

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Комп'ютерний засіб вейвлетного детектування радіосигналів в базисі
Добеші

Виконав(ла): студент(ка) 2 курсу, групи РАм-61
спеціальності 172 Електронні комунікації та
радіотехніка
(шифр і назва спеціальності)

	<u>Гулій Р.П.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Хвостівська Л.В.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Хвостівська Л.В.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Дунець В.Л.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>Дедів Л.Є.</u> (підпис) (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)

« » 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 Гулію Роман Петровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютерний засіб вейвлетного детектування радіосигналів в базисі Добеші

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

3. Вихідні дані до роботи Об'єкт дослідження: процес вейвлетного детектування радіосигналів у завадних мережах. Предмет дослідження: математичний метод, алгоритм та комп'ютерний засіб вейвлетного детектування радіосигналів у завадних мережах.

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

1. Аналітична 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)

1. Актуальність роботи

2. Модель радіосигналів в завадних мережах

3. Метод та алгоритмічне вейвлетного детектування радіосигналів в завадних мережах

4. Результати детектування радіосигналів в завадних мережах в вейвлетному базисі Добеші

5. Автоматизований комп'ютерний засіб детектування радіосигналів

6. Наукова новизна. Практичне значення отриманих результатів

7. Загальні висновки

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання 09.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Гулій Р.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Хвостівська Л.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Комп'ютерний засіб вейвлетного детектування радіосигналів в базисі Добеші» // Кваліфікаційна робота // Гулій Роман Петрович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАМ-61 // Тернопіль, 2024 // с. – 71, рис. – 31, табл. – 2, додат. – 2, бібліогр. – 49.

Ключові слова: КОМП'ЮТЕРНИЙ ЗАСІБ, ВЕЙВЛЕТНЕ ДЕТЕКТУВАННЯ РАДІОСИГНАЛІВ, БАЗИС ДОБЕШІ, ЗАВАДНІ МЕРЕЖІ, MATLAB.

У роботі розроблено метод математичне, алгоритмічне забезпечення та комп'ютерний засіб вейвлетного детектування радіосигналів в завадних мережах на підґрунті базису Добеші та MATLAB.

Реалізовано мультиадитивну модель радіосигналу в завадних мережах, яка уможливила розробку алгоритмічного забезпечення вейвлетного детектування радіосигналів при використанні базису Добеші. Алгоритмічне забезпечення забезпечує дослідження часо-частотних флуктуаційних процесів досліджуваного сигналу у завадних мережах. Компоненти детектування представлено у вигляді 3D-показників, а також її усереднених реалізацій у форматі 2D-показників.

З використанням інструментів забезпечення MATLAB розроблено автоматизований комп'ютерний засіб (програмне забезпечення) для вейвлет-обробки радіосигналів з метою їх вейвлетного детектування у завадних мережах.

Автоматизований засіб забезпечує надійне вейвлетне детектування сигналів завдяки 3D і 2D вейвлет-спектрам, які слугують інформативно-кількісними показниками при визначенні наявності/відсутності радіосигналів у середовищах із завадами.

ANNOTATION

Theme of qualification work: «Computer tool for wavelet detection of radio signals in the Daubech basis» // Qualification work // Huli Roman // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, group RAm-61 // Ternopil, 2024 // p. – 71, fig. – 31, tab. – 2, Add – 2, Ref. – 49.

Key words: COMPUTER TOOL, RADIO SIGNALS, WAVELET DETECTION, , DOBESHE BASIS, INTERFERENCE NETWORKS, MATLAB.

The work developed a method of mathematical, algorithmic support and a computer tool for wavelet detection of radio signals in interfering networks based on the Dobeshe basis and MATLAB.

A multi-additive radio signal model in interference networks was implemented, which enabled the development of algorithmic support for wavelet detection of radio signals using the Dobeshe basis. The algorithmic support provides for the study of time-frequency fluctuation processes of the studied signal in noisy networks. The detection components are presented in the form of 3D indicators, as well as its averaged implementations in the format of 2D indicators.

Using MATLAB support tools, an automated computer tool (software) for wavelet processing of radio signals for the purpose of their wavelet detection in noisy networks was developed.

The automated tool provides reliable wavelet detection of signals thanks to 3D and 2D wavelet spectra, which serve as informative and quantitative indicators when determining the presence/absence of radio signals in environments with interference.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	11
1.1. Базові фактори впливу на достовірність детектування радіосигналів в заводних мережах.....	11
1.2. Методи детектування радіосигналів в заводних мережах.....	14
1.2.1. Метод взаємкореляції.....	14
1.2.2. Метод статистичний.....	17
1.2.3. Метод кореляції.....	17
1.2.4. Метод компонентний/синфазний.....	19
1.3. Висновки до розділу 1.....	22
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	24
2.1. Модель радіосигналів в заводних мережах.....	23
2.2. Метод детектування радіосигналів в заводних мережах.....	25
2.3. Вибір базису вейвлетного детектування радіосигналів.....	29
2.4. Алгоритмічне забезпечення детектування радіосигналів.....	30
2.5. Висновки до розділу 3.....	32
РОЗДІЛ 3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	33
3.1. Розробка комп'ютерного засобу (програмного забезпечення) детектування радіосигналів.....	33
3.2. Дослідження детектування радіосигналів в вейвлеті базису Добеші.....	36
3.3. Автоматизований комп'ютерний засіб детектування радіосигналів.....	44
3.4. Висновки до розділу 3.....	46
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	47
4.1. Охорона праці.....	47
4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	50
4.3. Висновки до розділу 4.....	52
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	53
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	54

	7
ДОДАТКИ.....	60
ДОДАТОК А. Копія опублікованої тези.....	61
ДОДАТОК Б. Програмний код комп'ютерного засобу вейвлетного детектування радіосигналів.....	66

ВСТУП

Актуальність роботи. Передавання та прийом радіосигналів у мережах зазвичай супроводжуються впливом різноманітних завад, що можуть спотворювати сигнали до невпізнаваності. Це ускладнює подальшу обробку, що призводить до отримання некоректних результатів, які не містять корисної інформації через повне перекриття сигналу завадами середовища. Тому проблематика детектування радіосигналів у таких умовах для підтвердження їх присутності та уникнення обробки сигналів без інформативної складової є надзвичайно актуальною в мережах.

В умовах сьогодення розв'язання значної частини завдань обробки радіосигналів в завадному середовищі базується на фундаментальних дослідженнях таких учених, як Гоулд Б., Рабінер Л., Оппенгейм А. та багатьох інших.

Для детектування радіосигналів у сучасних комп'ютерних системах застосовуються різні математичні методи опрацювання:

1. Метод взаємкореляції (Кулакова В.) – потребує тривалого часу щодо накопичення для отримання піку взаємнокореляційні сигналу, що може займати багато часу.
2. Метод кореляції (Тихонов В.І.) – дозволяє отримати максимум SNR, однак не передбачає аналізу флуктуацій сигналу.
3. Кореляційний метод (Тихонов В.ІІ) – забезпечує формуванні на виході максимум відношення сигналу до шуму без можливості різномасштабних часових флуктуаційних досліджень при виявленні радіосигналів.
4. Метод статистичний (Зубаков В.Д., Вайнштейн Л.А., Зюко А.Г.) – вимагає значного обсягу вхідних даних радіосигналу, що створює перевантаження для мережеві систем і може викликати нестабільність процесів обробки.
5. Метод компонентний/синфазний (Хвостівська Л.В., Дедів І.Ю., Коваль Л.М., Хвостівський М.О.) – забезпечує аналіз фазових характеристик сигналу, але не враховує часові флуктуації в його структурі на різних масштабах.

Незважаючи на їхню ефективність, перелічені методи не забезпечують дослідження відхилень (флуктацій) у структурі радіосигналів у різних часових масштабах, що є важливим для детектування корисної інформації та аналізу структурних змін сигналу у заводних мережах. Вейвлет-обробка є перспективним інструментом для дослідження таких флуктуаційних явищ у структурі радіосигналів.

Враховуючи актуальність задачі, розробка методу та комп'ютерного засобу (програмного забезпечення) вейвлетного детектування радіосигналів, адаптованої до умов заводних мереж та здатної враховувати флуктуаційні показники у різних часових масштабах, є актуально-науковою задачею.

Метою дослідження є розробка комп'ютерний засіб вейвлетного детектування радіосигналів.

Задачі, які необхідно розв'язати:

1. Вивчити існуючі підходи до детектування радіосигналів у заводних мережах для обґрунтування напрямку та вибору методик дослідження.
2. Створити модель радіосигналу в умовах заводних мереж для вирішення задачі їх ефективного детектування.
3. Розробити метод/алгоритми для забезпечення надійного вейвлетного детектування радіосигналів у заводних мережах.
4. Реалізувати комп'ютерний засіб (програмне забезпечення) для вейвлетного детектування радіосигналів у заводних мережах.
5. Провести експериментальне дослідження ефективності/надійності вейвлетного детектування радіосигналів у заводних мережах із використанням створеного комп'ютерного засобу.

Об'єкт дослідження.

Процес вейвлетного детектування радіосигналів у заводних мережах.

Предмет дослідження.

Математичний метод, алгоритм та комп'ютерний засіб вейвлетного детектування радіосигналів у заводних мережах.

Наукова новизна.

Вперше розроблено метод і комп'ютерну систему для детектування радіосигналів у зашумлених мережах на підґрунті на вейвлет-перетворенні з використанням базису Добеші, що дозволило розширити спектр показників детектування радіосигналів у вигляді усереднених значень спектрів вейвлетних.

Практичне значення.

Комп'ютерний засіб придатний для вейвлетного дослідження та детектування радіосигналів в завадних мережах.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Базові фактори впливу на достовірність детектування радіосигналів в завадних мережах

Інформаційний сигнал у процесі передачі піддається спотворенням через впливання завад, недостатній енергетичний потенціал систем зв'язку, зміни характеристик каналу, багатопроменевість під час поширення, а також інші чинники, які чинять негативний вплив на сигнал обладнання мережі.

Базовим фактором зниження достовірності детектування радіосигналів є зменшення SNR на вході приймальної системи. Другим вагомим фактором є викривлення сигналу, викликане замираннями в каналі зв'язку або міжсимвольною інтерференцією.

Ці фактори зумовлюють такі помилки в процесі детектування радіосигналів:

- Знищення сигналу (втрата сигналу на виході детектора);
- Помилкове приймання сигналу.

Помилкове приймання може бути:

- Одиначним (незалежним), коли спотворений лише один імпульс радіосигналу;
- Пакетним, коли спотворюється послідовність кількох імпульсів радіосигналу.

Різні типи каналів зв'язку мають свої особливості, але найбільші труднощі виникають у багатопроменевих радіоканалах зв'язку та каналах мобільних систем. В цих каналах, крім затухання радіосигналу під час передавання, виникають спотворення передавальної функції через флуктуації атмосферних параметрів, багатопроменевість, зміни клімату, що проявляються у вигляді замирань сигналу.

Процедура замирання є багатфакторною і принципово нестабільною у часі. Проте експерименти свідчать, що для діапазонів УКХ, КХ, НВЧ у

каналах радіочастот можна виокремити два часові інтервали локально-стаціонарності передавальної функції, зокрема < 5 хв та < 3 год. Зазначені інтервали отримали назву інтервалів швидкісних/повільних замирань передавальної ф-ії каналу радіозв'язку, а процеси замирань у межах цих інтервалів із певним припущенням можуть вважатися стаціонарними.

Функція передачі КЗ є стохастичною величиною, яка міняє свої характеристики під впливом частоти f , часового інтервалу, t , проміжку зв'язку R , величини сигнального перевипромінювання D , обсягу часового затримання сигналу та комплексного функціонала $\{\Phi\}$. Цей функціонал узагальнено враховує кліматичні умови, погодні явища, характеристики поверхні під границею зв'язку та решту параметрів каналу. Модель передатної ф-ії включає аналіз одномірних ймовірнісних розподілів і кореляцій, що описують швидкі замирання (стабільні на інтервалах тривалістю до 5 хв.) і повільні замирання (стабільні на інтервалах до 3 год.).

Флуктуаційні явища огинаючої радіосигналу, обумовлені повільним замиранням, зазвичай описуються всіма дослідниками за допомогою логарифмічно законом:

$$w(x) = \frac{1}{\sigma_m x \sqrt{2}} \exp\left(-\frac{(\ln x - m_m)}{2\sigma_m^2}\right), \quad (1.1)$$

де m_m і σ_m - показники розподілу.

Присутність завад в мережах зумовлена двома основними факторами: постійним погіршенням електромагнітної обстановки через безперервне збільшення числа промислових ВЧ засобів різноманітних призначень, а також близьким розташуванням приймальних засобів телеметричних комплексів до виконавчих механізмів із потужними електроприводами. Останні на невеликих відстанях стають джерелами сильних завад.

На рис. 1.1 подано різновид впливів спотворень і завад на якість передавання радіосигналів, що спричиняють як одиночні, так і пакетні помилки під час прийому/ передавання.

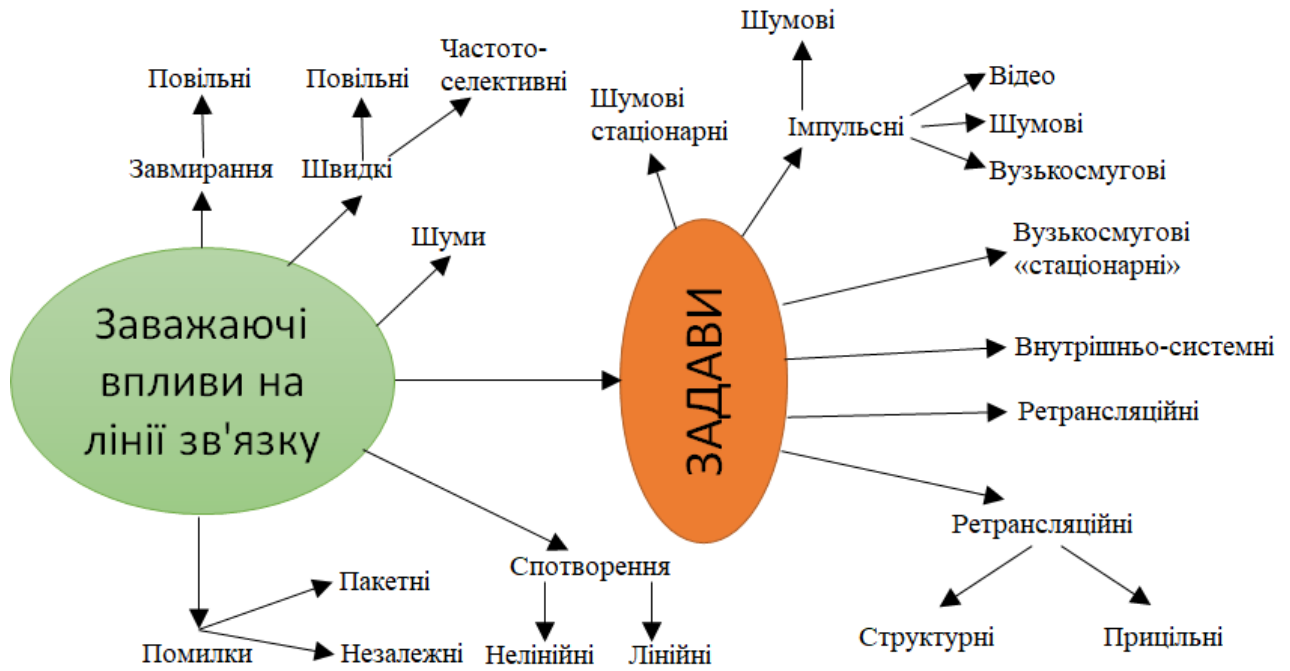


Рис.1.1. Класифікація негативних факторів впливу на радіосигнали

Внаслідок замирання радіосигналу, завад у каналах радіозв'язку, а також впливу теплового і перехідного шуму на виході(ах) ПЗМ формуються як одиничні, так і помилки групового характеру. Збільшення енергопотенціалу системи зв'язку шляхом підвищення SNR на вході ПЗМ може частково вирішити проблему, однак для боротьби впливу завад цього часто недостатньо. У таких ситуаціях стає необхідним використання надлишкового коду коригування.

Використання надлишкового коригувального коду є технічно-економічно доцільнішим [41-43] для мережевих систем порівняно з альтернативними методами, такими як збільшення потужності передавальних блоків, підвищення спрямованості антенних систем чи чутливості приймачів. Однак більше число алгоритмів коригування помилок передбачає введення надмірності до цифрового потоку даних, що призводить до збільшення необхідної смуги пропускання і, як наслідок, зменшення пропускну здатності каналу.

Методи ґратчастого кодування, які не потребують розширення частотної смуги, дозволяють зберегти пропуску здатність, але вимагають значного ускладнення коригувального алгоритму та засобів для кодування, що ускладнює їх реалізацію [41,13].

1.2. Методи детектування радіосигналів в завадних мережах

1.2.1. Метод взаємкореляції.

В практичній ситуації застосування методу взаємкореляції (МВ) ускладнюється, оскільки корельовані радіосигнали є слабкими й спостерігаються при низькому рівні SNR (до -35...-20 дБ) [39, 40]. Це потребує тривалості щодо когерентності накопичення сигналу, щоб отримати чіткий пік МВ [41]. У таких умовах значну роль відіграють нестабільності фази, що виникають через особливості приймально-передавальних трактів супутників і наземних станцій [39]. Для компенсування цієї нестабільності фази у приймальних каналах можна застосовувати опорний сигнал (РС) [39].

Компенсувати нестабільності фази можна за допомогою РС [42]. Для цього інтервал дослідження ділять на короткі сегменти, де визначають зміну частотного зсуву. Ця зміна моделюється при застосуванні лінійної функції, параметри якої налаштовують для досягнення max піку МВ. Після компенсування зміщення частоти між сегментами результати кореляції об'єднують, що підвищує вихідний рівень SNR.

В цей підхід закладено те, що в межах коротких сегментах, де функціонує квадратична модель нестабільності фази, можна отримати пік МВ із достатнім рівнем SNR для оцінювання динаміки варіації частотного зміщення. Проте для низькорівневих сигналів зазначена умова часто не є виконаною.

