

DOI 10.36074/logos-14.10.2022.08

МЕТОД УСУНЕННЯ ХИБНИХ ВИМІРІВ В БАГАТОПОЗИЦІЙНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ В УМОВАХ СКЛАДНОЇ ПОВІТРЯНОЇ ОБСТАНОВКИ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ КООПЕРАТИВНОГО ПРИЙОМУ ЕХО-СИГНАЛІВ

ORCID ID: 0000-0001-7080-909X

Трофимов Іван Миколайович

канд. техн. наук, старший дослідник,
начальник науково-дослідного відділу наукового центру Повітряних Сил
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

ORCID ID: 0000-0002-4589-7662

Гурін Ігор Олександрович

науковий співробітник
науково-дослідного відділу наукового центру Повітряних Сил
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

ORCID ID: 0000-0002-8144-6084

Сметана Євген Анатолійович

старший науковий співробітник
науково-дослідного відділу наукового центру Повітряних Сил
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

УКРАЇНА

Розглядається метод усунення хибних вимірів в багатопозиційних радіолокаційних системах (БП РЛС) в умовах складної повітряної обстановки за рахунок використання кооперативного прийому ехо-сигналів [1].

Хибні виміри виникають, коли в місці перетину двох або трьох променів оглядових РЛС, які об'єднані в двох або трьохпозиційну систему, знаходиться два і більше повітряних об'єкта (ПО) (рис. 1). На рис. 1 видно, що при наявності двох ПО в місці перетину двох променів оглядових РЛС, які об'єднані в двохпозиційну систему при використанні далекомірного методу визначення координат ПО, утворюється чотири сектори кіл дальностей [2]. Місцеположення ПО відповідає точкам перетинів цих секторів кіл дальностей. Перетин чотирьох секторів кіл дальностей створює чотири точки перетину, з яких дві точки відповідають дійсному положенню ПО, інші дві точки є хибними [3]. На рис. 1 дійсні виміри координат ПО зображені чорними точками, а хибні виміри обведені пунктирними лініями. Кількість хибних вимірів залежить від кількості виявлених ПО та кількості РЛС. Загальним виразом для максимальної кількості хибних вимірів g для n виявлених ПО при N приймально-передавальних позиціях (автономних РЛС) є:

$$g = (n^2 - n)(N^2 - N) / 2 \quad (1)$$

Метод усунення хибних вимірів в умовах складної повітряної обстановки має на меті зниження імовірності появи хибних відміток при знаходженні в зоні огляду БП РЛС двох і більше ПО. Хибні відмітки, які утворюються в РЛС, та за виглядом подібні відміткам від дійсних ПО, приводять до спотворення моделі повітряної обстановки, маскуванню дійсних цілей та збільшенню імовірності

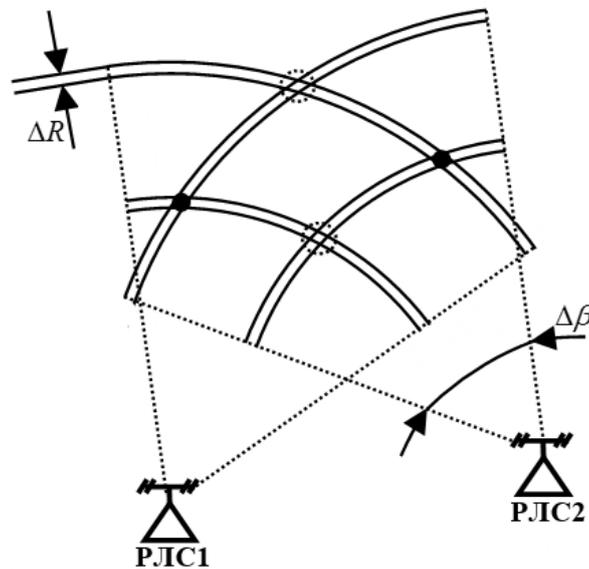


Рис. 1. Поява хибних вимірів при знаходженні в зоні огляду БП РЛС двох ПО

зав'язки хибних трас. Крім того велика кількість хибних відміток дезорієнтує споживачів РЛІ, перевантажує системи обробки РЛІ та ускладнює процес оцінювання повітряної обстановки.

На даний час відомий метод усунення хибних вимірів в БП РЛС полягає в забезпеченні отримання надмірності вимірів первинних параметрів за рахунок збільшення кількості приймально-передавальних позицій. Однак, в умовах обмеженої кількості приймально-передавальних позицій даний метод є таким, що важко реалізується.

