

УДК 623.618.2

Д.Б. Жуйков

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИЯВЛЕННЯ ТРАС ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ РАДІОТЕХНІЧНИХ ВІЙСЬК

В роботі проаналізовано відомі методи виявлення трас повітряних об'єктів при веденні радіолокаційного огляду повітряного простору, їх переваги та недоліки. Запропоновано для виявлення повітряних об'єктів, що рухаються по прямолінійним траєкторіям, використовувати перетворення Хоха. Наведені образи прямої лінії в декартовому просторі та у просторі Хоха.

Ключові слова: повітряний об'єкт, траєкторія, перетворення Хоха, простір параметрів, пряма лінія, точка, площа.

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді. Відомо [1 – 3], що сучасні радіолокаційні станції (РЛС) з цифровою обробкою радіолокаційної інформації дозволяють додатково покращити її якість, шляхом удосконалення методів вторинної обробки радіолокаційної інформації. Це дозволяє знизити вірогідність пропуску повітряного об'єкта за рахунок використання екстрапольованих значень координат та знизити випадкові похибки виміру координат за рахунок ковзної фільтрації.

РЛС 19Ж6 та 55Ж6, що перебувають на озброєнні радіотехнічних військ (РТВ), розроблялись у 70-80-х роках ХХ ст. з урахуванням обмежень, що накладала використана елементна база (мікросхеми та мікроборки 3 та 4 рівнів інтеграції) [4 – 6]. Вторинна обробка у РЛС проводиться зі значними спрощеннями, наприклад, використовується фільтр згладжування тільки першого порядку, а для уникнення динамічної похибки на ділянці маневру обмежується пам'ять фільтру або зовсім відмовляються від згладження [5, 6]. Вагові коефіцієнти фільтру обрано неоптимальними для забезпечення зручності виконання операції множення [6].

З іншої сторони, розвиток сучасних засобів повітряного нападу та аналіз досвіду їх застосування у останніх локальних війнах, збройних конфліктах та антитерористичній операції (АТО) на території Донецької та Луганської областей, потребує удосконалення алгоритмів визначення трас повітряних об'єктів [7 – 11].

Таким чином, у теперішній час сформувався протиріччя між необхідністю підвищення ефективності визначення трас повітряних об'єктів та можливостями сучасних алгоритмів вторинної обробки радіолокаційної інформації.

Мета статті – розробка пропозицій щодо підвищення ефективності виявлення траєкторій повітряних об'єктів в автоматизованих системах управління РТВ.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Відомо [4, 12], що завданнями вторинної обробки радіолокаційної інформації є:

- виявлення траєкторії повітряного об'єкта;
- забезпечення супроводження повітряного об'єкта.

Виявлення траєкторій повітряних об'єктів здійснюється при надходженні на вхід системи вторинної обробки радіолокаційної інформації нових повідомлень про координатну точку автомата-виявлювача або оператора (КТ-А, КТ-О) [12]. До складу даних у повідомленнях КТ-А, КТ-О входять [12]:

- тип повідомлення, що вказує на джерело радіолокаційної відмітки;
- час вимірювання радіолокаційної відмітки (час локації);
- вид опізнавання повітряного об'єкта, що використаний при виявленні повітряного об'єкта;
- координати повітряного об'єкта.

Для виявлення траєкторії повітряного об'єкта необхідно виконати наступні операції [12]:

- стробування радіолокаційних відміток;
- оцінка початкових значень параметрів руху повітряного об'єкта (траєкторії);
- екстраполяція координат наступної точки траєкторії повітряного об'єкта;
- перевірка виконання критерію виявлення траєкторії.

Супроводження цілі здійснюється шляхом безперервної (з установленою періодичністю надходження радіолокаційних відміток) прив'язки відміток до траєкторії, що супроводжується, й уточнення параметрів її руху.