У праці [35] зроблено припущення, що рівень спектральної щільності шумів в діапазоні пропускної смуги радіоприймальної системи залишається сталою. Розглядаються два сигнали $x(n)$ і $y(n)$, отримані з 2-ох некорельованих приймальних каналів (від різних мережевих систем), які мають N комплексних відліки із частотою F_s [35]:

$$x(n) = s_1(n) + q_1(n), \quad (1.5)$$

$$y(n) = s_2(n) + q_2(n) = \alpha \cdot s(1 + D_{1,2}) + q_2(n), \quad n = 0, 1, \dots, N-1, \quad (1.6)$$

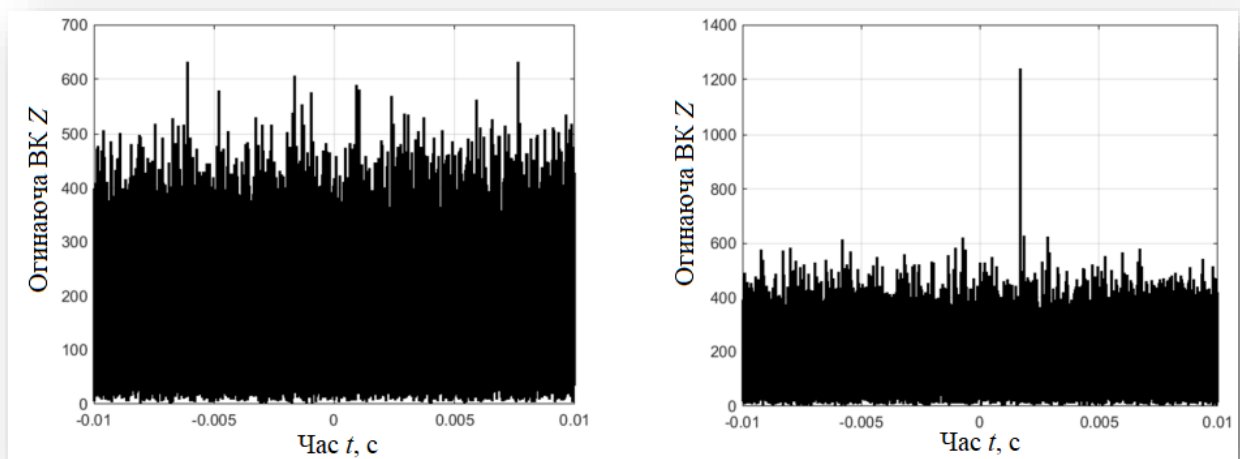
де $s1(n)$ – радіосигналу обвідна комплексно подана (1-ий канал приймання);
 $q1(n)$ – радіосигналу обвідна комплексно подана (1-ий канал приймання)
при коефіцієнті згасання;

$\alpha, q1(n), q2(n)$ – адитивний тип гаусових центрованих (1-ий та 2-ий канали приймання),

$D_{1,2}$ – рівень затримки сигналу $s1(n)$ по відношенню до $s2(n)$, поданий через відліки сигналу ($s1(n)$ не корелює з шумами $q1(n)-q2(n)$).

В такому випадку взаємкореляцію $x(n)$ та $y(n)$ в роботі [35] розраховано при тах можливій затримці радіосигналу $D_{\max}$:

На рис. 1.5 представлено огиначаючі МВ (2-ий канал прийому).



(a)

(б)

Рис.1.5. Огиначаюча МВ К(1-ий канал) при s_0^R та (2-ий канал) при s_0^R [35]

На рис. 1.6 наведено результат оцінювання за даними РС рівень фазового спотворення в обох каналах $\delta\hat{\varphi}_1^R$, $\delta\hat{\varphi}_2^R$ та різницева спотворююча фаза $\delta\hat{\varphi}_\Delta^R(t)$.

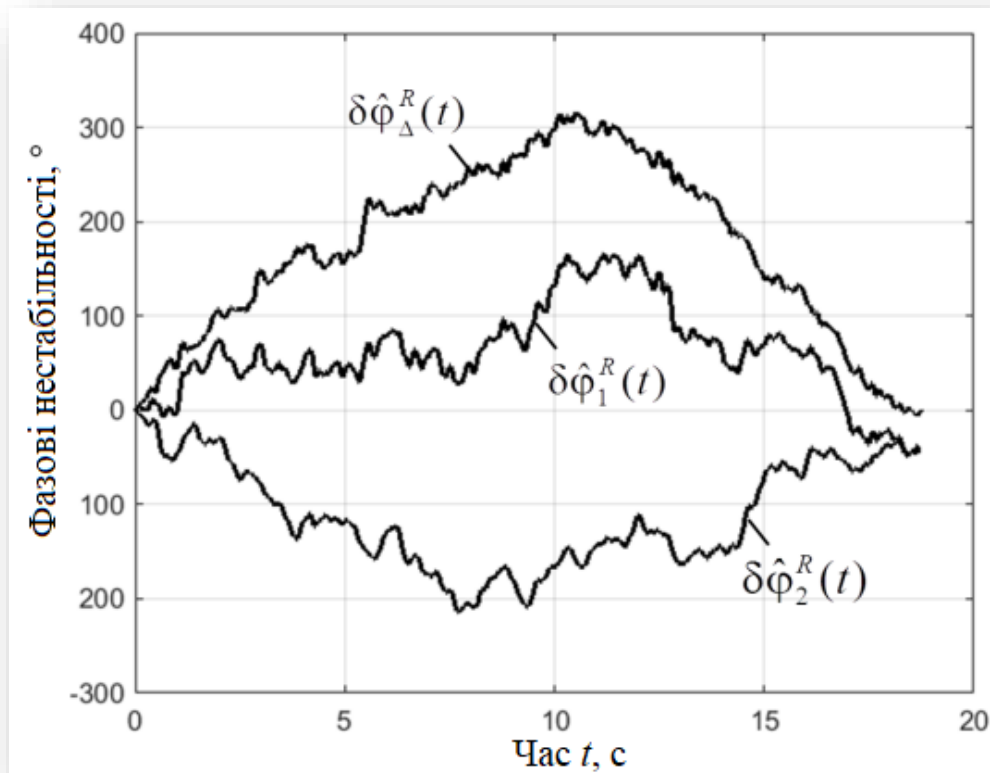


Рис. 1.6. Спотворення фазові $\delta\hat{\phi}_1^R$, $\delta\hat{\phi}_2^R$, $\delta\hat{\phi}_\Delta^R(t)$ [35]

Рівень фазових спотворень можуть досягати амплітудного рівня до 300° , що руйнує когерентність сигналів в сусідньому каналі під час обчислення МВ.

У 1-ій ситуації (рис. 1.5,а) сигнал є відсутнім через не перевищення вихідним сигналом рівня шуму. Однак після використання еквалайзера з'являється РС (рис. 1.5,б) із SNR 16,2 дБ, що майже відповідає теоретичному значенню 16,5 дБ.

З метою забезпеченості тривалого інтегрування, необхідного для пошуку піку МВ, повинна виконуватися компенсація нестабільності фазової прийнятого сигналу при використанні еквалайзера, який налаштовано на відомий радіосигнал. Після цього алгоритм детектування передавачів зводиться до обчислення МВ радіосигналів із сусіднього каналу для різноманітної частотної відбудови і порівняння огинаючої МВ при заданому порозі.

1.2.2. Метод статистичний [8,16].

Детектування низькоамплітудного радіосигналу в завадних мережах вирішується шляхом усереднення N -разових повторень сигналу. Цей процес знижує рівень завад приблизно у $\sqrt{N}$ раз за умови збільшення N -тих повторень сигналу. У результаті усереднений сигнал наближається до його корисного сигналу.

Такий підхід вимагає значної кількості повторень передачі, що збільшує загальний час роботи системи передачі сигналу в мережі, особливо в її каналах. Однак зі збільшенням N може зростати нестационарність сигналу. У випадку великого числа повторених реалізацій, спотворених випадковими завадами, усереднений сигнал може значно відхилятися від його корисної складової.

В такій ситуації необхідно мати в наявності методи та комп'ютерні системи (засоби), які забезпечать процес оцінювання корисної складової радіосигналу в мережі з мінімальним числом повторів при передаванні/прийманні через мережу.

1.2.3. Метод кореляції.

У комунікаційній системі вузлом, який відповідає за детектування радіосигналів, є корелятор. Цей елемент забезпечує $\max$ SNR на виході навіть за умов, коли на вхід надходить спотворений сигнал, що складається з корисної складової та завади, яка наближається до БГШ за характеристиками.

У ситуації з такими перешкодами корелятор виступає оптимальною системою детектування, яка гарантує максимізацію SNR. Його робота базується на принципі згортки:

$$v(t) = \int_0^T s(T - \tau) \xi(t - \tau) d\tau, \quad (1.7)$$

де $s(t)$ – не спотворений радіосигнал;

$\xi(t)$ – спотворений радіосигнал;

T – період детектування;

τ – затримка.

Дискретна форма корелятора (1.7):

$$v_{uj} = \delta \sum_{i=0}^{L-1} S_{L-1} \xi_{u,k-i}, \quad (1.8)$$

де

$$v_{uj} = v_u(j\delta), \quad \xi_{uj} = \xi_u(j\delta), \quad S_j = S(j\delta). \quad (1.9)$$

На рис. 1.7 представлено схему детектування радіосигналів методом кореляції у мережі з завадами (фундамент - вираз (1.8)).

Якщо під час детектування за допомогою методу кореляції передається імпульсний радіосигнал із проміжком у 1 біт, то на виході формується трикутно-подібний сигнал із тривалістю $2\tau_i$ з амплітудною висотою $2E/N$.

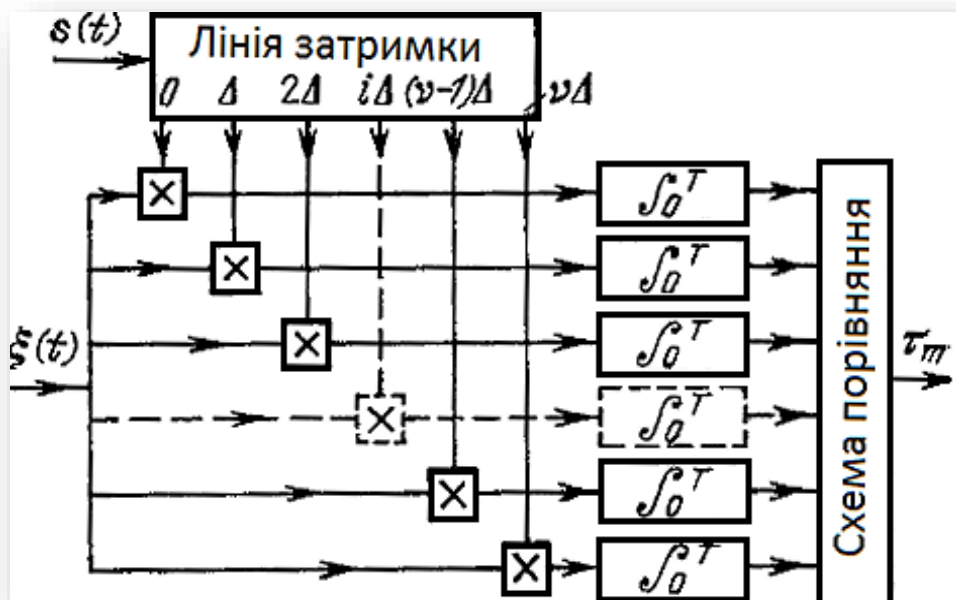


Рис.1.7. Схема детектування радіосигналів методом кореляції в завадних мережах

Мах відношення SNR, обчислене в конкретний момент при детектуванні

радіосигналу у вигляді імпульсу, можна отримати при умові $\tau > \tau_0$ і $\tau < \tau_0$.

1.2.4. Метод компонентний/синфазний

В працях [38, 46, 47, 48] при поданні радіосигналів як ПКВП застосовано ЕТТС для детектування їх на базі синфазного/компонентного методів згідно виразу:

$$\hat{B}_k(u) = \frac{1}{\theta} \int_0^\theta \xi(t+u) \xi^*(t) \exp\left(-ik \frac{2\pi}{T} t\right) dt, \quad (1.10)$$

Алгоритмічне забезпечення (АЗ) компонентного детектування радіосигналів в заводних комунікаціях реалізовано на базі виразу (1.10).

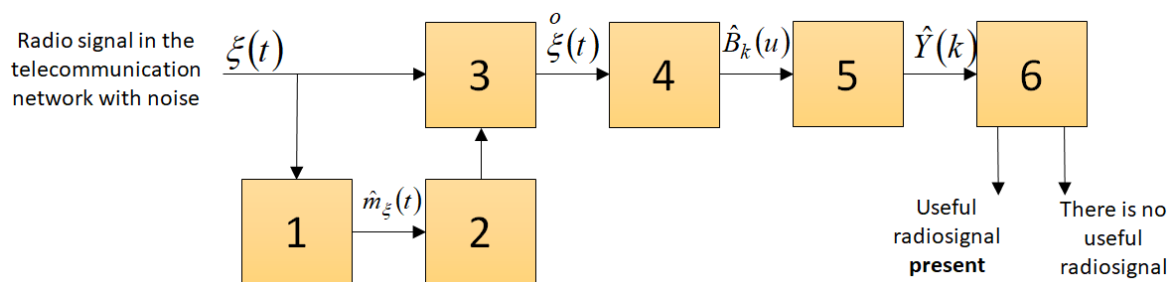


Рис.1.8. Алгоритм синфазного детектування радіосигналів [48]

Компоненти детектування радіосигналу в заводних мережах на базі компонентного методу відображено на рис.1.9.

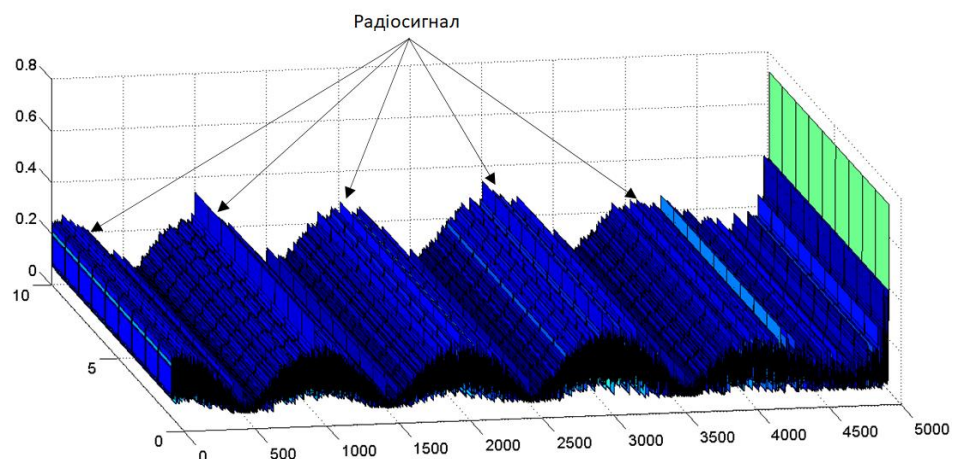


Рис.1.9. Результат компонентного детектування радіосигналу [48]

На компонентах детектування чітко видно складові корисного радіосигналу в завадних мережах. Автори для більш точнішого детектування застосували процедуру усереднення компонент, які зображено на рис.1.10.

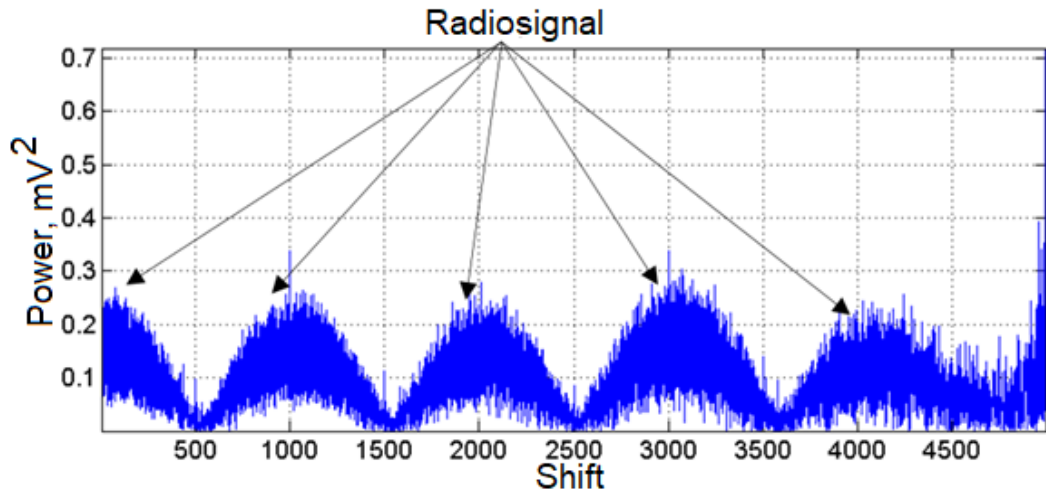


Рис.1.10. Середні значення компонент детектування радіосигналу на базі компонентного методу (рівень завади - 1 мВ^2) [48]

Компоненти на рис.1.10 дають змогу більш детальноше виділити детектовантй радіосигнал, зокрема його складову.

А3 синфазного детектування радіосигналів в завадних мережах побудовано на підґрунті виразу (1.10), яке показано на рис.1.11 [47].

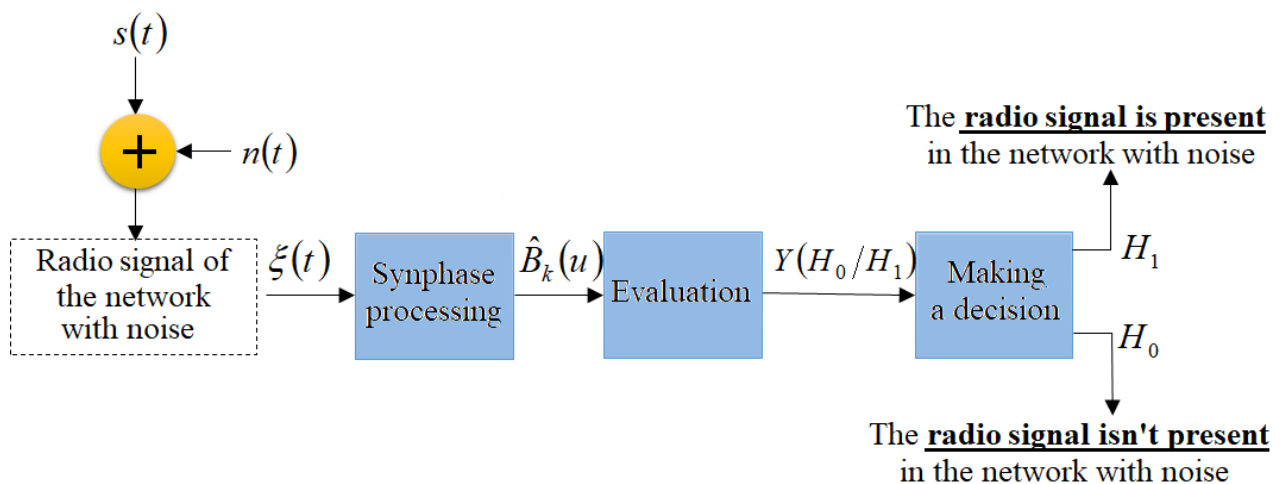


Рис.1.11. А3 синфазного детектування радіосигналів у завадних мережах [47]

Результат синфазного детектування радіосигналів наведено на рис.1.12.

