

УДК 621.391.1

РОЗПОДІЛ РАДІАЛЬНИХ ШВИДКОСТЕЙ ОБ'ЄКТІВ
З ОБМЕЖЕНОЮ МАНЕВРЕНІСТЮ

Бичковський В.О., Ханчопуло О.В.,

Розглянуто особливості щільності ймовірностей розподілу радіальних швидкостей об'єктів з обмеженою маневреністю. Отримано співвідношення для визначення ймовірності радіальних швидкостей об'єктів.

Вступ. Постановка задачі

Вимірювання радіальної швидкості рухомих об'єктів дає можливість виконувати селекцію по швидкості. При визначенні щільності ймовірності радіальних швидкостей об'єктів приймаються рівномірні розподіли кутів та швидкостей руху [1]. Але значна кількість об'єктів рухається по встановлених морських напрямках, повітряних коридорах або наземних шляхах. В цьому випадку необхідно враховувати реальний діапазон кутів між вектором швидкості та лінією візування, а не приймати його рівним 360°. Для швидкості руху необхідно вибирати такі закони щільності ймовірностей, які враховують реальну ситуацію.

Теоретичні викладки

Радіальна швидкість об'єкта визначається з формули $V_p = V \cos \varphi$, де V - швидкість об'єкта; φ - кут між вектором швидкості та лінією візування. Щоб врахувати обмежений діапазон кутів, введемо параметр K та визначимо кут обмеженого маневру $\psi = \varphi/K$. Радіальна швидкість об'єкта

$$V_p = V \cos K\psi, \quad (1)$$

де кут ψ розподілений за рівномірним законом щільності ймовірностей

$$W_1(\psi) = \frac{K}{\pi}, \quad (2)$$

де кут ψ змінюється в діапазоні від $-\pi/2K$ до $\pi/2K$.

Розглянемо перетворення щільності ймовірностей $W_1(\psi)$ в щільність ймовірностей радіальних швидкостей $W_{1p}(V_p)$:

$$W_1(\psi)d\psi = W_{1p}(V_p)dV_p. \quad (3)$$

На підставі (3) визначаємо

$$W_{1p}(V_p) = W_1(\psi) \left| \frac{dV_p}{d\psi} \right|^{-1}. \quad (4)$$

Використовуючи (1), визначаємо кут обмеженого маневру

$$\psi = \frac{1}{K} \arccos \frac{V_p}{V}. \quad (5)$$

На підставі (1), (4), (5) щільність ймовірностей радіальних швидкостей

$$W_{1p}(V_p) = \frac{1}{\pi\sqrt{V^2 - V_p^2}}. \quad (6)$$

Таким чином, як при обмеженій, так і при необмеженій маневреності радіальні швидкості розподілені відповідно до закону арксинуса.

Об'єкт може змінювати швидкість руху V . Якщо $W_{1M}(V_p)$ - щільність ймовірностей швидкості руху, то щільність ймовірностей радіальної швидкості об'єкта з обмеженою маневреністю $W_{1M}(V_p) = \int_{V_{\min}}^{V_{\max}} W_{1V}(V)W_{1p}(V_p)dV$.

Таким чином, щільність ймовірностей визначається з співвідношення

$$W_{1M}(V_p) = \frac{1}{\pi} \int_{V_{\min}}^{V_{\max}} \frac{W_{1V}(V)}{\sqrt{V^2 - V_p^2}} dV. \quad (7)$$

Якщо прийняти до уваги обмеження швидкості руху, то невеликі швидкості спостерігаються частіше, ніж великі. Для такої ситуації можна скористатися гіперболічним законом [2]:

$$W_{1V}(V) = \frac{1}{V \ln \frac{V_{\max}}{V_{\min}}}. \quad (8)$$

На підставі співвідношень (7), (8) визначаємо щільність ймовірностей радіальних швидкостей об'єктів з обмеженою маневреністю:

$$W_{1M}(V_p) = \frac{1}{\pi V_p \ln D} \left(\arccos \left| \frac{V_p}{V_{\max}} \right| - \arccos \left| \frac{V_p D}{V_{\max}} \right| \right), \quad (9)$$

де $D=V_{\max}/V_{\min}$ - відносний діапазон швидкостей руху об'єктів.

