

Джус В. В.

РОЗДІЛЬНА ЗДАТНОСТІ МЕТОДІВ ПРОСТОРОВОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ПРИ ПЕЛЕНГАЦІЇ ПОСТАНОВНИКІВ ПЕРЕШКОД В УМОВАХ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ

Анотація. Активне застосування крилатих ракет з постановниками активних шумових перешкод в російсько-українській війні вимагає розширення арсеналу засобів радіоелектронної протидії. Існуючі радіолокаційні засоби мають недостатню роздільну здатність пеленгації таких перешкод. Для перспективних радіолокаційних засобів, що обладнані фазованими антенними решітками, доцільним шляхом суттєвого підвищення їх роздільної здатності є застосування сучасних “надрозділяючих” методів просторового спектрального аналізу. Дослідженню таких методів приділено багато уваги у науковій літературі останніх часів. У роботі описана математична модель, що забезпечує оцінку роздільної здатності пеленгатору, який реалізує методи лінійного передбачення та мінімальної дисперсії. Спектральні функції цих методів залежать від оцінок кореляційних матриць вихідних сигналів фазованих антенних решіток, отриманих по навчаючих вибірках обмеженого обсягу. За результатами математичного моделювання одержані кількісні показники роздільної здатності визначених методів просторового спектрального аналізу. Показана доцільність застосування розглянутих методів при пеленгації перешкод в складних умовах.

Ключові слова: просторовий спектральний аналіз, кореляційна матриця, фазована антенна решітка, постановник активних шумових перешкод.

Abstract. The active use of cruise missiles with directors of active noise interference in the Russian-Ukrainian war requires the expansion of the arsenal of radio-electronic countermeasures. Existing radar means have insufficient resolution of direction finding of such obstacles. For promising radar devices equipped with phased antenna arrays, the use of modern “super-separating” methods of spatial spectral analysis is expedient by significantly increasing their resolution. Much attention has been paid to the study of such methods in the scientific literature of recent times. The article describes a mathematical model that provides an estimate of the resolution of a direction finder that implements linear prediction and minimum variance methods. The spectral functions of these methods depend on the estimates of the correlation matrices of the output signals of the phased antenna arrays obtained by training samples of the adjacent volume. According to the results of mathematical modeling, quantitative indicators of the resolution of certain methods of spatial spectral analysis were obtained. The expediency of using the considered methods in direction finding obstacles in difficult conditions is shown.

Keywords: spatial spectral analysis, correlation matrix, phased array antenna, active noise interference setter.

Активне застосування засобами повітряного нападу російської федерації засобів постановки активних шумових перешкод при ударах по критичній інфраструктурі України вимагає створення сучасних радіолокаційних станцій з підвищеними можливостями по виявленню та розділенню таких постановників. У роботі обґрунтовано доцільність застосування у таких радіолокаційних станціях найбільш відомих методів просторового спектрального аналізу, а саме методів лінійного передбачення та мінімальної дисперсії в умовах обмеженого об’єму навчаючих вибірок.

Створена модель пеленгатору постановників активних шумових перешкод на основі відомих математичних моделей. Модель пеленгатору передбачає формування вихідних сигналів фазованої антенної решітки визначеного обсягу, яка приймає сигнали від двох постановників перешкод. На основі цих сигналів отримується оцінка кореляційної матриці вихідних сигналів фазованої антенної решітки. Сформована оцінка кореляційної матриці застосовується для розрахунку спектральних функцій методів просторового спектрального аналізу. По наявним випадковим спектральним функціям на основі обраного критерію розділення приймається

рішення про кількість розділених у даному експерименті постановників активних шумових перешкод.

Для оцінки якості методу просторового спектрального аналізу обрано показником імовірність правильного визначення кількості постановників перешкод. Для ситуації прийому сигналів від двох постановників, ця задача інтерпретується, як задачу розділення постановників перешкод. При проведенні дослідження аналізувався вплив обсягу навчаючої вибірки

На основі розробленої моделі пеленгатору постановників активних шумових перешкод отримані нові кількісні показники роздільної здатності сучасних методів просторового спектрального аналізу, а саме методів лінійного передбачення та мінімальної дисперсії, для складних умов виявлення та розділення існуючих постановників активних шумових, що застосовуються на крилатих ракетах, які застосовуються для ударів по критичній інфраструктурі України.

Методи, що розглядались, забезпечують розділення постановників перешкод у жорстких умовах просторового розташування постановників на відстані у 0,1 ширини діаграми спрямованості фазованої антенної решітки. При цьому кращі результати отримано методом лінійного передбачення, а саме при обсязі навчаючої вибірки 30 імовірність розділення збільшувалась майже до 0,9. Зі збільшенням потужності та кутової відстані між постановниками веде до суттєвого збільшення роздільної здатності методу мінімальної дисперсії. Безпосередньо при кутовій відстані між постановниками у 0,3 цей метод досягає імовірності правильного розділення 0,9 при обсязі вибірки у 30.

Реалізація розглянутих методів просторового спектрального аналізу доцільна на основі адаптивних решітчастих фільтрах.

Список використаних джерел:

1. Леховицкий Д. И. Адаптивные решетчатые фильтры для систем пространственно-временной обработки нестационарных гауссовых процессов. Изв. ВУЗов. Радиоэлектроника. 2018. Т. 61. № 11 (677). С. 607–645. <https://doi.org/10.20535/S0021347018110018>.
2. Dzhus V., Roshchupkin Y., Kukobko S., Herasymov S., Drob N., Trofymova M. Estimation of Noise Radiance Point Sources Multichannel Direction Finding Systems Resolution by Linear Prediction Method. Information Processing Systems. 2021. Issue 4 (167). P. 19-26. <https://doi.org/10.30748/soi.2021.167.02>.
3. energy spectra of reflections in pulse Doppler weather radars. Part 3. Statistical analysis of the reconstruction techniques of continuous spectrums of the reflections from meteorological objects. Radioelektronics and Communications Systems. 2017. Vol. 60, iss. 2. P. 47–79. <https://doi.org/10.20535/S0021347017020017>.
4. Herasimov S. Roshchupkin E. Parameters of monitoring the technical condition of airspace radio engineering monitoring systems. International scientific and practical conference “Application of information technologies in the preparation and operation of law enforcement forces” March 15, 2022. P. 31-32. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6791433>.
5. Herasimov S., Borysenko M., Roshchupkin E., Hrabchak V.I., Nastishin Yu.A. Spectrum Analyzer Based on a Dynamic Filter. Journal of Electronic Testing.Theory and Applications. 2021. Vol. 37, P. 357–368. <https://doi.org/10.1007/s10836-021-05954-0>.

Джус Володимир Всеволодович – доцент кафедри озброєння зенітних ракетних військ (зенітних ракетних комплексів середньої дальності) факультету зенітних ракетних військ Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська, буд. 77/79, інд. 61023, e-mail: vdzhus@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1762-1543>.

Dzhus Volodymyr Vsevolodovych – Candidate of Engineering Science, Associate Professor at the Department of Air Defense Missile Forces Armament (medium-range missile systems) of the Faculty of Air Defense Missile Forces at the Ivan Kozhedub National Air Force

University, Kharkiv, 77/79 Sumska Street, postal code 61023, e-mail: vdzhus@gmail.com
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1762-1543>.