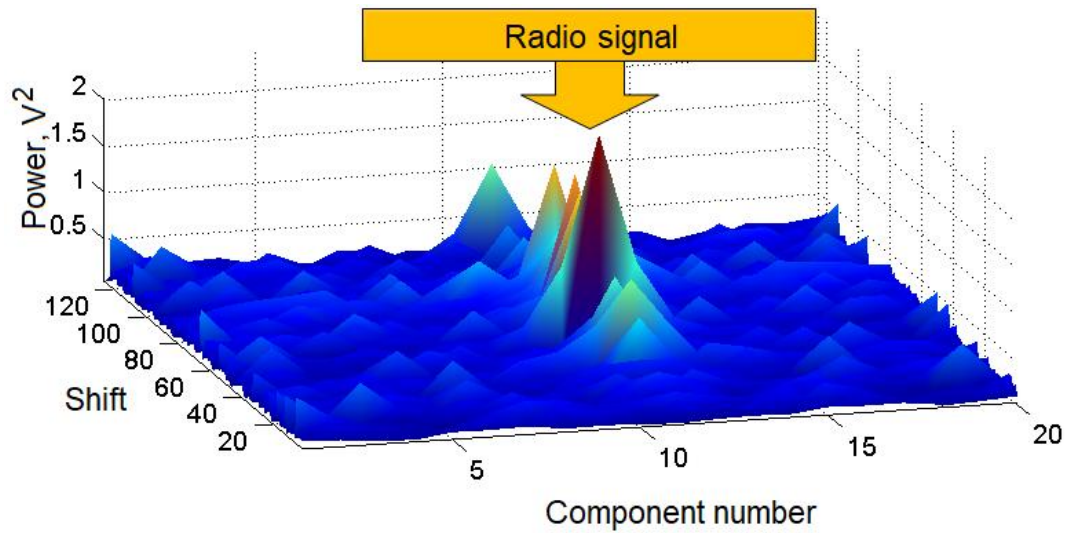


Рис.1.12. Синфазні компоненти детектування радіосигналу
(потужність завади н рівні $1,2B^2$) [47]

Автори також у своїй праці [47] провели процедуру усереднення синфазних компонент, а результат цього усереднення відобразили у вигляді залежності на рис.1.13.

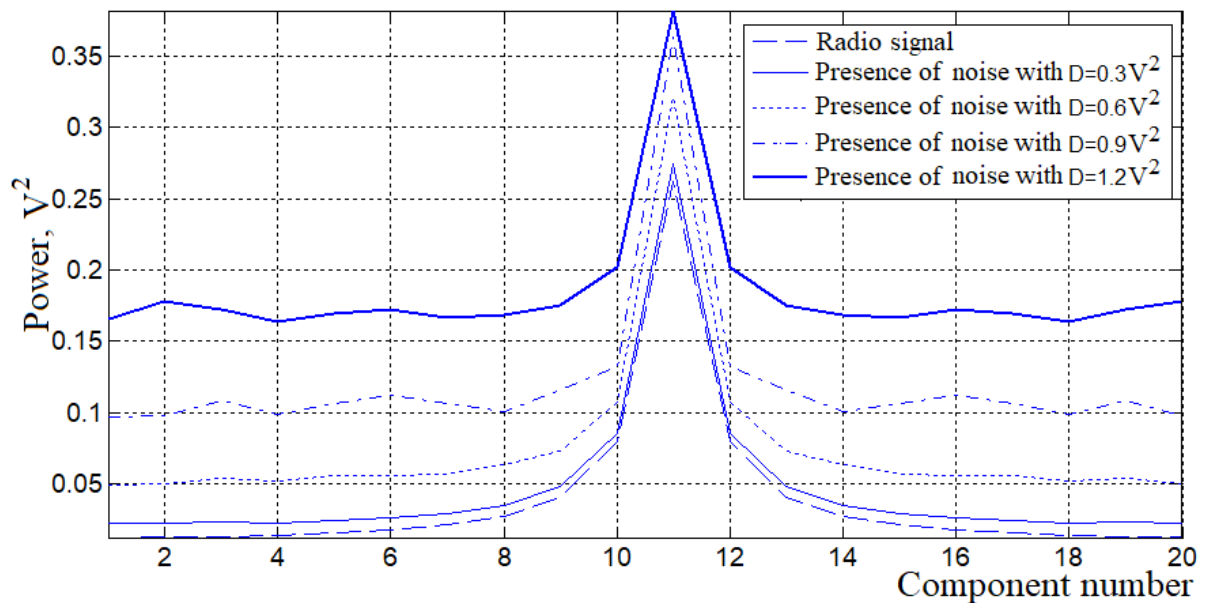


Рис.1.13. Середні значення синфазних компонент детектування радіосигналів
при різних потужностях завади [47]

Середні значення синфазних компонент (рис.1.13) забезпечують чітке відображення характерних прирості компонент детектування радіосигналів при змінні потужності завади.

1.3. Висновки до розділу 1

Існуючі методи детектування радіосигналів у завадних мережах, побудовані на усередненні, кореляції та взаємкореляції, демонструють високу ефективність і забезпечують тах відношення SNR на виході. Проте вони потребують значної кількості реалізацій сигналів, що призводить до перевантаження мережевого обладнання і зростання кількості чинників дестабілізації.

Компонентний/синфазний методи детектування, навпаки, не вимагають багаторазового повторення сигналів, однак не дозволяють досліджувати флуктуаційні процеси в структурі сигналів в часовому просторі з різними масштабами, що є важливим для їх детектування та розпізнавання.

Таким чином, аналіз існуючих методів і комп'ютерних систем (засобів), що на них базуються, показав, що вони не забезпечують можливості дослідження характерних флуктуаційних процесів у структурі сигналів в завадних мережах з урахуванням динаміки часової різномасштабності. Це створює актуальну задачу вдосконалення методів/засобів для детектування радіосигналів і аналізу їх структурних флуктуаційних змін у складних умовах завад.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1. Модель радіосигналів в завадних мережах

Під час проектування комунікаційних систем особливу увагу звертають на найбільш вразливу ланку, а саме мережу зв'язку, яка піддається постійному впливанню різноманітних k -их завад (рис.2.1).

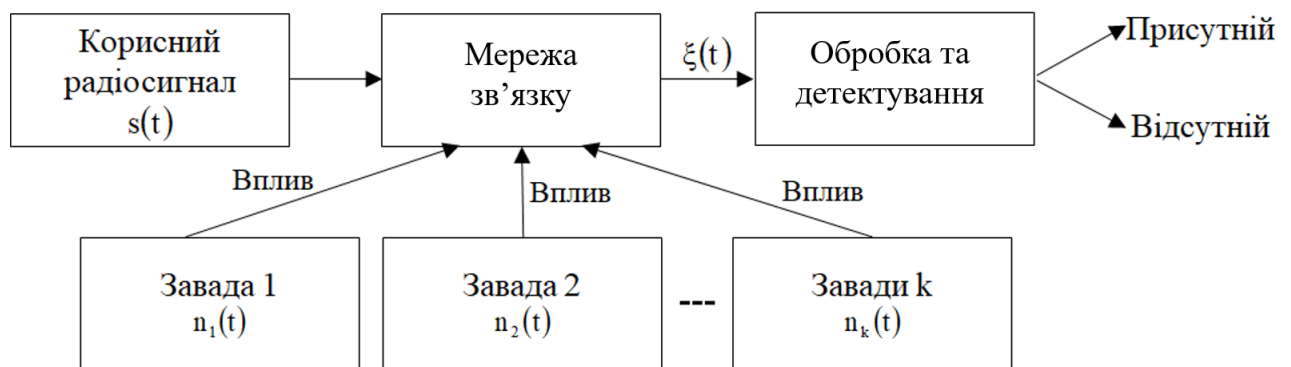


Рис. 2.1. Модель радіосигналів в завадних мережах зв'язку

Математична модель радіосигналів створюється для опису сигналів в реальному середовищі передавання/приймання з урахуванням усіх можливих впливів різних завад на мережу зв'язку. У такій моделі взаємозв'язок між входом-виходом сигналу виражається наступним виразом:

$$\xi(t) = s(t) + \sum_{k=1}^K n_k(t), \quad t \in \mathbb{R}. \quad (2.1)$$

де $n_k(t)$ - k -тий вид завади, яка впливає на мережу зв'язку, зокрема на радіосигнал $s(t)$.

До k -их видів завад $n_k(t)$ віднесено електричні, електромагнітні, радіокомпонентні систем зв'язку та ін.

Експериментальний приклад радіосигналу амплітудно-модульованого показано на рис. 2.2.

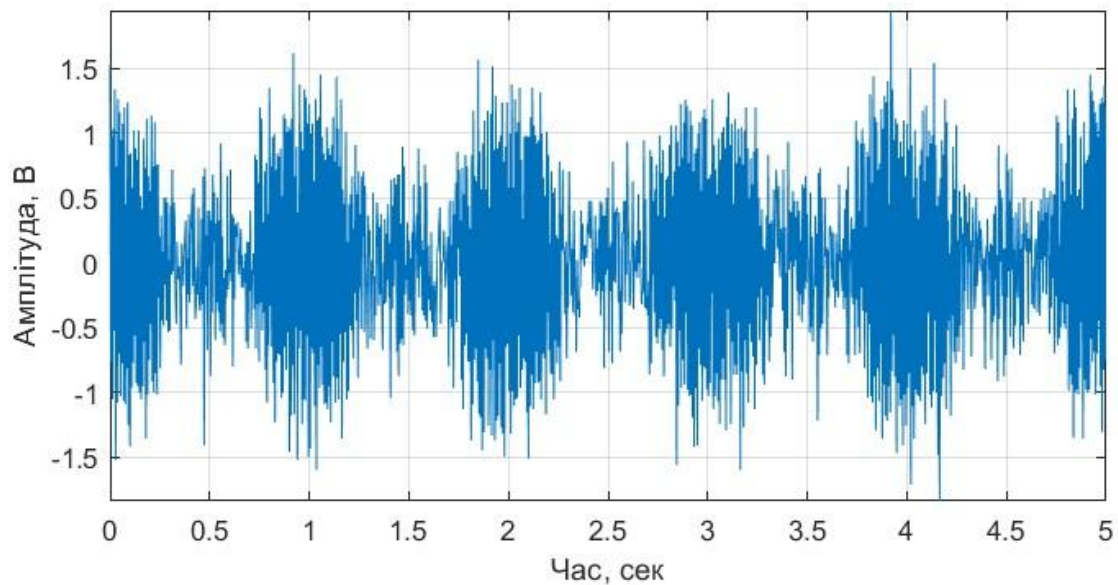


Рис. 2.2. Фазо-модульований радіосигнал з завадами

Усі модульовані сигнали для передавання мають властивості стохастичності та періодичності сформованою модуляційною гармонійною складовою. Тому для обробки сигналів у зашумлених мережах важливо правильно побудувати їх модель, адже це визначає ефективність методів/алгоритмів детектування радіосигналів.

Фазо-модульованим сигналам характерна стохастичність (через завади) та повторюваність через модуляційні процеси. Амплітуди сигналу змінюються з часом з певною величиною відхилення від усереднених значень корисного радіосигналу, що створює флуктуації (видно на рис. 2.2). Аналіз цих явищ у просторі часу дозволяє швидко знаходити корисні сигнали навіть у шумах.

Таким чином, модель сигналу та метод його детектування мають враховувати флуктуації з різною часовою масштабністю. Для цього підходять методи вейвлет-обробки, які при різних базисах дозволяють детально дослідити структуру сигналів при різній масштабності часу.

2.2. Метод детектування радіосигналів в заводних мережах

Радіосигнальна обробка за допомогою вейвлетів є частковим видом спектральної обробки, що базується на використанні базисних функцій довільної форми поданих як вейвлети. У цьому процесі застосовують масштабний показник, щоб покрити весь часовий діапазон дослідження за допомогою коротких хвиль, враховуючи зміщення у часі в базисних функціях. Базисна функція радіосигналів має вигляд:

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

де b – зміщення часове;

a – коефіцієнт масштабу часовий.

Базис $\psi(t)$ має відповідати умовам: площа дорівнює 0, і вона обнуляється для статистик математичного сподівання, дисперсії та інших. У часовому/частотному просторах цілий набір вейвлетів використовує принципи накладання даних із різних масштабів, щоб розкласти радіосигнали та їх візуалізувати їх.

Обробка вейвлетів ґрунтується на застосуванні 2-ох взаємозалежних функцій, які є неперервними у діапазоні часу та інтегруються за змінною з некорельованими показниками:

- вейвлет-функція $\Psi(t)$ є залежною від часу функцією, інтеграл якої дорівнює 0. Її образ-Фур'є характеризує локальні особливості радіосигналу в умовах завод. Зазвичай для обробки радіосигналів використовуються вейвлети, що мають чітку локалізацію як у спектральній, так і в часовій областях. Приклади часових та частотних образів функцій наведено на рис. 2.4.

Приклади функцій в часовій/частотній областях подано на рис.2.4.

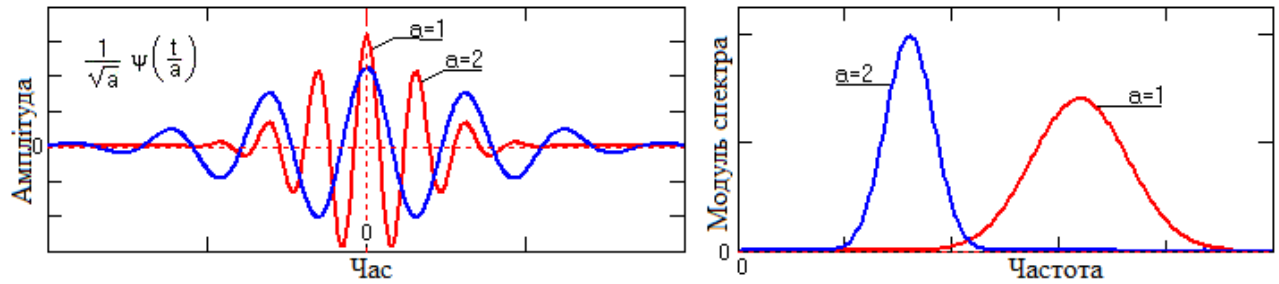


Рис. 2.4. Функції-вейвлет 2-ох масштабів

- масштабна функція $\Psi(t)$, або локалізовані в часовому просторі функції-скейлінг φ , мають інтегральне значення, які рівні 1. Це забезпечує можливість апроксимації, тобто точного наближення до характеристик досліджуваних радіосигналів.

В процесі обробки радіосигналів у заводних мережах за допомогою комп'ютерних засобів доцільно застосовувати дискретну вейвлет-обробку. Вона базується на використанні значень функцій-вейвлет дискретного виду із параметрами, визначеними у виразі 2.1, із заданими дискретними кроками змінних a/b .

Результатом такої обробки є набір коефіцієнтів, кількість яких зазвичай перевищує довжину початкового радіосигналу до спотворення. Це необхідно для забезпечення точної реконструкції сигналу після детектування.

Вейвлет-обробка в дискретній області дозволяє отримати необхідну інформацію для детектування та синтезу радіосигналу, використовуючи мінімально обсяг пам'яті комп'ютерного засобу.

Під час дискретної Фур'є-обробки масштабні коефіцієнти a/b зазвичай визначаються ступеневим способом:

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

де I - цілочисельний простір $\{-\infty, \infty\}$;

m - параметр масштабу,

k - часове зміщення.

У просторі $L^2(R)$ для дискретної вейвлет-обробки, за наявності дискретності, функція описується наступним виразом:

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

Коефіцієнти-вейвлет розраховують з виразу при прямому перетворенні:

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

Коефіцієнти $C_{mk}(t)$ у виразі (2.5) мають здатність набувати будь-яких значень, але зазвичай приймаються на рівні 2. У цьому випадку вейвлет-обробка стає діадною. Для такої обробки розроблено алгоритми швидких обчислень, подібні до ШФП, що дозволяє ефективно обробляти великі масиви даних.

Зворотня дискретна вейвлет-обробка для радіосигналів у нормованому базисі має обчислюється виразом:

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

К-ть вейвлетів, що використовуються при масштабуванні коефіцієнта m , визначає рівень розкладу радіосигналу на його компонентні складові. У такому випадку значення m зазвичай приймається як рівень $\max$ розширення радіосигналу в завадній мережі у просторі часу. Інші рівні, де аргумент m менший за 0, утворюють спадне вейвлетне дерево.

Під час проектування комп'ютерного засобу для таких обчислень виникає потреба виключати негативні значення m . Це досягається шляхом перенесення негативного знаку у виразі (2.6) із застосуванням базисної функції.

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

Якщо базис $\psi(t)$ не є вейвлет-ортогональним, але для нього наявний «двійник», то на основі цього «двійника» можна розрахувати цілий ряд значень $\psi_{mk}^\#(t)$, подібно до випадку при зворотньому перетворенні за базисом $\psi_{mk}(t)$. У такому випадку процедура реконструювання початкового (не спотвореного) радіосигналу не буде гарантованим, але результати будуть досить наближеними за середніми статистичними показниками, враховуючи обчислення СКВ.

Безперервна вейвлет-обробка не забезпечує гарантованої реконструкції нецентрованого радіосигналу через 0-ве середнє значення функцій-вейвлет та зміщення центрів під час обчислення коефіцієнтів C_{mk} у прямому перетворенні. У процесі роботи з числовими масивами радіосигналів дискретні вейвлети найчастіше використовуються разом із функціями-скейлінг, які взаємопов'язані з ними. Ці функції мають спільні параметри та співвіднесеність між значеннями, причому їхній 1-ий статистичний момент зазвичай дорівнює 1.

Якщо високочастотні СФ радіосигналів розглядати при використанні аналогів вейвлетів для аналізу локальних особливостей сигналу, то функція-скейлінг виконуватиме роль НЧ фільтрів. Вони виділяють окремі компоненти радіосигналу в умовах шумового середовища, за умови дотримання принципів фільтрації-вейвлет.

