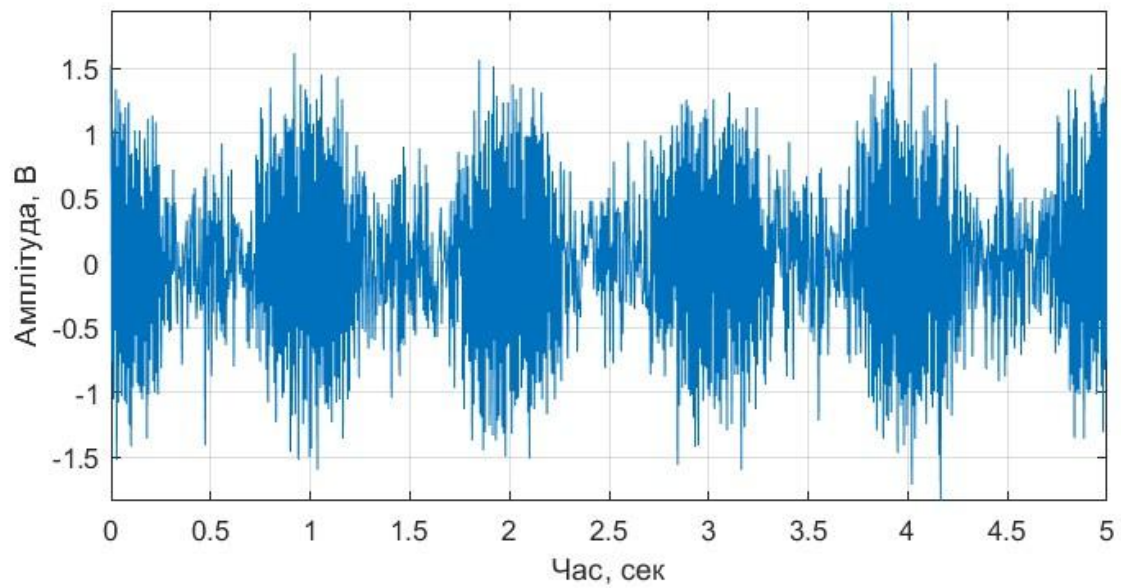
(a)



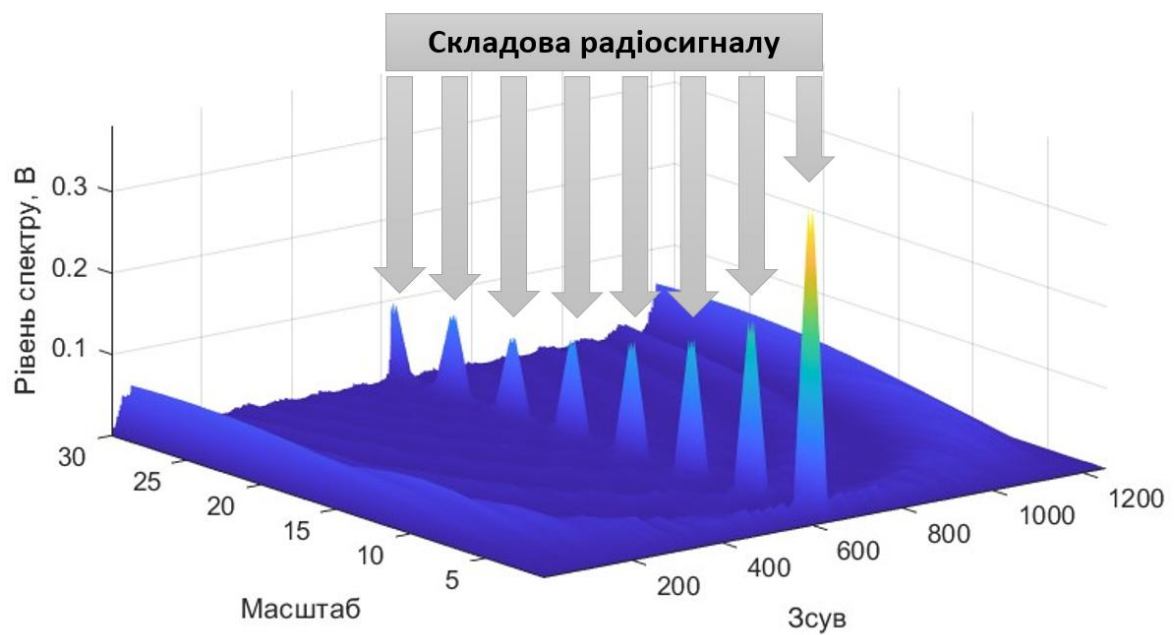
(б)

Рис.3.2. 3D вейвлет-спектри (б) вейвлет-виявлення РС (а)
(рівень завади СКВ = $0,1B^2$) в базисі Хаара

Результат вейвлет-виявлення спотворених РС в базисі Хаара без на завади СКВ = $0,3B^2$ у виді вейвлет-спектрів подано на рис.3.3.



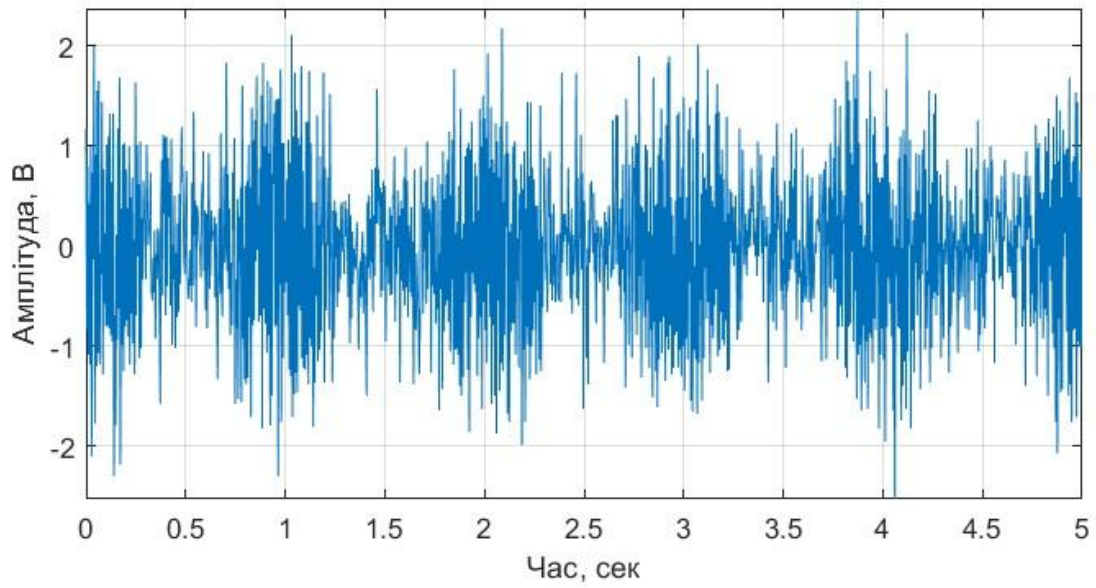
(a)



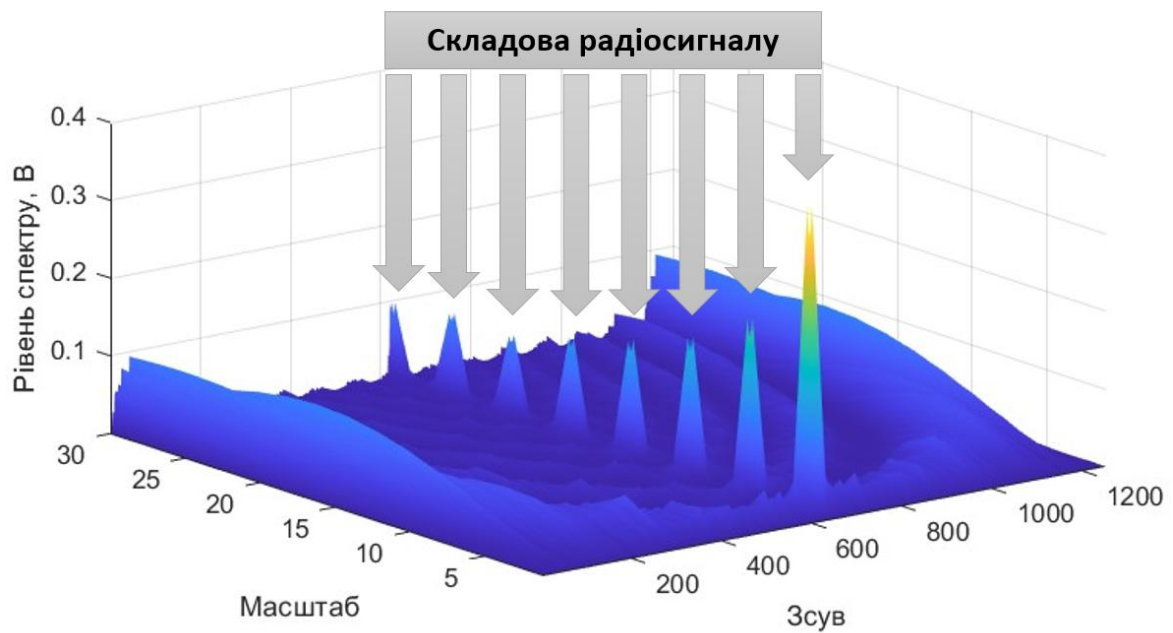
(б)

Рис.3.3. 3D вейвлет-спектри (б) вейвлет-виявлення РС (а)
(рівень завади СКВ = $0,3V^2$) в базисі Хаара

Результат вейвлет-виявлення спотворених РС в базисі Хаара без на завади СКВ = $0,5V^2$ у виді вейвлет-спектрів подано на рис.3.4.



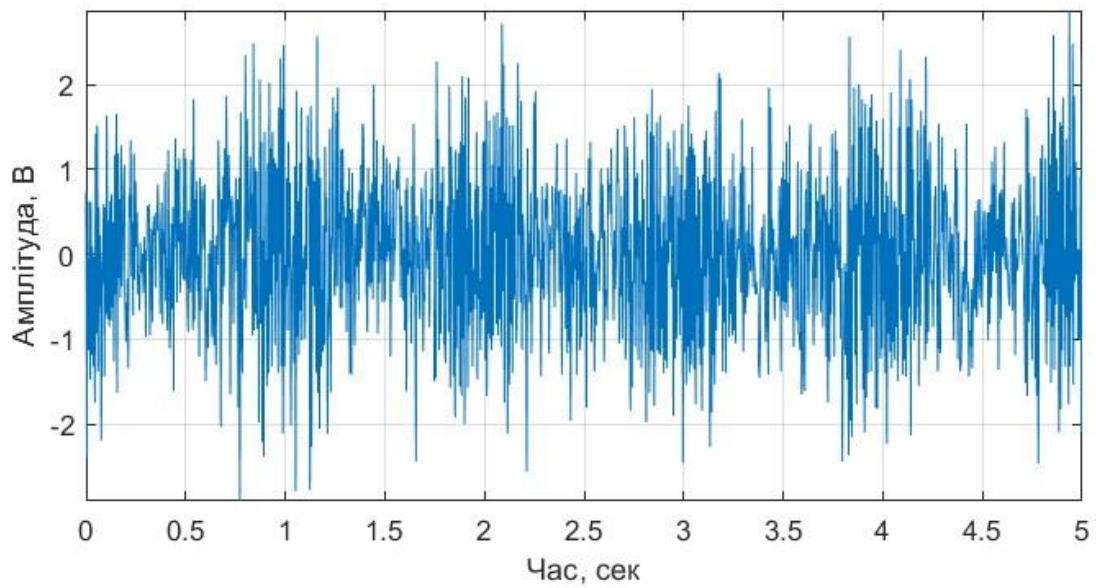
(a)



