

УДК 004.045:621.396.967.2

І.В. Свид, А.І. Обод

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМАМИ ШИРОКОЗОННОГО БАГАТОПОЗИЦІЙНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ

*Розглянуто методи й приводяться порівняльні показники якості інформаційного забезпечення користувачів системами широкозонного багатопозиційного спостереження. Показано, що використання активного та пасивного методів створення систем широкозонного багатопозиційного спостереження дозволяє суттєво збільшити як кількість методів рішення координатної задачі, так і підвищити якість інформаційного забезпечення користувачів.*

**Ключові слова:** інформаційне забезпечення користувачів, системи широкозонного багатопозиційного спостереження.

### Вступ

**Постановка проблеми та аналіз літератури.** Інформаційне забезпечення (ІЗ) споживачів, як правило, реалізується на базі єдиної інформаційної мережі (ЄІМ) існуючих систем спостереження (СС) країни. Створення ЄІМ здійснюється на принципах:

- єдиного координатно-часового забезпечення всіх інформаційних засобів мережі з необхідними показниками якості;
- розподіленої обробки інформації в інформаційних засобах мережі;
- вільного, але контрольованого, доступу споживача до необхідного джерела інформації, може забезпечити й надійне ІЗ споживачів і вирішити протиріччя окремих інформаційних засобів, що входять у мережу [1 – 3].

Створення ЄІМ на викладених принципах дозволяє включати різноманітні датчики інформації із взаємодоповнюючими характеристиками. Багато-датчикова концепція організації ЄІМ вже використовується при вирішенні деяких цивільних і військових прикладних завдань [4]. Безперечною перевагою об'єднання в мережу різних типів датчиків є підвищення надійності огляду й більш чітка оцінка навколишнього оточення. До таких датчиків інформації відносяться й системи широкозонного багатопозиційного спостереження (ШБС).

Системи ШБС здатні вирішувати координатне завдання за прийнятими сигналами літакових відповідачів (ЛВ), що розташовані на борту повітряного об'єкта (ПО).

**Мета роботи** – порівняльний аналіз показників якості ІЗ системами ШБС.

### Основна частина

Використання слабоспрямованої антени ЛВ для прийому сигналів запиту (СЗ) й випромінювання

сигналів відповіді (СВ) дозволяє спостерігати випромінювані сигнали рознесеними пунктами ШБС та забезпечує надійне рішення задачі оцінки координат ПО тобто забезпечення якісного ІЗ. Класифікацію методів рішення координатної задачі системами ШБС, представлено на рис. 1.

Система ШБС при вирішенні задач ІЗ може бути пасивною (без використання свого СЗ) чи активною (з використанням свого СЗ). В пасивних системах ШБС можливо використати тільки кутомірний і різницево-дальномірний методи визначення координат. При використанні активної системи ШБС для рішення задачі ІЗ можуть використатися всі вищевикладені методи. Крім того, може застосовуватися кутомірно-дальномірний метод, реалізований при використанні одного пункту системи ШБС, а також сумарно-дальномірний і кутомірно-сумарно-дальномірний, які можуть бути реалізовані при використанні декількох пунктів прийому системи ШБС. При цьому слід зазначити, що для реалізації кутомірно-дальномірного методу потрібна установка запитувача в пункті прийому системи ШБС, що демаскує останню. Два інших методи дозволяють реалізувати рознесений, стосовно пункту розташування запитувача, прийом СВ пунктами прийому системи ШБС. У цьому випадку зберігається основна перевага систем ШБС – скритність роботи. Запитувач системи, у цьому випадку, може мати слабоспрямовану антенну систему. При реалізації сумарно-дальномірного й кутомірно-сумарно-дальномірного методів моменти випромінювання СЗ повинні бути відомі приймальним пунктам системи ШБС. Це можна забезпечити при створенні синхронної мережі систем ШБС на основі єдиних шкал часу [1].

