

РОЗВИТОК ПРИНЦИПУ ПЕРЕВІРКИ ДОСТОВІРНОСТІ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ТРИПОЗИЦІЙНОЮ ПАСИВНОЮ СИСТЕМОЮ РАДІОТЕХНІЧНОГО КОНТРОЛЮ ОБ'ЄКТІВ

У роботі дістав подальшого розвитку принцип перевірки достовірності методу визначення координат об'єкта, який базується на закономірності між положенням об'єкта відносно датчиків і знаками та абсолютними значеннями різниць дальностей.

Ключові слова: принцип визначення координат, відбраковка хибних координат.

In work the principle of verification of authenticity of method of determination of co-ordinates object which is based on conformity to the law between position the object in relation to sensors and signs and absolute values of difference is developed.

Keywords: principle of the coordinates, identifying false coordinates.

Вступ. При вирішенні завдання визначення координат об'єкта за допомогою обробки результатів різницево-дальномірного методу вимірювань, який лежить в основі методів точного визначення координат об'єкта, крім істинних координат отримують й інші рішення. Проте, в літературі по радіотехнічним, радіонавігаційним системам питанню щодо вибору з декількох рішень одного, відповідного реальному місцеположенню об'єкта, належної уваги не приділяється [1-3]. Більшість авторів указують на необхідність залучення додаткової інформації (апріорної або від інших систем про можливе місцеположення об'єкта, допускаючи при цьому низьку точність). Рішення аналогічного проблемного завдання в сейсмолокаційних системах щодо визначення координат об'єкта трьома приймачами зводиться до розгляду восьми рівномірних сполучень знаків затримок сигналу [4; 5]. При цьому стверджується, що навіть відсутність систематичної похибки вимірювань не є ознакою точного визначення координат, а ймовірність визначення координат не залежить від дисперсії похибок вимірювань і виду ймовірності їх розподілу, а також топології пеленгаторів.

Постановка проблеми. З урахуванням зазначеного, а також результатів проведеного аналізу робіт у галузі розвитку радіотехнічних, сейсмолокаційних систем контролю можна стверджувати, що завдання щодо відбраковки хибних координат, зменшення неоднозначності рішення координатометричної задачі не втратило актуальності.

Тому, **метою роботи** є дослідження причин виникнення хибних координат при здійсненні координатометрії трьома ненаправленими приймачами, а також подальший розвиток принципу перевірки достовірності методу визначення координат об'єкта.

Основний зміст роботи. Задача визначення координат об'єкта на площині за набором вимірних значень різниць дальностей щодо декількох пар сигналізаційних приймачів, які розміщені у фіксованих точках, може бути зведена до математичного формулювання. Нехай є набір фіксованих точок, заданих своїми координатами відповідно в деякій системі координат. Щодо точки, координати якої необхідно визначити, відомі різниці відстаней від неї до точок розміщення приймачів. Описаний загальний алгоритм визначення координат припускає відшукання коренів системи нелінійних рівнянь, які пов'язують початкові дані з координатами об'єкта локації. Вирішення системи нелінійних рівнянь є складною математичною задачею, що не має загального рішення. Залежно від методу отримання аналітичного рішення можуть виникати декілька розв'язків, щонайменше два. Причиною виникнення хибних коренів є некоректність складання математичної моделі відповідно до завдання щодо визначення координат об'єкта. Пояснення причин зазначеного подано у роботах Сайбея О. Г. [6-8]. Рівняння, яке зв'язує значення різниці дальності з координатами об'єкта і датчиків-приймачів має вигляд

$$\Delta r_{AB} = \sqrt{(a+x)^2 + y^2} - \sqrt{(a-x)^2 + y^2}. \quad (1)$$

Після піднесення до квадрату правої та лівої частин рівняння отримують

$$\Delta r_{AB}^2 = 2 \left(a^2 + x^2 + y^2 - \sqrt{(a+x)^2 + y^2} \sqrt{(a-x)^2 + y^2} \right),$$

