

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Корсун Володимир Іванович

УДК 621.396.96

**МЕТОДИКА ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ЛОКАЦІЇ НЕСАНКЦІОНОВАНИХ
ДЖЕРЕЛ РАДІОВИПРОМІНЮВАННЯ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ ПАСИВНОГО
СИНТЕЗУВАННЯ АПЕРТУРИ**

Спеціальність 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій

Автореферат дисертації
на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Київ – 2019

Дисертація є рукопис.

Робота виконана в Державному університеті телекомунікацій Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Мельник Юрій Віталійович,
Державний університет телекомунікацій Міністерства освіти і науки України,
директор навчально-наукового інституту телекомунікацій

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Фриз Сергій Петрович,
Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова,
Міністерство оборони України,
начальник кафедри телекомунікацій та радіотехніки

кандидат технічних наук, доцент
Чумак Олександр Ілліч,
Воєнно-дипломатична академія імені
Євгенія Березняка, Міністерство оборони України,
начальник факультету

Захист відбудеться «28» листопада 2019 р. о 14.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.861.01 в Державному університеті телекомунікацій за адресою: 03110, м. Київ, вул. Солом'янська, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у Державному університеті телекомунікацій за адресою: 03110, м. Київ, вул. Солом'янська, 7.

Автореферат розісланий «28» жовтня 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
Д 26.861.01
доктор технічних наук, доцент

О.М. Ткаченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На даний час темпи зростання кількості радіоелектронних засобів та недосконалість їх передавально-приймальних пристроїв призводить до суттєвого ускладнення електромагнітної обстановки з високою динамікою її зміни в просторі і часі.

У цих умовах актуальним стає не лише ефективне частотно-територіальне планування і присвоєння частот, що вводяться до експлуатації радіоелектронним засобам, але й контроль над дотриманням правил використання частотних присвоєнь і інших технічних характеристик радіовипромінювань. Тому радіочастотний моніторинг є одним з головних елементів системи управління використанням радіочастотного ресурсу.

Одним із важливих завдань радіомоніторингу є виявлення та визначення місцезнаходження джерел радіовипромінювання, які функціонують із порушенням національних й міжнародних стандартів та Регламенту радіозв'язку. Ефективність вирішення цих завдань істотно залежить як від точності локації джерел радіовипромінювання, так і від часу, необхідного для її реалізації.

Практичне використання існуючих способів локації несанкціонованих джерел радіовипромінювання призводять до обмеження їх потенційної точності.

Одним із шляхів підвищення точності оцінки координат місцезнаходження несанкціонованих джерел радіовипромінювання є застосування теорії синтезованих апертур, використання якої дозволяє значно підвищити точність пеленгації на визначених інтервалах часу радіомоніторингу.

При вирішенні даного наукового завдання автор у своїх дослідженнях спирався на праці вітчизняних і закордонних вчених, які зробили значний внесок у розвиток теорії багатопозиційної локації, пасивного синтезування апертури, радіоуправління, телекомунікаційних мереж та систем їх моніторингу: *Барабаш Ю.Л., Варюхін В.О., Зайцев Г.Ф., Стеклов В.К., Беркман Л.Н., Лернер А.Я., Льюс Р.Д., Кузьмін С.З., Караваєв В.В., Кондратенков Г.С., Климаш М.М., Ширман Я.Д. та інші.*

Зважаючи на вище наведене, актуальним питанням є розробка методики підвищення точності локації несанкціонованих джерел радіовипромінювання на основі теорії пасивного синтезування апертури, що є перспективним і економічно обґрунтованим напрямом розвитку науки і техніки на сучасному етапі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Обраний напрям досліджень відповідає тематиці науково-дослідних робіт Державного університету телекомунікацій. Результати дисертаційної роботи знайшли застосування в науково-дослідних роботах: «Оптимальне приймання сигналів в телекомунікаційних системах» (державний реєстр. № 0117U003731) та «Управління системами зі складною (дробовою та дискретно-неперервною) динамікою в інфокомунікаціях» (державний реєстр. № 0115U002977), у науково-технічній діяльності ТОВ «РДЛ» при виборі проектних рішень оновлення засобів моніторингу систем мобільного зв'язку. Впровадження результатів досліджень підтверджуються відповідними актами.

Мета роботи та завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення точності локації несанкціонованих джерел радіовипромінювання за рахунок створення відповідного науково-методичного апарату.

Вирішення зазначеної наукової задачі реалізується шляхом розв'язання наступних завдань: проведення аналізу сучасного стану та тенденцій розвитку технічних засобів радіомоніторингу; визначення раціональної структурної побудови мобільної системи радіомоніторингу із багатопозиційним прийомом просторово-часових сигналів від джерел випромінювання; розробка вирішального правила виявлення і розпізнавання завадового випромінювання системою радіомоніторингу із змінною в часі відносною просторовою конфігурацією рухомих локаційних вимірювачів; модифікація рівнянь згладжування параметрів траєкторії рухомих локаційних вимірювачів за рахунок використання додаткової інформації; удосконалення алгоритмів радіокерування групою носіїв локаційних вимірювачів; розробка методики підвищення точності локації несанкціонованих джерел радіовипромінювання на основі теорії пасивного синтезування апертури.

Об'єкт дослідження - процес локації джерел радіовипромінювання мобільними засобами моніторингу, розміщених на літальних апаратах, в умовах багатопозиційного прийому сигналу.

Предмет дослідження – моделі, методи, методики і алгоритми підвищення точності визначення місцезнаходження джерел радіовипромінювання, які ґрунтуються на теорії пасивного синтезування апертур.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених в роботі наукових завдань використовується сучасний математичний апарат теорії синтезованих апертур, теорії оптимальної фільтрації і статистичного оцінювання; теорії оптимальної класифікації, ідентифікації та розпізнавання; теорії оптимального управління; лінійної алгебри; теорії імовірності й математичної статистики та теорії матриць.

Наукова новизна результатів, отриманих у дисертаційній роботі:

- удосконалено структурну побудову систем мобільного радіомоніторингу із багатопозиційним прийомом інформації від несанкціонованих джерел радіовипромінювання, використання якої дозволяє забезпечити підвищення точності локації цих джерел;

- вперше отримано вирішальне правило виявлення і розпізнавання несанкціонованих джерел радіовипромінювання системами радіомоніторингу із змінною в часі просторовою конфігурацією, яка на відміну від відомих, побудована на небайєсовських правилах прийняття рішень і його використання надає можливість вирішувати визначені завдання в багатоканальних системах радіомоніторингу;

- модифіковано рівняння згладжування параметрів траєкторій ведених носіїв бортових локаційних засобів на інтервалах часу радіоспостереження за несанкціонованими джерелами випромінювання за рахунок використання додаткової інформації про поточні координати ведучого носія групи рухомих локаційних засобів;

- удосконалено алгоритми радіокорекції траєкторій рухомих локаційних засобів, використання яких дозволяє реалізувати необхідну просторову

конфігурацію системи спостереження для підвищення точності локації джерел радіовипромінювань;

- вперше отримано методику підвищення точності локації несанкціонованих джерел радіовипромінювання на основі теорії пасивного синтезування апертури, використання якої, на відміну від відомих, дозволяє однозначно, за рахунок багатопозиційного прийому сигналів, визначати координати розташування об'єкта радіоспостереження на відносно коротких інтервалах часу з мінімальними похибками.

Практична цінність отриманих результатів.

