

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКДАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ

ГУДИМА АРТЕМ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 621.391

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ
РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ**

172 “Телекомунікації та радіотехніка”

Автореферат
дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня “магістр”

Тернопіль 2018

Роботу виконано на кафедрі радіотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник
роботи:**

кандидат технічних наук, доцент кафедри
радіотехнічних систем

Умзар Юрій Августович,
Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя,

Рецензент:

доктор технічних наук, професор, завідувач
кафедри приладів та контрольних-вимірювальних систем

Паламар Михайло Іванович,
Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 26 грудня 2018 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №25 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9 “Сатурн”, ауд. 612.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. В даний час значного поширення набуло широкого використання цифрових методів обробки та передачі інформації. Перспективи розвитку цифрової техніки пов'язані з широким впровадженням сучасних досягнень мікроелектронної техніки, в тому числі мікропроцесорів. Це відкриває нові можливості покращення технічних, експлуатаційних і технологічних характеристик радіотехнічної апаратури.

Інтенсивний розвиток цифрових систем обробки сигналів пояснюється перевагами цих систем порівняно з аналоговими системами. Основним пріоритетом цифрових систем передачі, обробки і збереження інформації є точність задання алгоритмів, висока стійкість, абсолютне відтворення як зафіксованої інформації, так і алгоритмів її обробки, повна ідентичність (що означає взаємозамінність) відповідних вузлів апаратури при серійному або масовому виготовленні. Так, наприклад, при реалізації багатоканальних, лінійних і нелінійних аналогових пристроїв (частотних фільтрів, помножувачів важко досягти ідентичності їх характеристик в різних каналах з відносною помилкою менше одного відсотку. В аналогових пристроях збереження інформації при багаторазовому повторному запису буде зосередження завад і спотворень сигналів, які проявляються, наприклад, під час копіювання музичних програм побутовими магнітофонами.

Разом з цим цифровим системам властиві і деякі недоліки. До них належать достатня складність систем, наявність помилок дискретизації сигналів за часом і квантування за рівнем, обмежена швидкодія, яка призводить до розбіжності між смугою відтворених частот і точністю. Ці недоліки призводять до необхідності застосування пристроїв і систем, в яких об'єднуються аналогові і цифрові методи обробки сигналів.

Для розуміння фізичних процесів, які проходять в пристроях і системах цифрової обробки сигналів, необхідно їх порівняти з відповідними аналоговими системами. Отже, необхідно володіти також математичними моделями, які застосовують до аналогових систем.

При цифровій обробці сигнал підлягає дискретизації не тільки по часу, але і за рівнем квантування. Це призводить до появи помилки квантування ("шуму квантування"), помилки округлення (при операції множення двох чисел) і, можливо, до специфічних для цифрових систем автоколивань навіть при відсутності сигналу на вході коливання граничного циклу і коливання переповнення.

Основним напрямком використання методів цифрової обробки є цифрова фільтрація і спектральний аналіз. До цифрових фільтрів належать фільтри з скінченною імпульсною характеристикою (СІХ-фільтри) і фільтри з нескінченною імпульсною характеристикою (НІХ-фільтри). Спектральний аналіз можна проводити шляхом обчислення спектрів за допомогою дискретного перетворення Фур'є (ДПФ), або шляхом обчислення спектрів із застосуванням статистичних методів. На практиці при спектральному аналізі, як правило, використовується

швидке перетворення Фур'є (ШПФ) і заснована на ньому методика обчислення швидкодії згортки.

Цифрові системи обробки сигналів широко застосовуються в радіолокації, зокрема в радіолокаційній станції кругового огляду, в пристроях селекції рухомих цілей, а також для виділення на фоні шумів дуже слабких сигналів шляхом реалізації багаторазового когерентного накопичення.

Мета і завдання. Дослідження та розробка математичних методів і алгоритмів обробки радіолокаційної інформації: виявлення сигналів (траєкторій), оцінка параметрів сигналів (траєкторій). Розробка методу виявлення корисного сигналу та методу обробки за допомогою цифрових логічних виявників.