звідки

$$\left((a+x)^2 + y^2 \right) \left((a-x)^2 + y^2 \right) = \left(a^2 + x^2 + y^2 - \Delta r_{AB}^2 / 2 \right)^2.$$

Після спрощення отримують

$$\frac{4x^2}{\Delta r_{AB}^2} - \frac{4y^2}{4a^2 - \Delta r_{AB}^2} = 1, \quad (2)$$

тобто, рівняння (1) має вигляд канонічного рівняння гіперболи

$$\frac{x^2}{a_1^2} - \frac{y^2}{b_1^2} = 1, \quad (3)$$

де $a_1 = \Delta r_{AB} / 2$; $b_1 = \sqrt{4a^2 - \Delta r_{AB}^2} / 2$.

З наведених аналітичних перетворень випливає, що точка розміщення об'єкта локації D належить лінії, що описується рівнянням (3). Проте слід враховувати, що при піднесенні до квадрату рівняння (1) відбулася втрата знака значення різниці дальностей Δr_{AB} . Реально точка D може належати тільки одній гілці гіперболи відповідно до системи умов

$$\begin{cases} \frac{4x^2}{\Delta r_{AB}^2} - \frac{4y^2}{4a^2 - \Delta r_{AB}^2} = 1; \\ \Delta r_{AB} \cdot x > 0. \end{cases} \quad (4)$$

У зв'язку з цим розглянемо підхід щодо відбору хибних коренів при вирішенні системи рівнянь гіпербол, що заснований на аналізі співвідношення розташування об'єкта, датчиків і значень різниць дальностей, які їх зв'язують.

Нехай задано два датчики, які розміщуються в точках A й B і визначено, що різниця дальностей Δr_{AB} від об'єкта до датчиків становить [6-8]

$$\Delta r_{AB} = r_A - r_B,$$

де r_A, r_B – відстані від точок A й B до об'єкта.

Тоді, якщо розділити площину на два сектори лінією, перпендикулярною відрізка AB , яка проходить через його середину (рис. 1 а), отримуємо такі умови:

при розташуванні об'єкта в секторі 1 виконується умова $\Delta r_{AB} < 0$;

при розташуванні об'єкта в секторі 2 виконується умова $\Delta r_{AB} > 0$.

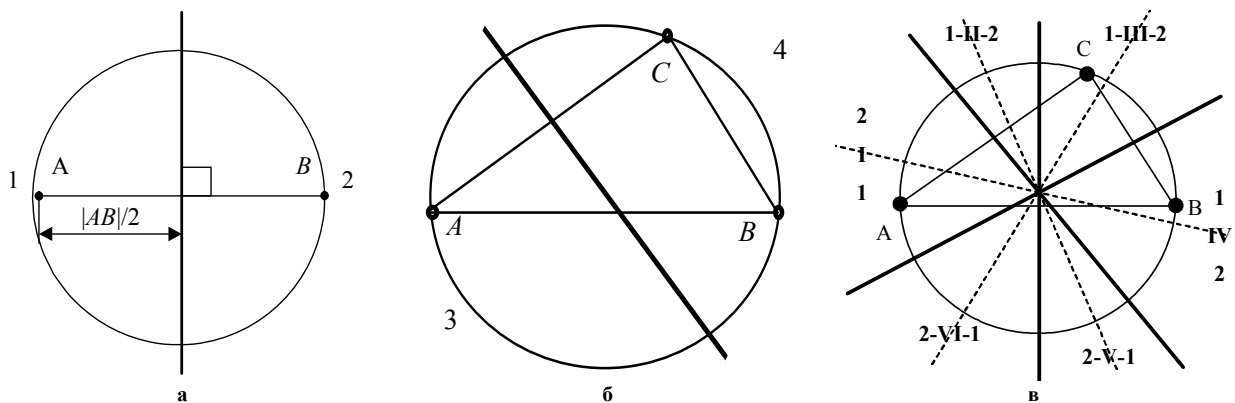


Рис. 1. Сектори місцеположення об'єкта

Якщо задано три датчики в точках A, B і C й визначені різниці дальностей $\Delta r_{AB}, \Delta r_{AC}, \Delta r_{BC}$, тоді, зробимо аналогічні висновки для кожної пари датчика. Наприклад, для пари датчиків $\{A, C\}$ отримаємо такі умови (рис. 1 б):