Практична цінність одержаних результатів полягає в удосконаленні науково-методичного апарату локації джерел радіовипромінювання мобільними засобами моніторингу в умовах багатопозиційного прийому сигналів і включає наступне:

- запропоновано модель мобільної системи радіомоніторингу із багатопозиційним прийомом сигналів від несанкціонованих джерел радіовипромінювання;

- розроблено вирішальне правило виявлення і розпізнавання завадового випромінювання системами радіомоніторингу із змінною в часі просторовою конфігурацією, використання якого надає можливість вирішувати завдання виявлення та розпізнавання радіовипромінювань в багатоканальних системах радіомоніторингу;

- отримано рівняння згладжування параметрів траєкторії ведених носіїв бортових локаційних засобів, практичне використання яких дозволяє реалізувати супроводження даних об'єктів лише за кутовими координатами на коротких інтервалах часу з необхідною для синтезування апертури точністю;

- удосконалено алгоритми радіокорекції траєкторій рухомих вимірювачів, практичне використання яких дозволяє реалізувати необхідні умови для синтезування апертури та багатопозиційного прийому локаційної інформації від джерел випромінювання бортовими локаційними засобами системи радіомоніторингу;

- отримано науково-методичний апарат, використання якого надає можливість надання практичних рекомендацій щодо доцільного просторового розташування носіїв бортових засобів (дистанції та інтервалу) на визначених інтервалах часу радіоспостереження за випромінюванням несанкціонованих джерел;

- розроблено методику підвищення точності локації несанкціонованих джерел радіовипромінювання на основі теорії пасивного синтезування апертури дозволяє підвищити точність визначення координат джерел радіовипромінювання від 12 до 34% в залежності від вхідних умов радіоспостереження у порівнянні із однопозиційною системою спостереження.

Теоретичні і практичні положення дисертаційної роботи були використані та реалізовані в навчальному процесі Державного університету телекомунікацій, що підтверджується актами впровадження та у науково-технічній діяльності ТОВ «РДЛ» при виборі проектних рішень оновлення засобів моніторингу систем мобільного зв'язку.

Особистий внесок здобувача. В дисертації узагальнено результати досліджень, виконаних автором самостійно [5, 10, 11, 13] та у співавторстві [1-4, 6-9, 12, 14-15].

Особисто автором здійснена розробка загальної концепції дисертації та вибір об'єкту, визначено мету і задачі роботи, обрано та обгрунтовано методи досліджень.

У наукових публікаціях у співавторстві автору належать: провідна роль у виборі та обгрунтуванні напряму досліджень, постановка задач на різних етапах виконання роботи, аналіз та інтерпретація одержаних результатів.

У статтях із співавторами [1-4, 6] автором проведені теоретичні та експериментальні дослідження та обгрунтовані висновки за їх результатами.

У наступних роботах здобувачу належить: - аналіз основних переваг використання модульованих *IR-UWB* сигналів системою радіозв'язку терагерцового діапазону [7]; - аналіз проблем забезпечення електромагнітної сумісності базових станцій систем мобільного зв'язку стандарту *UMTS* [8]; - визначення шляхів забезпечення електромагнітної сумісності базових станцій систем зв'язку у суміжних смугах частот [9, 10]; - визначені необхідні складові для розрахунку енергетичного бюджету радіолінії телекомунікаційної системи терагерцового діапазону [12]; - аналіз інфраструктури сучасних інформаційно-телекомунікаційних технологій та пропозицій [14]; - проведено аналіз впливу низькочастотних повторювачів на приймачі базових станцій *DCS 1800* в смузі частот 1710-1785 *МГц* [15].

Наукові положення, що виносяться на захист, та висновки і рекомендації дисертації належать автору. Основна частина отриманих в дисертації результатів доповідалась автором особисто на міжнародних науково-технічних конференціях.

Апробація результатів дисертації. Основні теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на науково-технічних конференціях та семінарах професорсько-викладацького складу і наукових співробітників Державного університету телекомунікацій; на міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні інформаційно-телекомунікаційні технології», 2015, м. Київ; на регіональному семінарі МСЕ «Тенденції розвитку конвергентних мереж: рішення пост-*NGN*, *4G* і *5G*», 2016, м. Київ; на 3-й Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми електромагнітної сумісності перспективних бездротових мереж зв'язку *EMC 2017*», м. Харків; на 6-му Міжнародному Радіоелектронному Форумі «Прикладна радіоелектроніка. Стан та перспективи розвитку» (МРФ-2017), м. Харків; на тринадцятій міжнародній науково-технічній конференції «Перспективи телекомунікацій», ПТ-19, 15-19 квітня 2019 р., м. Київ; на семінарі-практикумі МСЕ для регіонів Європи та СНД «Інфраструктура інформаційно-комунікаційних технологій, як основа створення цифрової економіки», 14-16 травня 2019 р., м. Київ; на Європейській конференції з електромагнітної сумісності *EMC Europe 2019*, вересень 2019 р., Барселона.

Публікації. На тему дисертаційної роботи опубліковано 15 наукових праць, з них: 7 статей в науково-технічних журналах, збірниках наукових праць та 8 матеріалів доповідей на науково-технічних конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи складає 164 сторінки друкарського тексту, із них 4 сторінки анотації, 153 сторінки основного тексту, у тому числі містить 36 рисунків та 1 таблицю, список використаних джерел із 88 найменувань на 9 сторінках та 4 сторінки додатків, що підтверджують впровадження результатів досліджень.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі наведено загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми, сформувано мету, основні завдання досліджень, визначено наукову новизну та практичне значення основних результатів, наведено відомості про їхню апробацію та реалізацію.

В першому розділі проведено аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку методів та засобів радіомоніторингу. За результатами проведеного аналізу і виходячи з мети дисертаційної роботи сформульовано наукове завдання: розробити методику підвищення точності локації несанкціонованих джерел радіовипромінювання на основі теорії пасивного синтезування апертури антени рухомого радіолокаційного вимірювача.

Математично це представлено виразом:

$$(\sigma_x)_{\text{НДРВ}} \rightarrow \min; (\sigma_y)_{\text{НДРВ}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де $(\sigma_x)_{\text{НДРВ}}, (\sigma_y)_{\text{НДРВ}}$ - середньоквадратичне відхилення визначення координат несанкціонованого ДРВ.

Другий розділ дисертації. Запропонована модель системи мобільного радіомоніторингу з багатопозиційним прийомом локаційної інформації, яка наведена на рис. 1.