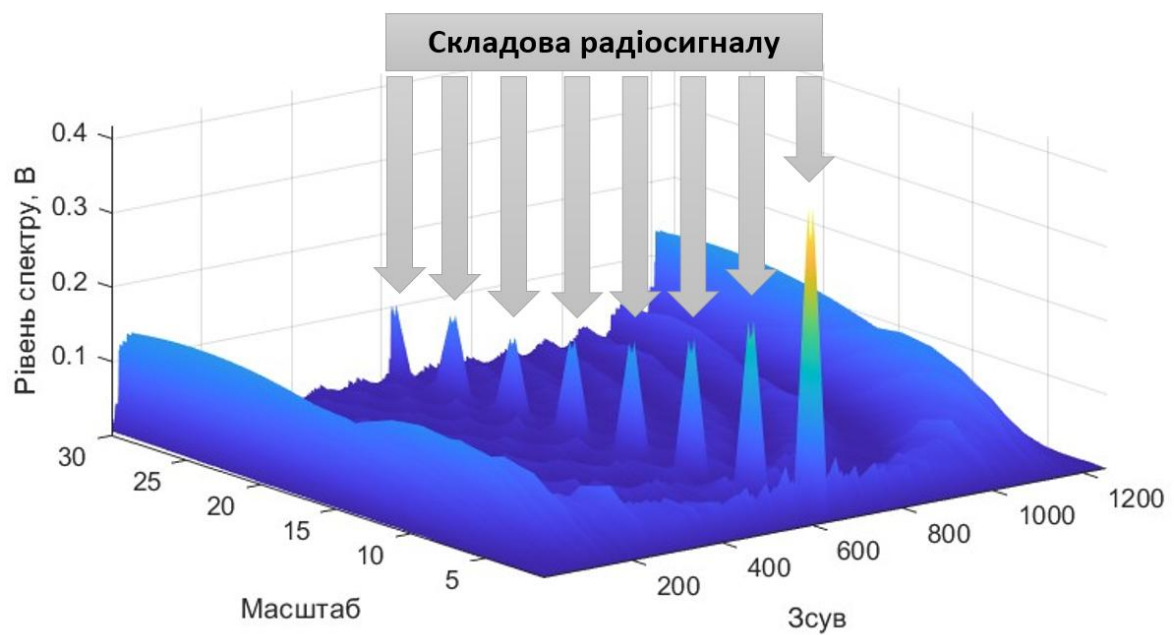
(б)

Рис.3.4. 3D вейвлет-спектри (б) вейвлет-виявлення РС (а)
(рівень завади СКВ = $0,5B^2$) в базисі Хаара

Результат вейвлет-виявлення спотворених РС в базисі Хаара без на завади СКВ = $0,7B^2$ у виді вейвлет-спектрів подано на рис.3.5.



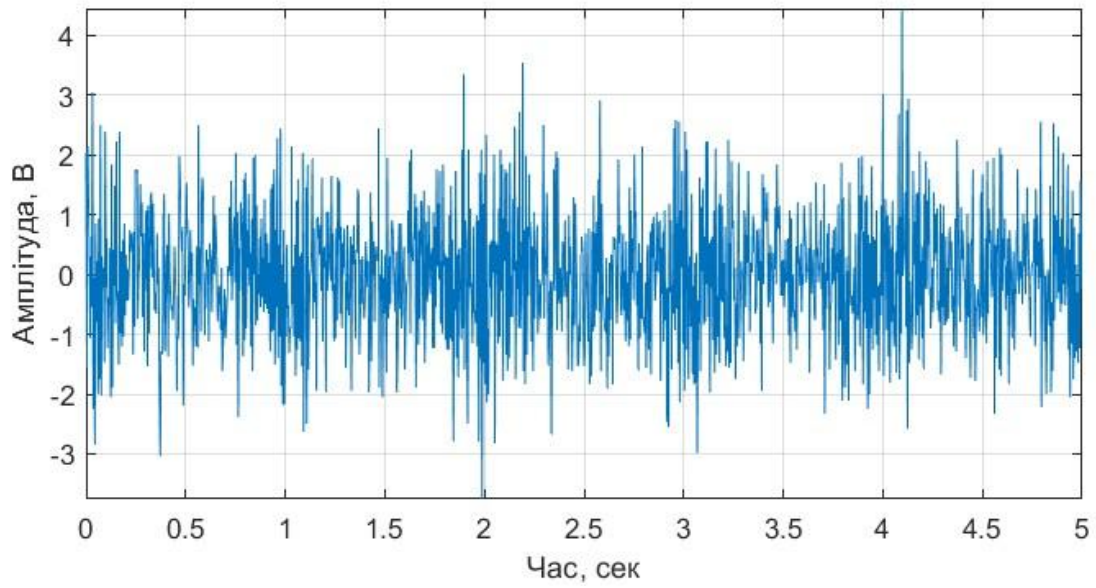
(a)



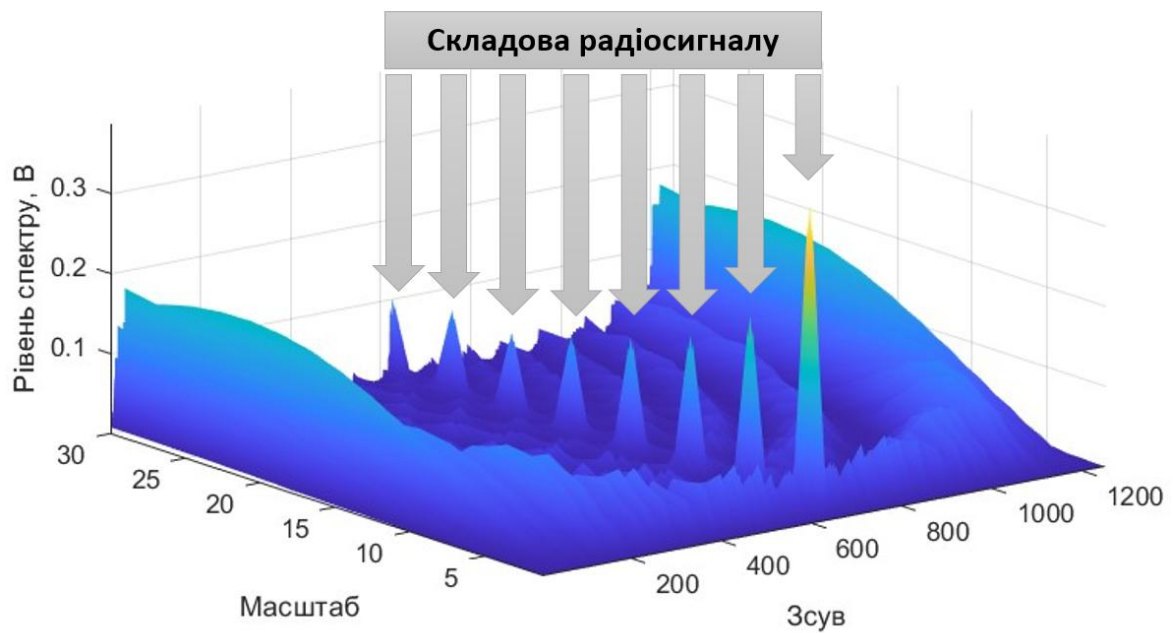
(б)

Рис.3.5. 3D вейвлет-спектри (б) вейвлет-виявлення РС (а)
(рівень завади СКВ = $0,7V^2$) в базисі Хаара

Результат вейвлет-виявлення спотворених РС в базисі Хаара без на завади СКВ = $0,9V^2$ у виді вейвлет-спектрів подано на рис.3.6.



(a)



(б)

Рис.3.6. 3D вейвлет-спектри (б) вейвлет-виявлення РС (а)
(рівень завади СКВ = $0,9V^2$) в базисі Хаара

За результатами виявлення (рис. 3.1-3.6) встановлено, що компоненти вейвлет-спектру спотвореного РС з рівнем завад $СКВ = 0,1 - 0,9V^2$ є локалізовані на 630 зсуві для усього масиву масштабу.

Отримані вейвлет-спектри кількісно за рівнем та візуально забезпечують констатування факту щодо присутності/відсутності спотвореного РС на базі чітко виділеної локалізації спектру РС.

Для оцінювання 3D вейвлет-спектру спотвореного РС $S(f, a, b)$ використано статистичний підхід через усереднення компонент в часових зсувах. Статистично усередненні 3D вейвлет-спектри спотворених РС за рівня завади $СКВ = 0B^2$ (відсутність впливу) подано на рис.3.7.

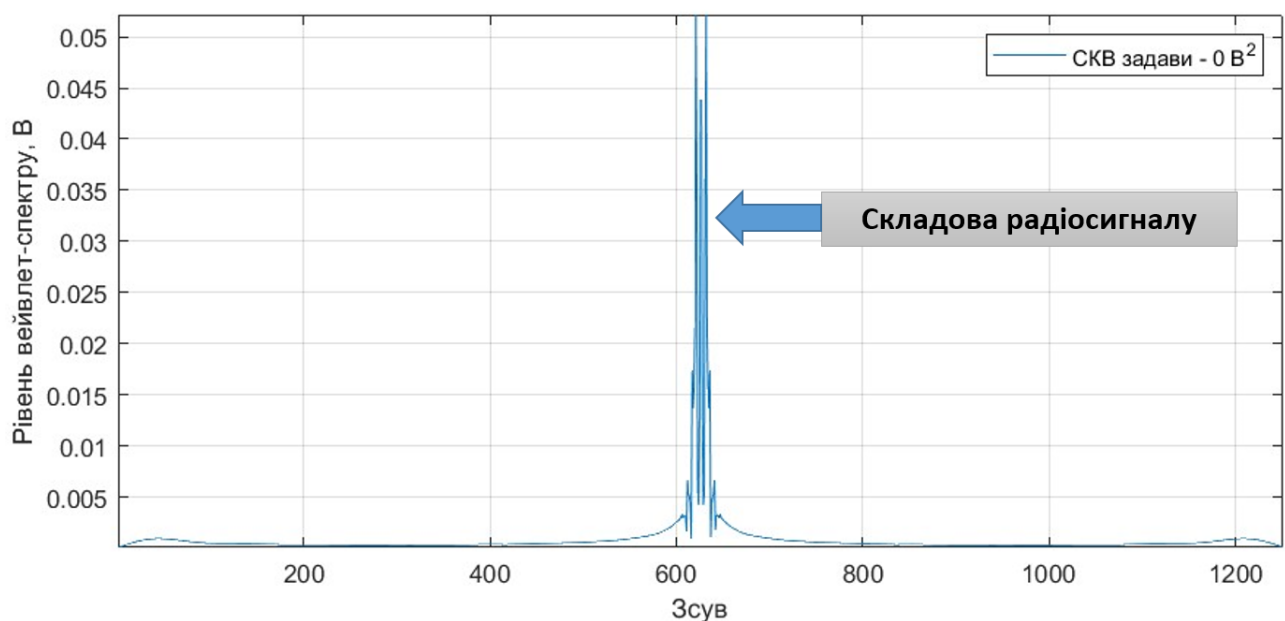


Рис.3.7. 2D усередненні вейвлет-спектри вейвлет-виявлення РС в базисі Хаара (рівень завади $СКВ = 0B^2$)

Статистично усередненні 3D вейвлет-спектри спотворених РС за рівня завади $СКВ = 0,1B^2$ подано на рис.3.8.