Для досягнення вказаної мети, в роботі поставлено та розв'язано наступні задачі:

- проведено аналіз математичних методів і алгоритмів обробки радіолокаційної інформації: виявлення сигналів (траєкторій), оцінка параметрів сигналів (траєкторій);
- розроблено метод виявлення корисного сигналу;
- проведено математичне моделювання спроектованих методів і алгоритмів.

Об'єкт дослідження. Процес обробки радіолокаційної інформації: виявлення сигналів (траєкторій), оцінка параметрів сигналів (траєкторій).

Предмет дослідження. Модель, метод і засоби виявлення, розрізнення, оцінки параметрів сигналів.

Методи дослідження. Аналіз та узагальнення – при проведенні аналізу існуючих методів і засобів виявлення, розрізнення, оцінки параметрів та фільтрації сигналів; формалізація математичних етапів обробки радіолокаційної інформації: первинна; вторинна; об'єднання інформації та завдання математичної обробки радіолокаційної інформації: виявлення сигналів (траєкторій), оцінка параметрів сигналів (траєкторій).;

Наукова новизна отриманих результатів. У магістерській роботі вперше отримані наступні нові наукові результати:

- Розроблено метод виявлення корисного сигналу:
- значення змінної x_λ на позиціях пачки множимо на величину вагової функції на цих самих позиціях.
- отримані добутки $x_\lambda \eta_\lambda$ додаються.
- сума добутків порівнюється з пороговим числом L , і якщо нерівність виконується, то приймається рішення про наявність корисного сигналу.
- запропоновано метод максимуму правдоподібності для оцінюваного параметра β_0 .
- розроблено неоптимальний метод обробки за допомогою цифрових логічних виявників.

Апробація результатів досліджень. Окремі результати роботи доповідались VII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів. Тернопіль, ТНТУ, 28 – 29 листопада 2018 р.

Практичне значення отриманих результатів. Впровадження математичних методів та алгоритмів для задачі виявлення радіолокаційної інформації. Основними є такі:

1. Запропоновані математичні методи дозволяють підвищити якість виявлення радіолокаційних сигналів на фоні завад.
2. Метод неоптимальної обробки за допомогою цифрових логічних виявників дозволяє зменшити обчислювальні ресурси цифрової обробки.
3. Математичне моделювання та експериментальна перевірка спроектованих методів і алгоритмів показала, що даний алгоритм та метод дозволяють підвищити точність визначення параметрів радіолокаційної цілі.

Структура роботи. Робота складається з вступу, 7 розділів, висновків, переліку використаної літератури та додатків. Обсяг роботи: пояснювальна записка – 110 арк. формату А4, додатків – 1.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність використання математичних методів і алгоритмів обробки радіолокаційної інформації: виявлення сигналів (траєкторій), оцінка параметрів сигналів (траєкторій), моделей виявлення корисного сигналу та обробки за допомогою цифрових логічних виявників.

Мета і завдання. Дослідження та розробка математичних методів і алгоритмів обробки радіолокаційної інформації: виявлення сигналів (траєкторій), оцінка параметрів сигналів (траєкторій). Розробка методу виявлення корисного сигналу та методу обробки за допомогою цифрових логічних виявників.

Для досягнення вказаної мети, в роботі поставлено та розв'язано наступні задачі:

- проведено аналіз математичних методів і алгоритмів обробки радіолокаційної інформації: виявлення сигналів (траєкторій), оцінка параметрів сигналів (траєкторій);
- розроблено метод виявлення корисного сигналу;
- проведено математичне моделювання спроектованих методів і алгоритмів.

Об'єкт дослідження. Процес обробки радіолокаційної інформації: виявлення сигналів (траєкторій), оцінка параметрів сигналів (траєкторій).