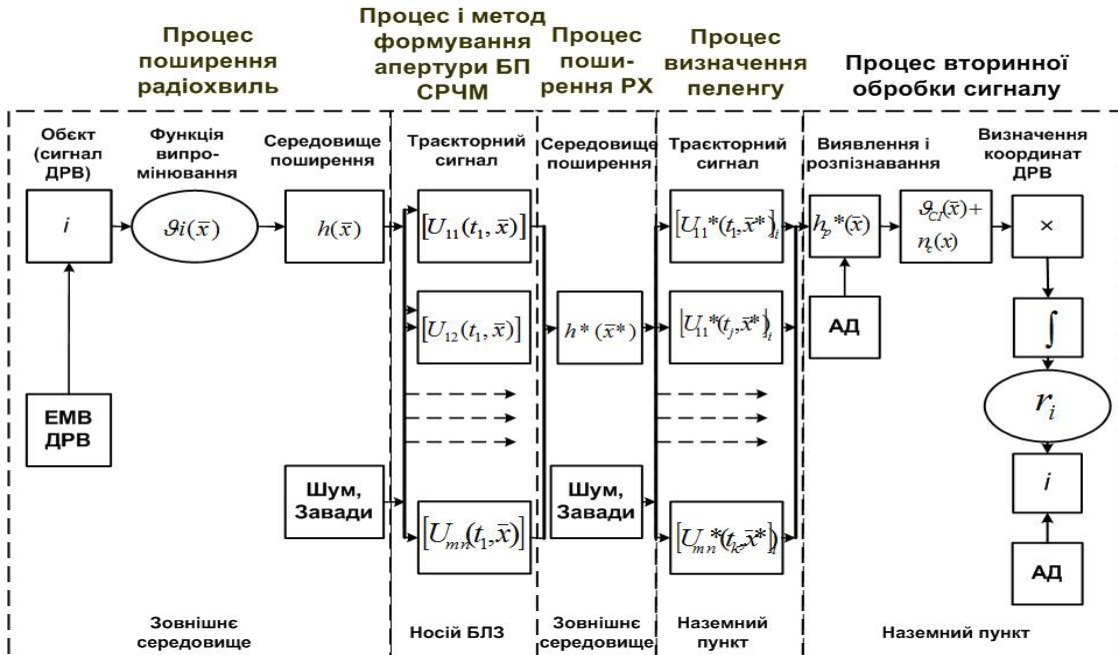


Рис. 1. Модель системи мобільного радіомоніторингу із багатопозиційним прийомом інформації від джерела радіовипромінювання).

Удосконалено алгоритмічний апарат, який забезпечує РК польотом ведучого НБРПрП з наземного пункту керування, збору та обробки радіолокаційної інформації (НПКЗОРЛІ) та наведення ведених апаратів відносно ведучого.

Точна оцінка параметрів руху ведучого літального апарату (ЛА) наземною радіолокаційною складовою (НРЛС) запропонованої системи мобільного моніторингу забезпечує видачу на борт ведених носіїв бортових радіоприймальних пристроїв (БРПрП) коректних команд радіокерування (КРК), виконання яких дозволяє утримувати дані носії на прямолінійних траєкторіях, що є необхідною умовою для здійснення синтезування апертури системи радіоспостереження.

У якості додаткової траєкторної інформації при удосконаленні відповідних алгоритмів в роботі пропонується використання додаткової траєкторної інформації про координати ведучого на інтервалі часу спостереження за несанкціонованими джерелами радіовипромінювання (НДРВ).

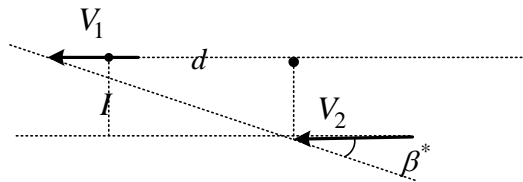


Рис. 2 Проекції траєкторій руху ведучого та веденого носіїв на горизонтальну площину,

де: $V_1 = V_2$ - швидкості руху носіїв; d - дистанція між носіями; I - інтервал між носіями; β^* - постійний кут випередження на інтервалі часу моніторингу за НДРВ.

На $t_{(k)}$ момент часу (рис. 2) ведений носій супроводжується за кутовими координатами (за допомогою оптичних засобів супроводження) і вектор виміру НРЛС буде мати вигляд: $\theta_k = \{t_k; \beta_k; \varepsilon_k\}^T$.

Для подальшого супроводу траєкторії необхідно знайти згладжене значення вектора θ_k параметрів веденого НБРПрП на $t_{(k)}$ момент часу, прийнявши гіпотезу про лінійну траєкторію його руху.

Однак, маючи інформацією тільки про кутові координати, стає неможливим реалізація процесу супроводу траєкторії польоту веденого носія через нестачу радіолокаційної інформації. У даному випадку відсутня інформація про дальність до ЛА (r) і швидкість її зміни (\dot{r}) на $t_{(k)}$ момент часу.

Для доповнення вектора виміру θ_k відповідними компонентами використовується апріорна інформація про координати ведучого НБРПрП на інтервалі часу моніторингу.

Доповнений даними компонентами, вектор виміру на $t_{(k)}$ момент часу буде мати вигляд:

$$\theta_k^* = \{t_k; r_{(k+1)}, \dot{r}_{(k+1)}, \beta_k, \varepsilon_k\}^T \quad (2)$$

Результуюча матриця точності оцінки параметрів траєкторії веденого носія на $t_{(k)}$ момент часу має вигляд

$$C_{\hat{a}_{(k)}} = \left[B_{(k+1)} (C_{\hat{a}_{(k+1)}})^{-1} B_{(k+1)}^T \right]^{-1} + H_{(k)}^T C_{\theta_{(k)}^*} H_{(k)}, \quad (3)$$

де $B_{(k+1)}$ - матриця ретроспекції; $H_{(k)}$ - прямокутна матриця статистичного перерахунку змін вектору стану в зміни вектору параметрів, які спостерігаються; $C_{\hat{a}_{(k+1)}}$ - результуюча матриця точності оцінки параметрів траєкторії веденого носія на $t_{(k+1)}$ момент часу; θ_k^* - вектор виміру параметрів руху веденого носія на $t_{(k)}$ момент часу.

Інтервал часу ретроспекції визначається таким чином:

$$\Delta t_{(k+1)\text{пер}} = \frac{Ictg(\beta^*)}{|v_{(k+1)}|} \quad (4)$$

Реалізація необхідного просторового положення точок прийому сигналу відносно ДРВ (рис. 2) в роботі вирішена за рахунок відповідного радіокерування носіями БРПрМ та зводиться до визначення і передачі команд радіокерування (КРК) на борт веденого носія НБРПрП із фіксованим часом запізнення. Призначення системи утримання (СУТНТ) веденого НБРПрМ на потрібній траєкторії полягає у формуванні таких КРК, які будуть забезпечувати утримання веденого НБРПрМ за ведучим НБРПрП навіть при маневруванні останнього (рис. 3).

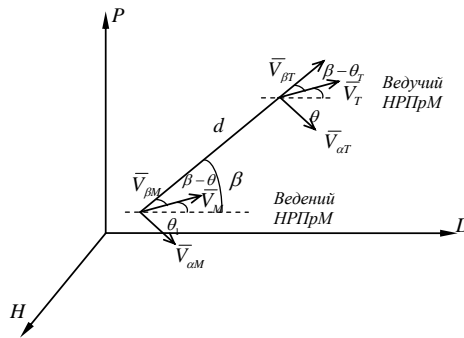


Рис. 3. Кінематичні співвідношення при русі ведучого та веденого НБРПрП у графічній інтерпретації,

де: β - кут візування ведучий НБРПрМ – ведений НБРПрМ; d - відстань між ведучим та веденим НБРПрМ; $|V_{\beta_T}|, |V_{\beta_M}|$ - проекції векторів швидкості ведучого та веденого на лінію візування ведучий НБРПрМ – ведений НБРПрМ; $|V_{\alpha_T}|, |V_{\alpha_M}|$ - проекції векторів швидкості ведучого та веденого на нормаль до лінії візування ведучий НБРПрМ – ведений НБРПрМ.

Положення ведучого і веденого НБРПрМ визначається у інерціальній системі координат - $H, P, D(\vec{V})$. Ведучий НБРПрМ рухається зі швидкістю \vec{V}_1 на висоті H_1 . Аналогічно швидкість веденого $\vec{V}_2 = \vec{V}_1$, а напрямок його руху співпадає з напрямком ведучого. З цього випливає, що кут нахилу траєкторії $\hat{\theta}$ дорівнює курсовому куту

ведучого. Це справедливо у випадку, якщо кут атаки дорівнює нулю (рис. 3). При наведенні «у хвіст», ведучий і ведений НРПрМ повинні бути на одній лінії, тобто $\beta \rightarrow 0$, а КРК $k = \lambda$.