Сумарність коефіцієнтів функцій-скейлінг та коефіцієнтів-вейвлет у розкладанні радіосигналу забезпечує виконання його функційне реконструювання. У цьому випадку використовується формула зворотної вейвлет-обробки [17]:

$$s(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} C a_k \psi_k(t) + \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} C d_{mk} \psi_{mk}(t), \quad (2.8)$$

де $C a_k$ – апроксимуючі коефіцієнти-скейлінг сигналу;

$C d_{mk}$ – коефіцієнти деталізації.

Ядро методу детектування радіосигналу на базі вейвлет-обробки є формула:

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

де $\psi(t,a,b)$ - базис, який уможливорює визначення рівня ефекту при дослідженні флуктаційного поєсу радіосигналу в часовому просторі. Це є необхідним при детектуванні радіосигналу в завадній мережі (процес вейвлет-детектування).

2.3. Вибір базису вейвлетного детектування радіосигналів

Відомі базису, такі як Добеші, Гаусса, Хаара та інші [17], часто застосовуються для вейвлет-обробки різноманітних сигналів. Зокрема, вейвлети Добеші структурно схожі на реальні фазо-модульовані радіосигнали, забезпечує ефективність при для кореляційному аналізі з РС.

Вейвлети (базиси) Добеші представляють собою цілий ряд ортогональних вейвлетів із компактною підтримкою, які обчислюють методами ітерації. На рис. 2.5 зображено скейлінг-функція та функція-вейвлет базису Добеші.

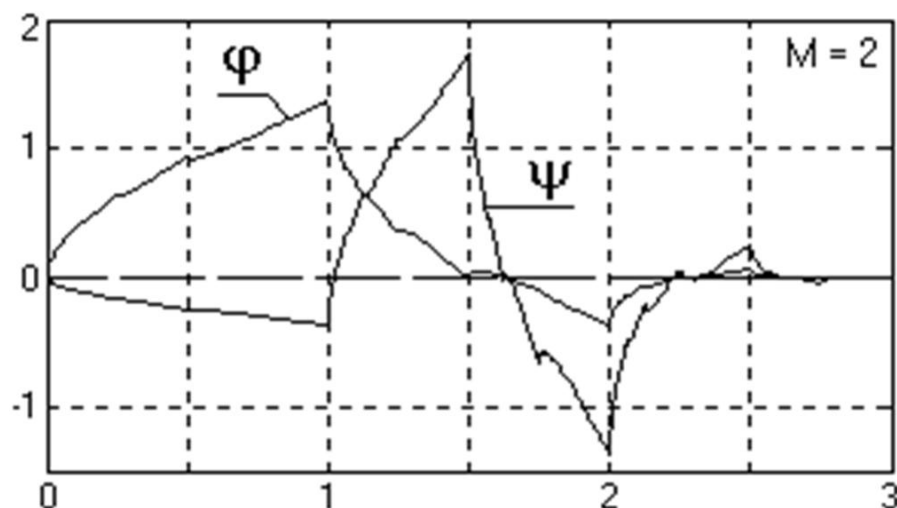


Рис. 2.5. Функції базису Добеші

Для створення вейвлетів в базисі застосовують функції-скейлінг та саму функцію-вейвлет:

$$\phi(t) = \sqrt{2} \sum_k h_k \phi(2t - k), \quad (2.10)$$

$$\psi(t) = \sqrt{2} \sum_k g_k \phi(2t - k), \quad (2.11)$$

Компактний вигляд носія функції $\phi(t)$ та $\psi(t)$ можна забезпечити, вибравши кінцеве число коефіцієнтів $h_n \neq 0$ таким чином, щоб досягти ортогональності й гладкості вейвлета або виконання умови моментів. У просторі Фур'є умова ортогональності та гладкості формулюється так:

$$|m_0(\omega)|^2 + |m_0(\omega + \pi)|^2 = 1, \quad (2.12)$$

де $|m_0(\omega)|^2 = \sum_n \frac{h_n e^{-in\omega}}{\sqrt{2}}$ - поліном тригонометричного типу.

Отже, для аналізу процесу детектування радіосигналів при врахуванні їхнього стохастичного характеру на мікрорівні застосовано вейвлети Добеші. Вони мають багато зникаючих моментів і мінім розмір носія, що робить їх ефективними для обробки радіосигналами при визначення рівні їх флуктаційних процесів.

2.4. Алгоритмічне забезпечення детектування радіосигналів

На рис.2.8 відображено загальну структуру алгоритмічну детектування радіосигналів в завадній мережі.

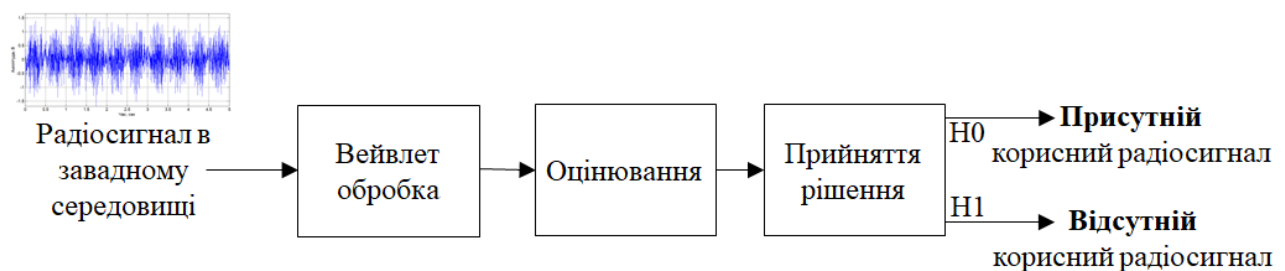


Рис.2.4. Структура алгоритму детектування радіосигналів

Алгоритм (рис.2.4) передбачає такі етапи щодо його виконання:

- Вейвлет-обробка в базисі Добеші детектуючих радіосигналів у завадній мережі для обрахунку компонент детектування (Фур'є обчислення спектрів для значень функції виразу (2.9)) для кількісного визначення рівня флуктуаційного процесу у структурі сигналу на різних часових масштабах.
- Оцінювання компонент детектування радіосигналів.
- Процес прийняття рішення для щодо присутності/відсутності радіосигналів в завадному середовищі за значеннями оцінених компонент детектування.

В процесі оцінювання компонент детектування радіосигналу за значеннями $fft(C(a,b))$ застосовано процедуру підрахунку середніх значень за зміщеннями у відповідності до виразу:

$$\hat{Y}(a,b) = M_b \{ fft(C(a,b, f)) \}. \quad (2.14)$$

На підґрунті обчислювальних виразів Вейвлет-обробки в базисі Добеші та структури (рис.2.4) розроблено алгоритмічне забезпечення детектування радіосигналу в завадних мережах, яке подано на рис. 2.5.

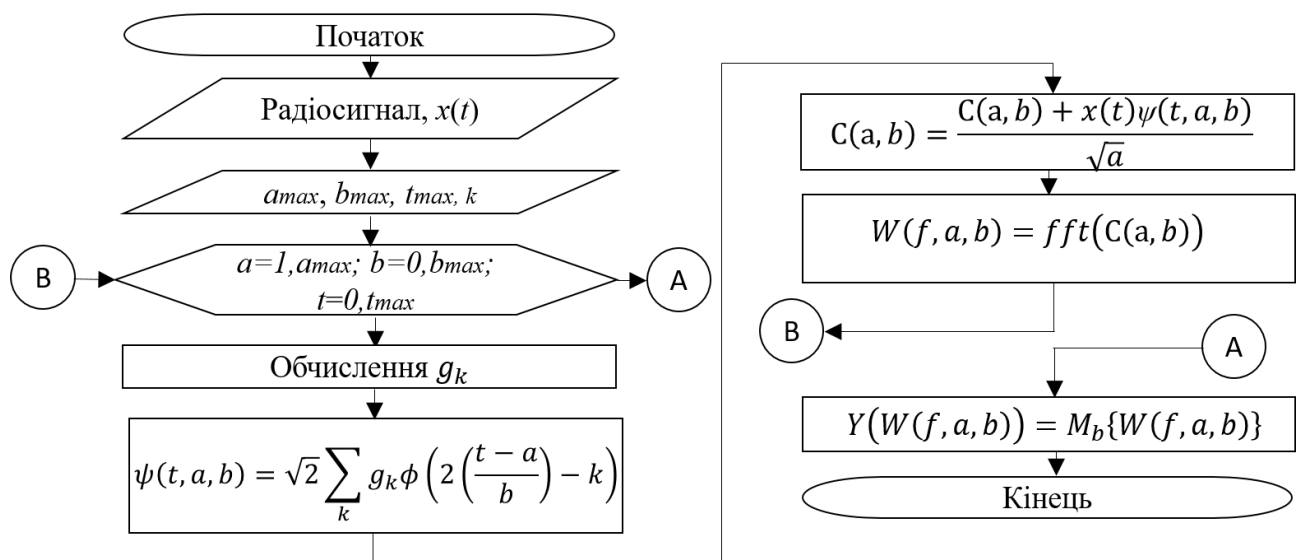


Рис.2.5. Алгоритмічне забезпечення обробки радіосигналу в вейвлетному базисі Добеші

Згідно АЗ (рис.2.5) здійснюється процес завантаження даних радіосигналу $x(t)$, введення максимальних значень зміни масштабу $a_{\max}$, зміщення $b_{\max}$, часу детектування $t_{\max}$, розрахунок в циклі функції $g(t)$, коефіцієнтів-вейвлет $C(a,b)$ та спектрального зображення $W(f,a,b)$ за зміни значень a, b, t .

Розроблене алгоритмічне забезпечення і критерій оцінки уможливлують вейвлет-обробку радіосигналів при застосуванні базисі Добеші. Це дозволяє аналізувати часо-частотні флуктуації сигналу у 3D-проекції при його детектуванні, відображаючи часо-структурні варіативності сигналу у завадних мережах. Такий підхід сприяє точному виділенню корисної компоненти досліджуваного сигналу у завадах.

2.5. Висновки до розділу 2

Для аналізу властивостей радіосигналів у завадних мережах застосовано аналітичну методику, що забезпечило дослідити наявність варіаційних процесів у структурі сигналу. Це дозволило створити точний математичний опис, що слугує основою для розробки ефективного алгоритмічного забезпечення та математичних методів для детектування корисних сигналів в завадах мережевих.

Створено алгоритмічне забезпечення вейвлет-детектування радіосигналів при використанні базису Добеші, який враховує часо-частотні флуктуаційні процеси досліджуваного сигналу. Компоненти детектування представлено у вигляді 3D-показників $W(f,a,b)$, а також її усереднених реалізацій у форматі 2D-показників $\hat{Y}(a,b)$.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1. Розробка комп'ютерного засобу (програмного забезпечення) детектування радіосигналів

На початковій стадії розробки коду ПЗ для детектування радіосигналів організовано процедуру командного оцирення пам'яті усієї в Matlab:

```
clear all;
```

До змінної signalradio збережено дані РС з завадної мережі:

```
signalradio=load(Data/radionoise_pmmmod_1_2.txt);
```

Під змінну freqsampling збережено значення дискретної частоти:

```
reqsampling=250;
```

Для забезпечення відображення завантажених даних РС програмно сформовано масив даних часу та збережено до змінної tsignalradio:

```
tsignalradio=(0:(length(signalradio)-1))./reqsampling;
```

Потім організовано програмно процес відображення даних РС залежно від часу:

```
plot(tsignalradio,signalradio);
```

```
ylabel('Амплітуда, В');           % Позначення рівня РС
```

```
xlabel('Час, сек');                % Позначення змінних часового простору
```

Дані РС оброблено Вейвлетом при використанні базису Добеші через застосування команди cwt бібліотеки Matlab:

```
b=cwt(signalradio,a, basiswav)
```

Команда cwt організовує процес вейвлет-обробки даних signalradio та формує під змінну b коефіцієнтів-вейвлет.

Вхідні дані команди cwt:

basiswav – найменування базисної функції;

a – масштабний масив даних.

Під час розробки вейвлет-обробки при використанні базису Добеші в MATLAB в якості значення змінної basiswav застосовано значення 'db4':

```
a=1:30;
cwt(signalradio,a,' db4');
```

Фрагмент ПЗ вейвлет-обробки радіосигналів при використанні базису Добеші та процедури Фур'є-обробки з метою переходу до частоти з різною масштабністю:

```
basiswav='db4';
numwav=0;
usift=30;
krokshift=1;
for a=1:krokshift:usift
    numwav=numwav+1;
    % Вейвлет-обробка cwt та Фур'є fft
    Wspectrum(numwav,:)=abs(fft(cwt(signalradio,a,basiswav)));
    Wspectrum(numwav,:)=Wspectrum(numwav,:)/length(Wspectrum(numwav,:));
end
```

Циклічно при використанні оператора for задано значення коефіцієнтів масштабу від 1 до usift при кроці krokshift та збережено під змінну a. В циклі також до змінної Wspectrum збережено значення спектрів коефіцієнтів-вейвлет РС при використанні базису Добеші.

Розраховані значення спектрів графічно подано при використанні коду.

```
figure(2);
% 3D відображення значень спектрів Wspectrum
surf(Wspectrum);
% Згладжування 3D відображення
shading INTERP
% Активація обертання 3D зображення спектрів
rotate3d on;
```

Для обчислення середніх значень спектрів-вейвлет використано команду mean та код:

```
mWspectrum=mean(Wspectrum);
```

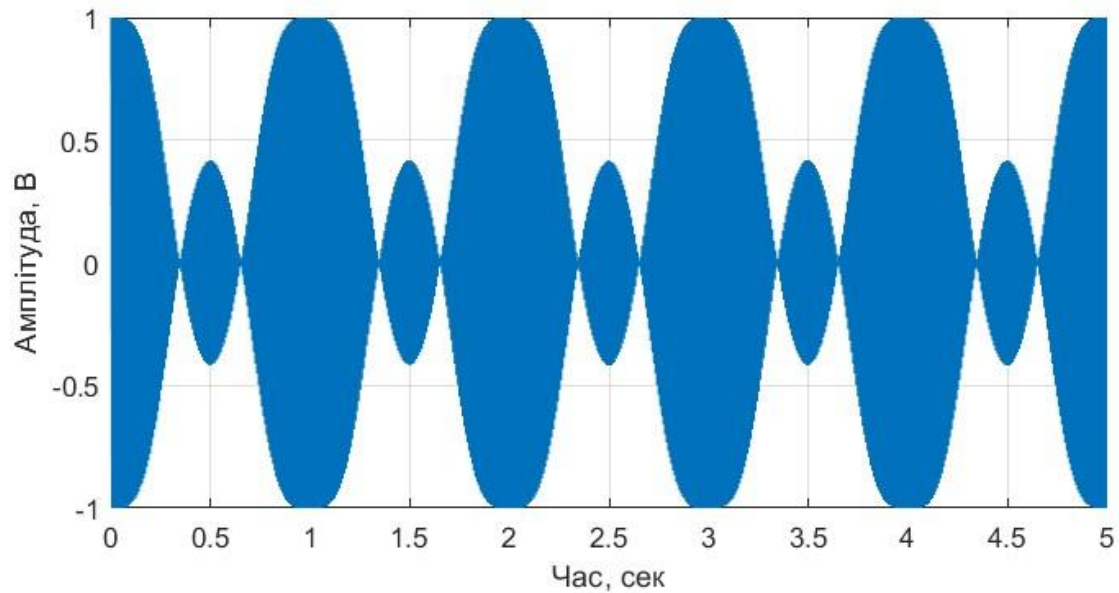
Обчисленні середні значення спектрів подано графічно через код:

```
figure(3);
% 2D відображення середніх значень спектрів Wspectrum
plot(mWspectrum(1:800))
```

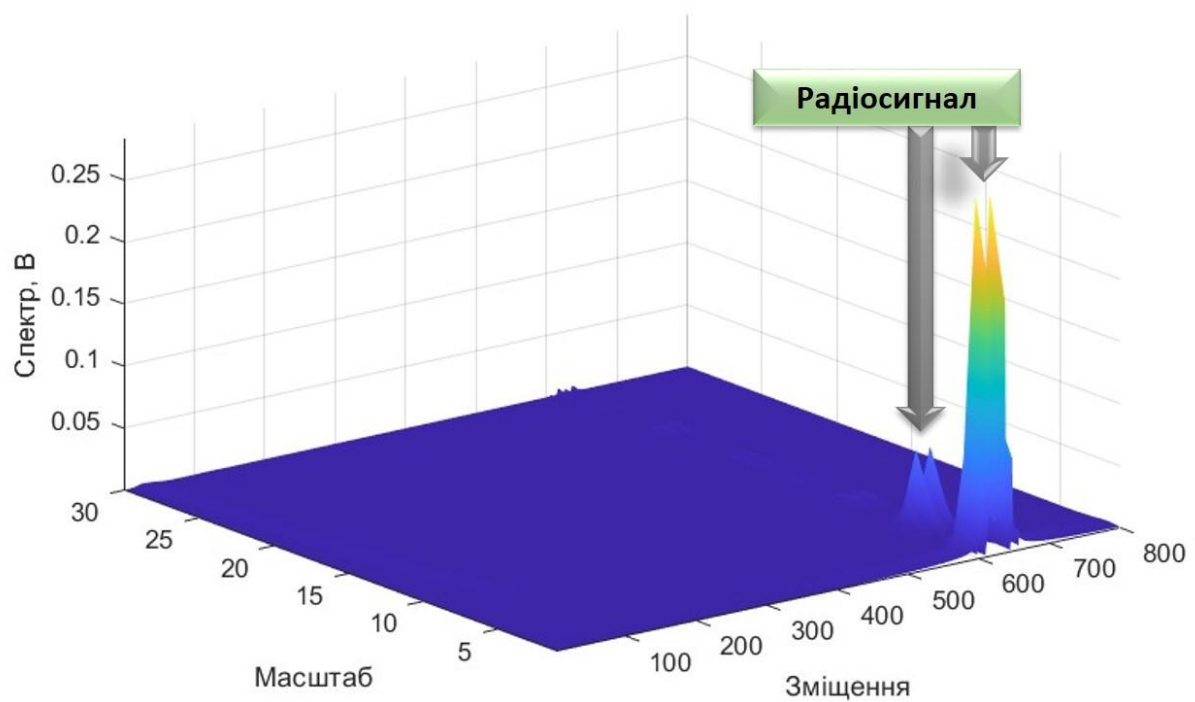
Розроблений код буде використовуватися для вейвлет-обробки радіосигналів як метод їх детектування в завадних мережах з шумами з різним рівнем потужності.