при розташуванні об'єкта в секторі 3 виконується умова $\Delta r_{AC} < 0$;

при розташуванні об'єкта в секторі 4 виконується умова $\Delta r_{AC} > 0$.

Оскільки відомо, що в кожному трикутнику три перпендикуляри до його сторін, які проходять через середини цих сторін, перетинаються в центрі описаного кола, отже три лінії, перпендикулярні сторонам трикутника ΔABC проходять через їх середини, розбивають площу на шість секторів (рис. 1 в). Для кожного з секторів складають систему нерівностей, що зв'язують положення об'єкта відносно датчиків із значеннями різниць дальностей, отримують відомі закономірності (табл. 1, строка 1).

Закономірності визначення координат об'єкта при використанні тріади датчиків

Сектор місцезположення об'єкта		I (1, 2)	II (1, 2)	III (1, 2)	IV (1, 2)	V (1, 2)	VI (1, 2)
Умова розміщення об'єкта в секторі	за знаками різниць дальностей	$\begin{cases} \Delta r_{AB} < 0; \\ \Delta r_{AC} < 0; \\ \Delta r_{BC} > 0. \end{cases}$	$\begin{cases} \Delta r_{AB} < 0; \\ \Delta r_{AC} > 0; \\ \Delta r_{BC} > 0. \end{cases}$	$\begin{cases} \Delta r_{AB} > 0; \\ \Delta r_{AC} > 0; \\ \Delta r_{BC} > 0. \end{cases}$	$\begin{cases} \Delta r_{AB} > 0; \\ \Delta r_{AC} > 0; \\ \Delta r_{BC} < 0. \end{cases}$	$\begin{cases} \Delta r_{AB} > 0; \\ \Delta r_{AC} < 0; \\ \Delta r_{BC} < 0. \end{cases}$	$\begin{cases} \Delta r_{AB} < 0; \\ \Delta r_{AC} < 0; \\ \Delta r_{BC} < 0. \end{cases}$
	за значеннями різниць дальностей	1 $ \Delta r_{AC} > \Delta r_{BC} $	$ \Delta r_{AC} < \Delta r_{AB} $	$ \Delta r_{BC} > \Delta r_{AB} $	$ \Delta r_{AC} > \Delta r_{BC} $	$ \Delta r_{AC} < \Delta r_{AB} $	$ \Delta r_{BC} > \Delta r_{AB} $
		2 $ \Delta r_{AC} < \Delta r_{BC} $	$ \Delta r_{AC} > \Delta r_{AB} $	$ \Delta r_{BC} < \Delta r_{AB} $	$ \Delta r_{AC} < \Delta r_{BC} $	$ \Delta r_{AC} > \Delta r_{AB} $	$ \Delta r_{BC} < \Delta r_{AB} $

Новизною принципу є виявлена закономірність між розміщенням об'єкта в секторі і значеннями різниць дальностей до місць розміщення датчиків. Тобто, додатково розглядаються абсолютні значення різниць дальностей, рис. 2.