Точний вивід веденого НРПрМ відбудеться за умови:

$$\beta = \theta = 0 \quad (5)$$

При цьому кутова швидкість руху веденого НРПрМ визначиться як

$$\dot{\beta} = -\frac{V_T (\sin \beta)^2}{\lambda \operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)} \quad (6)$$

На ділянці траєкторії, де $\beta \ll 1$, $\sin \beta \approx \beta$, $\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \approx \frac{\beta}{2}$, вираз для кутової швидкості прийматиме вигляд:

$$\dot{\beta} \approx -\frac{V_T \cdot 2^\gamma}{\lambda} \beta^2 - \gamma \quad (7)$$

Реалізація руху НРПрМ паралельними курсами із встановленим інтервалом (I) та дистанцією (d) між ними, на визначених інтервалах часу моніторингу, дозволяє однозначно визначати пеленги радіовипромінювань за інтервал часу радіоспостереження. При радіокеруванні НРПрМ таким способом, для кожного веденого встановлюється фіксований кут β^* і величина I , тобто виникає постійний кут випередження.

У випадку, коли ведені НРПрМ рухаються з постійними швидкостями, вони будуть без маневру переслідувати паралельним курсом ведучий носій. Це забезпечить сталість траєкторії, тобто фіксований кут β^* .

Таким чином, переслідування з фіксованим кутом β^* також має сенс, як і випадку наведення «у хвіст», але за початкових умов, коли $\beta \leq \frac{\pi}{2}$.

Для реалізації переслідування зі сталим кутом необхідна інформація стосовно співвідношення швидкостей ведучого і веденого та кути атаки.

За умови сталості кута атаки, лінії візування також не будуть обертатися, тобто $\dot{\beta} = 0$. Це можливо в тому випадку, коли складова швидкості веденого V_{aT} урівнюється нормальною складовою швидкості ведучого $V_{\beta T}$. У цьому випадку не виникають кутові прискорення \dot{V}_{aT} , $\dot{V}_{\beta T}$.

Для реалізації відповідного радіокерування, аналогічного методу паралельного зближення, КРК визначаються таким чином:

$$\lambda = \frac{\dot{\theta}}{\dot{\beta}} \quad (8)$$

Рівень КРК буде визначатися із співвідношення

$$\theta = \lambda \beta + \theta_0, \quad (9)$$

де θ_0 - початковий кут непогодження.

Реалізація погоні з кутовим зміщенням можлива на базі автопілоту (АП) із динамічною затримкою.

Якщо розглядати роботу АП як лінійного пристрою, то рівень КРК з урахуванням помилок прийме вигляд:

$$\lambda = \frac{\theta}{y_m \dot{\beta}}. \quad (10)$$

Помилка утримання веденого НРПрМ в потрібному створі кута має вигляд:

$$\theta = \frac{\dot{y}_m}{V_{\beta M}}, \quad \theta \ll 1^\circ \quad (11)$$

Утримання ведених на відповідній дистанції можливе за допомогою радіопроменя ведучого (тобто на лінії візування). У цьому випадку ведені рухаються у межах діаграми спрямованості антени (ДСА) ведучого носія.

Для виконання руху повздовж лінії візування швидкість веденого $V_{\alpha M}$ повинна дорівнювати лінійній швидкості $d_T \dot{\beta}$, де d_T - відстань від ведучого до веденого. При цьому

$$V_{\alpha M} = d_T \dot{\beta} \Rightarrow \dot{\beta} = \frac{V_{\alpha T}}{d_T} \quad (12)$$

У випадку, коли ведений рухається вздовж заданої траєкторії (знаходиться в межах радіопроменя ведучого) $d_T \approx const$, $V_{\alpha M} = 0$, тобто ситуація нагадує випадок «чистого» переслідування, але зі зміщенням. При сході веденого з потрібної для радіоспостереження за ДРВ траєкторії $d_T \neq const$, $V_{\alpha M} \neq 0$, що і буде параметром непогодження для системи керування польотом (СУТНТ) веденого НРПрМ на потрібній траєкторії руху.

Динамічна помилка утримання ведених на потрібній траєкторії як і у випадку «чистого» переслідування, так і у випадку переслідування зі зміщенням має вигляд:

$$M = y_t(t_i) - y_m(t_i) \quad (13)$$

де t_i - час запізнення КРК на борт веденого НРПрП.

Слід відзначити, що час запізнення КРК не повинне перевищувати часу комплексної постійної часу контуру керування аеродинамічним об'єктом T_e .

У третьому розділі дисертації запропоновано вирішальне правило виявлення і розпізнавання несанкціонованного випромінювання системою радіомоніторингу із змінною в часі відносно просторовою структурною побудовою та методика підвищення точності локації несанкціонованих джерел радіовипромінювання на основі теорії пасивного синтезування апертури. На підставі отриманої методики наведена оцінка точності визначення координат несанкціонованих ДРВ.

Згідно запропонованої в роботі моделі системи радіомоніторингу припускається, що з M -позиційної рухомої приймальної системи, розташованої

просторово в декількох пунктах, знімається сукупність M значень напруг, які є функціями часу $y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t)$.

Реалізація прийнятих коливань $\vec{y}(t)$ може бути обумовлена або одними завадами, або накладенням сигналів і завад:

$$\vec{y}(t) = \vec{n}(t, \vec{\lambda}_1) + A\vec{x}(t, \vec{\alpha}, \vec{\lambda}_2) \quad (14)$$

де $\vec{n}(t, \vec{\lambda}_1), A\vec{x}(t, \vec{\alpha}, \vec{\lambda}_2)$ - векторні реалізації завади і сигналу відповідно; $A = (1, 0)$ - множник, який враховує наявність ($A=1$) або відсутність ($A=0$) сигналу в векторі $\vec{y}(t)$; $\vec{\alpha}$ - вектор інформативних параметрів сигналу; $\vec{\lambda}_2$ - вектор неінформативних параметрів сигналу; $\vec{\lambda}_1$ - вектор випадкових параметрів зовнішньої завади $\vec{\lambda}_1, \vec{\lambda}_2 \in \vec{\lambda}$.

Багатоканальний виявлювач реалізує оцінку дискретного параметру

$$\hat{A}[\vec{y}(t) | \vec{\alpha}, \vec{\lambda}] = \begin{cases} 1(\text{"так"}), \\ 0(\text{"ні"}), \end{cases} \quad (15)$$

яка є функціоналом реалізації прийнятих коливань $\vec{y}(t)$.

Перед оптимізацією 2-х-альтернативного виявлення реалізується дискретизація прийнятих коливань, як функцій часу. Це дозволило перейти від випадкових функцій $\vec{y}(t)$ до випадкових багатовимірних величин та ввести щільності ймовірностей прийнятих реалізацій, як функцій багатьох змінних. При цьому, дискретизація в часі набувала самостійного значення при переході до цифрової обробки сигналів. За припущенням, що кожна з скалярних функцій $y_i(t)$ включатиме L часових дискретів, загальна кількість дискретів при M -канальному прийомі, $i = 1, 2, \dots, M$, складе $m = LM$. В цьому випадку рішення приймається за m -мірним рядком (стовпцем):

$$\vec{y}^T(t) = \|y_1(t) \quad y_2(t) \quad \dots \quad y_M(t)\| \quad (16)$$

В даному випадку вирішуючий функціонал (16) переходить у вирішальну функцію m скалярних змінних:

$$\hat{A}[\vec{y}(t) | \vec{\alpha}, \vec{\lambda}] = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \quad (17)$$

Для подолання апріорної невизначеності при виявленні і розпізнаванні прийнятої реалізації можуть бути використані навчальні вибірки реальних сигналів і завад. Однак специфіка завдань радіомоніторингу така, що доводиться вирішувати завдання виявлення і розпізнавання радіовипромінювань (РВ) при відсутності для них навчальних вибірок. Якщо в деякій M -елементній приймальній системі, розташованій в декількох пунктах прийому спостерігаються сигнали на тлі завад, то з усієї безлічі сигналів, що з'являються у визначеній багатоканальній системі, потрібно виділити і розпізнати N заданих сигналів, які представляють інтерес для РМ. При цьому фактично необхідно виявити, селектувати і розпізнати N заданих сигналів, а також віднести у $(N+1)$ -й клас сигнали, які не становлять інтерес для РК.