Розглянемо відношення радіальної швидкості до мінімальної швидкості руху $a=V_p/V_{\min}$. На підставі співвідношення (9) визначаємо

$$W_{1a}(a) = \frac{1}{\pi a \ln D} \left(\arccos \left| \frac{a}{D} \right| - \arccos |a| \right). \quad (10)$$

Ймовірність того, що величина a знаходиться в межах від a_1 до a_2 :

$$P = \int_{a_1}^{a_2} W_{1a}(a) da. \quad (11)$$

Враховуючи (10), визначаємо $P = A_1 + \frac{A_2}{2 \cdot 3 \cdot 3} + \frac{1 \cdot 3 \cdot A_3}{2 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 5} + \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot A_4}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 7} + \dots$,

де коефіцієнти $A_1, A_2, A_3, A_4 \dots$ розраховуються як:

$$A_1 = |a_2| - |a_1| - \left| \frac{a_2}{D} \right| + \left| \frac{a_1}{D} \right|, \quad A_2 = |a_2^3| - |a_1^3| - \left| \frac{a_2^3}{D^3} \right| + \left| \frac{a_1^3}{D^3} \right|,$$

$$A_3 = |a_2^5| - |a_1^5| - \left| \frac{a_2^5}{D^5} \right| + \left| \frac{a_1^5}{D^5} \right|, \quad A_4 = |a_2^7| - |a_1^7| - \left| \frac{a_2^7}{D^7} \right| + \left| \frac{a_1^7}{D^7} \right|, \dots$$

Розрахунки коректні при $a^2 < D^2$. Таким чином, існує можливість підви-

щення ефективності виявлення та селекції сигналів від об'єктів з обмеженою маневреністю за рахунок аналізу ймовірності P та щільності ймовірностей $W_{1a}(a)$.

Висновки

Отримані результати дають можливість заздалегідь врахувати особливості руху об'єктів з обмеженою маневреністю, забезпечити селекцію по швидкості, пошук об'єкту після втрати сигналу. Вони доповнюють існуючі дані про щільність ймовірностей радіальної швидкості рухомих об'єктів та дають можливість перевести методи селекції на якісно новий рівень.

Література

1. Тенин М.Б., Князюк В.С. Плотность распределения скоростей воздушных и наземных целей/Теория и техника радиолокации. М. Машиностроение, 1968.
2. Новицкий П.В. Основы информационной теории измерительных устройств. -М.: Энергия, 1968.

Ключові слова: радіолокація, селекція об'єктів за швидкістю, радіальна швидкість об'єкту, об'єкт з обмеженою маневреністю	
Бычковский В.А., Ханчопуло Е.В. Распределение радиальных скоростей объектов с ограниченной маневренностью Рассмотрены особенности плотности вероятностей распределения радиальных скоростей объектов с ограниченной маневренностью. Получены соотношения для определения вероятности радиальных скоростей объектов.	Bychkovsky V.A., Khanchopoulo E.V. Radial velocity distribution of restriction manoeuvre objects The density probability particularity of radial velocities distribution of restriction manoeuvre objects are consider. Correlations for probability of objects radial velocities determination are receipt.

УДК 621.396.218

**БЕСПОИСКОВЫЙ АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА ПОВОРОТА
ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Мачнев А.М., Жук С.Я.

Синтезирован беспойсковый алгоритм определения угла поворота изображений, обеспечивающий повышение точности оценивания за счет перехода к определению частных углов поворота изображений, имеющих меньшие абсолютные значения. Анализ алгоритма проведен по тестовым и реальным магнитооптическим изображениям.

Вступление. Постановка задачи

Важное значение при синтезе магнитооптических изображений имеет задача определения угла поворота α одного изображения относительно другого. Для определения оценки угла α беспойсковым методом используются линеаризованные модели описания поворота изображения [1]. Достоинством беспойсковых алгоритмов являются незначительные вычислительные затраты. Однако точность таких алгоритмов зависит от вида функции, описывающей яркость (амплитуду) изображения [2]. В тех случаях, когда функция является широкополосной, приемлемая точность обеспечивается лишь при малых значениях угла α . Поэтому актуальной задачей является синтез алгоритмов беспойскового типа, позволяющих