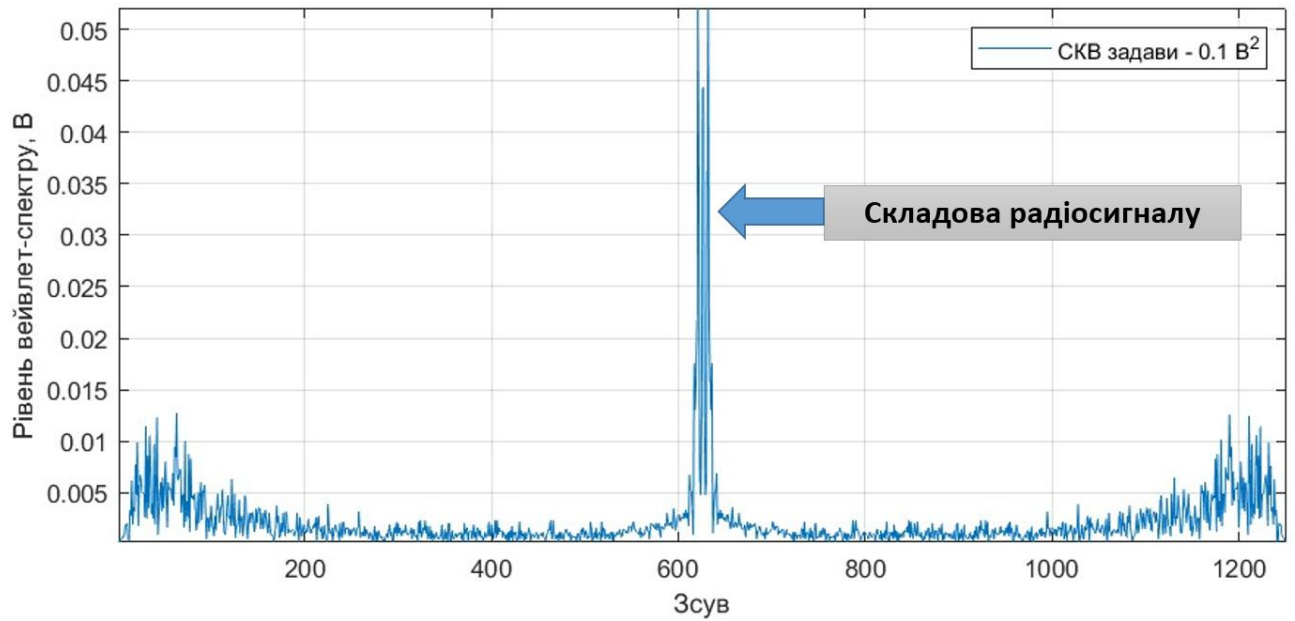


Рис.3.8. 2D усередненні вейвлет-спектри вейвлет-виявлення РС в базисі Хаара
(рівень завади СКВ = $0,1V^2$)

Статистично усередненні 3D вейвлет-спектри спотворених РС за рівня завади СКВ = $0,3V^2$ подано на рис.3.9.

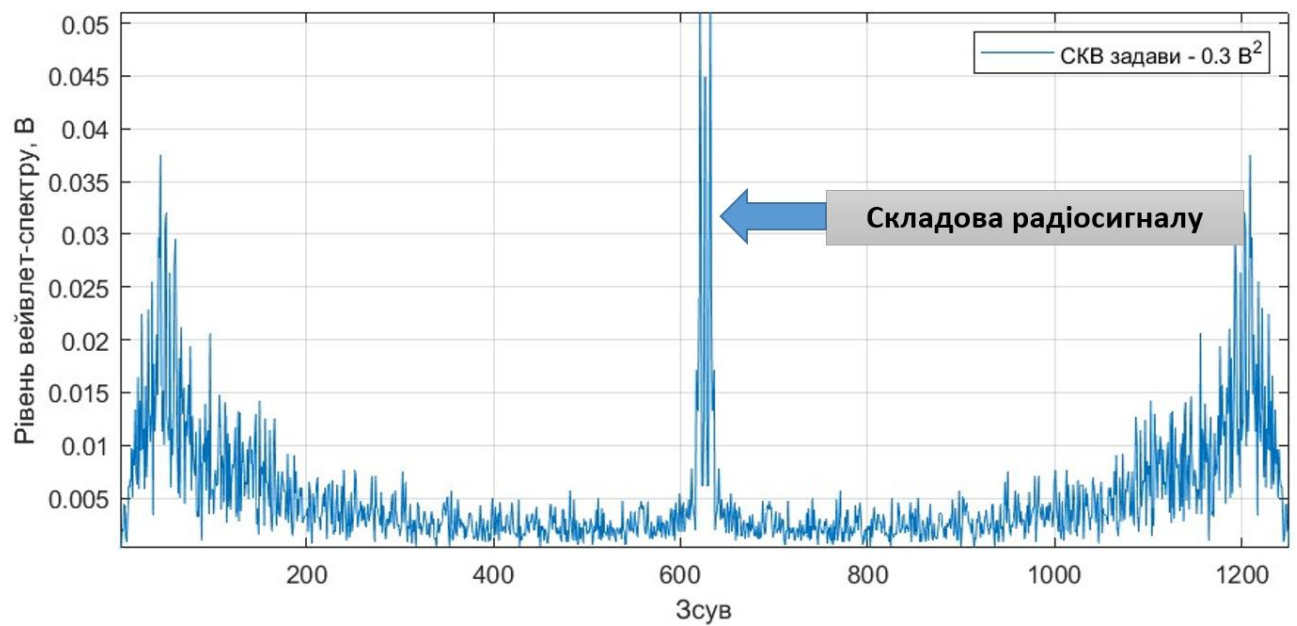


Рис.3.9. 2D усередненні вейвлет-спектри вейвлет-виявлення РС в базисі Хаара
(рівень завади СКВ = $0,3V^2$)

Статистично усередненні 3D вейвлет-спектри спотворених РС за рівня завади $СКВ = 0,5B^2$ подано на рис.3.10.

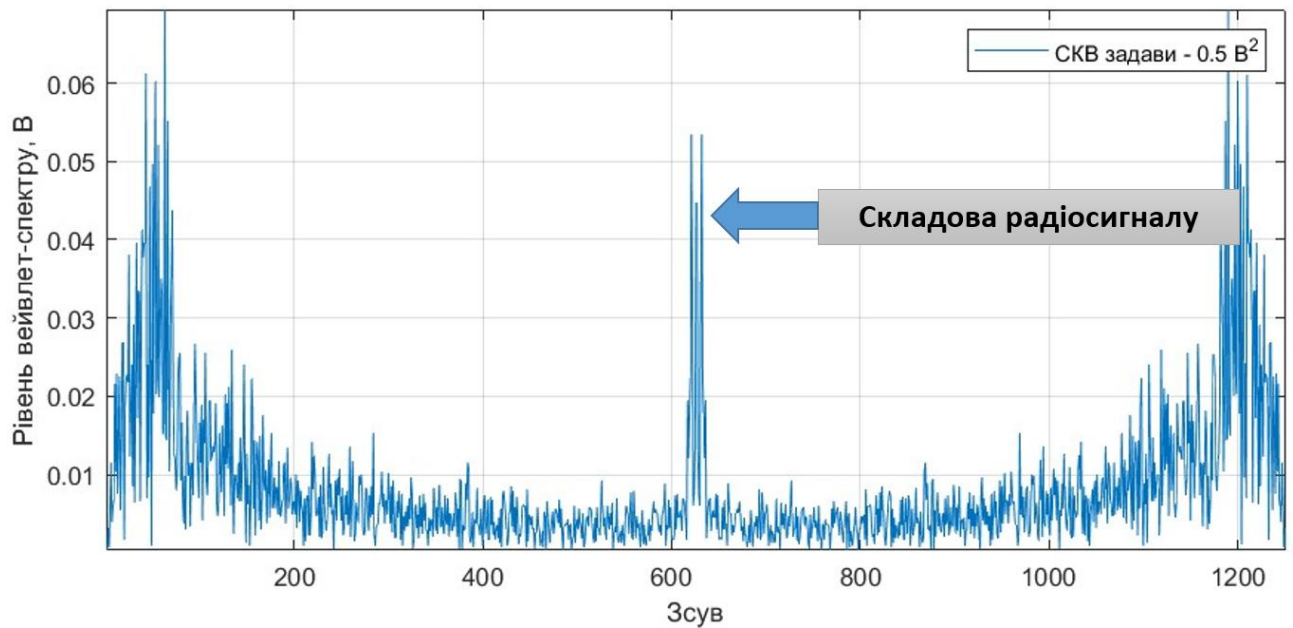


Рис.3.10. 2D усередненні вейвлет-спектри вейвлет-виявлення РС в базисі Хаара (рівень завади $СКВ = 0,5B^2$)

Статистично усередненні 3D вейвлет-спектри спотворених РС за рівня завади $СКВ = 0,7B^2$ подано на рис.3.11.

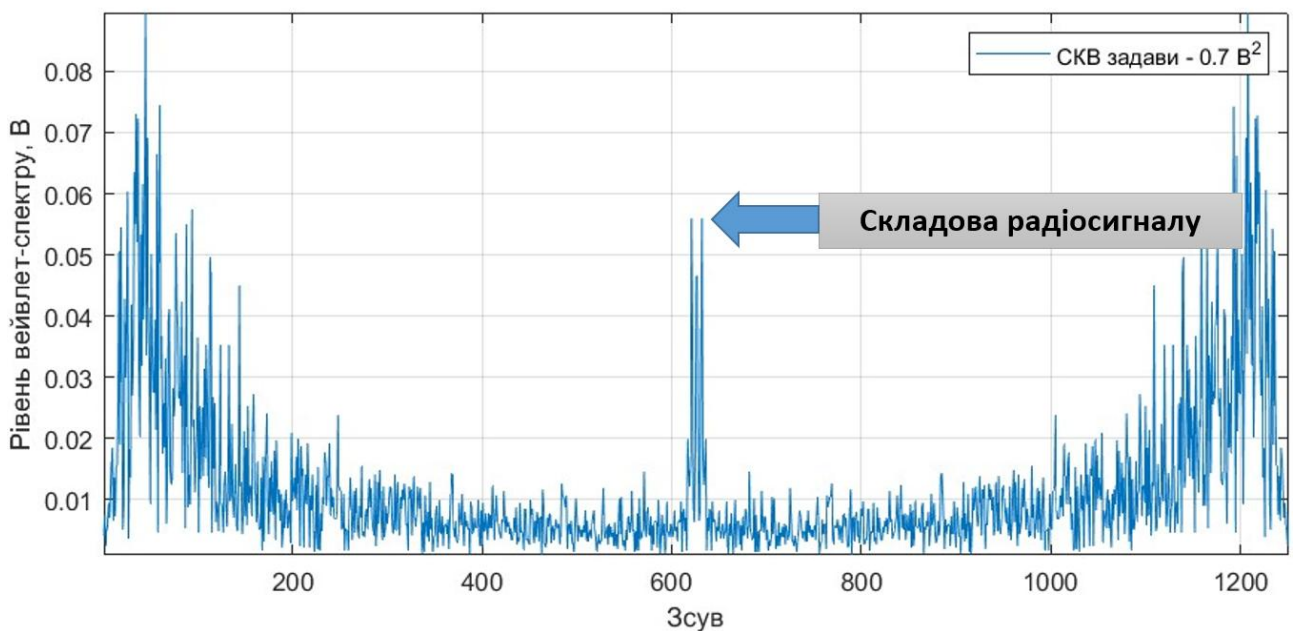


Рис.3.11. 2D усередненні вейвлет-спектри вейвлет-виявлення РС в базисі Хаара (рівень завади $СКВ = 0,7B^2$)

Статистично усередненні 3D вейвлет-спектри спотворених РС за рівня завади $СКВ = 0,9B^2$ подано на рис.3.12.