У деяких випадках радіомоніторингу (РМ) при появі сигналів із $(N+1)$ -го класу приймається рішення про те, що з'явилися нові невідомі радіовипромінювання (РВ), які підлягають подальшому аналізу з метою визначення виду і параметрів модуляції. При цьому приймається, що в M -елементній приймальній системі діє або один із заданих сигналів $x^i(t)$, або новий невідомий сигнал в адитивної суміші з завадою $n(t)$: $y(t) = x^i(t) + n(t), i = \overline{1, N+1}$, де $x^i(t)$ - сигнал, який визначається переданим повідомленням, видом оператора модуляції, видом і параметрами сигналу-переносника, типом кодування повідомлень.

При автоматизованому РК для низки заданих РВ можуть бути відомі чи отримані шляхом додаткових досліджень вид і параметри модуляції, вид кодування, імовірнісні характеристики повідомлення.

Для множини інших РВ, які не представляють інтересу для РМ і об'єднуються в $(N+1)$ -й клас невідомих РВ, імовірнісний опис відповідних їм сигналів невідомий і відсутні їх навчальні вибірки сигналів. В даному випадку припускалося, що невідомі РВ відрізняються від N заданих РВ.

Таким чином, по відношенню до РВ, які спостерігаються в M -канальній системі, приймається рішення на користь однієї з гіпотез:

$$H^i : y(t) = x^i(t) + n(t), i = \overline{1, N} - \text{діє одне з } N \text{ заданих РВ} \quad (18)$$

$$H^{N+1} : y(t) = x^i(t) + n(t), i = \overline{1, N+1} - \text{діє РВ із } (N+1) \text{ класу невідомих РВ.} \quad (19)$$

При цьому приймається, що в M -канальній системі спостереження сигнали відповідних класів надходять послідовно в часі, тобто на інтервалі моніторингу $(0, T_M)$ може діяти тільки один з сигналів з ймовірності появи P_i , при

цьому: $\sum_{i=1}^{N+1} P_i = 1$. Дана задача фактично являла собою задачу розпізнавання заданих

сигналів при наявності $(N+1)$ -го класу невідомих сигналів. Для вирішення завдання розрізнення (розпізнавання) N заданих сигналів запропоновано ввести векторний критерій якості, який враховує складові ймовірності помилки, а саме: $P_{ном}(N)$ – переплутування N заданих сигналів між собою; $P_{ном}(N+1/N)$ – прийняття гіпотези H^{N+1} у разі, коли діє один з N заданих сигналів; $P_{ном}(N/N+1)$ – прийняттям гіпотези про дію одного з N заданих сигналів, за умови, що діє сигнал із $(N+1)$ -го класу.

При цьому в роботі вирішене завдання максимізації сумарної імовірності правильного розпізнавання N заданих сигналів при фіксовану обсязі їх власної області. Вирішення цього завдання призвело до отримання вирішального правила:

$$H^i : \max_{l = \overline{1, N}} \left[\left(P_l \omega(y / x^l) \right) \right] \geq \lambda \quad (20)$$

$$P_l \omega(y / x^l) \geq_l \omega(y / x^i), l = \overline{1, N}, l \neq i \quad (21)$$

$$H^{N+1} : \max_{l=1, \overline{N}} \left[\left(P_i \omega(y/x^l) \right) \right] < \lambda \quad (22)$$

При виконанні (20) - (21) приймається рішення про дію одного з N заданих сигналів. Коли виконується (22), приймається рішення про дію невідомого сигналу з $(N+1)$ -го класу. Це вирішальне правило відноситься до класу небайєсовських правил прийняття рішень. Воно надає можливість вирішувати завдання розпізнавання РВ в багатоканальній системі радіомоніторингу, як нове завдання селекції і розрізнення сигналів. У випадку, коли враховуються помилки лише за рахунок переплутування $(N+1)$ - класу сигналів із N - відомими сигналами можна прийти до прийняття однієї з двох гіпотез:

$$H^N : \max_{l=1, \overline{N}} \left[\left(P_i \omega(y/x^l) \right) \right] \geq \lambda; \quad H^{N+1} : \max_{l=1, \overline{N}} \left[\left(P_i \omega(y/x^l) \right) \right] < \lambda \quad (23)$$

Вище наведені вирази являють собою вирішальне правило виявлення невідомих РВ на тлі стаціонарної завади. При цьому приймається рішення про те, що в M -канальній системі спостереження на тлі стаціонарної завади діє або невідоме РВ, або одне з N заданих РВ.

З моменту виявлення НДРВ, подальше накопичення просторово-часового сигналу від нього при прямолінійному русі НРПрМ мобільної системи радіоспостереження, на інтервалі часу радіомоніторингу, дозволяє підвищити точність оцінки азимуту джерела випромінювання:

$$\sigma_\beta = \left(k \left[0,88 \frac{\lambda}{\sqrt{\gamma^*} \mathcal{G} t_M} \right]^2 + \left(\beta \frac{0,001 \mathcal{G}}{\mathcal{G}} \right)^2 + 10^{-10} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (24)$$

де k - коефіцієнт пропорційності, який залежить від форми ДСА та способу виміру кутової координати β ; λ - довжина хвилі; β - азимут НДРВ; \mathcal{G} - швидкість руху НРПрМ; t_M - інтервал часу синтезування апертури (СА); γ^* - параметр виявлення радіовипромінювання з ймовірністю правильного виявлення $P_{ПВ} = 0,8$ при заданій ймовірності хибної тривоги $P_{ХТ} = 0,1$.

За умови наявності вхідної інформації про згладжені параметри траєкторій НРПрМ, швидкості їх руху та дистанції (d) й інтервалу (I) між ними на момент закінчення накопичення просторово-часового сигналу від НДРВ в роботі отримані вирази для визначення координат НДРВ, які мають вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \hat{x}_{(НДРВ)} = \hat{x}_{(НРПрМ)} - \left(\hat{r}_n^2(НРПрМ) - \hat{H}^2(НРПрМ) \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(1 - \left(\frac{c}{|V|_{(НРПрМ)}} \right)^2 \left[\frac{f_{np}}{f_n} - 1 \right]^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \\ \hat{y}_{(НДРВ)} = \hat{y}_{(НРПрМ)} + \left(\hat{r}_n^2(НРПрМ) - \hat{H}^2(НРПрМ) \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{c}{|V|_{(НРПрМ)}} \left[\frac{f_{np}}{f_n} - 1 \right] \end{array} \right. \quad (25)$$

де $\hat{x}_{(НДРВ)}$; $\hat{y}_{(НДРВ)}$ - згладжені значення координат НДРВ; $\hat{x}_{(НРПрМ)}$; $\hat{y}_{(НРПрМ)}$ - згладжені значення координат НРПрМ відносно якого визначалося місцезнаходження НДРВ на момент закінчення накопичення просторово-часового сигналу від нього; c – швидкість світла; f_{np} - вимірне значення частоти випромінювання НДРВ; f_n - визначене значення несучої частоти НДРВ; $|V|_{(НРПрМ)}$ - модуль швидкості руху НРПрМ за умови, що всі НРПрМ за час радіомоніторингу НДРВ рухаються з однаковими швидкостями.