Проведемо порівняльний аналіз деяких методів рішення координатної задачі системою ШБС. Для проведення порівняльної оцінки різних методів рішення задачі ІЗ будемо розглядати вектор стану

$$\bar{W} = \|x \ y\|^T, \quad \mu = P_2 / P_1. \quad (2)$$

Будемо вважати, що вхідна у нього помилка має нульове середнє значення й матрицю коваріацій

$$\bar{P} = \begin{bmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_{xy} \\ \sigma_{xy} & \sigma_y^2 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Для порівняння точносних характеристик різних методів рішення координатної задачі обчислимо квадратні корені з детермінантів коваріаційних матриць, що відображають площу еліпсів помилок, тобто обчислюємо

З урахуванням (1) вираз (2) можна записати як

$$\mu = \sqrt{(\sigma_{x2}^2 \sigma_{y2}^2 - \sigma_{xy2}^2) / (\sigma_{x1}^2 \sigma_{y1}^2 - \sigma_{xy1}^2)}. \quad (3)$$

Одержимо вираз для коваріаційних матриць розглянутих методів рішення завдання ІЗ.

Для кутомірного методу вектор спостережуваних параметрів включає три азимуту  $\bar{\alpha} = \|\beta_i\|^T$  ПО з рознесених пунктів прийому системи ШБС. Перерахування кутових помилок у помилки положення дає:



Рис. 1. Класифікація методів рішення координатної задачі системами ШБС

$$\frac{1}{\sigma_x^2} = (1 - \rho_{xy}^2) H_{1i}, \quad \frac{1}{\sigma_y^2} = (1 - \rho_{xy}^2) H_{2i},$$

$$\rho_{xy} = - \frac{\sum_{i=1}^3 \left[ \frac{(x - x_i)(y - y_i)}{r_i^4 \sigma_{\beta_i}^2} \right]}{\sqrt{H_{1i} H_{2i}}}. \quad (4)$$

де:  $H_{1i} = \sum_{i=1}^3 \left[ \frac{(y - y_i)^2}{r_i^4 \sigma_{\beta_i}^2} \right]; \quad H_{2i} = \sum_{i=1}^3 \left[ \frac{(x - x_i)^2}{r_i^4 \sigma_{\beta_i}^2} \right];$   
 $r_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}.$

На рис. 2 представлені лінії рівної площі еліпсів помилок за результатами рівноточній пеленгації із трьох пунктів прийому, розташованих на одній прямій, що дорівнює дальності від центрального пункту прийому. Наведені розрахунки показали, що помилки збільшуються з віддаленням ПО від бази й від нормалі до бази.

Для кутомірно-дальномірного методу вектор спостережуваних параметрів  $\bar{\alpha} = \|r \ \beta\|^T$  характеризує дві полярні координати, що визначаються по пункту прийому системи ШБС, а вектор стану  $\bar{W} = \|x \ y\|^T$  – дві декартові координати на площині. Припустимо, що виміри параметрів вектора спостережуваних параметрів здійснюються з нульовим середнім значенням і дисперсіями  $\sigma_r^2$  й  $\sigma_{\beta}^2$ . Будемо

вважати, що помилки вимірів  $r$  і  $\beta$  малі стосовно дійсних значень вимірюваних величин.



Рис. 2. Точність кутомірного метода

При визначених припущеннях помилки виміру координат повітряних об'єктів мають нульові середні значення, а вираз, що визначає еліпс помилок, можна записати як

$$\frac{1}{\sigma_x^2} = (1 - \rho_{xy}^2) \left[ \frac{x^2}{r^2 \sigma_r^2} + \frac{y^2}{r^4 \sigma_{\beta}^2} \right],$$

$$\frac{1}{\sigma_y^2} = (1 - \rho_{xy}^2) \left[ \frac{x^2}{r^4 \sigma_{\beta}^2} + \frac{y^2}{r^2 \sigma_r^2} \right],$$

$$\rho_{xy} = - \frac{xy \left[ (1/\sigma_r^2) - (1/r^2 \sigma_{\beta}^2) \right]}{\sqrt{H_3 H_4}}, \quad (5)$$

$$H_3 = (x^2 / \sigma_r^2) + (y^2 / r^2 \sigma_\beta^2);$$

$$H_4 = (x^2 / r^2 \sigma_\beta^2) + (y^2 / \sigma_r^2).$$

На рис. 3 представлені лінії рівної площі еліпсів помилок за результатами кутомірно-дальномірних вимірів.