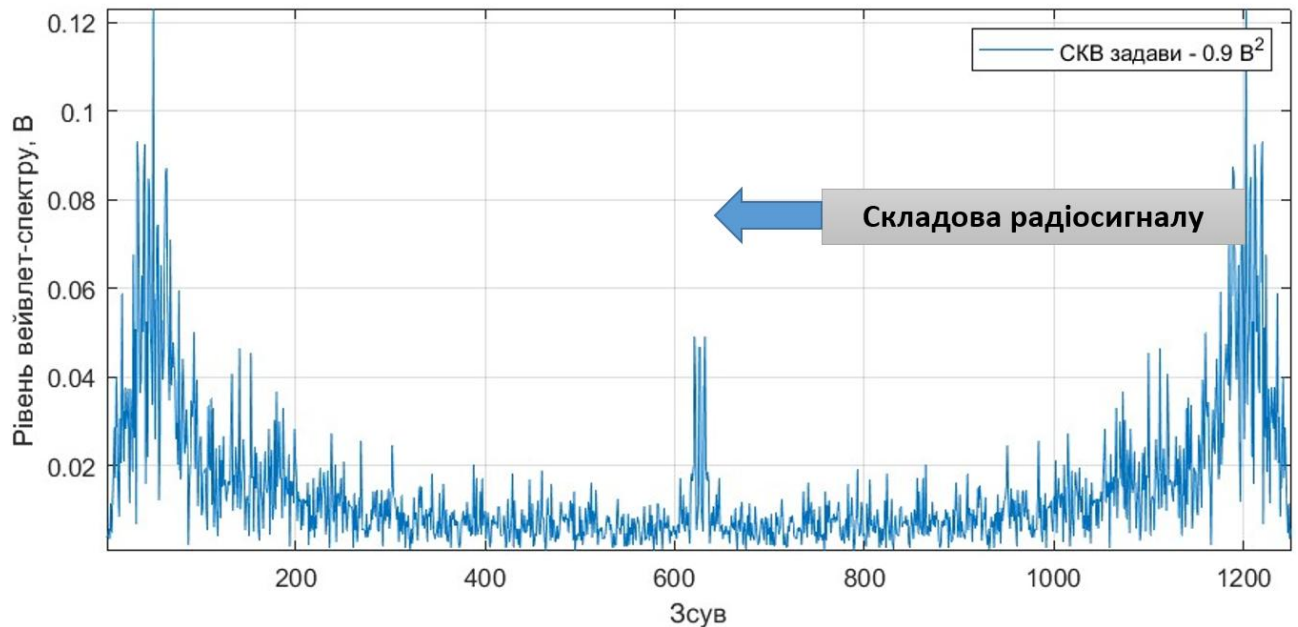


Рис.3.11. 2D усередненні вейвлет-спектри вейвлет-виявлення РС в базисі Хаара (рівень завади $СКВ = 0,9B^2$)

2D усередненні вейвлет-спектри (рис. 3.7-3.11) забезпечують проведення детальнішого аналізу даних при виявленні РС по відношенню 3D вейвлет-спектрами. Це забезпечує проведення ефективно-достовірного процесу виявлення спотворених радіосигналах в мережевих комунікаціях.

Параметр достовірності виявлення забезпечено за рахунок не зміщення та стійкості у структурі вейвлет-спектрів за різного рівня завади СКВ. Це вказує на їх інформативну інваріантність, що дає змогу стверджувати про повну придатність вейвлет-спектрів для виявлення спотвореного РС в мережевих комунікаціях.

Розроблене ПЗ забезпечує достовірне вейвлет-виявлення спотворених РС за 2D/3D вейвлет-спектрами, які обчислено під час вейвлет-обробки в базисі Хаара.

3.3. Автоматизоване програмне забезпечення вейвлет-виявлення спотворених радіосигналів

Використання GUIDE у MATLAB суттєво полегшило розробку інтерфейсу для ПЗ, що виконує вейвлет-виявлення спотворених радіосигналів у мережесих комунікаціях. Під час створення інтерфейсу автоматизованого ПЗ були застосовані візуальні елементи для введення даних, кнопки активації та компоненти для відображення інформації (рис. 3.12).

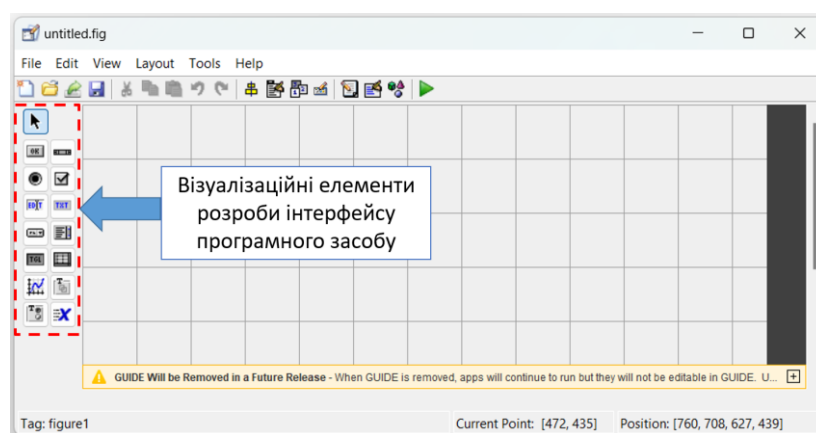


Рис.3.12. Структура GUIDE та її елементи

Реалізований інтерфейс ПЗ вейвлет-виявлення спотвореного РС подано на рис.3.13.

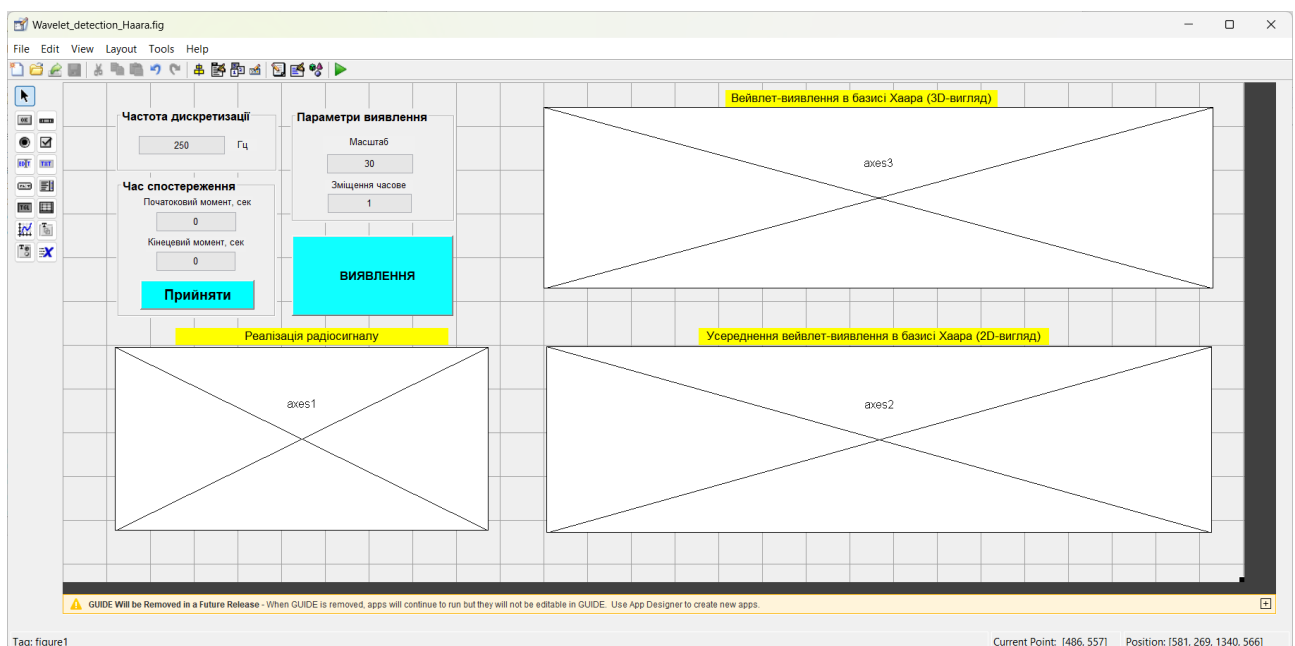


Рис.3.13. Реалізований інтерфейс ПЗ для вейвлет-виявлення спотвореного РС

Код автоматизованого ПЗ для вейвлет-виявлення подано в додатку Б.

Меню ПЗ передбачає тільки лише процедуру завантаження даних спотворених/не спотворених РС (рис.3.14).

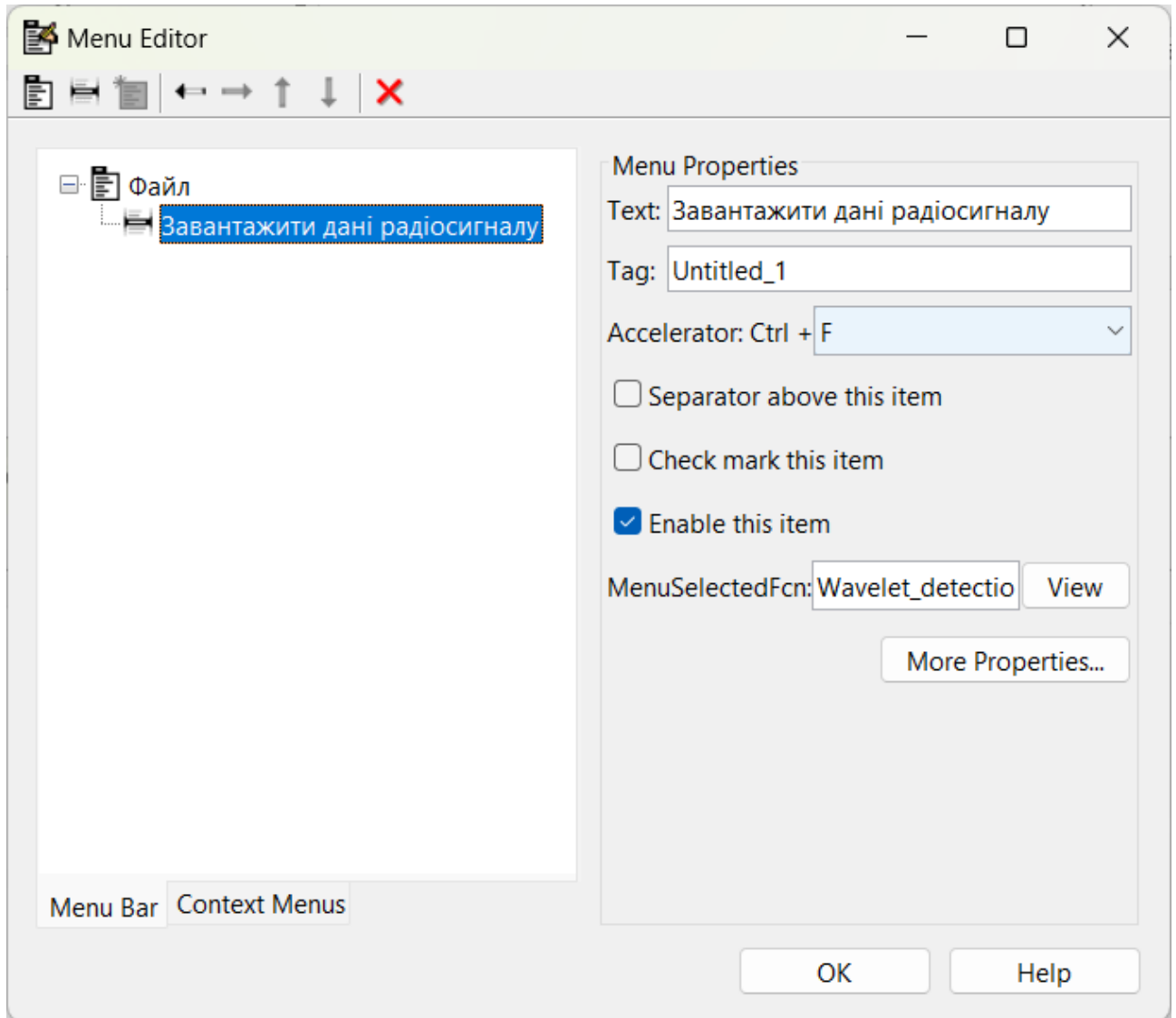


Рис.3.14. Меню ПЗ вейвлет-виявлення спотворених РС

На програмному рівні інтерфейсом передбачено введення/зміна даних частоти, часу спостереження та параметрів виявлення спотворених РС (рис.3.15).

