

УДК 621.396.969

Гладун К.В.¹, Самойлик С.С.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² доц. НУ «Запорізька політехніка»

ВИМІРЮВАННЯ ВИСОТИ ЦІЛІ МЕТОДОМ MATRIX PENCIL

Вимірювання висоти цілей у радіолокаційних системах є ключовою задачею для моніторингу повітряного простору, особливо в умовах низької видимості або складного рельєфу. Одним із сучасних методів, що демонструє високу точність у таких задачах, є метод "Matrix Pencil". Цей метод дозволяє вирішувати задачі оцінки параметрів сигналів шляхом обробки багатопроміневих відбиттів і розділення сигналів у частотному домені.

Метод базується на використанні сингулярного розкладу матриць, які формуються з даних сигналу, отриманих за допомогою антенних решіток. Основні етапи робіт при застосуванні методу:

1) Формування матриці даних. Сигнали, що надходять, організовуються у вигляді спеціальних матриць.

2) Розкладання. Метод використовує сингулярне розкладання для виділення незалежних компонент сигналів.

3) Оцінка параметрів. Виділені компоненти аналізуються для визначення висоти цілі шляхом оцінки кута нахилу сигналу.

Перевагою методу "Matrix Pencil" є висока точність вимірювання, а саме, метод ефективно працює в умовах низьких кутів огляду, де багатопроміневі відображення значно впливають на сигнал.

Порівняно з алгоритмами, такими як MUSIC або ESPRIT, метод "Matrix Pencil" забезпечує швидшу обробку, за рахунок малої обчислювальної складності [1].

Також метод "Matrix Pencil" має високу адаптивність, що робить його придатним для використання у складних умовах, таких як нерівномірний рельєф або густий радіохвильовий шум.

Ще однією перевагою метода "Matrix Pencil" є знижена чутливість до перешкод, створених тепловими шумами [2].

Метод "Matrix Pencil" використовується у метрових і дециметрових радіолокаційних системах для: визначення низько летючих цілей, які можуть бути приховані через багатопроміневі відбиття; оцінки висоти об'єктів у складних топографічних умовах; підвищення точності в системах з малою шириною променя.

Приклади реалізації методу є роботи [3]-[4]. У роботі [3] досліджується застосування методу для вимірювання висоти за складних умов. Метод використовує комбіновані алгоритми "Matrix Pencil" і MUSIC, які демонструють підвищену точність та зменшення обчислювальної складності. У роботі [4] автори пропонують ефективний алгоритм для оцінки низьких кутів місця в умовах багатопроміневої для МІМО-радарів. Метод базується на методі

"Matrix Pencil" і має на меті подолання проблем, пов'язаних із відбиттями сигналів від поверхні, що можуть призводити до помилок в оцінці кута.

Таким чином метод "Matrix Pencil" є перспективним інструментом для вимірювання висоти цілей у складних умовах. Завдяки точності, низькій обчислювальній складності та адаптивності він широко застосовується в сучасних радіолокаційних системах. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на інтеграцію цього методу з технологіями штучного інтелекту для автоматизації процесів обробки сигналів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Pedenko Yu. A. Use of matrix pencil method for radar measurement of elevation angle of low-altitude targets over disturbed sea surface // Radioelectronics and Informatics. 2018. Vol. 23, No. 1. P. 10–18. DOI: 10.15407/rej2018.01.010.

2. Sarkar T. K., Pereira O. Using the matrix pencil method to estimate the parameters of a sum of complex exponential. IEEE Antennas Propag. Mag. 1995. Vol. 37, N 1. P. 48–55.
3. Song, Y., Zheng, G. Height measurement for meter wave polarimetric MIMO radar with electrically long dipole under complex terrain. Remote Sensing, 2023, 15(5), p.1265. DOI:10.3390/rs15051265.
4. Xi E Rong, Liu Zheng, Liu Jun. Fast algorithm for low elevation estimation based on matrix pencil in MIMO radar[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2011, 33(8): 1833–1838. DOI: 10.3724/SP.J.1146.2010.01242.