3.2. Дослідження детектування радіосигналів в вейвлеті базису Добеші

Результат детектування радіосигналу на основі вейвлету Добеші без завадного середовища (потужність завадного середовища $0B^2$) у вигляді 3D вейвлет-компонент наведено на рис.3.1.



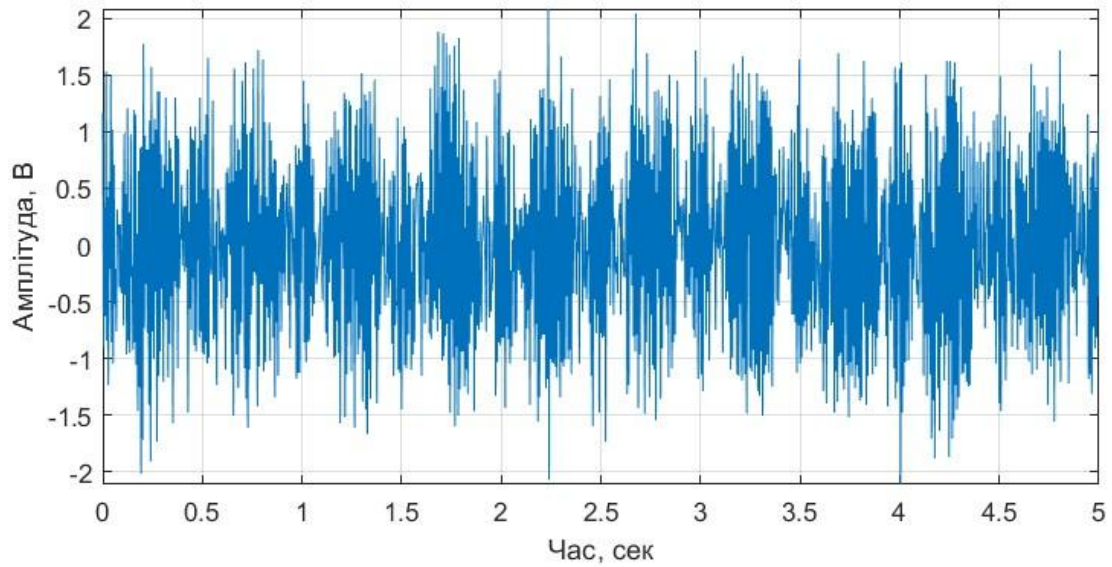
(а)



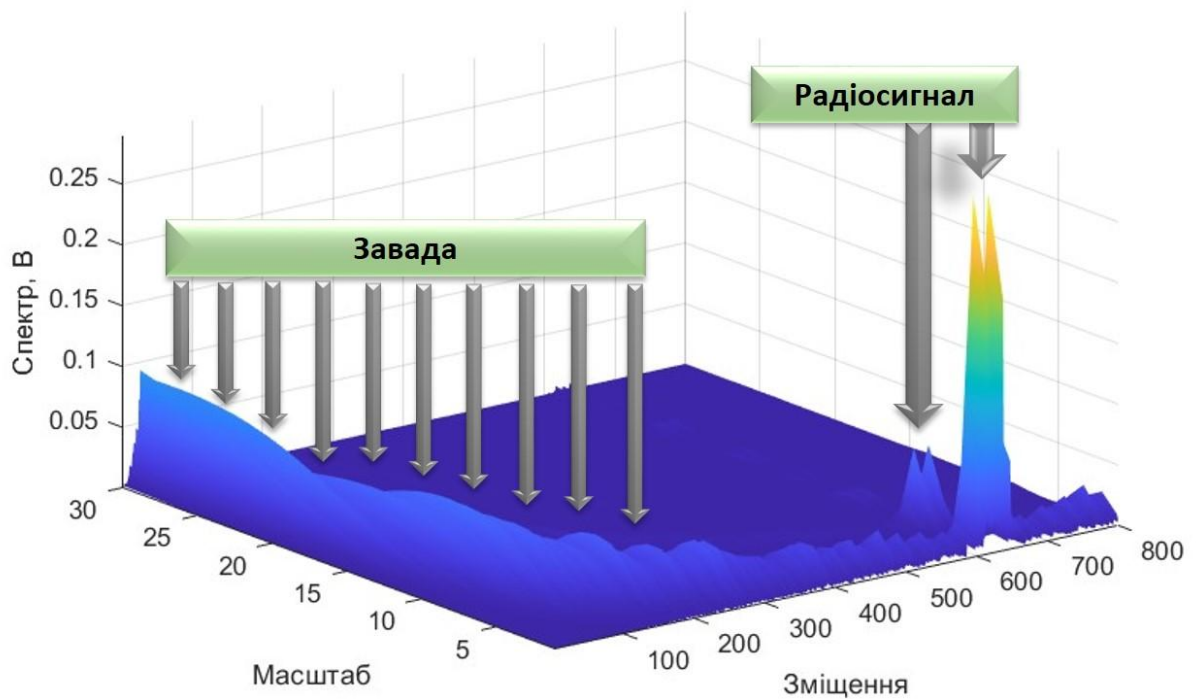
(б)

Рис.3.1. 3D вейвлет-компоненти (б) детектування радіосигналу (а) в базисі Добеші (потужність завадного середовища $0B^2$)

Результат детектування радіосигналу на основі вейвлету Добеші з завадним середовищем (потужність завадного середовища $0,4B^2$) у вигляді 3D вейвлет-компонент наведено на рис.3.2.



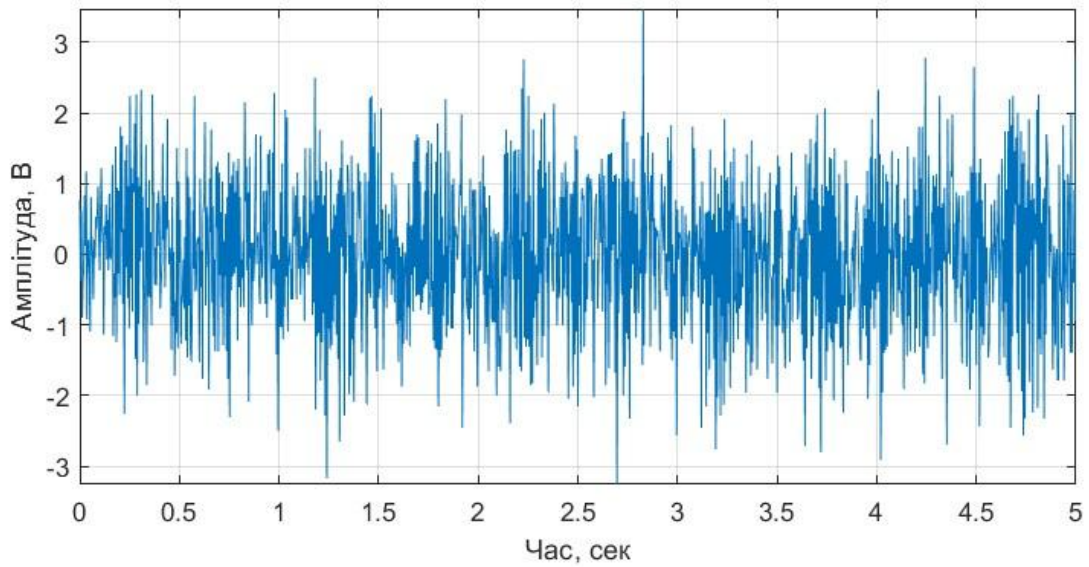
(a)



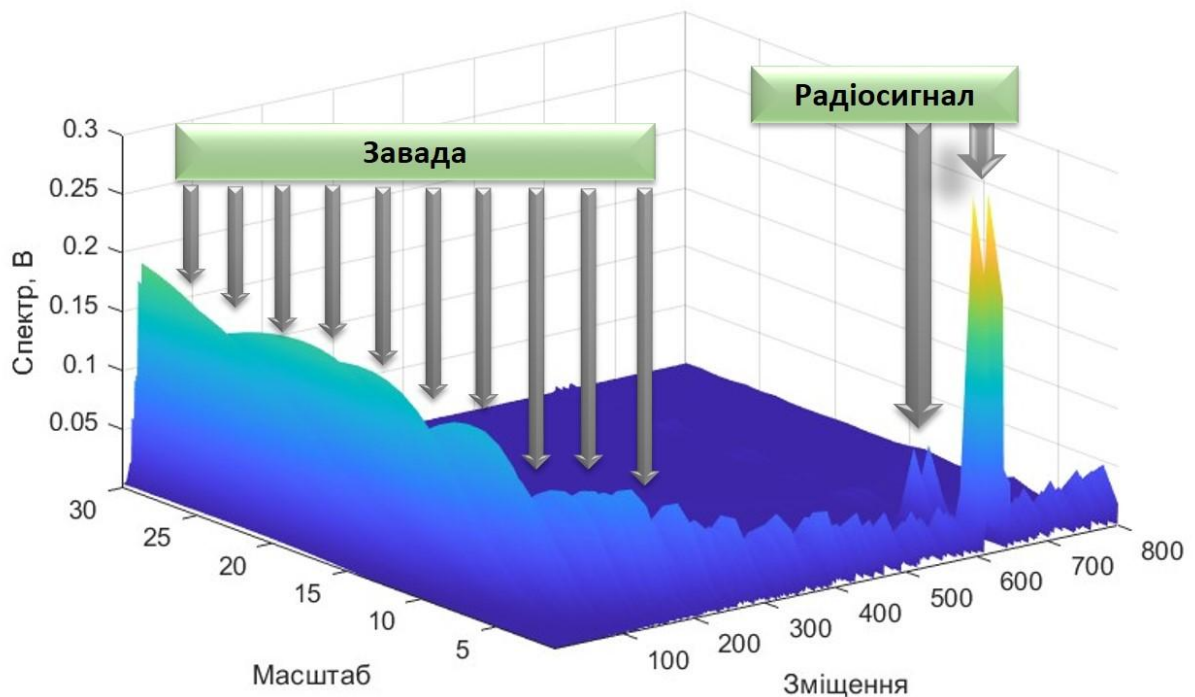
(б)

Рис.3.2. 3D вейвлет-компоненти (б) детектування радіосигналу (а) в базисі Добеші (потужність завадного середовища $0,4B^2$)

Результат детектування радіосигналу на основі вейвлету Добеші з завадним середовищем (потужність завадного середовища $0,8B^2$) у вигляді 3D вейвлет-компонент наведено на рис.3.3.



(а)

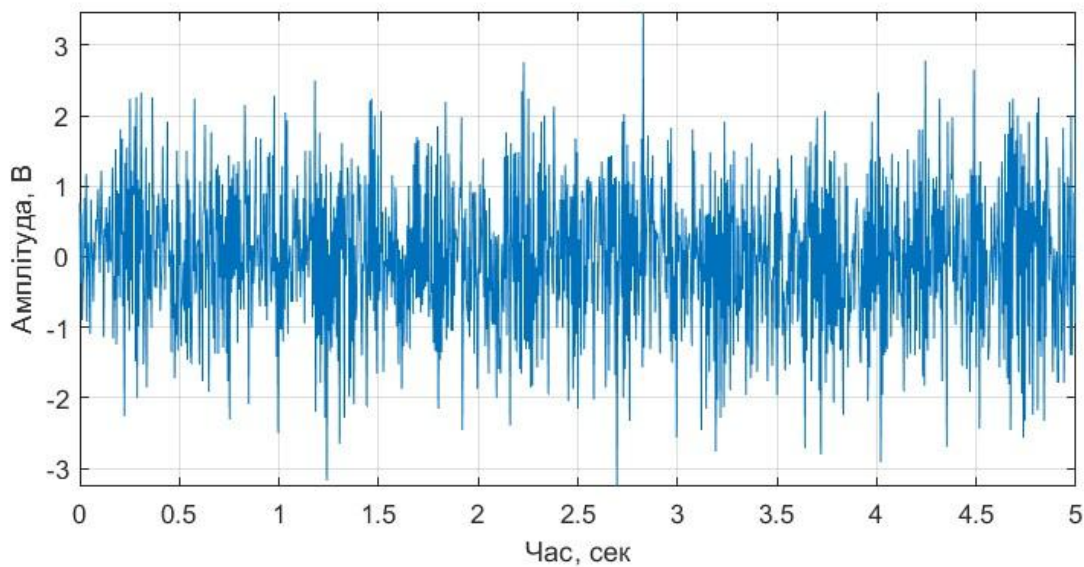


(б)

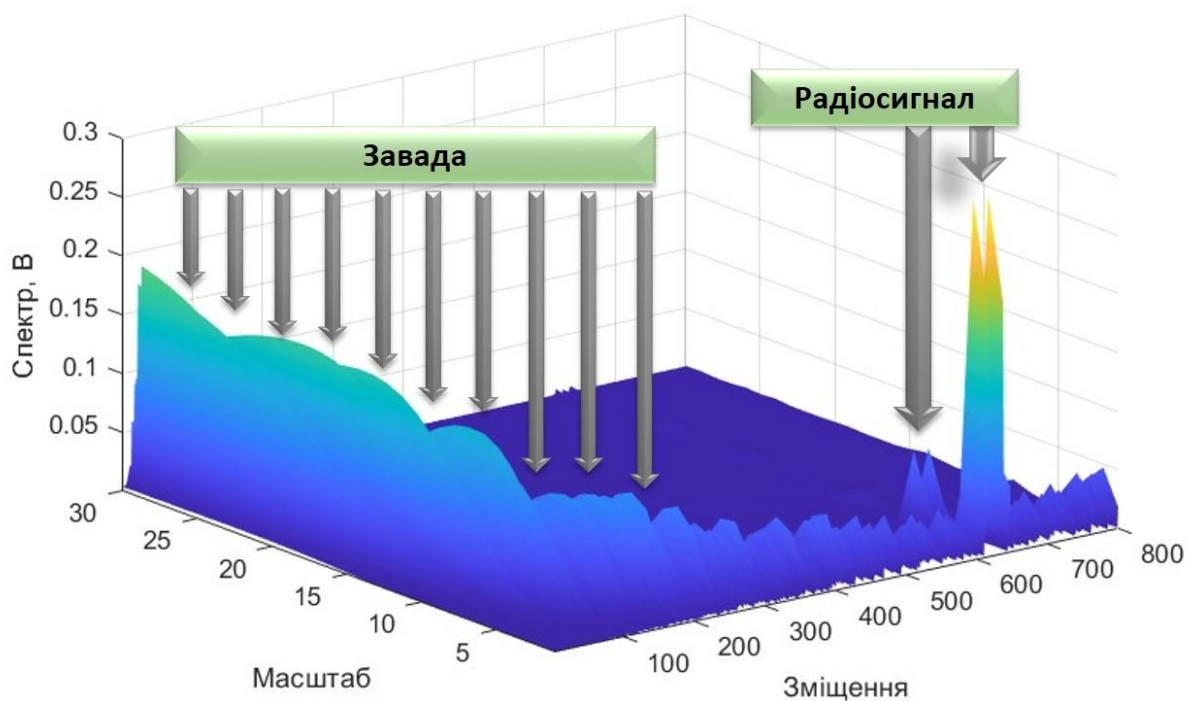
Рис.3.3. 3D вейвлет-компоненти (б) детектування радіосигналу (а) в базисі Добеші (потужність завадного середовища $0,8B^2$)

Результат детектування радіосигналу на основі вейвлету Добеші з

завадним середовищем (потужність завадного середовища $0,8B^2$) у вигляді 3D вейвлет-компонент наведено на рис.3.4.



(a)

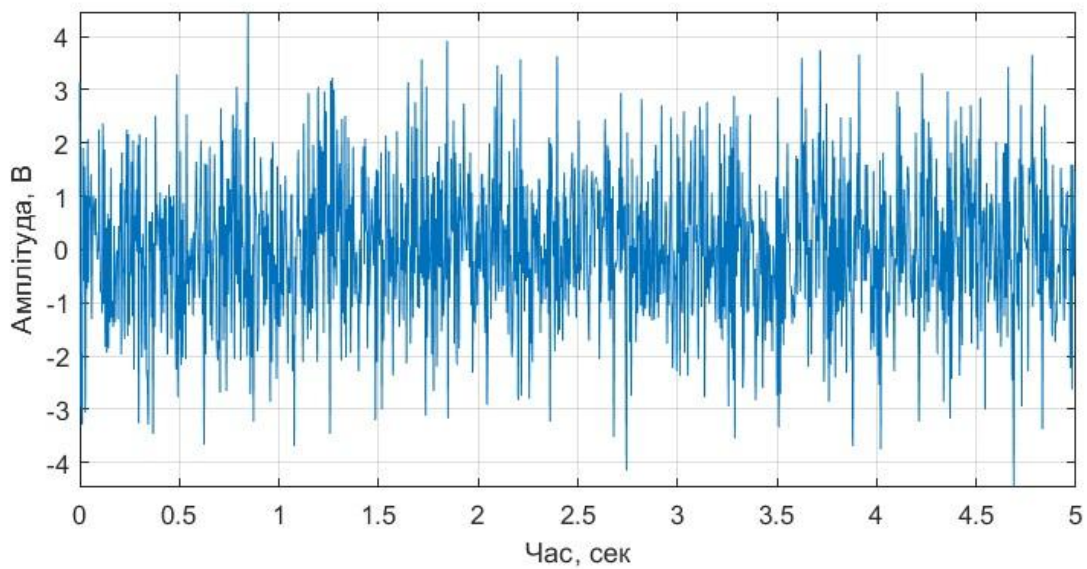


(б)

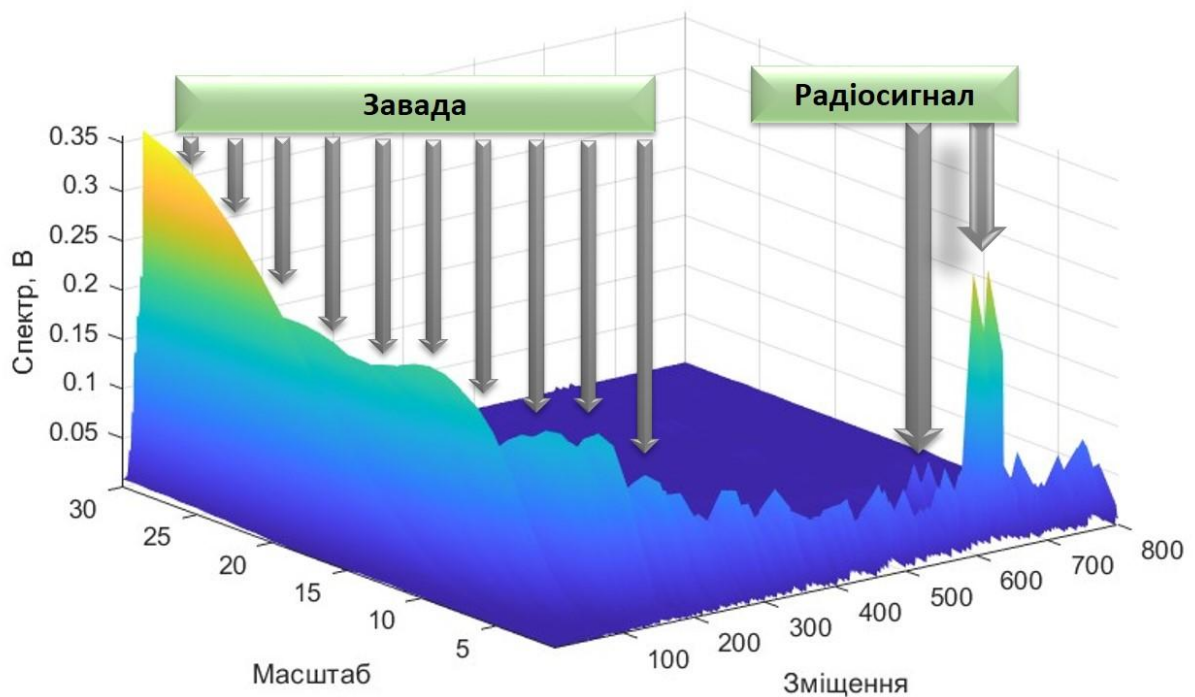
Рис.3.4. 3D вейвлет-компоненти (б) детектування радіосигналу (а) в базисі Добеші (потужність завадного середовища $0,8B^2$)

Результат детектування радіосигналу на основі вейвлету Добеші з завадним середовищем (потужність завадного середовища $1,2B^2$) у вигляді 3D

вейвлет-компонент наведено на рис.3.5.