Частота дискретизації 250 Гц	Параметри виявлення Масштаб 30 Зміщення часове 1
Час спостереження Початковий момент, сек 0 Кінцевий момент, сек 0 Прийняти	ВІЯВЛЕННЯ

Рис.3.15. Фрейм параметрів вейвлет-виявлення спотворених РС

Автоматизоване ПЗ вейвлет-виявлення, завантажені дані спотвореного РС з мережових комунікацій за різного рівня завади подано на рис. 3.16-3.18.

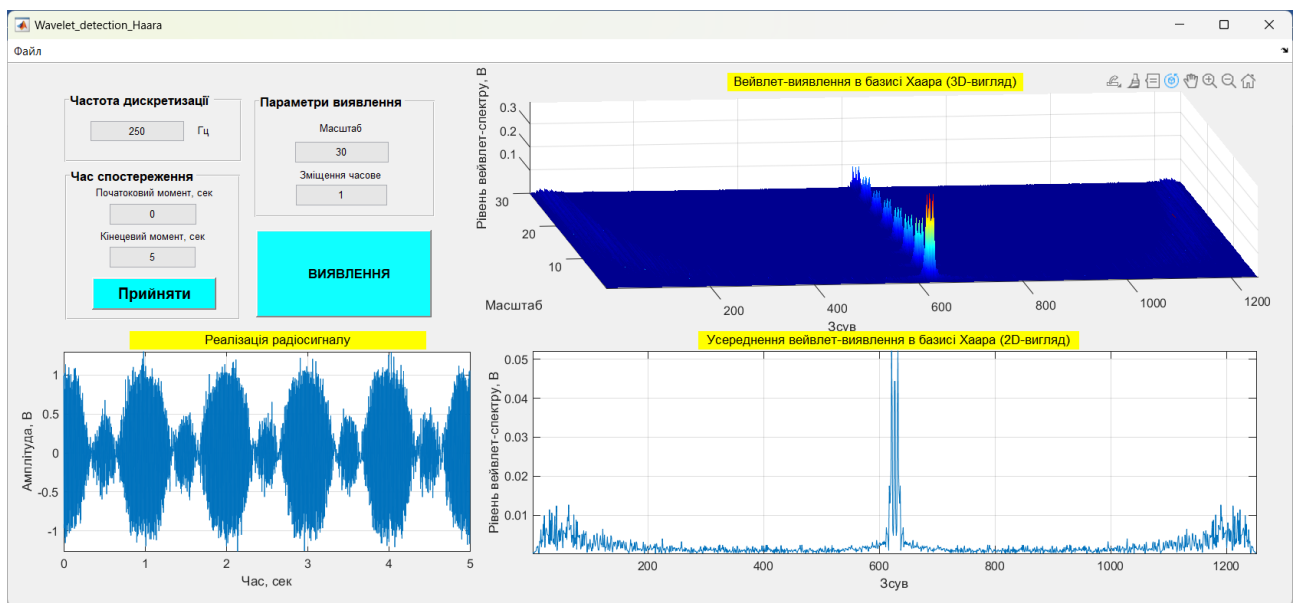


Рис.3.16. Вейвлет-виявлення спотвореного РС (рівень завади $СКВ = 0,1 \text{ В}^2$, масштаб 30 та часовий зсув 1) при використанні автоматизованого ПЗ

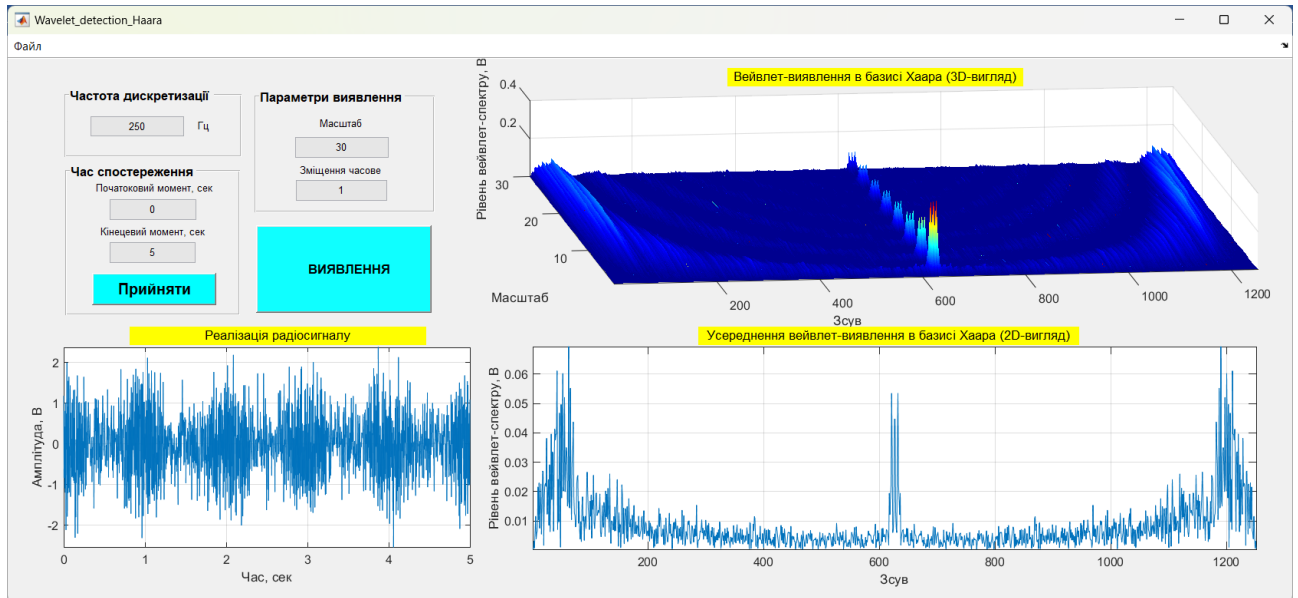


Рис.3.17. Вейвлет-виявлення спотвореного РС (рівень завади $СКВ = 0,5 \text{ В}^2$, масштаб 30 та часовий зсув 1) при використанні автоматизованого ПЗ

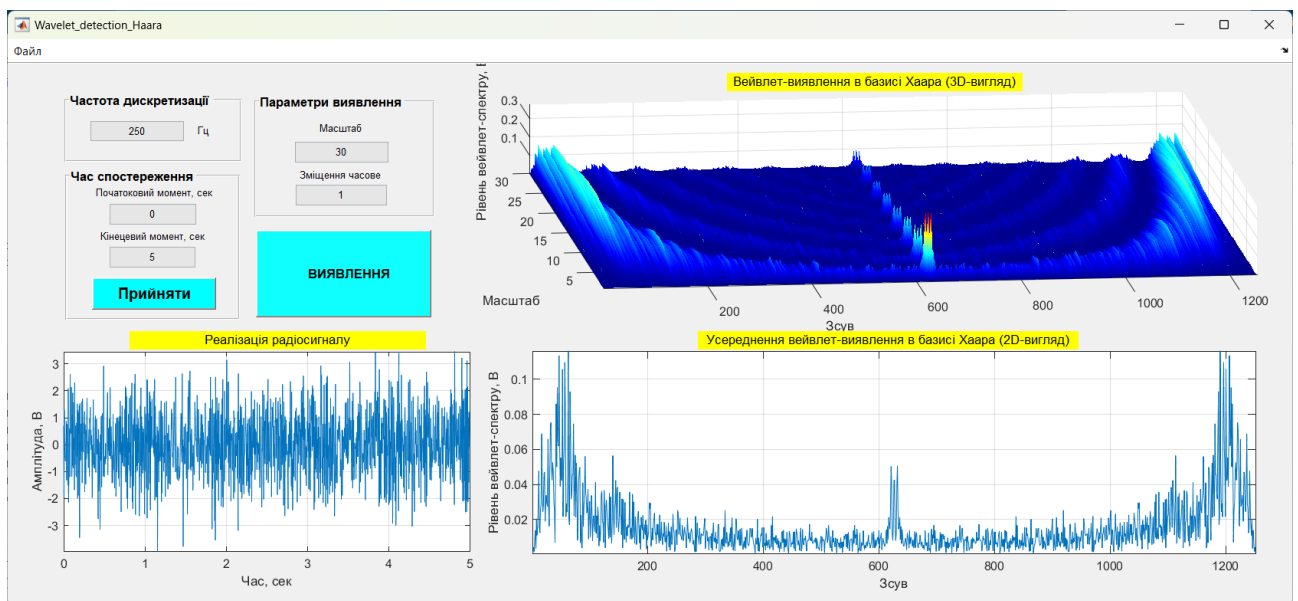


Рис.3.18. Вейвлет-виявлення спотвореного РС (рівень завади $СКВ = 1 \text{ В}^2$, масштаб 30 та часовий зсув 1) при використанні автоматизованого ПЗ

Отже, розроблене ПЗ дає змогу коректно та достовірно виявляти спотворенні РС в мережевих комунікаціях на базі вейвлет-обробки в базисі Хаара.

3.4. Висновки до розділу 3

Застування MATLAB та її утиліти GUIDE дало змогу реалізувати програмне забезпечення з елементами автоматизації для вейвлет-виявлення спотворених радіосигналів у мережевих комунікаціях.

Визначено, що створене програмне забезпечення достовірно-точно виявляє спотворені радіосигнали в мережевих комунікаціях. Це досягається завдяки аналізу їхніх 3D і 2D вейвлет-спектрів в базисі Хаара. Отримані вейвлет-спектри дозволяють як чисельно за значенням рівнів, так і візуально оцінювати присутність/відсутність спотворених радіосигналів із різним рівнем завад.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

Спеціальне навчання та інструктажі працівників із питань охорони праці є одним із основних принципів державної політики в галузі охорони праці і складовою системи управління охороною праці. Вони проводяться з працівниками в процесі їх трудової діяльності.

Згідно з Типовим положенням про навчання з питань охорони праці усі працівники при прийнятті на роботу і періодично в процесі роботи проходять на підприємстві навчання у формі інструктажів із питань охорони праці, вивчають правила надання першої долікарської допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також правила поведінки при виникненні аварій.

Працівники, що виконують роботи підвищеної небезпеки (згідно з переліком таких робіт, що затверджується наказом Держпромгірнагляду), а також де є необхідність у професійному відборі, при прийнятті на роботу проходять попереднє спеціальне навчання і перевірку знань з питань охорони праці та періодичне навчання і перевірку знань в термін, встановлений відповідними галузевими нормативними актами, але не рідше одного разу на рік.

На промислових підприємствах України для працівників, що виконують роботи з обслуговування обладнання підвищеної небезпеки, обов'язкове курсове навчання з охорони праці (з обов'язковим іспитом), що проходить безпосередньо на виробництві за затвердженими роботодавцем і погодженими з органами Держпромгірнагляду програмами. Це роботи по обслуговуванню парових та водонагрівальних котлів, виробничих печей та інших теплових установок, устаткування, що працює під тиском, компресорів, холодильних установок, газового обладнання, електричного устаткування, підйомників, підйимальних механізмів, тракторних лопат, буртоукладачів, буртоукривальних машин, автотранспорту, електрокарів, тракторів та іншого внутрішнього заводського механізованого транспорту, газоелектрозварювального обладнання,

апаратів дифузії, центрифуг, кислотних та лужних установок, безтарного зберігання сировини, миття харчової сировини, такелажних, монтажних, ремонтних, навантажувально-розвантажувальних та інших робіт. Відповідальність за організацію навчання і перевірку знань на підприємстві покладається на роботодавця, а в структурних підрозділах - на керівників цих підрозділів. Контролює виконання цих завдань відділ охорони праці.

Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання та перевірку знань, забороняється.

Усі посадові особи, відповідно до переліку посад до початку виконання своїх обов'язків і періодично (один раз на три роки) проходять навчання і перевірку знань з питань охорони праці.

Навчання посадових осіб (керівників підприємств і установ та їх заступників тощо), що безпосередньо відповідають за організацію охорони праці на підприємстві чи установі (перелік посадових осіб наведено в додатку до Типового положення про навчання з питань охорони праці), проводиться в навчальних закладах, які мають дозвіл Державного Комітету України по нагляду за охороною праці на проведення такого навчання.

На підприємствах навчання з питань охорони праці організовує відділ охорони праці підприємства, залучаючи до цього працівників відділу охорони праці та спеціалістів, що пройшли навчання і перевірку знань у навчальних закладах або в установах Держпромгірнагляду. Для перевірки знань посадових осіб і спеціалістів наказом по підприємству створюється комісія, очолювана керівником підприємства. До комісії входять керівники (їх заступники) служби охорони праці, виробничо-технічних служб, представники місцевих органів державного нагляду за охороною праці, а також представники профспілкового комітету (комітетів).

Посадові особи та спеціалісти невеликих підприємств, де неможливо провести навчання та утворити комісію по перевірці знань, проходять навчання у відповідних місцевих навчальних закладах або на близьких за їх профілем виробництва підприємствах, а перевірку знань - в комісіях при місцевих органах Держпромгірнагляду.

Працівники, що не пройшли навчання і перевірку знань або при повторній перевірці показали незадовільні знання з питань охорони праці, звільняються з посади, а їх працевлаштування вирішується згідно з чинним законодавством.

Позачергова перевірка знань посадових осіб і спеціалістів проводиться в разі введення в дію або перегляду нормативних актів із питань охорони праці; введення в дію нового устаткування або нових технологічних процесів; при переведенні працівника на іншу роботу, що потребує додаткових знань із питань охорони праці; за вимогою працівника органу державного нагляду за охороною праці, в разі незнання актів про охорону праці.

4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

У разі загрози чи настання надзвичайних ситуацій необхідним є забезпечення стійкості роботи об'єктів зв'язку, радіомовлення і телебачення до дії уражаючих факторів надзвичайних ситуацій

На виконання вимог Державних будівельних норм ДБН В.1.2-4:2019 «Інженерно-технічні заходи цивільного захисту» (на заміну ДБН В.1.2-4-2006) основними заходами щодо підвищення стійкості забезпечених об'єктів є [24]:

- захист робітників і службовців;
- підвищення стійкості інженерно-технічного комплексу;
- виключення або обмеження можливих негативних наслідків від вторинних факторів ураження;
- організація надійного матеріально-технічного забезпечення і стійких виробничих зв'язків;
- проведення заходів по зниженню можливих втрат і забезпеченню стабільності випуску продукції;
- забезпечення надійності управління виробництвом;
- завчасна підготовка до відновлення порушеного виробництва.

Захист робітників і службовців досягається:

- укриттям в захисних спорудах;
- евакуацією в заміську зону;

- забезпеченістю засобами індивідуального захисту; надійним та своєчасним оповіщенням про небезпеку;
- розробкою режимів захисту;
- герметизацією приміщень;
- проведенням профілактичних медичних заходів.

Підвищення стійкості інженерно-технічного комплексу досягається:

- заглибленням або розміщенням у незаважених приміщеннях устаткування і комунікацій;
- підвищенням міцнісних характеристик споруд;
- базуванням підприємства на декількох джерелах електропостачання;
- передбаченням на мережах газопостачання і теплофікації заходів проти витікання газу, пару, води, а також резервних ліній для переключення енергопостачання від інших магістралей (об'єктів).

Ймовірність виникнення на підприємстві пожеж залежить в основному від ступеня вогнестійкості будинків і споруд, пожежо- і вибухо- небезпечності, щільності забудови будинків і споруд і ступеня їх руйнувань.

При розробці заходів по виключенню або обмеженню дії на об'єкт та його елементи вторинних факторів поразки слід враховувати специфічні властивості об'єктів. Так, на об'єктах нафтопереробної і нафтохімічної промисловості внаслідок руйнування і ушкодження місткостей, трубопроводів і арматури можливе виникнення вибухо-небезпечних газоповітряних сумішей, які можуть вибухнути і призвести до руйнування устаткування, будівельних конструкцій, будинків і споруд.

Виникнення і характер пожеж залежать не тільки від категорії виробництва по пожежній небезпеці, але й від ступеня вогнестійкості будинків і споруд. За ступенями вогнестійкості будинки і споруди поділяються на п'ять груп (I, II, III, IV і V).

Лікувальні корпуси психіатричних лікарень і диспансерів мають бути не нижче III ступеня вогнестійкості.

Будинки лікувальних закладів на 60 і менше ліжок та амбулаторно-поліклінічні заклади на 90 відвідувань за зміну дозволяється проектувати IV, V ступеня вогнестійкості з рубленими чи брущатими стінами.

Приміщення лікувальних, амбулаторно-поліклінічних закладів і аптек (крім приміщень медичного персоналу громадських будинків і споруд, аптечних кіосків) в разі розміщення їх в будинках іншого призначення мають бути відокремлені від решти приміщень протипожежними стінами 1-го типу і мати самостійні виходи назовні.

Ступінь вогнестійкості будинків і споруд визначається мінімальними межами вогнестійкості будівельних конструкцій і загоряння матеріалів, із яких ці конструкції збудовані. Вогнестійкість будівельних конструкцій визначається часом згоряння (запалювання) і вимірюється в годинах. Всі будівельні матеріали, як відомо, поділяються на три групи: такі, що згоряють, важко згоряють і не згоряють.

Для виключення або обмеження можливості виникнення і поширення пожеж, отруєнь та інших вторинних факторів ураження на підприємствах проводяться заходи по протипожежній та інженерно-технічній профілактиці. Вони включають заходи, що запобігають розповсюдженню пожежі (обладнання протипожежних розривів навколо нагрівальних печей і установок, створення і підготовка сил і засобів пожежегасіння, винесення складів паливо-мастильних матеріалів, вибухонебезпечних речовин за територію об'єкта та зниження їх запасів, обвалювання місткостей і складів СДОР, обладнання устроїв для їх нейтралізації, підготовка резервуарів з водою та прийняття інших необхідних мір захисту).

При оцінці стійкості об'єкта у НС необхідно також враховувати розташування об'єкта відносно меж зон можливого катастрофічного затоплення при зруйнуванні гребель гідровузлів і його наслідків [25].

На стійкість роботи об'єктів значний вплив може створити радіоактивне забруднення місцевості, тому для захисту робітників розроблюються необхідні режими радіаційного захисту.

Це такі заходи, як зниження запасів (на території підприємства) матеріально-технічних засобів, створення в заміській зоні необхідних запасів і резервів сировини, палива, устаткування, комплектуючих виробів, запасних деталей, будівельних матеріалів, рухомих електричних і компресорних станцій для проведення рятівних і невідкладних робіт: підготовка підприємства до переведу на резервні (автономні) джерела електро-, паро- і водопостачання, завчасне дослідження можливостей використання місцевих джерел сировини, палива, комплектуючих деталей та інших необхідних для виробництва матеріалів.

Важливим заходом є завчасна підготовка до відновлення порушеного виробництва, для чого на об'єкті розробляється план відновлювальних робіт, що дозволить значно скоротити час на проведення робіт у випадку часткового зруйнування об'єкта.

4.3. Висновки до розділу 4

У підрозділі з охорони праці проаналізовано питання спеціального навчання та перевірки знань з питань охорони праці працівників як виконують роботи з підвищеної небезпеки.

У підрозділі з безпеки в надзвичайних ситуаціях проаналізовано питання аналізу заходів по підвищенню стійкості об'єктів зв'язку, радіомовлення і телебачення до дії уражаючих факторів надзвичайних ситуацій.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В роботі розроблено алгоритмічно-програмне забезпечення виявлення спотворених радіосигналів на основі вейвлету Хаара.

Результати:

1. Проведено детальний огляд існуючих математичних підходів для ідентифікації корисних радіосигналів у середовищі з високим рівнем завад в електронних комунікаціях. Встановлена актуальність розширення можливості застосування різних базисів вейвлет-методу, зокрема Хаара, для виявлення спотворених радіосигналів.

2. Створено адитивну математичну модель спотвореного радіосигналу, яка відображає особливості поведінки радіосигналів у присутності завад в умовах електронного зв'язку та є фундаментом для розробки ефективного методу та алгоритмічного забезпечення виявлення спотворених радіосигналів.

3. Розроблено математичний метод та нове алгоритмічне забезпечення для вейвлет-виявлення спотворених радіосигналів в базисі Хаара, уможлиблюють обов'язкове врахування характеристик структурних флуктуацій реальних радіосигналів сигналів з різною часовою масштабністю, що є вкрай актуальним для достовірного виявлення спотворених сигналів.

4. Створено програмне забезпечення в Matlab для реалізації алгоритмічного забезпечення вейвлет-виявлення спотворених радіосигналів у завадних умовах та проведено його оцінку для підтвердження його ефективності. Отримані вейвлет-спектри дозволяють як чисельно за значенням рівнів, так і візуально оцінювати присутність/відсутність спотворених радіосигналів із різним рівнем завад.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дунець В.Л., Цимбала Т.І., Ракуш Р.В. Метод оптимального виявлення сигналів в каналах зв'язку. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 17–18 листоп. 2016) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. Тернопіль : ТНТУ, 2016. С.37-38.
2. Лакоцький С., Винницький М. Хвостівська Л. Метод верифікації алгоритмів опрацювання радіосигналів в телекомунікаційних системах. Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 1-2 лютого 2018 р.). Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. С.5.
3. Основи охорони праці : підруч. / [Ткачук К. Н., Халімовський М. О. Зацарний В. В. та ін.] ; за ред. К. Ткачука і М. Халімовського. К. : Основа, 2006. 448 с
4. Хвостівська Л.В., Казьмірів В.В., Ремез А.В. Вейвлет обробка радіосигналів для задачі їх виявлення на фоні завад. Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей XI міжнар. наук.-практ. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 7-8 грудня 2022) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. С.119-120. ISBN 978-617-7875-49-8.
5. Хвостівська Л.В., Коваль Л.М. Виявлення корисних радіосигналів як періодично корельованих випадкових процесів в умовах апріорної невизначеності. Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених за тематикою «Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні»: збірка наукових праць / Під редакцією Г.О. Райко. Херсон: Видавництво ФОП Вишемирський В. С., 2021. С.133.
6. Хвостівська Л.В., Дедів І.Ю., Ісаєнко Д.В. Генерування радіосигналів для тестування програмного забезпечення комп'ютерних

радіосистем. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей VIII міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листоп. 2019.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. Тернопіль : ТНТУ, 2019. С. 108-109.

7. Хвостівська Л.В., Осухівська Г.М., Хвостівський М.О., Шадріна Г.М., Дедів, І. Ю. Розвиток методів та алгоритмів обчислення періоду стохастичних біомедичних сигналів для медичних комп'ютерно-діагностичних систем. Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування. 2019. Вип. 79. С. 78-84. doi: 10.20535/RADAP.2019.79.78-84. ISSN 2310-0389 (e-ISSN 2310-0397).