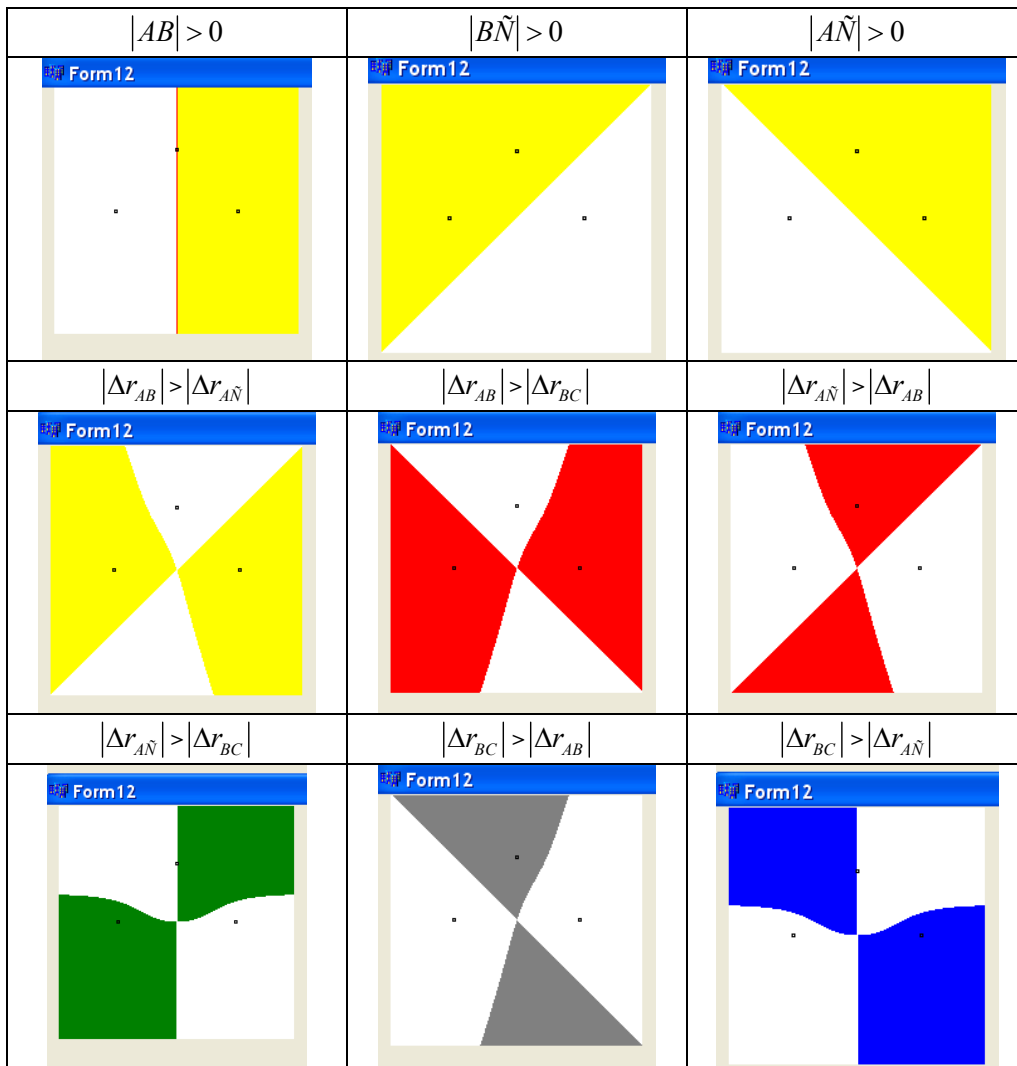


Рис. 2. Сектори розміщення об'єкта з врахуванням абсолютних значень різниць дальностей

Згідно даних рис. 2 встановлено властивість нелінійності лінії розподілу секторів, особливо у ближній зоні. Це пояснюється тим, що лінія розподілу є гіперболою. Зазначене необхідно враховувати в методиці застосування принципу для відбраковки хибних координат об'єкта. Встановлена закономірність (строки 2, 3 табл. 1) доповнює відому закономірність на основі знаків різниць дальностей.