Предмет дослідження. Модель, метод і засоби виявлення, розрізнення, оцінки параметрів сигналів.

Методи дослідження. Аналіз та узагальнення – при проведенні аналізу існуючих методів і засобів виявлення, розрізнення, оцінки параметрів та фільтрації сигналів; формалізація математичних етапів обробки радіолокаційної інформації: первинна; вторинна; об'єднання інформації та завдання математичної обробки радіолокаційної інформації: виявлення сигналів (траєкторій), оцінка параметрів сигналів (траєкторій).;

Наукова новизна отриманих результатів. У магістерській роботі вперше отримані наступні нові наукові результати:

- розроблено метод виявлення корисного сигналу;

- значення змінної x_d на позиціях пачки множимо на величину вагової функції на цих самих позиціях.
- отримані добутки $x_d \eta_d$ додаються.
- сума добутків порівнюється з пороговим числом L , і якщо нерівність виконується, то приймається рішення про наявність корисного сигналу.
- запропоновано метод максимуму правдоподібності для оцінюваного параметра β_0 .
- розроблено неоптимальний метод обробки за допомогою цифрових логічних виявників.

Практичне значення отриманих результатів. Впровадження математичних методів та алгоритмів для задачі виявлення радіолокаційної інформації. Основними є такі:

1. Запропоновані математичні методи дозволяють підвищити якість виявлення радіолокаційних сигналів на фоні завад.
2. Метод неоптимальної обробки за допомогою цифрових логічних виявників дозволяє зменшити обчислювальні ресурси цифрової обробки.
3. Математичне моделювання та експериментальна перевірка спроектованих методів і алгоритмів показала, що даний алгоритм та метод дозволяють підвищити точність визначення параметрів радіолокаційної цілі.

У першому розділі дипломної роботи “Принцип побудови системи збору та обробки інформації” проведено аналіз цифрової обробки сигналів:

- виділено основні етапи і операції цифрової обробки РЛІ;
- запропоновано математичне формулювання завдань обробки РЛІ;
- обґрунтовано критерії дискретизації і квантування радіолокаційних сигналів;
- вибір порогів амплітудного квантування;
- обґрунтовано статистичні характеристики квантованих сигналів.

У другому розділі “Первинна обробка цифрових радіолокаційних сигналів” проведено статичний синтез і аналіз оптимального алгоритму виявлення та статистичний синтез і аналіз оптимального алгоритму оцінки азимуту. Розроблено метод виявлення корисного сигналу. Запропоновано структуру вирішального пристрою виявлення та оцінки азимута та кута місця цілі. Встановлено, що цифрові логічні виявники не є оптимальними з точки зору статистичної інформації, але прості в реалізації. Абстрактний виявник і матриця перехідних ймовірностей дозволяють проводити аналіз з застосуванням теорії простих ланцюгів Маркова.

У третьому розділі “Математичне моделювання параметрів” В середовищі Matlab проведено порівняння теоретичних та промодельованих параметрів. Встановлено, що теоретична база яка запропонована в даній роботі є ефективною, що і підтверджено математичним моделюванням.

У четвертому розділі “Спеціальна частина” розглянуто питання використання середовища MATLAB для математичного моделювання.

У п'ятому розділі розглянуто питання економічної доцільності проведення науково-дослідної роботи.

У шостому розділі дипломної роботи “Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях” проаналізовано вимоги охорони праці користувачів комп’ютерів та інших пристроїв. Безпека в надзвичайних ситуаціях.

У сьомому розділі дипломної роботи “Екологія” проведено аналіз впливу високочастотних хвиль на організм людини. Гранично допустима концентрація.

У загальних висновках щодо дипломної роботи описано отримані в процесі виконання дипломної роботи магістра результати, що відображають сучасний стан досліджень в області обробки складних сигналів.

В додатках до пояснювальної записки приведено копію наукової публікації автора.