Сукупність вище наведених наукових положень складає вирішення сформульованого наукового завдання за рахунок використання відповідної методики, блок-схема реалізації якої наведена на рис. 3.

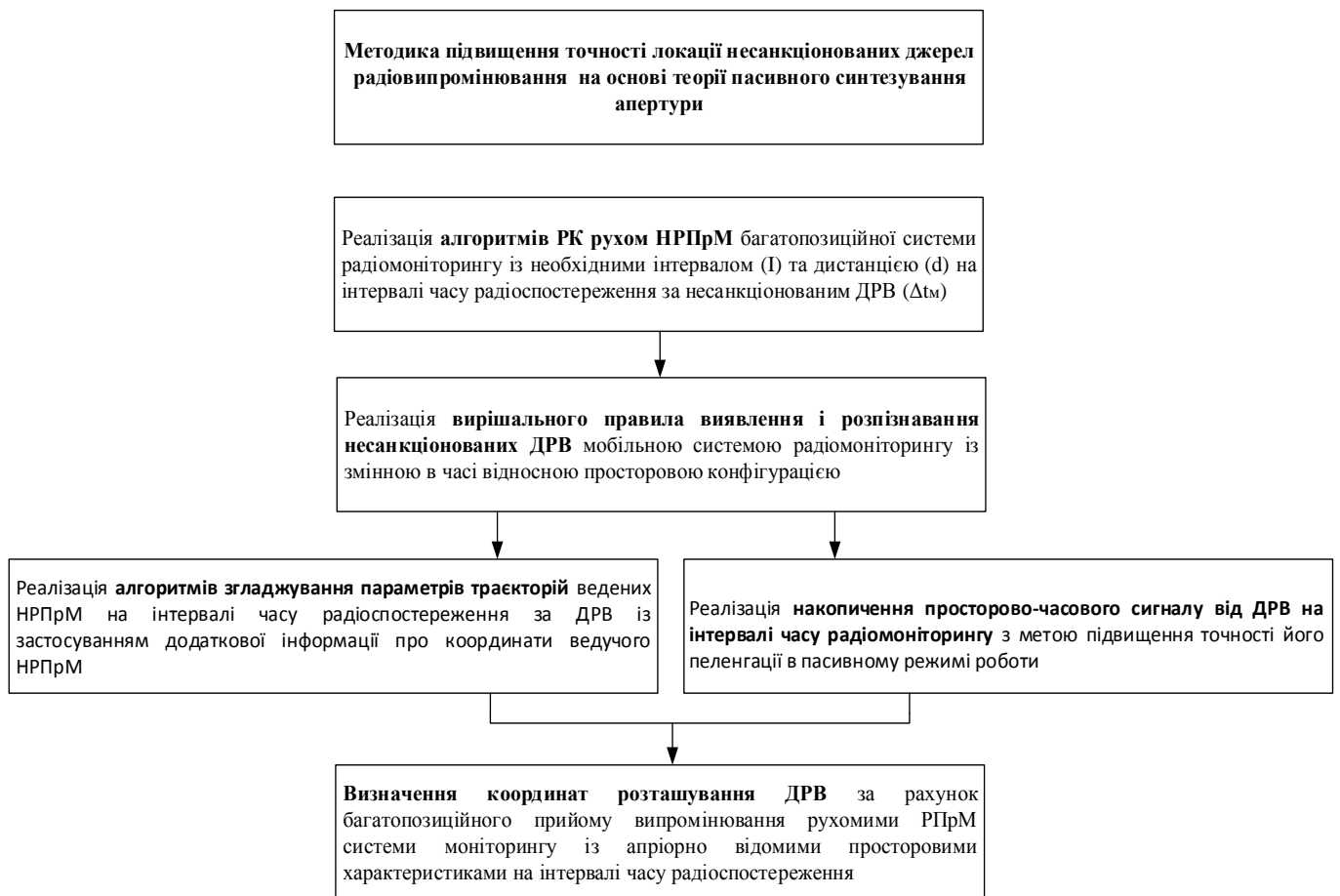


Рис.4 Блок-схема реалізації методики підвищення точності локації несанкціонованих НДРВ на основі теорії пасивного синтезування апертури

В третьому розділі дисертаційного дослідження проведена оцінка точності визначення координат НДРВ при застосуванні запропонованого науково-методичного апарату (рис. 5).