Запропоновано метод усунення хибних вимірів, який ґрунтується на забезпеченні надмірності вимірів за рахунок використання кооперативного прийому ехо-сигналів та застосування сумарно-далекомірного методу визначення координат ПО, що дозволяє не збільшувати кількість приймально-передавальних позицій (автономних РЛС) [3].

В якості кількісного показника, що характеризує хибні виміри, запропоновано використовувати імовірність того, що розглядаємий перетин є хибним відносно БП РЛС. При розрахунку цієї імовірності використовується біноміальний розподіл (за формулою Бернуллі при використанні критерію виявлення " k із n ") [3]:

$$P_{FA} = \sum_{i=k}^n C_n^k P_{fa}^k (1 - P_{fa})^{n-k}, \quad (2)$$

де P_{FA} – імовірність того, що перетин є хибним відносно БП РЛС;

C_n^k – біноміальний коефіцієнт;

n – кількість ліній положення, яка може бути сформована в БП РЛС по одному ПО;

k – критерій виявлення (необхідна кількість перетинів ліній положення ПО в одній точці для прийняття рішення про виявлення ПО);

P_{fa} – імовірність того, що перетин є хибним відносно однієї РЛС, яка визначається за виразом [4]:

$$P_{fa} = P_n + P_e \cdot P_d \cdot (1 - P_n), \quad (3)$$

P_n – імовірність виникнення хибного перетину за рахунок перетину істинного сектору кола дальності з хибною лінією положення;

P_e – імовірності знаходження в одному секторі кола дальності однієї та більше цілей;

P_d – імовірності правильного виявлення ПО.

За виразом (2) розрахована імовірність появи хибних вимірів P_{FA} , при використанні відомого (за рахунок введення додаткової РЛС) та запропонованого (за рахунок введення додаткового приймального каналу) методів усунення хибних вимірів для різної кількості ПО, які знаходяться в зоні виявлення БП РЛС. Результати розрахунків при об'єднанні двох РЛС наведено на рис. 2, а) та при об'єднанні трьох РЛС наведено на рис. 2, б). На рис. 5 крива P_{FA1} відповідає використанню відомого методу, а крива P_{FA2} відповідає використанню запропонованого методу усунення хибних вимірів.

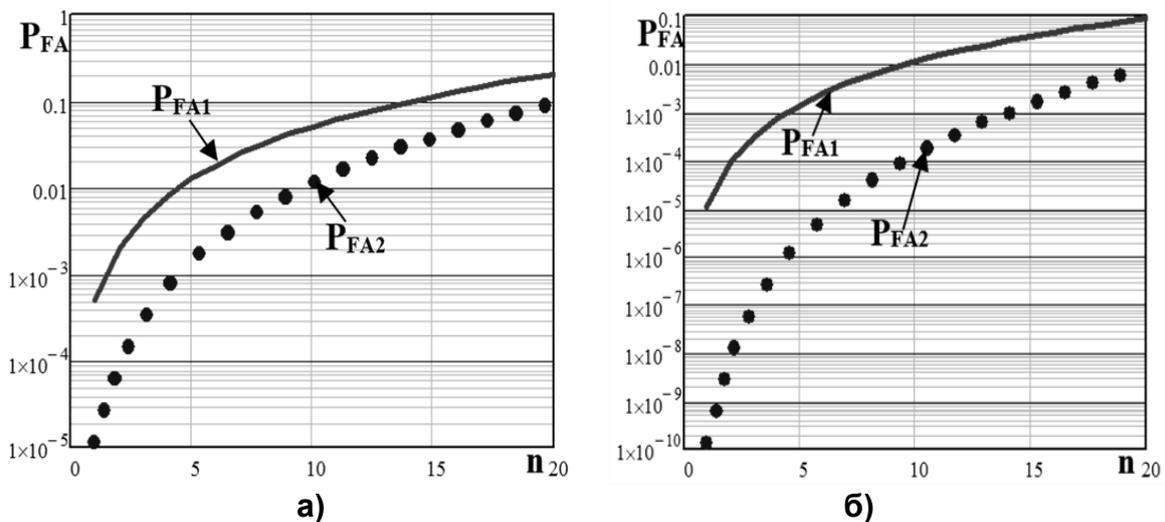


Рис. 2. Залежність імовірності появи хибних вимірів в БП РЛС від кількості ПО в зоні виявлення при використанні відомого (P_{FA1}) та запропонованого (P_{FA2}) методу усунення хибних вимірів в БП РЛС: а) дві приймально-передавальні позиції; б) три приймально-передавальні позиції

Результати статистичного моделювання використання запропонованого методу усунення хибних вимірів в двопозиційній радіотехнічній системі наведено на рис. 3 [5].