При траєкторних розрахунках в інтересах споживача радіолокаційної інформації зазвичай виконуються обчислювальні процедури, які забезпечують [12]:

- екстраполяцію координат і параметрів руху повітряних об'єктів на заданий часовий інтервал (з метою групування повітряних об'єктів, прогнозування й аналізу повітряної обстановки та ін.);

- розрахунок (оцінку) координат і параметрів руху повітряних об'єктів;
- відбір і видачу інформації.

Оцінка параметрів траєкторії повітряного об'єкта відомими методами проводиться з помилками, що обумовлені сукупністю факторів повітряної обстановки [12, 13] (пропуск відмітки від повітряного об'єкта, хибні траєкторії, маневр повітряного об'єкта та інші).

Постановка задачі та викладення матеріалів дослідження

Розглянемо випадок виявлення повітряного об'єкта, що рухається по детермінованій траєкторії (для простоти – рівномірно та прямолінійно). Розглянемо можливість виявлення такого об'єкта та визначення його траєкторії з використанням відомого перетворення Хоха [14 – 18].

Рівняння прямої на площині має наступний вигляд

$$y = kx + b, \quad (1)$$

де x, y – декартові координати; k – тангенс куту нахилу прямої до осі абсцис; b – параметр прямої лінії.

Пряму лінію також можна представити за допомогою двох інших параметрів: ρ – відстань, що вимірюється від початку координат по нормалі до прямої лінії; θ – кут нахилу нормалі відносно осі абсцис (рис. 1).

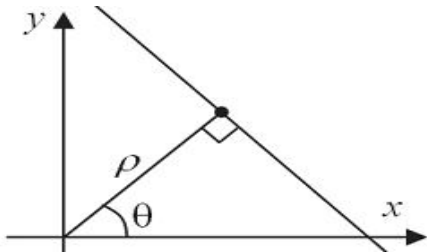


Рис. 1. Параметри прямої лінії на площині

Через одну точку декартової площині можна провести множину прямих ліній (рис. 2).

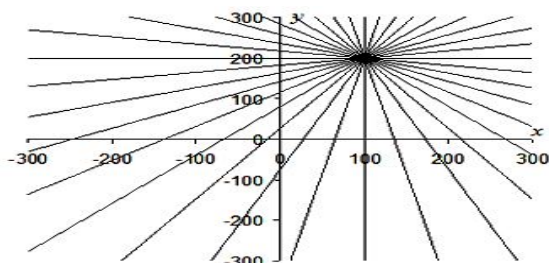


Рис. 2. Прямі лінії, що проходять через одну загальну точку

Якщо загальна точка на рис. 2 має координати (x_0, y_0) , то всі прямі лінії, що проходять через цю точку, відповідають рівнянню (2)

$$\rho = x_0 \cos(\theta) + y_0 \sin(\theta). \quad (2)$$

Це відповідає синусоїдальній кривій в просторі (ρ, θ) (рис. 3), який називають простором Хоха [14–18]. В свою чергу, кожній точці простору (ρ, θ) відповідає набір точок (x, y) , що утворюють пряму лінію (рис. 4).