8. Хвостівська Л.В., Дунець В.Л., Серпутько А.П. Імітаційне моделювання сигналів для тестування алгоритмів роботи радіотехнічних систем. збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (м.Тернопіль, 17- 18 листопада 2016 р.). Тернопіль, 2016. Том II. С. 123-124.

9. Хвостівський В., Осухівська Г., Хвостівська Л. Програмне забезпечення системи опрацювання мережевого трафіку. Матеріали IX науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 8-9 грудня 2021р.). Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2020. С.102.

10. Hvostivska, L., Oksukhivska, H., Hvostivsky, M., Shadrina, H. Imitation Modeling of the Daily Pulse Signal for Long-Term Monitoring Systems (2019) Імітаційне моделювання добового пульсового сигналу для задачі верифікації алгоритмів роботи систем довготривалого моніторингу, VISNYK NTUU KPI SERIYA-RADIOTEKHNIKA RADIOAPARATOBUDUVANNIA Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування, (77), pp 66-73. DOI: 10.20535/RADAP.2019.77.66-73. ISSN 2310-0389 (e-ISSN 2310-0397).

11. Haworth D. P., Smith N. G., Bardelli R., Clement T. Interference localization for Eutelsat satellites – the first European transmitter location system. International Journal of satellite communications, 1997, vol. 15, pp. 155-183.

12. Haworth D. P. Locating the source of an unknown signal. U.S. Patent 6018312, Jan. 25, 2000.
13. Khvostivskyy M., Osukhivska H., Khvostivska L., Lobur T., Velychko D., Lupenko S., Hovorushchenko T. Mathematical modelling of daily computer network traffic. The 1st International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, ITTAP 2021. CEUR Workshop Proceedings. Ternopil, Ukraine, November 16-18, 2021. Vol. 3039. P.107-111. ISSN 1613-0073.
14. Khvostivska L., Khvostivskyy M., Dunetc V., Dediv I. Mathematical and Algorithmic Support of Detection Useful Radiosignals in Telecommunication Networks. Proceedings of the 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2022). Ternopil, Ukraine, November 22-24, 2022. P.314-318. ISSN 1613-0073.
15. Khvostivska L., Khvostivskyy M., Dunets V., Dediv I. (2023) Mathematical, algorithmic and software support of synphase detection of radio signals in electronic communication networks with noises. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol 111, no 3, pp. 48–57. ISSN 2522-4433.
16. Khvostivska L., Khvostivskyy M., Dediv I., Yatskiv V., Palaniza Y. Method, Algorithm and Computer Tool for Synphase Detection of Radio Signals in Telecommunication Networks with Noises. Proceedings of the 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023). CEUR Workshop Proceedings. Ternopil, Ukraine, June 14-16, 2023. P.173-180. ISSN 1613-0073.
17. Kolumbán G., Krébesz T. Chaotic Communications with Autocorrelation Receiver: Modeling, Theory and Performance Limits. Intelligent Computing Based on Chaos, 2009, SCI 184, pp. 121–143. doi: 10.1007/978-3-540-95972-4_6.
18. Laptiev O., Polovinkin I., Vitalii S., Stefurak O., Barabash O. and Zelikovska O. The Method of Improving the Signal Detection Quality by Accounting for Interference. 2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT), 2020, pp. 172-175. doi: 10.1109/ATIT50783.2020.9349259.

19. Stein S. Algorithms for ambiguity function processing. IEEE Trans. on acoustics, speech and signal process, 1981, vol. ASSP-29, no. 3, pp. 588-599.
20. Wu R., Zhang Y., Huang Y., Xiong J., Deng Z. A Novel Long-Time Accumulation Method for Double-Satellite TDOA/FDOA Interference Localization. Radio Science, 2018, no. 53, pp. 129-142.
21. Yu.É. Korchagin, K.D. Titov Detection of an Ultra-Wideband Quasi Radio Signal with Unknown Duration Against the Background of White Noise. Radiophysics and Quantum Electronics volume 61, pp.853–866 (2019). DOI: 10.1007/s11141-019-09942-5.
22. Trifonov A.P., Korchagin Yu.É., Trifonov M.V.. Detection of Radio Signals with Unknown Duration, Amplitude, and Initial Phase. Radiophysics and Quantum Electronics, Volume 58, Issue 5, pp.361-372. October 2015. doi: 10.1007/s11141-015-9610-5.
23. Шуми в радіозв'язку. URL: <https://vu2nsb.com/radio-propagation/noise-in-radio-communication>. (дата звернення 10.10.2023 р.).
24. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник / В.С. Стручок. Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пуллюя, 2022. 150 с.
25. Хвостівська Л., Паламар Н., Сторож С. Програмний засіб вейвлет-виявлення радіосигналів в материнському базисі мексиканського капелюха. Матеріали XI науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 13-14 грудня 2023 р.). Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. С.191.
26. I.V. Yavorskyi, S.V. Uniyat, R.A. Tkachuk, M.O. Khvostivskyi. Algorithmic support of wavelet processing of pulse signals in the morlet basis. Mathematics and Mathematical Simulation in a Modern Technical University. II INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE for Students and Young Scientists. April 30, 2024. Lutsk, Ukraine. P.51-53. ISBN 978-966-377-250-9.
27. Khvostivska L., Khvostivskyi M., Dediv I. Mathematical, algorithmic and software support for signals wavelet detection in electronic communications.

Proceedings of the 2nd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2024). CEUR Workshop Proceedings. Ternopil, Ukraine, June 14-16, 2024. Vol. 3742. P.223-234. ISSN 1613-0073.

28. Khvostivskyi M., Boiko R. (2024) Method and software for processing daily EEG signals for detection of epileptic seizures in humans. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol 113, no 1, pp. 119–130.

29. Khvostivska L., Khvostivskyi M., Dediv I., Yatskiv V., Palaniza Y. Method, Algorithm and Computer Tool for Synphase Detection of Radio Signals in Telecommunication Networks with Noises. Proceedings of the 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023). CEUR Workshop Proceedings. Ternopil, Ukraine, June 14-16, 2023. P.173-180. ISSN 1613-0073.

30. Khvostivska L.V., Kashuba R.M., Hulii R.P. Wavelet detection of radio signals in a noise background in the Haar and Dobesh basis. International scientific-practical conference «Global perspectives on sustainable development: science, technology and social progress»: book of abstracts (Rivne, November 30, 2024). Rivne, Ukraine, 2024. Part 2. P.40-42.

ДОДАТКИ

Додаток А

Скан-копія тези



МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE

ГЛОБАЛЬНІ ПЕРСПЕКТИВИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ:
НАУКА, ТЕХНОЛОГІЇ ТА СОЦІАЛЬНИЙ ПРОГРЕС

GLOBAL PERSPECTIVES ON SUSTAINABLE
DEVELOPMENT: SCIENCE, TECHNOLOGY
AND SOCIAL PROGRESS

Збірник тез доповідей
Book of abstracts

Частина 2
Part 2



30 листопада 2024 р.
November 30, 2024

м. Рівне, Україна
Rivne, Ukraine



<i>Ivanov Yu. Yu., Batunin M. G., Bodnarenko B. O.</i> FEATURES OF SWARM OPTIMIZATION ALGORITHMS HYBRIDIZATION	38
<i>Khvostivska L. V., Kashuba R. M., Hulii R. P.</i> WAVELET DETECTION OF RADIO SIGNALS IN A NOISE BACKGROUND IN THE HAAR AND DOBESH BASIS	40
<i>Khvostivska L. V., Sukh V. T., Khvostivskyi M. O.</i> COMPUTERIZED SYSTEM FOR SYNPHASE DATA PROCESSING OF COMPUTER NETWORK TRAFFIC.....	43
<i>Sharifova A. V.</i> FEATURES OF SURFACE HARDENING OF PISTON PARTS MADE OF POWDER MATERIALS BASED ON IRON OF VARIOUS COMPOSITIONS.....	45
СЕКЦІЯ 14. ВИРОБНИЦТВО ТА ТЕХНОЛОГІЇ SECTION 14. PRODUCTION AND TECHNOLOGY	48
<i>Gasanova N. A.</i> STUDY OF MECHANICAL PROPERTIES OF PLASTIC PARTS.....	48
СЕКЦІЯ 15. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ SECTION 15. INFORMATION TECHNOLOGIES.....	50
<i>Гайцук С. В.</i> РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АДМІНІСТРУВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПОТОКІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЇ КОМПАНІЇ	50
<i>Довгий І. О., Наумук О. В.</i> КЛЮЧОВІ ПРИНЦИПИ СУЧАСНОЇ РОЗРОБКИ ФРОНТЕНДУ: ВІД ТЕОРІЇ ДО ПРАКТИКИ.....	52
<i>Марчук О. О.</i> АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ СТРУКТУРНОГО АНАЛІЗУ ВЕБ-САЙТІВ.....	53
<i>Сорока Е. І.</i> ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ БУХГАЛТЕРСЬКИХ ДОКУМЕНТІВ.....	55

1. Comprehensive Taxonomies of Nature- and Bio-inspired Optimization: Inspiration Versus Algorithmic Behavior, Critical Analysis Recommendations / D. Molina, J. Poyatos, J.D. Ser et al. *Cognitive Computation*. 2020. Vol. 12. pp. 897–939.
2. Ivanov Yu.Yu. Swarm Intelligence Algorithms in the Tasks of Medical Diagnostics. *XXXI міжнародна науково-практична конференція “Інформаційні технології: Наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я”*. Україна (Харків): Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, 2023. pp. 1096.
3. Bio-Inspired Computation: Where We Stand and What’s Next / E. Osaba, D. Molina, X.-S. Yang et al. *Swarm and Evolutionary Computation*. 2019. Vol. 48. pp. 220–250.
4. Субботін С.О., Олійник А.О., Олійник О.О. Ітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей. Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. 375 с.
5. Algorithm Portfolios for Noisy Optimization / M.-L. Cauwet, J. Liu, R. Baptiste, O. Teytaud. 2015. 31 p. URL: <https://arxiv.org/pdf/1511.01277> (дата звернення 01.11.2024).
6. Caraffini F., Neri F., Epitropakis M. HyperSPAM: A Study on Hyper-Heuristic Coordination Strategies in the Continuous Domain. *Information Sciences*. 2019. Vol. 477. pp. 186–202.

UDC 004.7:621.39:519.6

Khvostivska L. V.

Candidate of Technical Sciences (PhD), Associate Professor,
 Associate Professor of the Department of Radiotechnical Systems,
 Ternopil Ivan Puluj National Technical University

Kashuba R. M.

Student of the Department of Radioetchnical Systems,
 Ternopil Ivan Puluj National Technical University

Hulii R. P.

Student of the Department of Radioetchnical Systems,
 Ternopil Ivan Puluj National Technical University

WAVELET DETECTION OF RADIO SIGNALS IN A NOISE BACKGROUND IN THE HAAR AND DOBESH BASIS

The transmission of a radio signal (Fig. 1) through communication networks is always accompanied by the influence of noise, which leads to distortion of the useful signal [1, 2], sometimes even to its non-detection and subsequent problems with evaluation. Therefore, solving the problem of detecting useful radio signals in a noisy environment is important to ensure correct signal processing when useful information is present in the mixture, and avoiding processing in its absence.