(а)



(б)

Рис.3.5. 3D вейвлет-компоненти (б) детектування радіосигналу (а) в базисі Добеші (потужність завадного середовища $1,2 \text{ В}^2$)

За підсумками аналізу (рис. 3.2–3.5) видно, що 3D вейвлет компоненти (спектр) фазо-модульованого радіосигналу чітко локалізуються на зміщенні 600–650 навіть у зашумленому середовищі з різною потужністю завадного

середовища ($0,4\text{--}1,2 \text{ В}^2$). 3D вейвлет-компоненти дозволяють як візуально-кількісно підтвердити наявність/відсутність радіосигналу, спираючись на добре визначений спектр апріорного сигналу без завад.

Для оцінки значень вейвлет-компонент (спектрів) $W(f, a, b)$ застосовано процедуру визначення середніх значень 3D вейвлет-компонент за часовими зміщеннями відповідно до формули (2.14).

На рис. 3.6 показано реалізацію усереднених 3D вейвлет-компонент радіосигналу в умовах відсутності завад (рівень потужності завадного середовища 0 В^2).

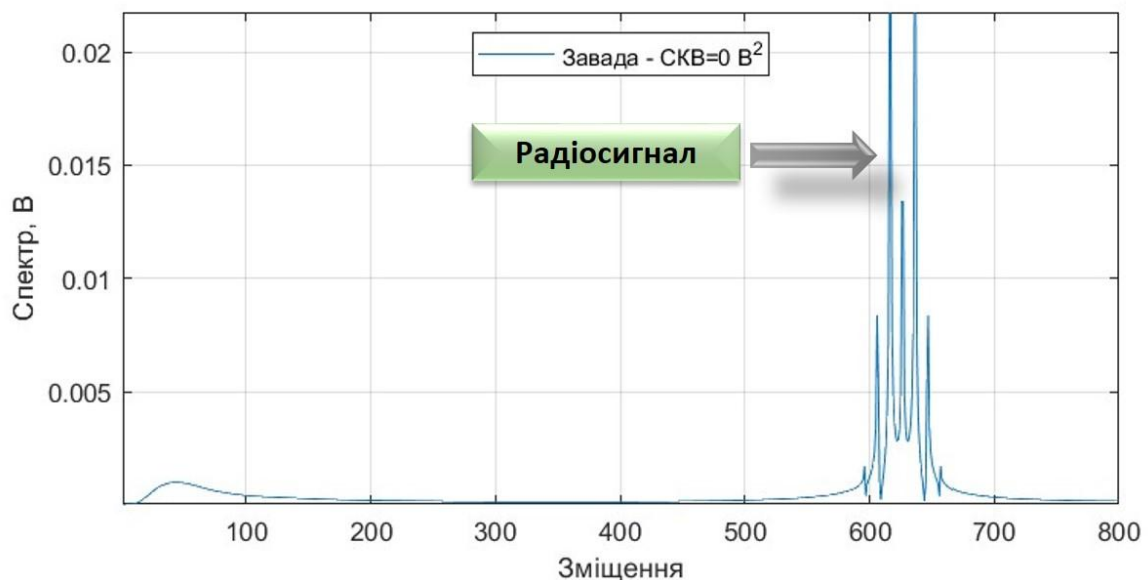


Рис.3.6. 2D усередненні вейвлет-компоненти (б) детектування радіосигналу (а) в базисі Добеші (потужність завадного середовища 0 В^2)

На рис.3.7 наведено реалізацію усереднених 3D вейвлет-компонент радіосигналу в умовах відсутності завад (рівень потужності завадного середовища $0,4 \text{ В}^2$).

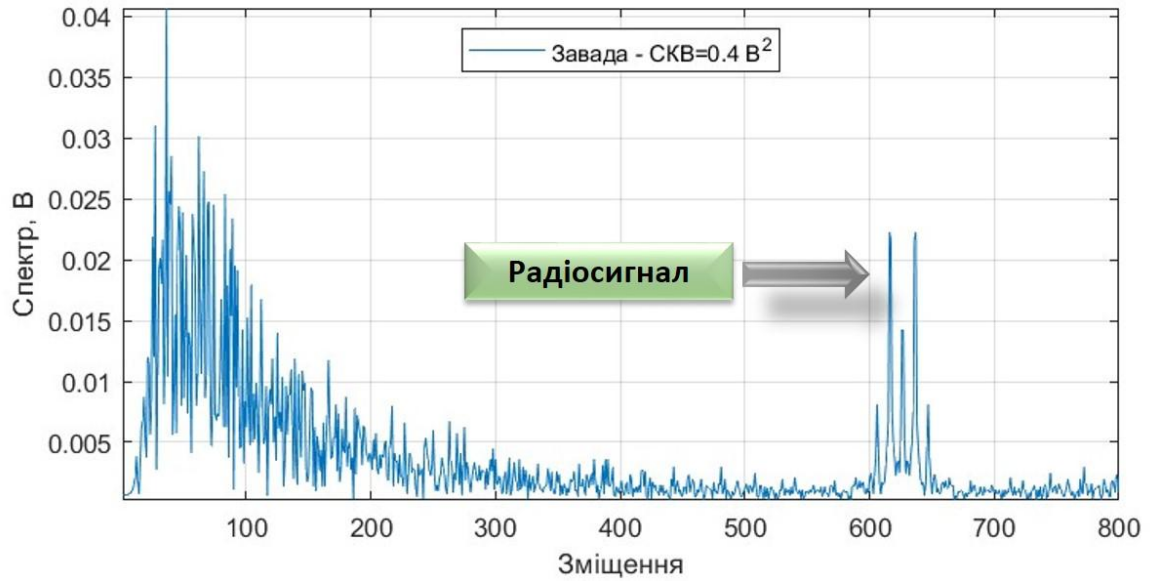


Рис.3.7. 2D усередненні вейвлет-компоненти (б) детектування радіосигналу (а) в базисі Добеші (потужність завадного середовища $0,4 \text{ В}^2$)

На рис.3.8 наведено реалізацію усереднених 3D вейвлет-компонент радіосигналу в умовах відсутності завад (рівень потужності завадного середовища $0,8 \text{ В}^2$).

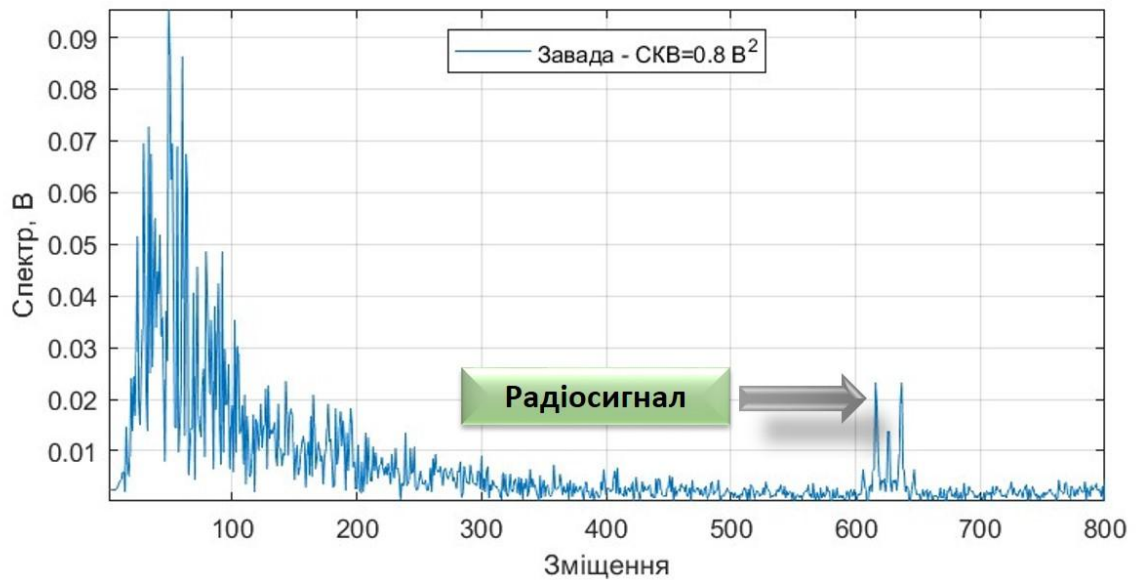


Рис.3.8. 2D усередненні вейвлет-компоненти (б) детектування радіосигналу (а) в базисі Добеші (потужність завадного середовища $0,8 \text{ В}^2$)

На рис.3.9 наведено реалізацію усереднених 3D вейвлет-компонент радіосигналу в умовах відсутності завад (рівень потужності завадного середовища $1,2 \text{ В}^2$).

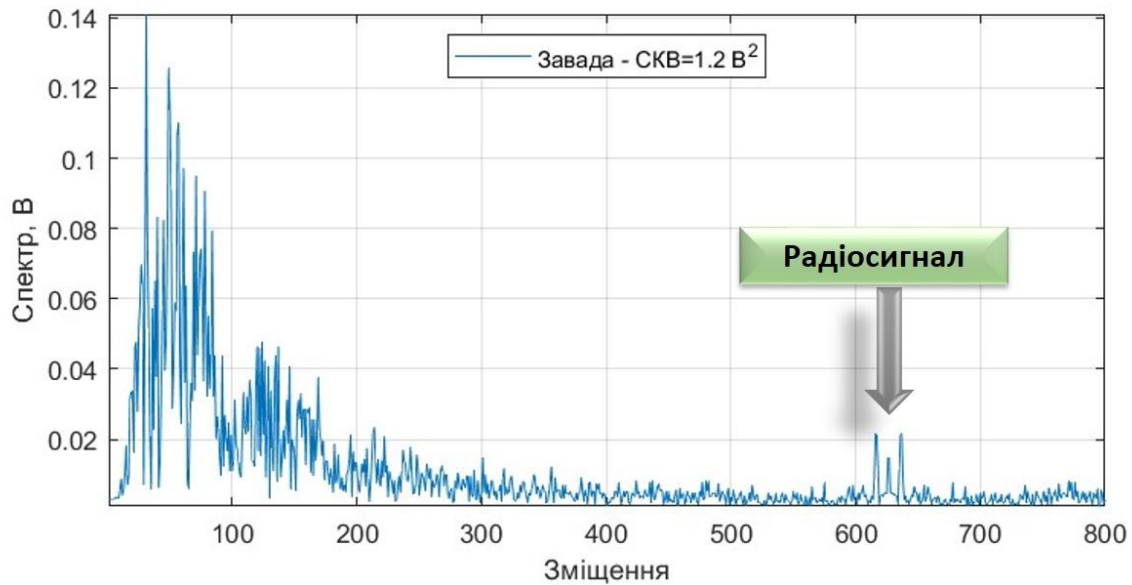


Рис.3.9. 2D усередненні вейвлет-компоненти (б) детектування радіосигналу (а) в базисі Добеші (потужність завадного середовища $1,2 \text{ В}^2$)

Середні вейвлет-спектри (компоненти) (рис. 3.6-3.9) дозволяють детальніше аналізувати дані порівняно з 3D-спектрами (компоненти), отриманими в базисі Добеші. Це забезпечує високу точність детектування радіосигналів у завадних середовищах. Надійність забезпечується за рахунок масштабної незміщеності компонент (спектрів) та стабільністю їх структури незалежно від рівня потужності завад, що підтверджує їх інваріантну інформативність і придатність до використання цих компонент при детектуванні радіосигналів.

Реалізоване ПЗ забезпечує точне детектування сигналів у завадних мережах, працюючи з 3D та 2D реалізаціями вейвлет-спектрів (компонентами) отриманих в базисі Добеші.

3.3. Автоматизований комп'ютерний засіб детектування радіосигналів

Застосування MATLAB (утиліта GUIDE), дало можливість створити комп'ютерний засіб з інтерфейсом візуалізації для детектування радіосигналів у складних умовах. У процесі роботи застосовано візуальні елементи для введення чисел, кнопки активації та елементи для візуалізації. Код програми наведено в додатку Б.

Засіб має меню, що дозволяє завантажувати дані радіосигналів із зовнішнього файлу (рис. 3.10).

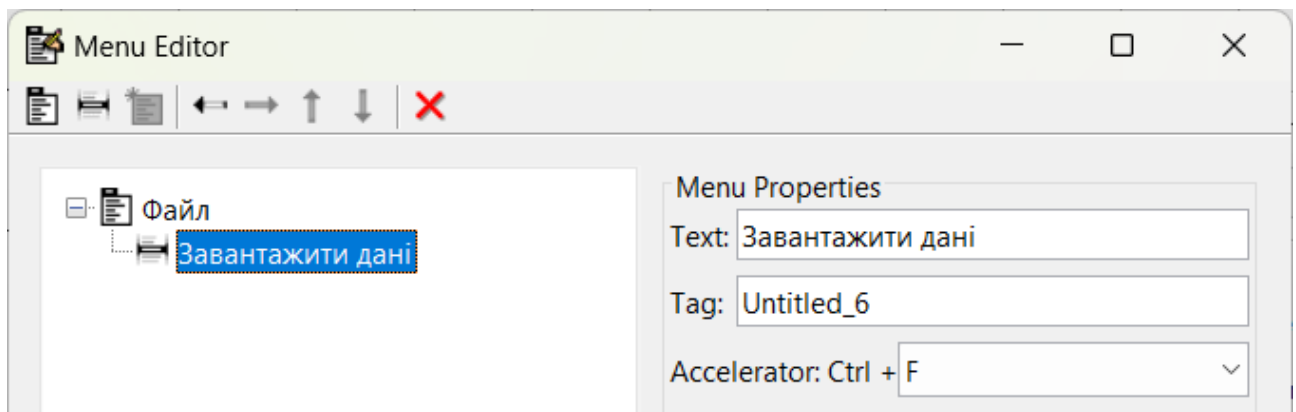


Рис.3.10. Меню інтерфейсу засобу виявлення радіосигналів

На інтерфейсі засобу реалізовано функції для зміни частоти дискретизації (рис. 3.11, в), налаштування масштабного та крокового зміщення (рис. 3.11, б), а також вибору діапазону часової обробки радіосигналу (рис. 3.11, а).

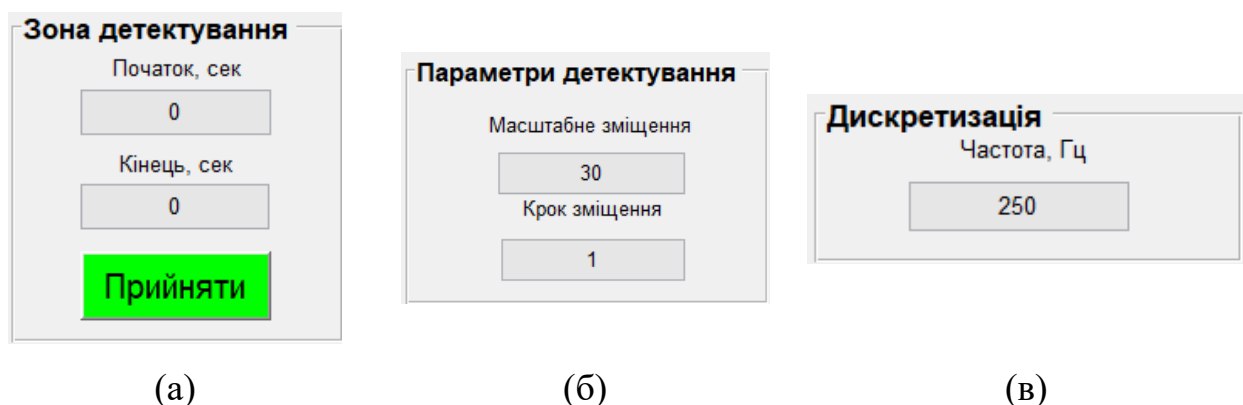


Рис.3.11. Зони налаштувань інтерфейсу засобу

Автоматизований комп'ютерний засіб детектування з відображеними даними радіосигналу, параметрами детектування та результатами детектування наведено на рис.3.12-3.13.

