

МОДЕЛЮВАННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМ У MATLAB

аспірант Серіков А.О., доц., к.т.н. Свид І.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки,

кафедра МТС, м. Харків, Україна

e-mail: anton.sierikov1@nure.ua, iryna.svyd@nure.ua

Abstract. The peculiarities of using the Matlab application program package for the study of radar systems as components of airspace control, control and surveillance of airspace are considered. It is shown that Matlab is a flexible and powerful package that allows for mathematical and simulation modeling of practical guidance.

Вступ. Радіолокаційні системи займають вагоме місце у системах управління повітряним простором, контролю повітряного простору та спостереження повітряного простору [1-4].

Радіолокаційне спостереження визначається як спосіб своєчасного виявлення повітряних об'єктів (ПО) та визначення їхнього місцезнаходження (а за потреби й отримання додаткової інформації, що стосується ПО) і своєчасного надання цієї інформації користувачам, щоб забезпечити підтримку безпечного управління, виходячи з визначеної сфери інтересів [5-14].

Основна частина. Для дослідження та моделювання радіолокаційних систем можна використовувати Matlab [15]. Цей пакет прикладних програм містить велику кількість вбудованих функцій спрямованих на моделювання радіолокаційних систем та окремих вузлів, що мають змінні параметри.

Розглянемо деякі функції. Функція *radar_eq.m* реалізує радіолокаційні втрати, що визначаються, як зменшення загального відношення сигнал/завада. Синтаксис такий:

$$[snr] = radar_eq(pt, freq, g, sigma, te, b, nf, loss, range).$$

Основні параметри функції наведено у табл. 1.

Функція *radar_eq.m* розроблена таким чином, що вона може приймати одне значення для вхідного діапазону або вектор, що містить багато значень діапазону.

Також можна легко змінити функцію Matlab *radar_eq.m*, щоб вона вирішувала рівняння для максимальної дальності виявлення, як функції мінімально необхідного відношення сигнал/завада (SNR) для заданого набору параметрів радара.

Таблиця 1 – Параметри функції radar_eq.m

Знак	Опис	Одиниці виміру	Статус
<i>pt</i>	пікова потужність	Ватт (Watts)	Введення
<i>freq</i>	центральна частота радара	Герц (Hz)	Введення
<i>g</i>	посилення антени	Децибел (dB)	Введення
<i>sigma</i>	цільовий поперечний переріз	Метри квадратні (m ²)	Введення
<i>te</i>	ефективна шумова температура	Кельвін (Kelvin)	Введення
<i>b</i>	пропускна здатність	Герц (Hz)	Введення
<i>nf</i>	коефіцієнт шуму	Децибел (dB)	Введення
<i>loss</i>	втрати радіолокації	Децибел (dB)	Введення
<i>range</i>	цільовий діапазон (може бути або одиничним значенням, або вектором)	Метри (meters)	Введення
<i>snr</i>	SNR (одиничне значення або вектор, в залежності від вхідного діапазону)	Децибел (dB)	Вихідні дані

Крім того, рівняння радіолокатора

$$SNR_0 = \frac{P_t G^2 \lambda^2 2\sigma}{(4\pi)^3 k T_e B F L R^4} \quad (1)$$

можна модифікувати для обчислення ширини імпульсу, необхідного для досягнення певного відношення сигнал/завада для даного діапазону виявлення. У цьому випадку радіолокаційне рівняння можна записати як

$$\tau = \frac{(4\pi)^2 k T_e F L R^4 SNR}{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}. \quad (2)$$

Такий запис для моделювання може бути корисний для наступної ситуації. Радарні системи часто використовують кінцеву кількість імпульсів для виконання всіх призначених режимів роботи. Деякі з цих сигналів використовуються для пошуку та виявлення, інші можуть використовуватися для відстеження, тоді, як обмежена кількість ширококутових сигналів може використовуватися для розрізнення цілі. Під час пошукового режиму роботи, наприклад, виявлення певної цілі з певним значенням характеристики відбиваючої здатності (RCS) цілі встановлюється на основі заздалегідь визначеної ймовірності виявлення P_D . Ймовірність виявлення, P_D , використовується для обчислення необхідного відношення сигнал/завада виявлення.

Після обчислення необхідного відношення сигнал/завада, рівняння (2) можна використати для знаходження найбільш підходящого імпульсу (або хвилі), який досягає необхідного відношення сигнал/завада (або

еквівалентно необхідного P_D). Часто може бути так, що жоден з доступних радіолокаційних сигналів не може гарантувати мінімально необхідне відношення сигнал/завада для конкретного значення RCS у певному діапазоні виявлення. У цьому випадку радар повинен чекати, поки ціль не підійде достатньо близько в діапазоні, щоб встановити виявлення, інакше можна використовувати імпульсну інтеграцію (когерентну або некогерентну). В якості альтернативи можна використовувати кумулятивну ймовірність виявлення.