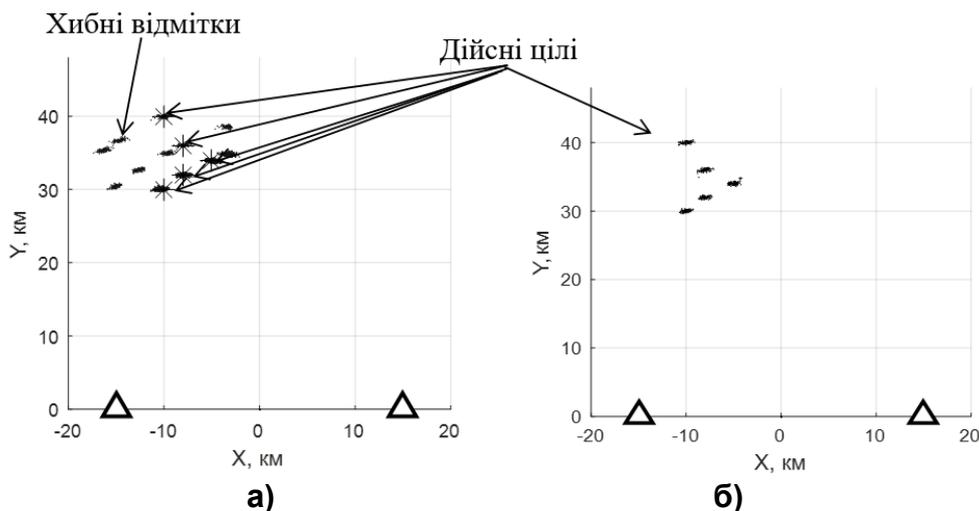


Рис. 3. Результати статистичного моделювання використання запропонованого методу усунення хибних вимірів в двохпозиційній радіолокаційній системі: а) використання далекомірною методом місцевизначення; б) сумісне використання далекомірною та сумарно-далекомірною методів місцевизначення

Таким чином, результати математичного розрахунку та проведеного статистичного моделювання підтверджують можливість використання запропонованого методу для усунення хибних вимірів в БП РЛС за рахунок реалізації кооперативного прийому ехо-сигналів, а не за рахунок збільшення кількості приймальних позицій [6]. В залежності від конфігурації БП РЛС та кількості ПО, які знаходяться в зоні виявлення БП РЛС, використання запропонованого методу забезпечує зменшення імовірності виникнення хибних вимірів від 2 разів та більше.

Список використаних джерел:

- [1] Multi-Static Primary Surveillance Radar – An examination of Alternative Frequency Bands [Electronic resource] / Dave Hill, Philip Galloway // Report of EUROCONTROL. – July 2008. – Issue 1.2. – 183 p. – Вилучено з: [http://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/nm/mspsr_tudyreport .pdf](http://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/nm/mspsr_tudyreport.pdf).
- [2] Levanon N. Radar signals / Nadav Levanon, Eli Mozeson. – New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2004. – 411 p. Вилучено з: <https://www.fractr.org/file/205437>
- [3] Willis N.J. Advances in Bistatic Radar / Nicholas J. Willis., Hugh D. Griffiths – Raleigh: SciTech Publishing, 2007. – 485 p. Вилучено з: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4579292>
- [4] Radar Handbook, Third Edition / Editor in Chief Merrill I. Skolnik. – USA : McGraw-Hill, 2008. – 1351 p. Вилучено з: <https://www.geo.uzh.ch/microsite/rsi-documents/research/SARlab/GMTILiterature/PDF/Skolnik90.pdf>
- [5] Barton D.K. Radar System Analysis and Modeling / David K. Barton. – Norwood : Artech House, Inc., 2005. – 545 p. Вилучено з: <https://us.artechhouse.com/Radar-System-Analysis-and-Modeling-P1721.aspx>
- [6] Черняк В.С. Многопозиционные радиолокационные системы на основе MIMO РЛС / В.С. Черняк // Успехи современной радиоэлектроники. – 2012. – №8. – С. 29–46. Вилучено з: <https://library.bmstu.ru/Catalog/Details/289400>.