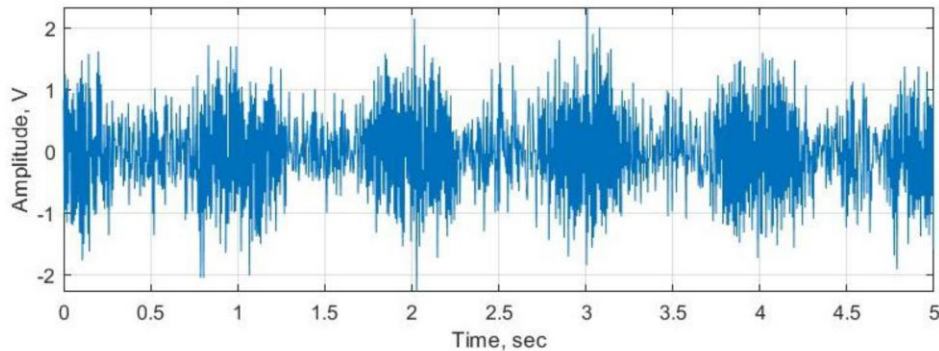


Fig. 1. Distorted useful radio signal against a background of noise

Known methods of detecting radio signals do not enable the process of studying fluctuations on different time scales, which is necessary when detecting useful radio signals by changes in their time structure.

Such research is possible when using the wavelet processing method with the Haar and Daubech basis function, which, from the side of the radio signal design, allows studying fluctuation changes in signals on different time scales by wavelet spectra according to the expression:

$$C(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \sum_{t=0}^{t_{max}} x(t) \psi(t, a, b), t \in \mathbb{R} \quad (1)$$

where $x(t)$ - radio signal in the background of noise; $\psi(t, a, b)$ - Haar or Daubech basis function; a – time scale factor; b – time shift of the wavelet in time t ;

The calculated wavelet spectra when detecting a radio signal by wavelet processing it against a background of noise with a dispersion index of 0.5 mV^2 are shown in Fig. 2-3.

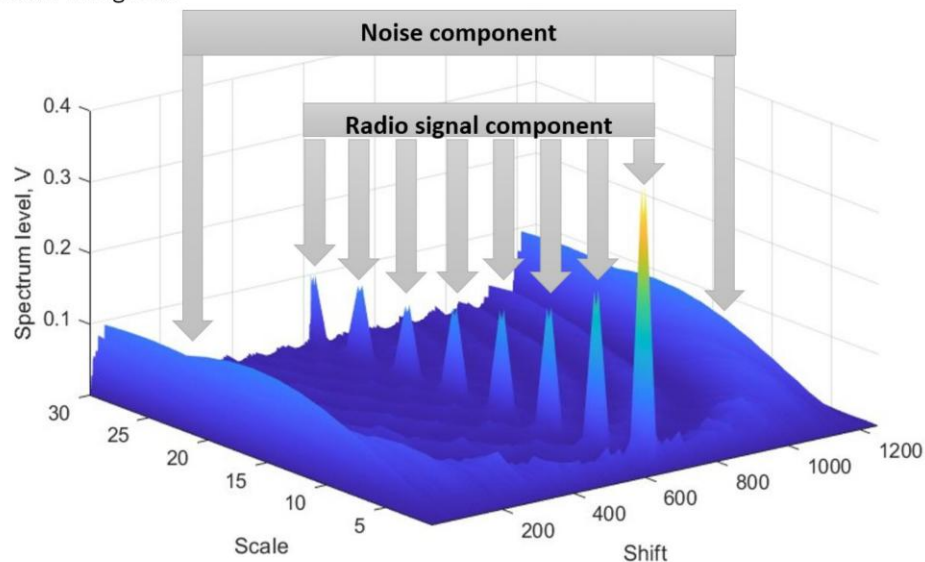


Fig. 2. Wavelet spectrum of a radio signal in the 4th order Daubech basis against a background of noise (Fig. 1) with a dispersion level of 0.5 V^2

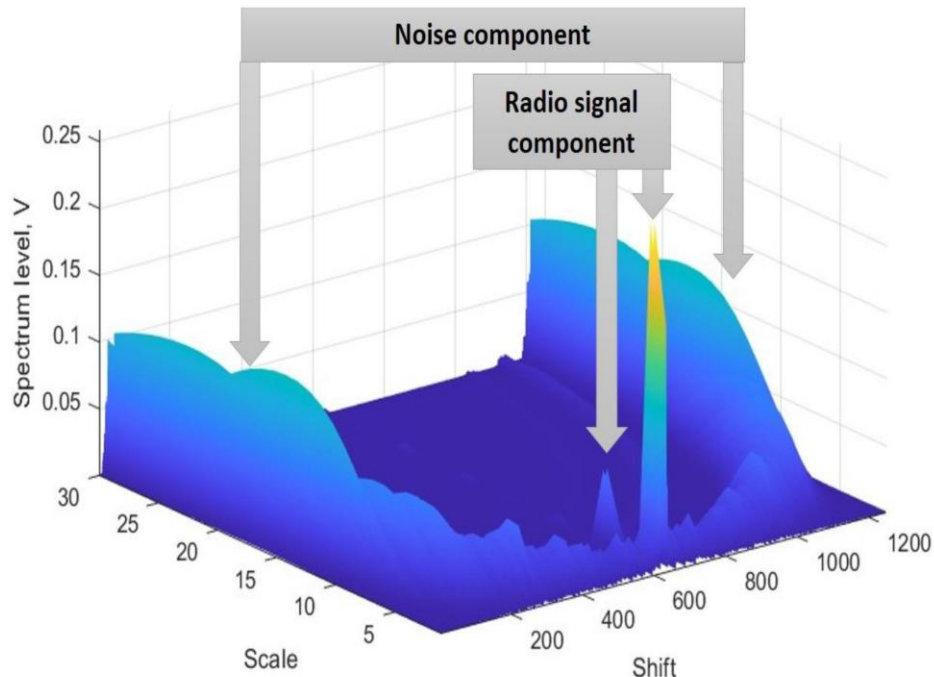


Fig. 3. Wavelet spectrum of a radio signal in the 4th order Daubech basis against a background of noise (Fig. 1) with a dispersion level of $0.5 V^2$

According to the calculated implementation of wavelet spectra (Fig. 2-3), it was found that the main component of the spectrum of the useful radio signal is clearly localized (shift/scale) and stands out by the amplitude level against the background of noise. Therefore, wavelet spectra (Fig. 2-3) numerically, localized and visually allow us to state the fact of the presence or absence of a useful radio signal against the background of noise.

References

1. Khvostivska L., Khvostivskyi M., Dunets V., Dediv I. Mathematical and Algorithmic Support of Detection Useful Radiosignals in Telecommunication Networks. Proceedings of the 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2022). Ternopil, Ukraine, November 22-24, 2022. P.314-318. ISSN 1613-0073.
2. Khvostivska L., Khvostivskyi M., Dunets V., Dediv I. (2023) Mathematical, algorithmic and software support of synphase detection of radio signals in electronic communication networks with noises. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol 111, no 3, pp. 48–57. ISSN 2522-4433.

Додаток Б

**Код автоматизованого програмного забезпечення вейвлет-виявлення
спотворених радіосигналів**

```

function varargout = Wavelet_detection_Haara(varargin)
% WAVELET_DETECTION_HAARA M-file for Wavelet_detection_Haara.fig
%     WAVELET_DETECTION_HAARA, by itself, creates a new
WAVELET_DETECTION_HAARA or raises the existing
%     singleton*.
%
%     H = WAVELET_DETECTION_HAARA returns the handle to a new
WAVELET_DETECTION_HAARA or the handle to
%     the existing singleton*.
%
%     WAVELET_DETECTION_HAARA('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...)
calls the local
%     function named CALLBACK in WAVELET_DETECTION_HAARA.M with the
given input arguments.
%
%     WAVELET_DETECTION_HAARA('Property','Value',...) creates a new
WAVELET_DETECTION_HAARA or raises the
%     existing singleton*. Starting from the left, property value pairs
are
%     applied to the GUI before inarface_reo_OpeningFunction gets
called. An
%     unrecognized property name or invalid value makes property
application
%     stop. All inputs are passed to Wavelet_detection_Haara_OpeningFcn
via varargin.
%
%     *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only
one
%     instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Copyright 2002-2003 The MathWorks, Inc.

% Edit the above text to modify the response to help
Wavelet_detection_Haara

% Last Modified by GUIDE v2.5 26-Nov-2024 23:21:32

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @Wavelet_detection_Haara_OpeningFcn,
                  ...

```

```

        'gui_OutputFcn', @Wavelet_detection_Haara_OutputFcn,
    ...
        'gui_LayoutFcn', [] , ...
        'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if narginout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before Wavelet_detection_Haara is made visible.
function Wavelet_detection_Haara_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to Wavelet_detection_Haara (see
VARARGIN)

% Choose default command line output for Wavelet_detection_Haara
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes Wavelet_detection_Haara wait for user response (see
UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = Wavelet_detection_Haara_OutputFcn(hObject,
eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

```

```

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit3 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit3 as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

% -----
function Untitled_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to Untitled_1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
[file,path] = uigetfile('*.txt;*.dat;', 'Завантажити дані радіосигналу');
if length(file)>=1
    directory=[path file];
    dataradiox=(load(directory));
    set(handles.pushbutton1,'userdata',dataradiox);
    fddataradio=str2num(get(handles.edit1,'string'))
    tradiosignal=(0:length(dataradiox)-1)/fddataradio;
    set(handles.edit3,'string',num2str(min(tradiosignal)));
    set(handles.edit4,'string',num2str(max(tradiosignal)));
    axes(handles.axes1);
    plot(tradiosignal,dataradiox);
    xlabel('Час, сек');
    ylabel('Амплітуда, В');
    axis tight;
    grid on;
end

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

dataradiox=get(handles.pushbutton1,'userdata');
fddataradio=str2num(get(handles.edit1,'string'));
time1=str2num(get(handles.edit3,'string'));
time2=str2num(get(handles.edit4,'string'));
lentime1=fix(time1*fddataradio+1);
lentime2=fix(time2*fddataradio+1);
RadioDatain=dataradiox(lentime1:lentime2);
% Базис
basiswaveletRadio='haar';
b=str2num(get(handles.edit5,'string'));
a=str2num(get(handles.edit2,'string'));
krokscaleRadio=1;
nwRadio=0;
for a=1:krokscaleRadio:b
    nwRadio=nwRadio+1;
    SRadioin(nwRadio,:)=abs(fft(cwt(RadioDatain,a, basiswaveletRadio)));
    spektrwave(nwRadio,:)=SRadioin(nwRadio,:)/length(SRadioin(nwRadio,:));
end
mspektrwave=mean(spektrwave);
% 2D
axes(handles.axes2);
t=(0:(length(dataRadio)-1))./fddataradio;
plot(mspektrwave);
grid on
axis tight

```

```

ylabel('Рівень вейвлет-спектру, В');
xlabel('Зсув');
% 3D
axes(handles.axes3);
surf(spektrwave);
shading INTERP
axis tight;
grid on;
ylabel('Масштаб');
xlabel('Зсув');
zlabel('Рівень вейвлет-спектру, В');
rotate3d on;

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% Load radiosignal
% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
dataradiox=get(handles.pushbutton1,'userdata');
fddataradio=str2num(get(handles.edit1,'string'));
time1=str2num(get(handles.edit3,'string'));
time2=str2num(get(handles.edit4,'string'));
Ntime1=fix(time1*fddataradio+1);
Ntime2=fix(time2*fddataradio+1);
if Ntime2>length(dataradiox)
    Ntime2=length(dataradiox);
end
tmin=(Ntime1-1)/fddataradio;
tmax=(Ntime2-1)/fddataradio;
set(handles.edit3,'string',num2str(tmin));
set(handles.edit4,'string',num2str(tmax));
timeradio=(0:(size(dataradiox,2)-1))./fddataradio;
axes(handles.axes1);
plot(timeradio(Ntime1:Ntime2),dataradiox(Ntime1:Ntime2));
xlabel('Час, сек');
ylabel('Амплітуда, В');
axis tight;
grid on;

```