Висновки. Контроль повітряного простору став однією з найважливіших задач усіх країн світу, як кожної окремо, з точки зору забезпечення їх національної безпеки і оборони, так і усіх разом, з точки зору забезпечення безпеки польотів авіації і поєднання міжнародних зусиль у боротьбі з тероризмом у цій сфері.

Для розвитку радіолокаційних систем на етапі дослідження, модернізації, оновлення тощо доцільно використовувати пакет прикладних програм Matlab. Що дозволить забезпечити проведення якісних науково-практичних досліджень.

Список використаних джерел.

1. Свид І. В., Обод І. І. Завадостійкість радіолокаційних систем ідентифікації за ознакою «свій-чужий»: монографія. / І. В. Свид, І. І. Обод. Харків : Друкарня Мадрид, 2021. 254 с.

2. І.І. Обод, І.В. Свид, О.С. Мальцев. Обробка даних радіолокаційних систем спостереження повітряного простору: навчальний посібник. Харків: Друкарня Мадрид, 2021. 255 с.

3. V. Semenets, I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev and M. Tkach, "Quality Assessment of Measuring the Coordinates of Airborne Objects with a Secondary Surveillance Radar", In: Ageyev D., Radivilova T., Kryvinska N. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 69. Springer, Cham, pp. 105-125, 2021. doi: 10.1007/978-3-030-71892-3_5.

4. I. Svyd, I. Obod and O. Maltsev, "Interference Immunity Assessment Identification Friend or Foe Systems", In: Ageyev D., Radivilova T., Kryvinska N. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 69. Springer, Cham, pp. 287-306, 2021. doi: 10.1007/978-3-030-71892-3_12.

5. I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, G. Zavolodko, D. Pavlova, H. Maistrenko, "Fusion of Airspace Surveillance Systems Data", 3rd IEEE International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT), Lviv, Ukraine, 2019, pp. 430-433, doi: 10.1109/AICT.2019.8847916.

6. О.П. Черних, І.І. Обод, І.В.Свид. Інформаційне забезпечення на основі мереж спостереження повітряного простору. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2/9(50) 2011 - Харків, 2011. С. 23-25. doi:

10.15587/1729-4061.2011.1850.

7. V. Semenets, I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, W. Wójcik, M. Tkach, S. Starokozhev, "Method of Increasing the Relative Throughput of Requesting Radar Systems", *Przeгляд Elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, R. 98 NR 11/2022, 2022, pp. 97-101, doi: 10.15199/48.2022.11.17.

8. I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, O. Vorgul, I. Shevtsov and O. Bilotserkivets, "Optimizing the Request Signals Detection of Aircraft Secondary Radar System Transponders," 2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2022, pp. 652-657, doi: 10.1109/ELNANO54667.2022.9926991.

9. I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, O. Romanov, O. Zhuk and O. Nesmiiian, "Estimation of The Throughput of The Channel for Measuring The Distance of Short-Range Radio Engineering Systems," 2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2022, pp. 646-651, doi: 10.1109/ELNANO54667.2022.9927005.

10. I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, O. Vorgul, V. Chumak and A. Sierikov, "Analysis of the Impact of Interference on the Time Position of Signals in Requesting Airspace Observation Systems," 2021 IEEE 8th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), 2021, pp. 470-474, doi: 10.1109/PICST54195.2021.9772138.

11. I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, O. Vorgul, V. Chumak and B. Bakumenko, "Estimation of the Spatial Coordinates of Air Objects in Synchronous Radar Networks for Airspace Observation," 2021 IEEE 8th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), 2021, pp. 425-428, doi: 10.1109/PICST54195.2021.9772227.

12. M. K. Abdul-Hussein, O. Strelnytskyi, I. Obod, I. Svyd and H. Alrikabi, "Evaluation of the Interference's Impact of Cooperative Surveillance Systems Signals Processing for Healthcare", *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, vol. 18, no. 03, pp. 43-59, 2022. doi: 10.3991/ijoe.v18i03.28015.

13. Свид І.В., Семенець В.В., Мальцев О.С., Ткач М.Г., Старокожев С.В., Даценко О.О., Шевцов І.О. Порівняльний аналіз методів визначення координат повітряних об'єктів системами широкозонової мультилатерації. *Радіотехніка*. 2022. Вип. 209. С. 162-177. doi: 10.30837/rt.2022.2.209.16.

14. Свид І.В., Ткач М.Г., Серіков А.О., Коротіч О.В., Дацько С.В., Сухоруков Д.О., Мачоніс Т.С. Обробка інформації мереж радіолокаційних систем спостереження повітряного простору. *Радіотехніка*. 2022. Вип. 210. С. 137-145. doi: 10.30837/rt.2022.3.210.11.

15. B. R. Mahafza and A. Z. Elsherbeni, *MATLAB simulations for radar systems design* by Bassem R. Mahafza and Atef Z. Elsherbeni. London: Chapman & Hall / CRC Press, 2004.