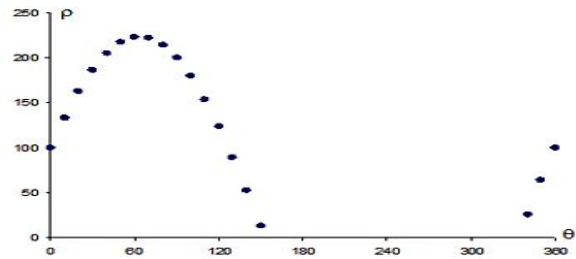


Рис. 3. Синусоїдальна крива, що відповідає прямим лініям на рис. 2

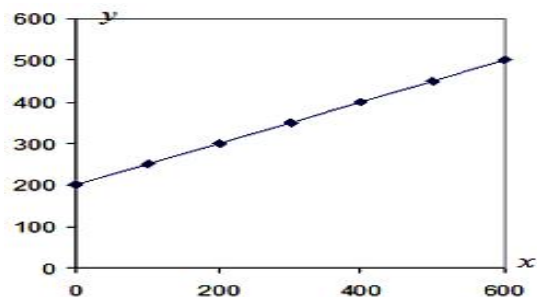


Рис. 4. Пряма лінія в декартовому просторі

Якщо синусоїди, що відповідають двом точкам декартового простору, накласти одна на іншу, то точка (в просторі Хоха), де вони перетнуться, буде відповідати параметрам прямої лінії, що проходить через обидві ці точки. Таким чином, ряд точок, що формують пряму лінію (рис. 4), визначають синусоїди, які перехрещуються в точці з параметрами (ρ_0, θ_0) для цієї прямої лінії (рис. 5).

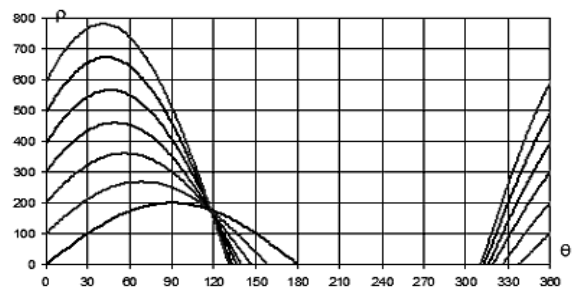


Рис. 5. Набір синусоїд у просторі Хоха

Таким чином, кожній точці (ρ_0, θ_0) простору (ρ, θ) можна поставити у відповідність лічильник, що відповідає кількості точок (x, y) , що лежать на прямій (3)

$$x \cos(\theta_0) + y \sin(\theta_0) = \rho_0. \quad (3)$$

Висновки і напрями подальших досліджень

Таким чином, для виявлення прямолінійної траєкторії повітряного об'єкта в автоматизованих системах управління радіотехнічних військ можна використовувати відоме перетворення Хоха для виявлення прямих ліній.

В подальших дослідженнях необхідно оцінити практичну можливість використання перетворення Хоха та оцінити показники ефективності такого перетворення.

Список літератури

1. Кислуха А. Комплексное решение задач радиолокационной разведки / А. Кислуха, С. Скварник // Воздушно-космическая оборона. – 2014. – № 5. – С. 15-23.
2. Нефедов С.И. Методика оценки живучести радиолокационных систем в условиях огневого и информационного подавления / С.И. Нефедов, Ю.С. Юсова, В.Ю. Шустиков // Радиолокация, навигация, связь: Труды XV межд. НТК.: Воронеж, 2009. – Т. 3. – С. 1301-1305.
3. Разработка программного обеспечения имитационного моделирования эффективности применения технических решений РЛС / С.И. Нефедов, Ю.С. Нефедова, Г.П. Слукин, Е.Ю. Иватко, А.А. Каранкевич // Наука и образование: электронное научно-техническое издание, 2012. – № 3. – Режим доступа: <http://www.techomag.edu.ru/doc/254905.html>.
4. Основы построения радиолокационных станций радиотехнических войск: учебник / В.Н. Тяпкин, А.Н. Фолин, Е.Н. Гарин [и др.]; под общ. ред. В.Н. Тяпкина. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т. – 2011. – 536 с.
5. Справочник. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория / под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – 678 с.
6. Озброєння та військова техніка РТВ. Побудова РЛС 19Ж6. Ч. 1: навч. посіб. / Д.А. Гриб, В.Й. Климченко, В.М. Купрій та ін. – Х.: ХУПС, 2006. – 167 с.
7. Щербинин Р. Основные тенденции развития тактических истребителей ВС ведущих зарубежных стран / Р. Щербинин // Зарубежное военное обозрение. – М.: МО РФ, 2013. – № 1. – С. 61-69.
8. Ковалевський С.М. Перспективи розвитку засобів повітряного нападу як об'єктів радіолокаційного виявлення / С.М. Ковалевський, Г.В. Худов, В.І. Боровий // Систе-

ми озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2014. – № 4 (40). – С. 23-27.