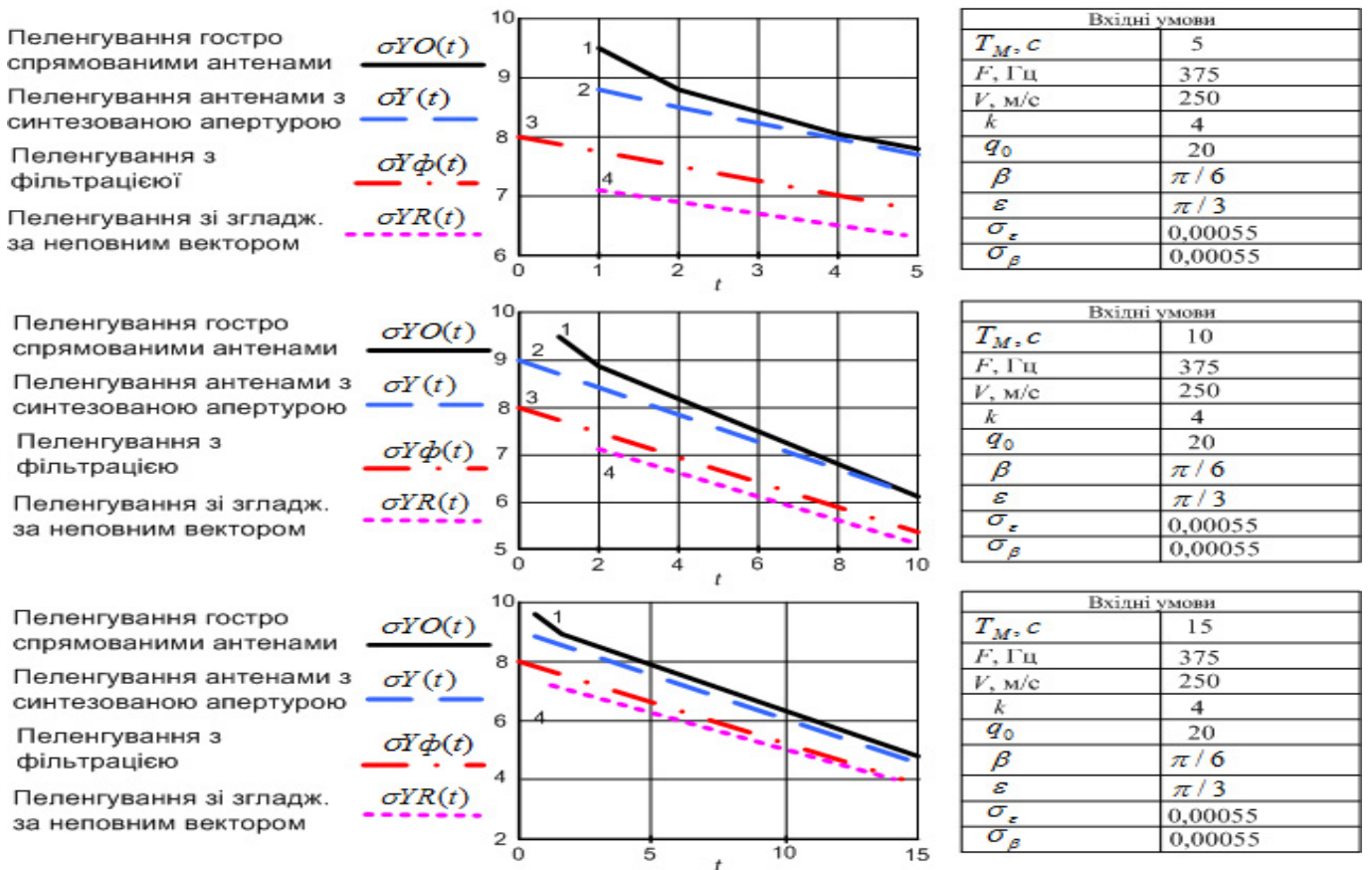


Рис. 5 Залежність СКП оцінювання прямокутних координат розташування НДРВ від часу моніторингу за ним (а – 5 с; б – 10 с; в – 15 с),

де 1 – залежність СКП визначення прямокутних координат НДРВ від часу моніторингу без реалізації процедури накопичення просторово-часового сигналу від нього; 2 – залежність СКП визначення прямокутних координат ДРВ від часу моніторингу із реалізацією процедури синтезу апертури антени рухомого радіоприймача; 3 – залежність СКП визначення прямокутних координат НДРВ від часу моніторингу із реалізацією процедури накопичення просторово-часового сигналу на інтервалі часу радіоспостереження та згладжування параметрів траєкторії носія радіолокаційного вимірювача; 4 – залежність СКП визначення прямокутних координат НДРВ від часу моніторингу із реалізацією процедури накопичення просторово-часового сигналу на інтервалі часу радіоспостереження та згладжування параметрів траєкторії носія радіолокаційного вимірювача при неповному векторі вимірів.

В результаті проведеної оцінки точності визначення координат НДРВ при реалізації запропонованої методики з'ясовано, що її застосування дозволяє підвищити точність визначення координат НДРВ до 34 % у порівнянні із однопозиційною системою спостереження в залежності від вхідних умов радіоспостереження на відносно коротких інтервалах часу (5 – 15с.) за рахунок багатопозиційного прийому траєкторного сигналу.

У четвертому розділі надані практичні рекомендації щодо застосування запропонованого в роботі науково-методичного апарату.

ВИСНОВКИ

Сукупність наукових положень, сформульованих і обґрунтованих у дисертаційній роботі, складає методика вирішення наукового завдання щодо підвищення точності локації несанкціонованих джерел радіовипромінювання за рахунок використання запропонованих математичних моделей і алгоритмів обробки просторово-часових сигналів в рознесеній багатопозиційній системі радіомоніторингу з синтезованими апертурами.

Основними науковими результатами, які отримані дисертантом особисто і виносяться на захист дисертації, є:

1. Розроблено модель багатопозиційної системи мобільного радіомоніторингу та проведено дослідження щодо доцільності її використання шляхом проведення кількісних оцінок ефективності обробки просторово-часових сигналів в залежності від геометрії польоту носіїв локаційних засобів, технічних характеристик окремих елементів системи, умов поширення радіохвиль в процесі формування локаційної інформації від джерел радіовипромінювання.

2. Розроблено вирішальне правило класифікації несанкціонованих джерел випромінювання системами радіомоніторингу із змінною в часі просторовою конфігурацією, яка на відміну від відомих, побудована на небайєсовських правилах прийняття рішень. Її використання надає можливість вирішувати завдання виявлення та розпізнавання радіовипромінювання в умовах багатоканального прийому інформації.

3. Модифіковано рівняння згладжування параметрів траєкторії ведених носіїв локаційних засобів за рахунок використання додаткової інформації про поточні координати ведучого носія, практичне використання яких дозволяє підвищити точність оцінки координат несанкціонованих джерел радіовипромінювання.

4. Удосконалено алгоритми радіокорекції траєкторій руху носіїв локаційних засобів, використання яких дозволяє реалізувати необхідну просторову конфігурацію системи спостереження для підвищення точності локації джерел радіовипромінювань.

5. Розроблено методику підвищення точності локації несанкціонованих джерел радіовипромінювання на основі теорії пасивного синтезування апертури, яка дозволяє підвищити точність визначення координат несанкціонованих джерел радіовипромінювання від 12 до 34 % у порівнянні із однопозиційною системою спостереження, в залежності від вхідних умов оцінювання на відносно коротких інтервалах часу (5 – 15с.) за рахунок багатопозиційного прийому просторово-часового сигналу.

Використання представлених результатів досліджень надають можливість здійснювати визначення координат несанкціонованих джерел радіовипромінювання із визначеною в роботі точністю і доцільні для практичної реалізації з метою покращення сучасної електромагнітної обстановки.

ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Корсун В.І. Simulation of a terahertz band wireless telecommunication system based on the use of ir-uwb signals / В. І. Корсун , Г.Л. Авдееенко, Т.М. Наритник, В. Г. Сайко. // Telecommunications and Radio Engineering. Vol. 78 – 2019. – С. 891–909.
2. Корсун В.І. Забезпечення цілісності інформації в мультисервісних мережах зв'язку / В. І. Корсун, Ю. В. Мельник, С. В. Панадій. // Зв'язок, №4– 2018. – С.33-36.
3. Корсун В.І. Моделювання інтерференційних завад в стільникових системах зв'язку міліметрового діапазону / В.І. Корсун, Я. А.Кременецька, О. Б. Дудка, С. В. Морозова. // Телекомунікаційні та інформаційні технології. №3 – 2018. – С.36-44.
4. Корсун В.І. Методика визначення місцезнаходження джерел радіозавад в умовах пасивної локації / [В. І. Корсун, В.А. Дружинін, К.А. Соколов та ін.]. // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. №3 – 2019 – С. 82-91.
5. Корсун В. І. Процедура виявлення і розпізнавання несанкціонованого випромінювання мобільними системами радіомоніторингу із апріорно визначеною просторово-часовою конфігурацією її рухомих радіоприймачів / В. І. Корсун. // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. №4 – 2019 – С.199-203.
6. Корсун В.І. Методика визначення координат стаціонарних джерел радіовипромінювання в умовах багатопозиційного прийому локаційної інформації / В. І. Корсун, М.М. Степанов, К.А. Соколов. // Загальногалузевий науково-виробничий журнал Зв'язок. №2– 2019. – С. 28–35.
7. Корсун В.І. Дослідження передавання модульованих IR-UWB сигналів системою радіозв'язку терагерцового діапазону / В.І. Корсун, Г. Л.Авдееенко, Т. М. Наритник, В. Г. Сайко. // Цифрові Технології. - №24 – 2018. – С.17-32.
8. Корсун В.І. Електромагнітна сумісність базових станцій систем мобільного зв'язку стандарту UMTS та широкосмугового радіодоступу: розробка, контроль, сертифікація / [В. І. Корсун, В. Ф. Корсак, Т. М. Наритник та ін.]. // Матеріали 3-ої Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми електромагнітної сумісності перспективних бездротових мереж зв'язку EMC 2017», м. Харків. – 2017. – С. 36–42.
9. Корсун В.І. Новітні рішення забезпечення електромагнітної сумісності базових станцій систем зв'язку у суміжних смугах частот / В.І. Корсун, В.Ф. Корсак, Т. М. Наритник, О. В. Лутчак. // 6-й Міжнародний Радіоелектронний Форум “Прикладна радіоелектроніка. Стан та перспективи розвитку” (МРФ-2017), м. Харків. – 2017. – С. 273–277.
10. Корсун В. І. Частотне забезпечення впровадження та розвитку мереж широкосмугового рухомого зв'язку в Україні. / В. І. Корсун. // Матеріали Регіонального семінару МСЕ «Тенденції розвитку конвергентних мереж: рішення пост-NGN, 4G і 5G», м. Київ, ДУТ, 17-18 листопада. – 2016. – С. 70–72.
11. Корсун В. І. Актуальні питання регулювання радіочастотного ресурсу України / В. І. Корсун. // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції

