

І.М. Сашук, к.т.н., с.н.с.

Р.М. Жовноватюк, к.т.н.

С.І. Болобан, к.т.н.

*Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова
Національного авіаційного університету*

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ МОДУЛЯ ВЕКТОРА ЛІНІЙНОЇ ШВИДКОСТІ ДЖЕРЕЛА РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПАСИВНОЮ СИСТЕМОЮ РАДІОМОНІТОРИНГУ

У статті розроблено методику визначення модуля вектора лінійної швидкості рухомого джерела радіоелектронного випромінювання пасивною системою радіомоніторингу наземного базування. Запропонована методика дозволяє розв'язувати задачу визначення одного з важливих параметрів руху об'єктів у просторі. Розглянуто можливість використання ітераційного підходу для визначення модуля вектора лінійної швидкості джерела радіоелектронного випромінювання.

Постановка проблеми. На теперішній час виконання завдань щодо забезпечення військово-політичного керівництва країни інформацією, що необхідна для прийняття важливих рішень у сфері національної безпеки й оборони, не можливе без використання систем радіомоніторингу різного призначення [1]. Такі радіотехнічні системи оцінюють різноманітні параметри джерел радіоелектронного випромінювання (ДРВ), велика кількість яких є рухомими повітряними об'єктами. У цьому випадку перед системою радіомоніторингу постає завдання визначення динамічних параметрів ДРВ, зокрема, його лінійної швидкості.

Задача визначення модуля вектора лінійної швидкості повітряних об'єктів може бути розв'язана методами, що базуються на ефекті Доплера [2]. Слід зазначити, що підходи до реалізації цих методів в активних радіотехнічних системах розроблені на достатньому рівні. Проте вимірювання модуля вектора лінійної швидкості ДРВ у контексті виконання завдань щодо захисту важливих об'єктів від нападу з повітря вимагає застосування для цього пасивних систем радіомоніторингу (ПСР) [3]. При цьому залишаються невирішеними деякі питання реалізації методів оцінювання параметрів руху ДРВ у просторі ПСР з використанням ефекту Доплера.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі методи визначення модуля вектора лінійної швидкості ДРВ ПСР потребують наявності рухомих пунктів прийому [4] та проведення багаторазового приймання корисного сигналу [5]. У випадку використання рухомих пунктів прийому потрібно, щоб база між пунктами ПСР і вектори їх швидкості були відомими. Якщо такої інформації немає, варто передбачати можливість вимірювання зазначених параметрів. Необхідність багаторазового приймання корисного сигналу може призводити до появи похибок другого роду. При цьому вказані методи [4, 5] оцінки параметрів повітряних об'єктів дозволяють визначати модуль вектора радіальної, а не лінійної швидкості ДРВ і тільки на площині, що є недостатнім для ефективного захисту важливих об'єктів від повітряного нападу.

Таким чином, **метою статті** є вирішення актуального питання розробки методики визначення модуля вектора лінійної швидкості рухомого повітряного ДРВ у просторі пасивною системою радіомоніторингу наземного базування.

Викладення основного матеріалу. Нехай ПСР має у своєму складі три пункти прийому наземного базування A, B, C . Задамо прямокутну систему координат так, як показано на рисунку 1.

Координати пунктів ПСР $A(x_1, y_1, z_1), B(x_2, y_2, z_2), C(x_3, y_3, z_3)$ апіорно відомі. У певний момент часу одним із відомих методів [4] ця система визначає координати ДРВ $M(x, y, z)$ та вимірює частоти f_1, f_2, f_3 прийнятих сигналів, що є реалізацією сигналу, що випромінюється або відбивається ДРВ.

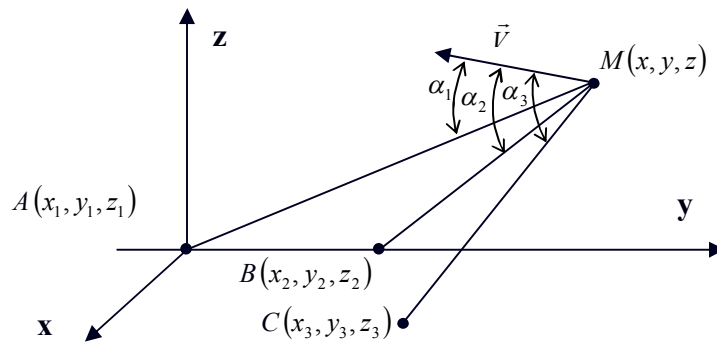


Рис. 1. Положення ДРВ відносно пунктів ПСР

Необхідно визначити величину модуля вектора лінійної швидкості ДРВ $|\vec{V}|$.

Через ефект Доплера частоти прийнятих у пунктах ПСР сигналів будуть відрізнятися ($f_1 \neq f_2 \neq f_3$) і можуть бути визначені за формулою:

$$f_i = f_0 + f_0 \frac{|\vec{V}| \cos \alpha_i}{c}, \quad i = \overline{1, 3}, \quad (1)$$

де f_0 – несуча частота сигналу, що випромінює ДРВ; α_i – кут між напрямом на i -й пункт ПСР із ДРВ і напрямом вектора лінійної швидкості ДРВ; c – швидкість розповсюдження сигналу.