9. Ковалевський С.М. Пропозиції щодо створення скритого маловисотного радіолокаційного поля в умовах ведення сучасних мережецентричних та гібридних війн / С.М. Ковалевський, Г.В. Певцов, Г.В. Худов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Х.: ХУПС, 2015. – № 1 (18). – С. 77-81.

10. Довідник учасника АТО: озброєння і військова техніка Збройних Сил Російської Федерації / [А.М. Алімпієв, Г.В. Певцов, Д.А. Гриб та ін.]; за заг. ред. А.М. Алімпієва. – Х.: Оригінал, 2015. – 732 с.

11. Теорія і практика боротьби з малорозмірними низьколітніми цілями (оцінка можливостей, тенденції розвитку засобів протиповітряної оборони): монографія / І.С. Романченко, О.М. Загорка, С.Г. Бутенко, О.В. Дейнега. – Житомир: Полісся, 2011. – 344 с.

12. Автоматизовані системи управління радіотехнічних військ: навч. посібник / А.П. Багаєв, В.В. Ковкін, В.І. Боровий та ін. – Х.: ХУПС, 2009. – 168 с.

13. Рудельсон Л.Е. Програмное обеспечение автоматизированных систем управления воздушным движением. Ч. II. Функциональное программное обеспечение. Кн. 5. Обработка радиолокационной информации / Л.Е. Рудельсон. – М.: МГТУ ГА, 2006. – 103 с.

14. Hough P.V. Method and means for recognizing complex patterns // P.V. Hough / US Patent. – № 3069654. – Dec. 18, 1962.

15. Duda R.O. Use of Hough transformation to detect lines and curves in pictures // R.O. Duda, P.E. Hart / Commun. ACM, 1972. – V. 15. – № 1. – P. 11-15.

16. Aguado A.S. Invariant characterization of the Hough transform for pose estimation of arbitrary shapes // A.S. Aguado, E. Montiel, M.S. Nixon / Electronic proceeding of the eleventh british machine vision conference University of Bristol 11 – 14 september, 2000.

17. Лабунец В.Г. Теория и применение преобразования Хо / В.Г. Лабунец, С.Д. Чернина // Зарубежная радиоэлектроника. – № 10, 1987. – С. 48-56.

18. Кудрина М.А. Использование преобразования Хафа для обнаружения прямых линий и окружностей на изображении / М.А. Кудрина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Т. 16, № 4 (2). – 2014. – С. 476-478.

Надійшла до редколегії 23.07.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.В. Худов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ТРАСС ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ВОЙСК

Д.Б. Жуйков

В работе проанализированы известные методы обнаружения трасс воздушных объектов при ведении радиолокационного обзора воздушного пространства, их преимущества и недостатки. Предложено для обнаружения воздушных объектов, которые перемещаются по прямолинейным траекториям, использовать преобразование Хоха. Приведены образы прямой линии в декартовом пространстве и пространстве Хоха.

Ключевые слова: воздушный объект, траектория, преобразование Хоха, пространство параметров, прямая линия, точка, плоскость.

OFFERS ON INCREASE OF EFFICIENCY OF DETECTION OF LINES OF AIR OBJECTS IN THE AUTOMATED CONTROL SYSTEMS OF RADAR

D.B. Zhuykov

In work known methods of detection of lines of air objects are analyzed at conducting the radar-tracking review of air space, their advantage and lacks. It is offered for detection of air objects which move on rectilinear trajectories, to use transformation of Hough. Images of a straight line in the Cartesian space and space of Hough are resulted.

Keywords: air object, a trajectory, transformation of Hough, space of parameters, a straight line, a point, a plane.