

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ПЕЛЕНГАЦІЇ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Борейко О.О.

Науковий керівник – к.т.н., проф. Коритцев І.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки (61166, Харків пр.

Науки, 14, каф. МІРЕС, тел. (057) 702-15-87)

e-mail: d_res@nure.ua

The paper is devoted to a reliable information extraction by a passive sodar with a microphone array. The main attention is paid to the efficiency of target bearing estimation algorithms and to the targets resolution. The investigation is carried out by use such methods, as Bartlett's, Capone's and the cross-correlation function method, which are presented with their bearing characteristics and resolution parameters. The results show that in real acoustic systems for detecting small targets, namely unmanned air vehicles, and defining a bearing on them, the microphone array represents a powerful tool.

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) отримали широке поширення і застосування у багатьох областях людської діяльності. Вони можуть виконувати широкий набір корисних функцій, але при цьому можуть нести значну фізичну або інформаційну загрозу у військовій області, господарчій діяльності, приватному життю людей [1], [2]. У відповідності до цього з'являються задачі виявлення, оцінки координат та параметрів руху (зокрема, оцінки кутових координат – пеленга), а також розпізнавання класу БПЛА за їхнім акустичним випромінюванням (АВ).

Значні можливості по виявленню та вимірюванню координат БПЛА відкриваються при використанні багатоелементних мікрофонних решіток (МР). Така система має переваги перед системою з одним мікрофоном, оскільки дозволяє здійснювати автоматичне підстроювання характеристик у відповідності до умов приймання сигналів, що змінюються [3].

Для лінійної мікрофонної решітки, яка складається з N елементів та приймає сигнали від M джерел випромінювання з відомими кутами приходу, вихідний сигнал буде мати вигляд [3]

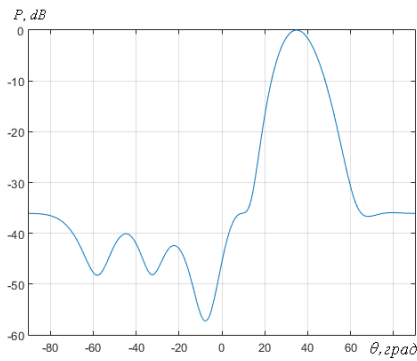
$$x(t) = \sum_{m=1}^M S(\theta_m) S_m(t) + n(t), \quad (1)$$

де $S(\theta)_m$ - направляючий вектор; $x(t) = [x_1(t), \dots, x_m(t)]^T$ – вектор сигналів на виході елементів АМР; $n(t)$ – вектор акустичних шумів.

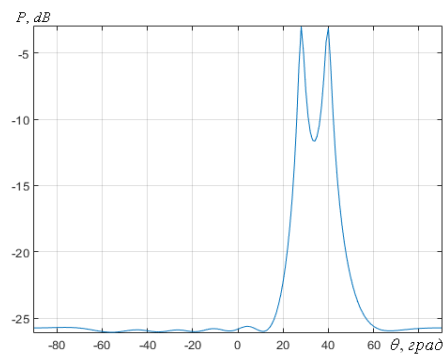
Задача пеленга і кутового розрізнення зводиться до визначення координат θ_i джерела акустичного випромінювання, а також їхньої кількості M .

Були досліджені методи Бартлетта (МБ), надрозрізнення Кейпона (МК) та метод взаємної кореляційної функції (МВКФ), що являються найбільш поширеними при пеленгуванні.

На рис. 1 наведені результати виконання задачі пеленгування з використанням класичного МБ і методу надрозрізнення Кейпона (МК). Результати отримані для однакових умов моделювання – використовується мікрофонна решітка з чотирьох елементів, напрямки приходу корисного сигналу 30 та 40 градусів.



a)



b)

Рисунок 1 – Просторові спектри для оцінки напрямків джерел сигналів
а) – з використанням МБ; б) – з використанням МК.

Пеленгаційна характеристика для метода МВКФ наведена на рис. 2.

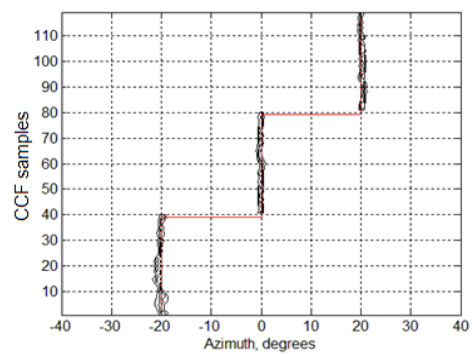
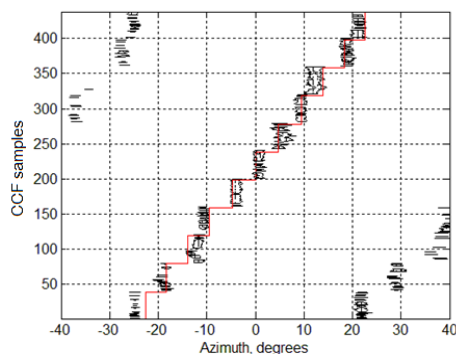


Рисунок 2 – Визначення відносних кутів пеленгу за МВКФ
а) – вузькосмугове АВ; б) – широкосмугове АВ.

Порівняння наведених результатів приводить до наступного якісного висновку: методи нелінійного спектрального аналізу або методи надрозрізнення у порівнянні з класичними методами забезпечують значно краще кутове розрізнення і точність пеленгування.

Однак більш ефективним є МВКФ, який не потребує смугової фільтрації, використовує усю енергію акустичного сигналу і має похибку не більш $\pm 1^\circ$ при високому просторовому розрізненні. Максимальна похибка вимірювання пеленгу за алгоритмом МВКФ не перевищує $\pm 2^\circ$ в умовах експерименту.

Перелік посилань:

1. Кошкин Р.П. Беспилотные авиационные системы. – М.: Изд-во «Стратегические приоритеты», 2016. – 676 с.
2. Kartashov, V.M., Oleynikov, V.N., Sheiko, S.A., Koryttsev, I.V., Babkin, S.I., Zubkov, O.V., Anokhin, M.A. Information characteristics of sound radiation of small unmanned aerial vehicles // Telecommunications and Radio Engineering.- New York. – 2018.- Vol. 77, №10.- pp.915-924.
3. Монзинго Р.А., Миллер Т.У. Адаптивные антенные решётки. Введение в теорию: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986. – 448 с.