Запишемо вираз (1) у формі рівняння:

$$f_i - f_0 \left(1 + \frac{|\vec{V}| \cos \alpha_i}{c} \right) = 0, \quad (2)$$

розв’язок якого відносно модуля вектора лінійної швидкості ДРВ подамо у вигляді ітераційного виразу:

$$|\vec{V}| = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \arg \min_{\substack{V_j \in [V_{\min}; V_{\max}] \\ f_k \in [f_{\min}; f_{\max}]}} \left(f_i - f_k \left(1 + \frac{V_j \cos \alpha_i}{c} \right) \right)^2, \quad (3)$$

де V_j – плинне значення швидкості, що змінюється в інтервалі $[V_{\min}; V_{\max}]$; f_k – плинне значення частоти, що змінюється в інтервалі $[f_{\min}; f_{\max}]$.

Кути α_i можуть бути розраховані відповідно до методики, викладеної в [5].

Залежно від типу повітряного об’єкта, що є джерелом сигналу, який приймається в пунктах ПСР, задається інтервал значень модуля вектора лінійної швидкості ДРВ:

$$|\vec{V}| \in [V_{\min}; V_{\max}],$$

де V_{\min}, V_{\max} – мінімальне і максимальне значення швидкості руху ДРВ, що визначаються відповідно до тактико-технічних характеристик аеродинамічного об’єкта, параметри якого оцінюються.

Інтервал значень частот $f_k \in [f_{\min}; f_{\max}]$ розраховується відносно заданого максимального значення швидкості руху ДРВ та виміряного значення частоти прийнятого сигналу за формулами:

$$f_{\min} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 f_i \left(1 - 2 \frac{V_{\max}}{c} \right), \quad (4)$$

$$f_{\max} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 f_i \left(1 + 2 \frac{V_{\max}}{c} \right). \quad (5)$$

Розроблена методика визначення модуля вектора лінійної швидкості ДРВ може бути модифікована для випадку, коли ПСР має n пунктів прийому корисного сигналу. У цьому випадку вирази (3)–(5) відповідно матимуть вигляд:

$$|\bar{V}| = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \arg \min_{\substack{V_j \in [V_{\min}; V_{\max}] \\ f_k \in [f_{\min}; f_{\max}]}} \left(f_i - f_k \left(1 + \frac{V_j \cos \alpha_i}{c} \right) \right)^2,$$

$$f_{\min} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_i \left(1 - 2 \frac{V_{\max}}{c} \right),$$

$$f_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_i \left(1 + 2 \frac{V_{\max}}{c} \right).$$

Висновки. Таким чином, у статті отримано методику оцінювання модуля вектора швидкості ДРВ ПСР наземного базування. Зазначимо, що такий недолік ітераційного підходу, як велика кількість обчислень та значний час обробки даних, за рахунок великої швидкості дії сучасних обчислювальних засобів перестає бути принциповим, і з'являється можливість реалізації запропонованої методики на базі цифрових систем обробки інформації.

Напрямок подальших досліджень слід вважати оцінювання ефективності розробленої у статті методики щодо точності та однозначності отриманих у результаті її використання даних.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Довідник з протиповітряної оборони / *А.Я. Торпчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник та ін.* – К. : МО України; Х. : ХВУ, 2003. – 368 с. : іл.
2. *Сосулин Ю.Г.* Теоретические основы радиолокации и радионавигации : учеб. пособие. / *Ю.Г. Сосулин.* – М. : Радио и связь, 1992. – 304 с.
3. *Сацук І.М.* Методика визначення місцеположення рухомих об'єктів / *І.М. Сацук, Р.М. Жовноватюк* // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем : зб. наук. праць. – Житомир : ЖВІ НАУ, 2009. – Вип. 2. – С. 170–174.
4. *Кондратьев В.М.* Многопозиционные радиотехнические системы / *В.М. Кондратьев, А.Ф. Котов, Л.Н. Марков.* – М. : Радио и связь, 1986. – 264 с.
5. *Жовноватюк Р.М.* Визначення параметрів рухомих джерел випромінювання пасивними системами радіомоніторингу / *Р.М. Жовноватюк* // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К. : ВІКНУ, 2007. – Вип. 8. – С. 72–80.

САЦУК Ігор Миколайович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, заступник начальника Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету з навчальної та наукової роботи.

Наукові інтереси:

- проблеми створення складних інформаційних систем;
- алгоритми визначення місцеположення джерел випромінювання.

ЖОВНОВАТЮК Руслан Михайлович – кандидат технічних наук, науковий співробітник наукового центру Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

- розробка алгоритмів обробки інформації в радіоелектронних системах спеціального призначення.

БОЛОБАН Сергій Іванович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник наукового центру Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

- проблеми функціонування систем радіоелектронного моніторингу;
- розробка методів та алгоритмів обробки сигналів.

Подано 10.11.2010