ВИСНОВКИ

Наукова новизна отриманих результатів. У магістерській роботі вперше отримані наступні нові наукові результати:

- розроблено метод виявлення корисного сигналу;
- значення змінної x_k на позиціях пачки множимо на величину вагової функції на цих самих позиціях;
- отримані добутки $x_k \eta_k$ додаються;
- сума добутків порівнюється з пороговим числом L , і якщо нерівність виконується, то приймається рішення про наявність корисного сигналу;
- запропоновано метод максимуму правдоподібності для оцінюваного параметра β_0 ;
- розроблено неоптимальний метод обробки за допомогою цифрових логічних виявників.

Практичне значення отриманих результатів. Впровадження математичних методів та алгоритмів для задачі виявлення радіолокаційної інформації. Основними є такі:

1. Запропонований математичний метод дозволяє підвищити якість виявлення радіолокаційних сигналів на фоні завад.
2. Метод неоптимальної обробки за допомогою цифрових логічних виявників дозволяє зменшити обчислювальні ресурси цифрової обробки.
3. Математичне моделювання та експериментальна перевірка спроектованих методів і алгоритмів показала, що даний алгоритм та метод дозволяють підвищити точність визначення параметрів радіолокаційної цілі.

АНОТАЦІЯ

Гудима А.М. Математична модель цифрової обробки радіолокаційних сигналів.

Дипломна робота на здобуття освітнього ступеня магістра 172 – “Телекомунікації та радіотехніка”. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль 2018.

У дипломній роботі магістра проведено розробку та дослідження математичних методів і алгоритмів виявлення радіолокаційної інформації. Обґрунтовано критерії вибору порогів амплітудного квантування. Розроблено метод виявлення корисного сигналу. Запропоновано метод максимуму правдоподібності для оцінюваного параметрів. Розроблено метод побудови графа аналізу логічного виявника. Запропоновано використовувати матрицю перехідних ймовірностей для математичного аналізу логічних виявників. Застосовано теорію простих ланцюгів Маркова (матриця перехідних ймовірностей) для аналізу виявника.

Ключові слова: АЛГОРИТМ, АМПЛІТУДНЕ КВАНТУВАННЯ, ГРАФ АНАЛІЗУ ЛОГІЧНОГО ВИЯВНИКА, ЛАНЦЮГИ МАРКОВА, МАКСИМУМ ПРАВДОПОДІБНОСТІ, МАТРИЦЯ ПЕРЕХІДНИХ ЙМОВІРНОСТЕЙ, ОЦІНЮВАННЯ, ПЕРЕТВОРЕННЯ ФУР’Є, РАДІОЛОКАЦІЙНА СИСТЕМА, РАДІОЛОКАЦІЙНИЙ СИГНАЛ, СЕРЕДНЬОКВАДРАТИЧНЕ ВІДХИЛЕННЯ.

ANNOTATION

Gudyma A. Mathematical model of digital processing of radar signals.

The diploma paper for obtaining the Master's degree 172 – Telecommunications and radio engineering – Ivan Puluj Ternopil National Technical University, Ternopil 2018.

In master's thesis the development and research of mathematical methods and algorithms for detecting radar information was conducted. The criteria for choosing the amplitude quantization thresholds are substantiated. The method of detecting a useful signal is developed. The maximum likelihood method for the estimated parameters is proposed. The method of constructing a graph of the analysis of a logical identifier is developed. It is proposed to use a matrix of transitive probabilities for the mathematical analysis of logical determinants. The theory of simple Markov chains (matrix of transitive probabilities) is used for the analysis of the identifier.

Keywords: ALGORITHM, AMPLITUDE QUANTIZATION COUNT ANALYSIS LOGICAL VYYAVNYKA, MARKOV CHAINS, MAXIMUM LIKELIHOOD, A MATRIX OF TRANSITION PROBABILITIES, EVALUATION, FOURIER TRANSFORM, RADAR SYSTEMS, RADAR STANDARD DEVIATION.