«Сучасні інформаційно-телекомунікаційні технології», м. Київ, ДУТ, 17-20 листопада 2015 року. – 2015. – С.33-34

12. Корсун В.І. Розрахунок енергетичного бюджету радіолінії телекомунікаційної системи терагерцового діапазону / Корсун В.І., Т. М. Наритник, В. Г. Сайко. // Тринадцята Міжнародна науково-технічна конференція «Перспективи телекомунікацій», ПТ-19, 15-19 квітня 2019 р., м. Київ. – 2019.

13. Корсун В. І. Technical aspects of harmonization for the use of radio frequency resource of Ukraine when implementing up-to-date and promising radio technologies / В.І. Корсун. // Семінар-практикум МСЕ для регіонів Європи та СНД «Інфраструктура інформаційно-комунікаційних технологій, як основа створення цифрової економіки», 14-16 травня 2019 р., ДУТ. – 2019.- С.58-59.

14. Корсун В. І. Geographic and population coverage measurement with digital public terrestrial wireless networks / В. І. Корсун, В. Г. Благодарний. // Семінар-практикум МСЕ для регіонів Європи та СНД «Інфраструктура інформаційно-комунікаційних технологій, як основа створення цифрової економіки», 14-16 травня 2019 р., ДУТ. – 2019. - С. 62-63.

15. Корсун В.І. The effect of low-grade repeaters on DCS1800 base station receivers in the frequency band 1710–1785 MHz / В.І. Корсун, В. Г. Благодарний. // Європейська конференція з електромагнітної сумісності EMC Europe 2019, вересень 2019 р., Барселона. – 2019. – С.290-293

АНОТАЦІЯ

Корсун В.І. Методика підвищення точності локації несанкціонованих джерел радіовипромінювання на основі теорії пасивного синтезування апертури – на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій. – Державний університет телекомунікацій, Київ, 2019.

У дисертаційній роботі вирішене наукове завдання розробки методики підвищення точності локації несанкціонованих джерел радіовипромінювання на основі теорії пасивного синтезування апертури, яке є актуальним та має важливе наукове і практичне значення.

Розроблено модель системи мобільного радіомоніторингу та проведено дослідження на предмет доцільності її використання шляхом проведення кількісних оцінок ефективності обробки траєкторних сигналів в залежності від геометрії польоту носіїв бортових локаційних засобів, технічних характеристик окремих елементів системи, умов поширення радіохвиль в процесі формування радіолокаційної інформації.

Розроблено вирішальне правило виявлення і розпізнавання несанкціонованих джерел радіовипромінювання системами радіомоніторингу із багатоканальним отриманням радіолокаційної інформації.

Розроблено модифіковане рівняння згладжування параметрів траєкторії ведених носіїв за рахунок використання інформації про поточні координати

ведучого носія на інтервалах часу, які визначаються тривалістю процесу радіоспостереження.

Удосконалено алгоритми радіокорекції траєкторій руху носіїв локаційних засобів на інтервалах часу, які визначаються тривалістю процесу радіоспостереження, використання яких надає можливість реалізувати необхідну просторову конфігурацію багатоканальної системи радіомоніторингу з метою синтезування її апертури та подальшого підвищення точності локації джерел радіовипромінювання.

Розроблено методику підвищення точності локації несанкціонованих джерел радіовипромінювання на основі теорії пасивного синтезування апертури.

Ключові слова: несанкціоноване джерело радіовипромінювання, мобільні системи радіомоніторингу, носій бортового локаційного засобу, синтезована апертура, команди радіокерування, параметри траєкторії руху, радіолокаційна інформація.

АННОТАЦІЯ

Корсун В.И. Методика повышения точности локации несанкционированных источников радиоизлучения на основе теории пассивного синтезирования апертуры - на правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 - радиотехнические устройства и средства телекоммуникаций. - Государственный университет телекоммуникаций, Киев, 2019.

В диссертационной работе решена научная задача по разработке методики повышения точности локации несанкционированных источников радиоизлучения на основе теории пассивного синтезирования апертуры.

Разработана модель системы мобильного радиомониторинга и проведено исследование на предмет целесообразности ее использования путем проведения количественных оценок эффективности обработки траекторных сигналов в зависимости от геометрии полета носителей бортовых локационных средств, технических характеристик отдельных элементов системы, условий распространения радиоволн в процессе формирования радиолокационной информации.

Разработано решающее правило обнаружения и распознавания несанкционированных источников радиоизлучения многоканальными системами радиомониторинга.

Разработаны модифицированные уравнения сглаживания параметров траектории ведомых носителей бортовых локационных средств за счет использования информации о текущих координатах ведущего носителя на интервалах времени, которые определяются длительностью процесса радионаблюдения.

Усовершенствованы алгоритмы радиокоррекции траекторий движения носителей бортовых локационных средств на интервалах времени, которые определяются длительностью процесса радионаблюдения, использование которых позволяет реализовать необходимую пространственную конфигурацию

многоканальной системы радиомониторинга с целью синтеза ее апертуры и дальнейшего повышения точности локации несанкционированных источников радиоизлучения.

Разработана методика повышения точности локации несанкционированных источников радиоизлучения на основе теории пассивного синтеза апертуры.

В диссертационном исследовании, на основании апробированного математического аппарата, получены оценки точности определения координат несанкционированных источников радиоизлучения при применении разработанной методики.

Ключевые слова: несанкционированный источник радиоизлучения, мобильные системы радиомониторинга, носитель бортового локационного средства, синтезированная апертура, команды радиоуправления, параметры траектории движения, радиолокационная информация.

ANNOTATION

Korsun V. The method of increasing the accuracy of the location of unauthorized sources of radio radiation based on the theory of passive synthesis aperture - Manuscript.

A thesis submitted in fulfillment of PhD in technical sciences in specialty 05.12.13 - radioengineering devices and telecommunications means. - State University of Telecommunications, Kyiv, 2019.

The scientific task of developing a technique to improve the accuracy of the location of unauthorized sources of radiation based on the theory of passive synthesis of aperture is solved in the dissertation.

A mathematical model of the mobile radio monitoring system has been developed and a study has been conducted on the feasibility of its use by conducting quantitative assessments of the effectiveness of the processing of trajectory signals depending on flight geometry of radio receivers, technical characteristics of certain elements of the system, conditions of radio waves propagation in the location data generation process.

A crucial rule has been developed for the detection and recognition of unauthorized sources of radio radiation by radio monitoring systems with multi-channel receipt of radar information. Modified equations have been developed to smooth the trajectory parameters of the on-board radio receivers by using information about the current coordinates of the lead carrier at time intervals, which are determined by the length of radio surveillance.

A method has been developed to improve the accuracy of the location of unauthorized sources of radiation based on the theory of passive synthesis of aperture.

Key words: unauthorized source of radio radiation, mobile radio monitoring systems, carrier of onboard radio receiving device, synthesized aperture, radio control commands, motion trajectory parameters, radar information.