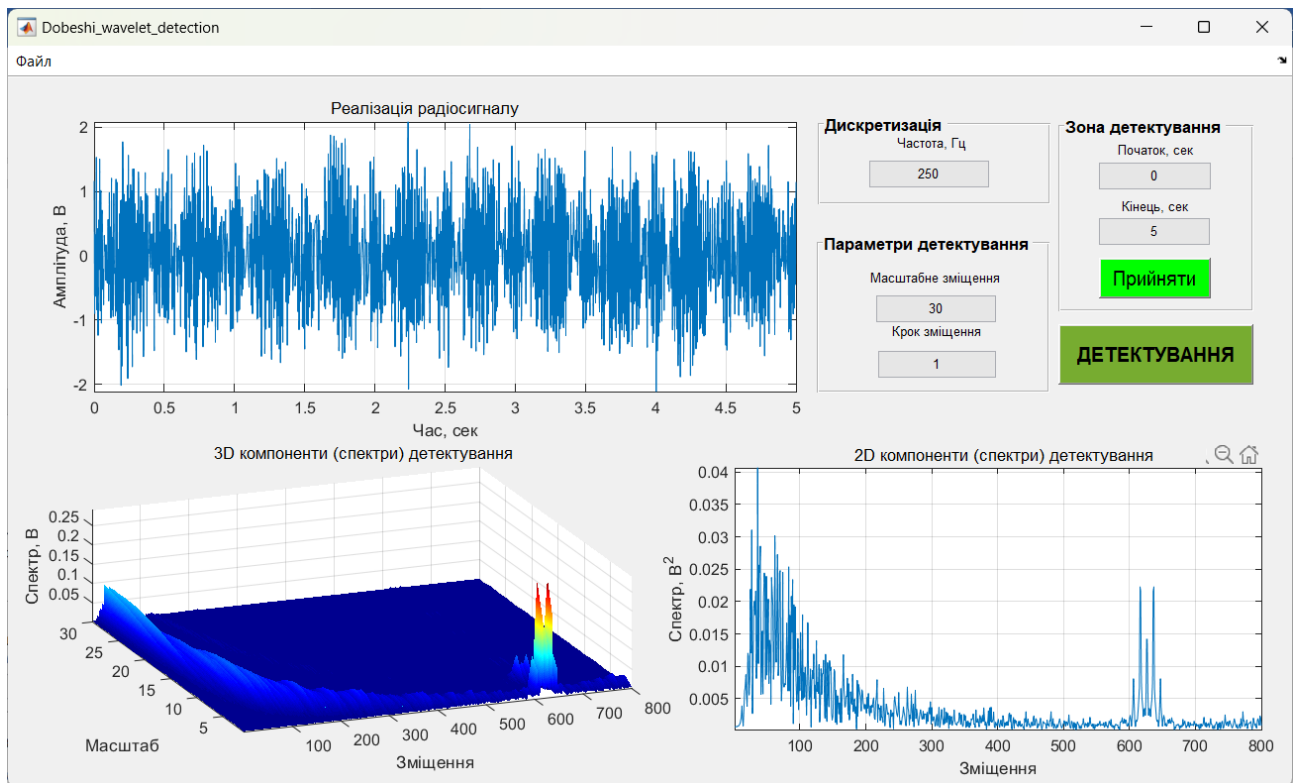


Рис.3.12. Робота комп'ютерного засобу детектування радіосигналу
(потужність завадного середовища - $0,4 \text{ В}^2$)

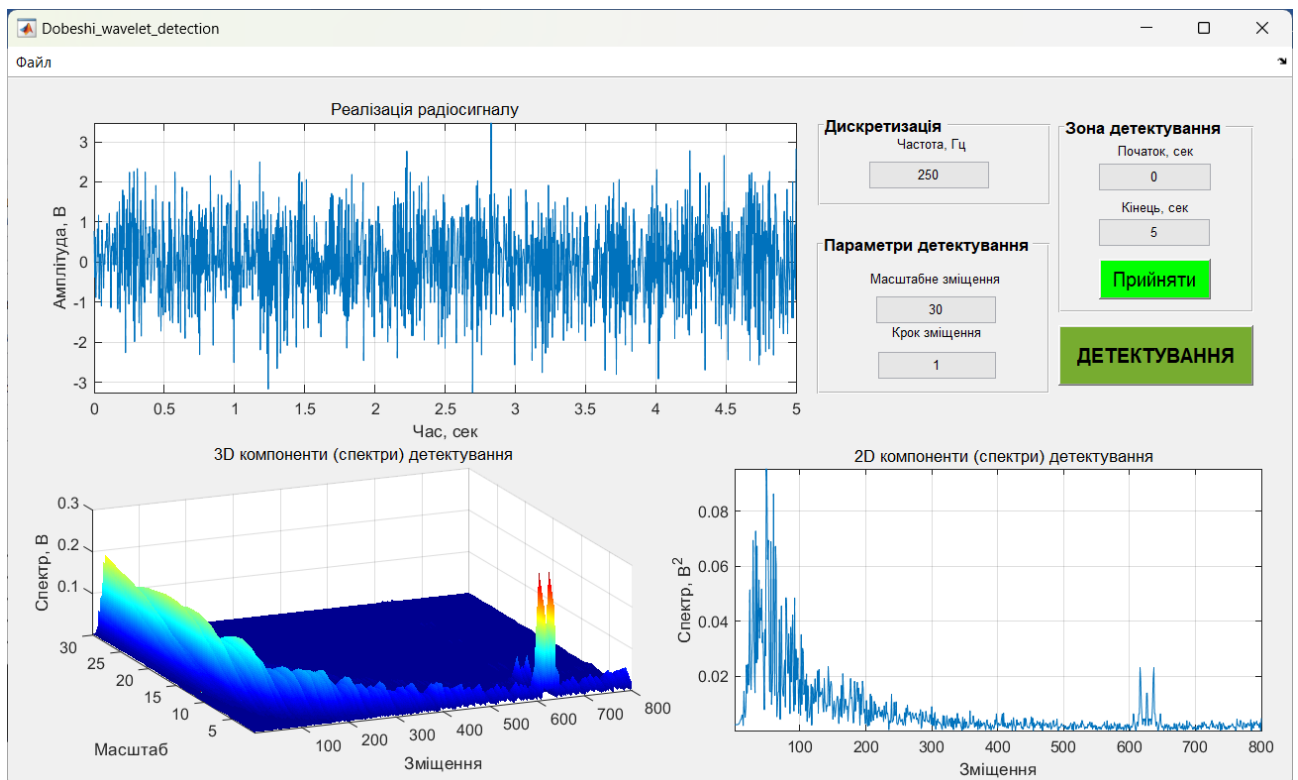


Рис.3.13. Робота комп'ютерного засобу детектування радіосигналу
(потужність завадного середовища - $0,8 \text{ В}^2$)

Отже, реалізований комп'ютерний засіб уможливлює детектування корисних даних радіосигналу в заводних мережах.

3.4. Висновки до розділу 3

З використанням інструментів забезпечення MATLAB розроблено автоматизований комп'ютерний засіб для вейвлет-обробки радіосигналів з метою їх детектування у заводних мережах.

Автоматизований засіб забезпечує надійне детектування сигналів завдяки 3D і 2D вейвлет-спектрам, які слугують інформативно-кількісними показниками при визначенні наявності/відсутності радіосигналів у середовищах із завадами.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

Оскільки під час проведення науково-дослідної роботи використовується персональний комп'ютер, як основна складова, тому у розділі розглянуто питання аналізу шкідливих і небезпечних факторів під час роботи з персональним комп'ютером.

За даними вчених, у користувачів ПК за кілька годин до закінчення робочого часу передчасно знижується працездатність і розвивається втома. У 48% обстежених працівників обчислювальних центрів було виявлено невротичні розлади: погіршення пам'яті, знесилення, серцебиття, негативні дисфункції, неувважність, неврастенія. В табл. 4.1 вказані потенційно небезпечні на організм людини виробничі фактори.

Таблиця 4.1

Потенційно небезпечні виробничі фактори

Небезпечний фактор	Фактичні дані замірів	Нормовані значення
Рентгенівське випромінювання	12-15 мкР/год	75 мкР/год
Ультрафіолетове випромінювання	0-0.005 Вт/м ²	0.01 Вт/м ² 0.01 Вт/м ²
Видимий діапазон	0.1-2.0 Вт/м ² 2.5-4.0 Вт/м ²	10.0 Вт/м ²
Яскравість	75-80 кД/м ²	>50кД/м ²
ІЧ-випромінювання	0.15-5.0 Вт/м ²	100.0 Вт/м ²
Електростатичне поле	15 В/м	20-60 кВ/м
Шум	45-55 дБА	60 дБА

Оскільки екран монітора є джерелом світла, тому необхідно організувати освітлення та розташувати його так, щоб у полі зору користувача не було інших

яскравих джерел світла, а також освітленість екрану не збільшувалась за рахунок будь-якого стороннього джерела світла.

Пофарбовані у світлі кольори меблі приміщення і великі вікна є додатковими джерелами світла.

У надто освітленому приміщенні погано видно невеликі букви і цифри на екрані монітора. Це викликає головний біль, погіршення зору, зниження концентрації, а також призводить до помилок у роботі через некоректне сприйняття інформації.

Спектр випромінювання комп'ютера містить у собі рентгенівську, ультрафіолетову й інфрачервону області спектра, а також широкий діапазон електромагнітних хвиль інших частот. Небезпека рентгенівських променів вважається зараз спеціалістами досить малою, оскільки цей вид променів поглинається склом екрана. Проте необхідно пам'ятати, що рентгенівське випромінювання, навіть мізерно малих інтенсивностей, сприяє іонізації повітря.

Інфрачервоне випромінювання шкідливо діє на зір, втомлюючи очі, при тривалій дії порушує нормальне сприйняття кольору оком. Рентгенівське випромінювання шкідливо впливає на кісткові тканини і кровотворні функції кісткового мозку. Електромагнітне випромінювання, яким супроводжується показ зображення на моніторі комп'ютера, негативно впливає на органи зорового сприйняття людини. Основні джерела електромагнітного випромінювання вказані в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Основні джерела електромагнітного випромінювання

Джерело	Діапазон частот (перша гармоніка)
1	2
Монітор мережний трансформатор блока живлення	50 Гц

1	2
Статичний перетворювач напруги в імпульсному блоці живлення	20 - 100 кГц
Анодна напруга монітора, (тільки для моніторів із ЕПТ)	0 Гц (електростатика)
Системний блок (процесор)	50 Гц - 1000 МГц
Джерела безперебійного живлення	50 Гц, 20 - 100 кГц

Відеотермінали випромінюють електромагнітні хвилі в дуже широкому діапазоні. У радіодіапазоні вони продукуються катодною трубкою; основне ж джерело - горизонтальні і вертикальні відхиляючі котушки, які забезпечують сканування електронного променя по екрані в діапазоні 15 - 35 кГц. На відстані 50 мм від екрана напруженість електричного поля має значення від одиниць до 10 В/м, а магнітна індукція - від 10^{-8} до 10^{-7} Тл. Відеотермінали випромінюють також змінні електричні і магнітні поля з частотою 50 або 100 Гц і їхні гармоніки. В табл. 4.3 наведено гігієнічні норми впливу високовольтного електромагнітного поля (ЕМП).

Таблиця 4.3

Гігієнічні норми впливу високовольтного ЕМП

Напруженість електричного поля, В/м	Час перебування людини в електричному полі протягом однієї доби, хв.
менше 5	Без обмеження
від 5 до 10	Не більш 180
від 10 до 15	Не більш 90
від 15 до 20	Не більш 10
від 20 до 25	Не більш 5

Під час роботи комп'ютерів суттєво зменшується в робочій зоні кількість негативно заряджених іонів. Це обумовлено дією електричних полів, насамперед

електростатичного. За санітарними нормами рівень концентрації аероіонів, відхилення від якого складає небезпеку здоров'ю людини знаходиться в діапазоні від 600 АІ (аероіонів) до 50000 АІ в куб.см. В табл. 4.4 наведено рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК.

Таблиця 4.4

Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ² куб. повітря	
	n ⁺	n ⁻
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500 - 3000	3000 - 5000
Максимально допустимі	50000	50000

Тривале вдихання повітря, що містить надлишок позитивних іонів, приводить до головної болі і запаморочення, до так званого "синдрому постійної втоми. Збільшується рН крові, порушується процес протікання хімічних реакцій на клітинному рівні (метаболізм). Надлишок позитивних іонів - причина функціональних порушень роботи щитовидної залози, порушення обміну речовин. На цьому фоні виникають депресії, стани тривоги і занепокоєння, безсоння.

4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Система протипожежного захисту – це сукупність організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання впливу на людей небезпечних факторів пожежі та обмеження матеріальних збитків від неї (ДСТУ 2272-93).

Попередження розповсюдження пожеж в основному визначається пожежною безпекою будівель та споруд, тобто їх вогнестійкості.

Ступінь вогнестійкості – це здатність будівлі чи споруди в цілому чинити опір руйнуванню при пожежі. ДБН В.1.1-7-2002 “Захист від пожежі. Пожежна безпека об’єктів будівництва” встановлює 8 ступенів вогнестійкості будівель і

споруд: I, II, III, IIIa, IIIб, IV, IVa, V. Ступінь вогнестійкості залежить від групи горючості будівельних матеріалів, межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій та межі поширення вогню на цих конструкціях.

Межа вогнестійкості – це час (у хвилинах), після якого будівельна конструкція в результаті нагріву втрачає свою несучу або захисну здатність. Втрата несучої здатності - це обвалення, а втрата захисної здатності – прогрівання конструкції до температури на поверхні, що не обігривається, більш ніж на 140 °C.

Найменшу межу вогнестійкості мають незахищені метали, найбільшу – залізобетонні конструкції.

Підвищити межу вогнестійкості можна шляхом просочування деревини, тканин та інших горючих матеріалів антипіренами; застосуванням наповнювачів пластмас (крейда, каолін, графіт, вермикуліт, перліт); нанесення вогнезахисних покриттів (штукатурка, облицювання, обмазки).

Межа поширення вогню – це максимальний розмір пошкоджень, см, яким вважається обуглювання або вигорання матеріалу.

В будівлях I-го ступеня вогнестійкості всі конструктивні елементи негорючі (неспалимі) з високою межею вогнестійкості 30...150 хвилин;

II ступеня вогнестійкості – теж неспалимі з меншою межею вогнестійкості 30...120 хвилин;

III ступеня – основні несучі конструкції неспалимі, а не несучі – важкоспалимі, межа вогнестійкості 15...120 хвилин.

IV ступеня – всі конструкції важкоспалимі, межа вогнестійкості 15...30 хвилин;

V ступеня – всі конструкції спалимі, межа вогнестійкості не нормується.

При проектуванні і будівництві промислових підприємств передбачаються заходи, які запобігають поширенню вогню:

- поділ будинків протипожежними перекриттями;
- поділ будинків протипожежними перегородками на секції;

- влаштування протипожежних перешкод для обмеження поширенню вогню по конструкціях (гребні, бортики, козирки, пояси, протипожежні двері, ворота);
- влаштування протипожежних розривів між будинками.

Протипожежні стіни (брандмауери) зводяться на всю висоту будівлі, виконуються з негорючих матеріалів з межею вогнестійкості 150 хвилин.

В будівлях і спорудах категорії А і Б передбачаються зовнішні огорожувальні конструкції, що легко скидаються під дією вибухової хвилі. Це віконне скло, розпашні ворота, zenітні ліхтарі, легкі конструкції.

Для евакуації людей із будівель і споруд при пожежі передбачаються евакуаційні виходи. Число евакуаційних виходів повинно бути не менше двох, що розташовані розосереджено.

Допустима відстань від найбільш віддаленого робочого місця до евакуаційного виходу і ширина виходу регламентується ДБН В.1.1-7-2002 в залежності від об'єму приміщення, його вогнестійкості, категорії приміщення і щільності людських потоків. Максимальна відстань не повинна перевищувати 100 м, мінімальна ширина шляхів евакуації – не менше 1 м, дверей – 0,8 м. Не допускається влаштовувати евакуаційні виходи через приміщення категорії А, Б та приміщення IV та V ступенів вогнестійкості.

4.3. Висновки до розділу 4

У розділі проаналізовано негативний вплив шкідливих і небезпечних факторів під час роботи з персональним комп'ютером при виконання науково-дослідної роботи. Також розглянуто питання системи забезпечення вибухопожежної безпеки об'єкта як сукупності організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання впливу на людей небезпечних факторів пожежі та обмеження матеріальних збитків від неї.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В роботі розроблено комп'ютерний засіб вейвлетного детектування радіосигналів в завадних мережах.

Отримано результати:

1. Вивчено існуючі підходи до детектування радіосигналів у завадних мережах та обґрунтовано напрямок та вибрано методику дослідження, яка передбачає дослідження флуктуаційних процесів у структурі досліджуваного сигналу при його детектуванні.
2. Створено мультиадитивну модель радіосигналу в умовах завадних мереж для вирішення задачі їх ефективного детектування, яка дає змогу дослідити флуктуаційні процеси з різним часовим масштабом.
3. Розроблено метод/алгоритмічне забезпечення на базі вейвлету при використанні базису Добеші для обчислення часо-частотних флуктуаційних показників у вигляді компонент детектування радіосигналів поданих як 3D-показники, а також її усереднені реалізації у форматі 2D-показників.
4. Реалізовано в Matlab комп'ютерний засіб (програмне забезпечення) для вейвлетного детектування радіосигналів у завадних мережах.
5. Проведено експериментальне дослідження ефективності/надійності вейвлетного детектування радіосигналів у завадних мережах за інформативно-кількісними 3D-показниками вейвлет-спектрів, а також її усередненими реалізаціями у форматі 2D-показників із використанням створеного комп'ютерного засобу. Встановлено, що обчисленні компоненти відображають радіосигналу на фоні різної завад різних потужностей.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Конспект лекцій з дисципліни «Мережі зв'язку» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» галузі знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації» / уклад.: Хвостівська Л.В. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2023. 316 с.
2. Хвостівська Л.В. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Мережі зв'язку» для студентів освітнього рівня «Магістр» спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» // Хвостівська Л.В., Хвостівський М.О. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2024. 124 с.
3. Васильєв В. М. Радіонавігаційні системи: підручник / В. М. Васильєв. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. 338 с.
4. Сотніков О.М., Хударковський К.І. Електромагнітна сумісність радіоелектронних засобів. Харків, 2002. 106 с.
5. Радіопередавальні пристрої : навчальний посібник / В. М. Ткачук, С. М. Цирульник, Т. А. Петренко. Вінниця : Т. П. Барановська, 2015. 188 с.
6. Бабак В.П., Хандецький В.С., Шрюфер Е. Обробка сигналів: підручник. Київ, 1999. 250 с.
7. Основи теорії електричних кіл та схемотехніка / Укладачі А.Б. Фещенко, Х.: НУЦЗУ, 2017. 194 с.
8. Калюжний О.Я. Математичні алгоритми приймання та оброблення сигналів. Частина I. Сигнали та системи: Навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 192 с.
9. Гумен М. Б. Основи теорії процесів в інформаційних системах: підручник (у 2-х кн.). Кн.1. Аналіз детермінованих процесів / М. Б. Гумен, В. М. Співак, С. К. Мещанінов, Г. Г. Власюк, Т. Ф. Гумен. 2-е вид., зі змінами і доповн. К: Кафедра, 2017. 281 с.
10. Сайко В.Г., Амірханов Е.Д. Основи мереж цифрового радіозв'язку і радіодоступу нового покоління. К.: ДУТ, 2015. 77 с

11. Головін Ю.О. Основи теорії радіозв'язку теоретичні основи та практичні аспекти: Навч. посібник / Ю. О. Головін, Д. І. Могилевич. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 248 с.
12. Лінії радіозв'язку та антенні пристрої. Навчальний посібник / [М.Д. Ільїнов, Т.Г. Гурський, І.В. Борисов, К.М. Гриценко]. К.: ВІТІ, 2018. 250 с.
13. Самборський І.І., Шолохов С.М., Юрченко О.В., Ніколаєнко Б.А., Основи цифрової обробки сигналів: навчальний посібник. Київ: ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 171 с.
14. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси у радіотехніці: Підручник: У 4-х т. Харків: СМІТ, 2003.
15. Friis H. T. Noise Figure of Radio Receivers / H.T. Friis // Prdc. IRE. – July. 1994. P. 419-422.
16. Тимчук С., Баранова І., Піскар'юв О., Радченко С., Юрченко, Т. 2024. ПОЛІПШЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ТА ЗБІЛЬШЕННЯ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У WI-FI-МЕРЕЖАХ. Інформаційні технології та суспільство. 1 (12) (Лип 2024), 88-95. DOI:<https://doi.org/10.32689/maup.it.2024.1.13>.
17. Фетюхіна Л.В. Бутова О.А. Теорія інформації та кодування : навч.-метод. посібник. Харків: НТУ «ХП», 2012. 68 с.
18. Гонгало Н.Г., Хвостівський М.О. Вейвлет обробка магнітокардіосигналів в базисі Хаара / Н. Г. Гонгало, // XI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 7-8 грудня 2022 року. Т. : ТНТУ, 2022. С. 121. (Комп'ютерно-інформаційні технології та системи зв'язку).
19. Конахович Г.Ф. Системи радіозв'язку. Навчальний посібник. К.: НАУ, 2004 311с
20. Основи теорії телекомунікацій і радіотехніки [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: П. В. Кучернюк. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,3 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 290 с.

21. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія передавання інформації» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності - 172 «Електронні комунікації та радіотехніка». /Укл.: Литвиненко В.А., - Кам'янське; ДДТУ, 2024 р. 77 с.

22. Гарматій А., Дунець В., Хвостівський М. Оцінювання завадостійкості каналу радіозв'язку з амплітудною модуляцією. Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування: матеріали II Всеукраїнської науково-технічної. Тернопіль: ТНТУ. С. 22-25.

23. Ghvami M., Michael L. B., Kohno R. Ultra Wideband Signals and Systems in Communication Engineering. – Chichester: Wiley, 2004. 247 p.

24. Основи теорії цифрових систем автоматичного керування: LTI моделі для систем SISO та MIMO [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: С.О. Кравчук, О. І. Лисенко, В. С. Явіся, В. І. Новіков. Електронні текстові дані (1 файл: 4,41 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 196 с.

25. Чирський Т. В. Метод достовірного виявлення радіосигналів для радіолокаційних систем : кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю „172 телекомунікації та радіотехніка“ / Т. В. Чирський . Тернопіль: ТНТУ, 2022. 72 с.

26. Філіпський Ю. К. Випадкові процеси у радіотехнічних колах. Навчальний посібник. Наука і техніка. URL: https://books.google.com.ua/books?id=KPXA GjvRmPcC&hl=ru&source=gbs_navlinks_s (дата звернення: 21.09.2024).

27. Толубко В.Б., Беркман Л.Н., Козелков С.В., Гороховський Є.П. Фазорізницева модуляція високих порядків для забезпечення визначеної завадозахищеності каналів передавання інформації мобільних мереж 5-го покоління // Телекомунікаційні та інформаційні технології. 2017. №1(54). С.5-10.

28. Domracheva, K. & Berkman, L. & Zakharzhevskyy, A.. (2023). Optimal receipt of multiposition signals using ranking methods in conditions of prior uncertainty. Telecommunication and Information Technologies. 78. 10.31673/2412-4338.2023.011728.

29. Кривуца В.Г., Беркман Л.Н., Олійник В.В. Дослідження методів оптимізації інфокомунікаційних мереж у критичних ситуаціях// Зв'язок. 2010, №4(92). С. 2-5.

30. Коваль Л. М. Засіб виявлення корисних стохастично-періодичних радіосигналів в телекомунікаційних мережах : кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю „172- Телекомунікації та радіотехніка“ / Л. М. Коваль. Тернопіль: ТНТУ, 2021. 71 с.

31. Феер Л. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра. Пер. с англ. 2000. 520 с.

32. 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.

33. Драган Я.П. Енергетична теорія лінійних моделей стохастичних сигналів. Львів: Центр стратегічних досліджень еко-біо-технічних систем, 1997. XVI+333с.

34. Спеціальні розділи оброблення сигналів. Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» / Уклад. І.О. Сушко, Н.О. Лащевська, А.В. Мовчанюк, Р.В. Антипенко,; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 171 с.

35. Мишковець О. Виявлення та вимірювання багаточастотних радіолокаційних сигналів / О. Мишковець, А. Буда // Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій“ присвячена 80-ти річчю з дня народження професора Я.І. Проця, 20-21 червня 2019 року. Т. : ФОП Паляниця В. А., 2019. С. 99-101. (Обчислювальні методи та засоби в радіотехніці і приладобудуванні).

36. 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
37. Бедрій Я.І. Безпека життєдіяльності: навчальний посібник / В.Я.Нечай. Львів : Манголія 2006, 2007. 499 с.
38. Хвостівська Л.В., Коваль Л.М. Виявлення корисних радіосигналів як періодично корельованих випадкових процесів в умовах апіорної 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.
39. 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.
40. Haworth D. P. Locating the source of an unknown signal. U.S. Patent 6018312, Jan. 25, 2000.
41. Stein S. Algorithms for ambiguity function processing. *IEEE Trans. on acoustics, speech and signal process*, 1981, vol. ASSP-29, no. 3, pp. 588-599.
42. 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.
43. 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.
44. 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.

45. 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.

46. 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.

47. 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.

48. 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.

49. 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 and Practical Conference «Global Prospects for Sustainable Development: Science, Technology and Social Progress»

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Копія опублікованої 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.

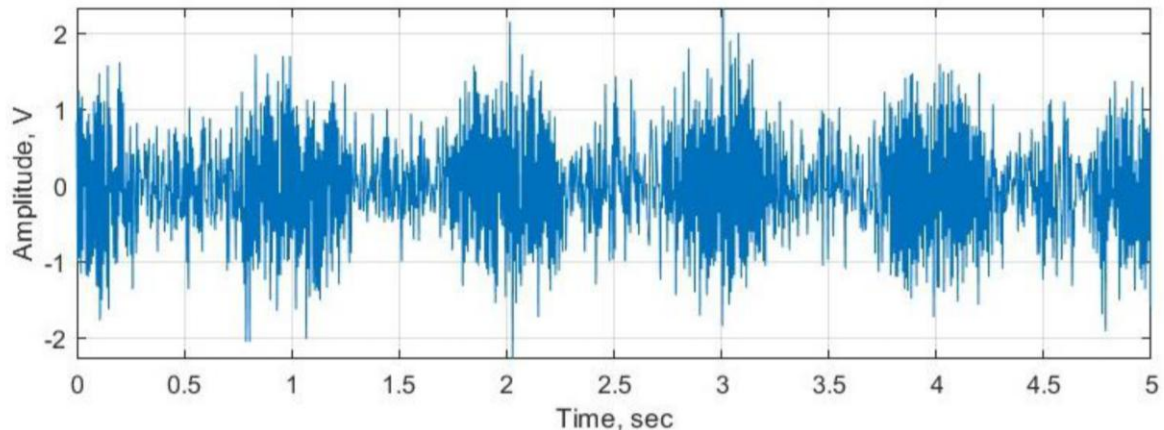


Fig. 1. Distorted useful radio signal against a background of noise

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:

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

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.

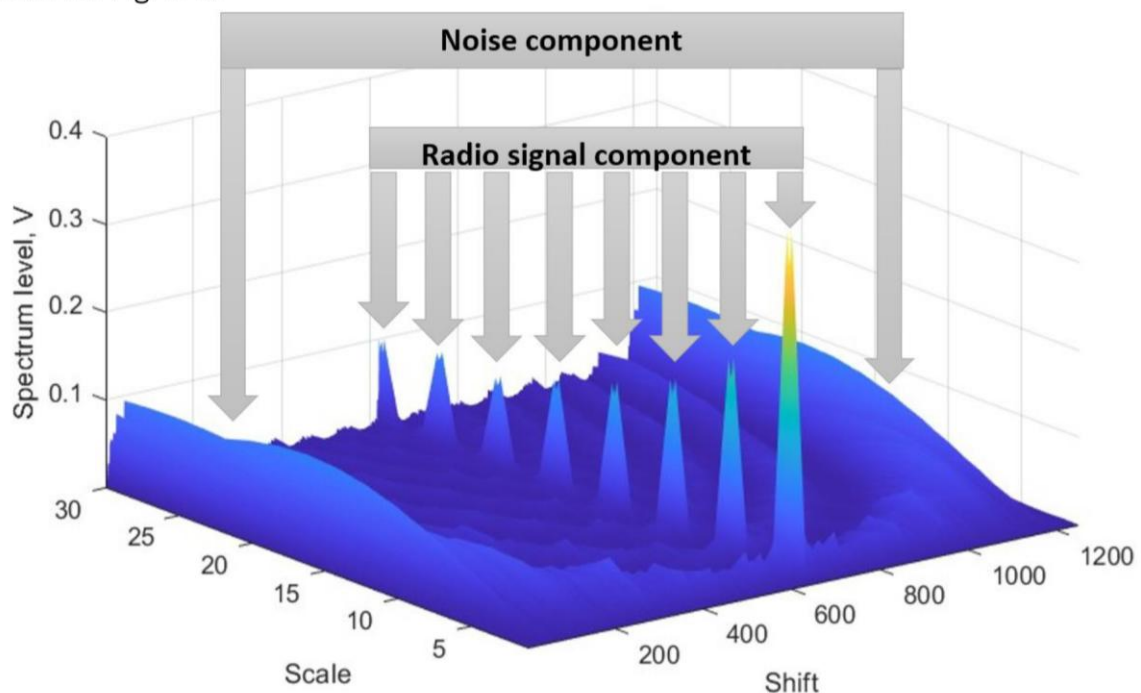


Fig. 2. Wavelet spectrum of a radio signal in the 4th order Daubech basis against a background of noise (Fig. 1) with a dispersion level of 0.5 V^2

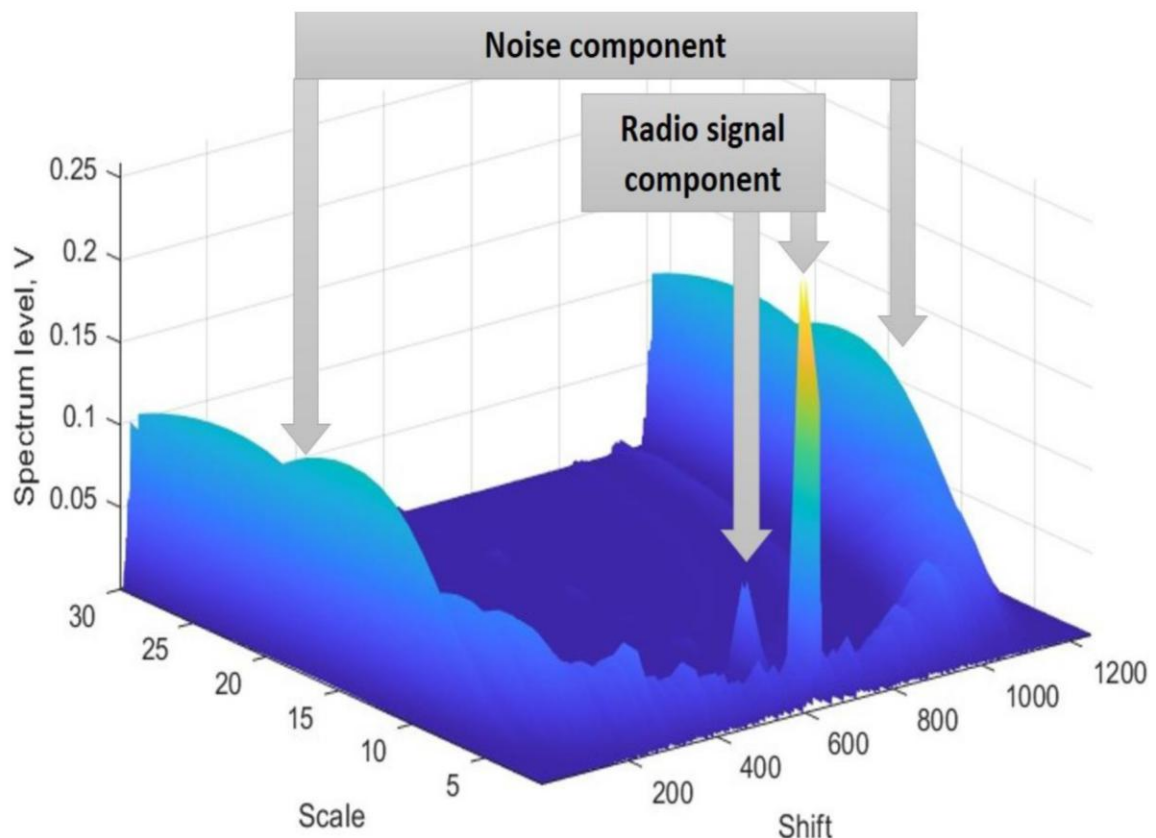


Fig. 3. Wavelet spectrum of a radio signal in the 4th order Daubech basis against a background of noise (Fig. 1) with a dispersion level of 0.5 V^2

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., Khvostivskyy M., Dunets V., Dediv I. Mathematical and Algorithmic Support of Detection Useful Radiosignals in Telecommunication Networks. Proceedings of the 2nd International ITTAP 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., 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.

ДОДАТОК Б

Програмний код комп'ютерного засобу вейвлетного детектування
радіосигналів

```
function varargout = Dobeshi_wavelet_detection(varargin)
% DOBESHI_WAVELET_DETECTION M-file for Dobeshi_wavelet_detection.fig
%     DOBESHI_WAVELET_DETECTION, by itself, creates a new
%     DOBESHI_WAVELET_DETECTION or raises the existing
%     singleton*.
%
%     H = DOBESHI_WAVELET_DETECTION returns the handle to a new
%     DOBESHI_WAVELET_DETECTION or the handle to
%     the existing singleton*.
%
%
% DOBESHI_WAVELET_DETECTION('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls
% the local
%     function named CALLBACK in DOBESHI_WAVELET_DETECTION.M with the
%     given input arguments.
%
%     DOBESHI_WAVELET_DETECTION('Property','Value',...) creates a new
%     DOBESHI_WAVELET_DETECTION 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
%     Dobeshi_wavelet_detection_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
Dobeshi_wavelet_detection

% Last Modified by GUIDE v2.5 06-Dec-2024 13:36:31

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

```

        'gui_OutputFcn',
@Dobeshi_wavelet_detection_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 Dobeshi_wavelet_detection is made visible.
function Dobeshi_wavelet_detection_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 Dobeshi_wavelet_detection (see
VARARGIN)

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

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

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

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = Dobeshi_wavelet_detection_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;

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit1 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit1 as a
double
```

```
% --- 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
```

```
function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
```

```
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

```
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit2 as text
```

```
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit2 as a
double
```

```
% --- 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
```

```
function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
```

```
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

```
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% 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

% -----Меню-----
function Untitled_6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Untitled_6 (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;', 'Завантаження даних');
if length(file)>=1
    directory=[path file];
    x=(load(directory));
    set(handles.pushbutton1,'userdata',x);
    df=str2num(get(handles.edit1,'string'))
    t=(0:length(x)-1)/df;
    set(handles.edit3,'string',num2str(min(t)));
    set(handles.edit4,'string',num2str(max(t)));
    axes(handles.axes1);
    plot(t,x);
    xlabel('Час, сек');
    ylabel('Амплітуда, В');
    axis tight;
    grid on;
end

```

```

% -----Детектування-----
% --- 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)

x=get(handles.pushbutton1,'userdata');
freqsampling=str2num(get(handles.edit1,'string'));
starttime=str2num(get(handles.edit3,'string'));
endtime=str2num(get(handles.edit4,'string'));
dstarttime=fix(starttime*freqsampling+1);
dendtime=fix(endtime*freqsampling+1);
signalradio=x(dstarttime:dendtime);

% Name of basise
    basiswav='db4';
%     name='mor1';
%     name='haar';
%     name='gaus3';
%     name='mexh';
%     name='meyr';
%     name='sym4';
numwav=0;
usift=str2num(get(handles.edit5,'string'));
krokshift=str2num(get(handles.edit2,'string'));

for a=1:krokshift:usift                                % масштабний масив
    numwav=numwav+1;                                    % номер обчисленого
вейвлета
    Wspectrum(numwav,:)=abs(fft(cwt(signalradio,a,basiswav)));
    Wspectrum(numwav,:)=Wspectrum(numwav,:)/length(Wspectrum(numwav,:));
end

mWspectrum=mean(Wspectrum);
% 2D
axes(handles.axes3);
plot(mWspectrum(1:800));
grid on
axis tight
ylabel('Спектр, В^2');
xlabel('Зміщення');

% 3D
axes(handles.axes2);
surf(Wspectrum(:,1:800));
shading INTERP
grid on;
axis tight;
ylabel('Масштаб');
xlabel('Зміщення');

```

```

xlabel('Спектр, B');
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

% 3міна параметрів
% --- Executes on button press in pushbutton4.
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
x=get(handles.pushbutton1,'userdata');
df=str2num(get(handles.edit1,'string'));
t1=str2num(get(handles.edit3,'string'));
t2=str2num(get(handles.edit4,'string'));
N1=fix(t1*df+1);
N2=fix(t2*df+1);
if N2>length(x) N2=length(x); end
tmin=(N1-1)/df;
tmax=(N2-1)/df;
set(handles.edit3,'string',num2str(tmin));
set(handles.edit4,'string',num2str(tmax));
t=(0:length(x)-1)/df;
axes(handles.axes1);
plot(t(N1:N2),x(N1:N2));
axis tight;
grid on;

```