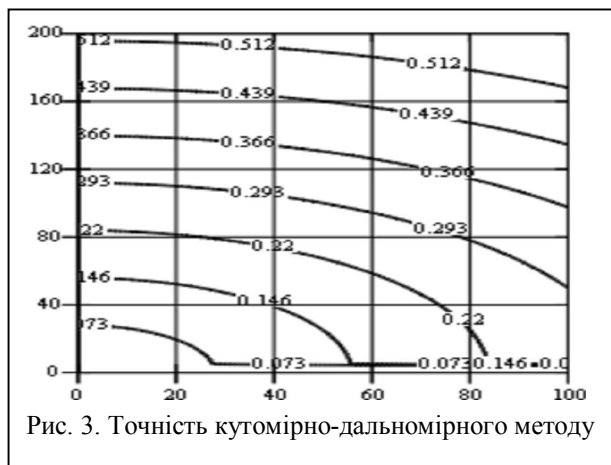


Рис. 3. Точність кутомірно-дальномірного методу

Представлені розрахунки показують значне зростання точності виміру координат ПО при використанні кутомірно-дальномірного методу. На рис. 4 представлені порівняльні показники якості виміру координат розглянутими методами відповідно до виразу (3).

Результати розрахунків (рис. 4) показують, що використання активних систем ШБС дозволяє реалізувати вимір координат ПО на одному приймальному пункті й підвищити точність виміру координат у десятки-сотні разів.

## Висновки

Отримані результати дозволяють зробити наступні висновки:

– використання активних систем ШБС значно розширює кількість методів рішення ІЗ споживачів;

– несанкціоноване використання відповідачів дозволяє вирішити координатне завдання однопозиційним і багатопозиційним методами;

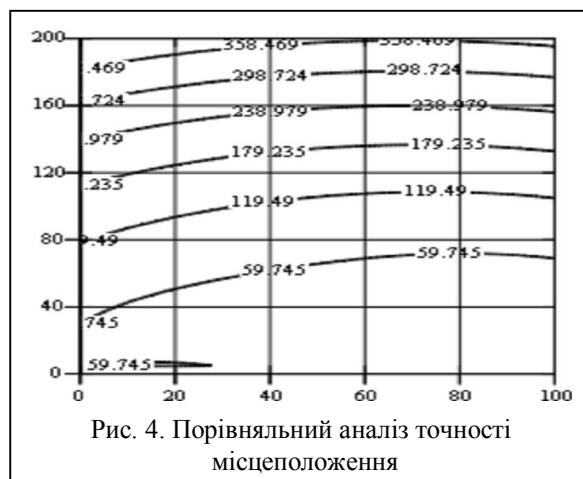


Рис. 4. Порівняльний аналіз точності місцеположення

– порівняльний аналіз показав, що точність оцінки координат ПО у розглянутій системі ШБС у десятки-сотні разів вище точності виміру координат в існуючій системі ШБС.

## Список літератури

1. Фарина А. Цифровая обработка радиолокационной информации / А. Фарина, Ф. Студер. – М.: Радио и связь, 1993. – 319 с.
2. Комплексне інформаційне забезпечення систем управління польотами авіації та протиповітряної оборони / [Ткачев В.В., Даник Ю.Г., Жуков С.А. і др.] – К.: МОУ, 2004. – 342 с.
3. Обод І.І. Інформаційна мережа систем спостереження повітряного простору / І.І. Обод, О.О. Стрельницький, В.А. Андрусевич. – Х.: ХНУРЕ, 2015. – 270 с.
4. Lok J.J. C for the air warrior / J.J. Lok // Jane's International Defense Review. – October 1999. – V.2. – P. 53-59.

Надійшла до редколегії 30.03.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.А. Серков, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СИСТЕМАМИ ШИРОКОЗОННОГО МНОГОПОЗИЦИОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ

И.В. Свид, А.И. Обод

*Рассмотрены методы и приводятся сравнительные показатели качества информационного обеспечения пользователей системами широкозонного многопозиционного наблюдения. Показано, что использование активного и пассивного методов создания систем широкозонного многопозиционного наблюдения позволяет существенно увеличить как количество методов решения координатной задачи, так и повысить качество информационного обеспечения пользователей.*

**Ключевые слова:** информационное обеспечение пользователей, системы широкозонного многопозиционного наблюдения.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE QUALITY INFORMATION SERVICES SYSTEMS WIDEBAND MULTIPOSITION OBSERVATIONS

I.V. Svyd, A.I. Obod

*The methods and provides comparative indicators of quality of the information systems provide users with a wide-band multi-point observations. It is shown that the use of active and passive methods of creating wide-multipoint systems monitoring can significantly increase the number of coordinate problem solving methods and improve the quality of information support of users.*

**Keywords:** informing of users, wide-multipoint system monitoring.