Відповідно до даних табл. 1 кількість секторів місцезположення об'єкта подвоюється у порівнянні із врахуванням тільки знаків різниць дальностей, рис. 3.

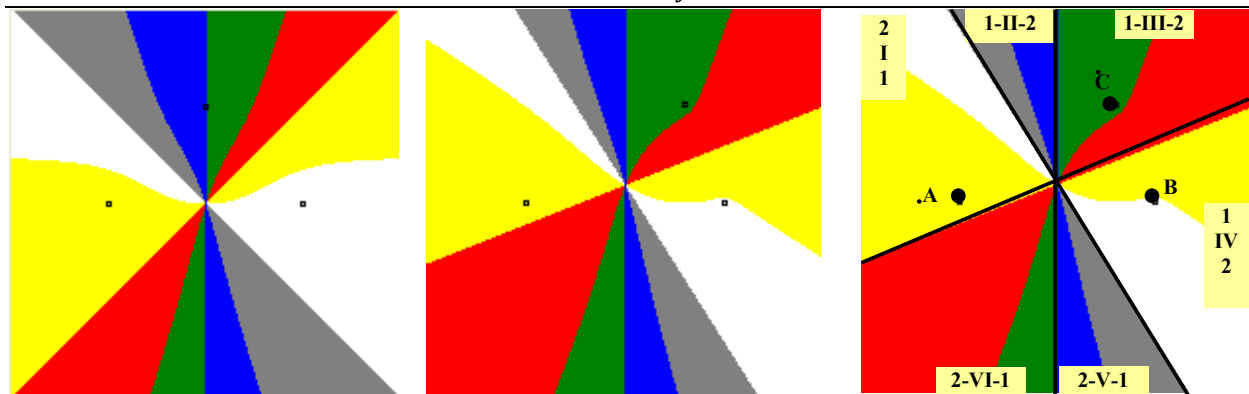


Рис. 3. Закономірності визначення координат об'єкта з врахуванням абсолютних значень різниць дальностей

Це дозволяє зменшити вдвічі ймовірність отримання хибної координати місцеположення об'єкта. Отримані залежності між місцеположенням об'єкта і знаками та значеннями різниць дальностей Δg можуть бути використані при перевірці достовірності методу визначення координат об'єкта.

Порядок застосування розвинутого принципу такий:

1. Визначають, з прив'язкою до місцевості, сектора I-VI місцеположення об'єкта за знаками різниць дальностей, відповідно до систем нерівностей (строка 1, табл. 1).
2. Проводять поділ визначених секторів сектора I-VI на два підсектори 1, 2 за абсолютними значеннями різниць дальностей, відповідно до нерівностей (строки 2, 3, табл. 1).
3. Визначають сектор, якому відповідають координати об'єкта.
4. За знаками і абсолютними значеннями різниць дальностей для даних координат також визначають сектор місцеположення.
5. При співпадінні секторів, визначених у п. 3 і 4, отримують істинні координати об'єкта локації.

Висновок. Отже, розвинуто принцип перевірки достовірності методу визначення координат об'єкта (принцип відбраковки хибних координат), який базується на закономірності між положенням об'єкта відносно датчиків і знаками та абсолютними значеннями різниць дальностей.

Подальшим напрямком дослідження є розробка методу визначення координат об'єкта.

Література

1. Каразинов Ю. М. Радиотехнические системы / Ю. М. Каразинов. – М.: Высш. шк., 1990. – 496 с.
2. Сосулин Ю. Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации / Сосулин Ю. Г. – М.: Радио и связь, 1992. – 304 с.
3. Беляевский Л. С. Обработка и отображение радионавигационной информации / Беляевский Л. С., Новиков В. С., Оленюк П. В. – М.: Радио и связь, 1990. – 232 с.
4. Дудкин В. А. Системы и средства управления физической защитой объектов: Монография / В. А. Дудкин, Н. Б. Джазовский, Ю. А. Оленин и др. / Под ред. Ю. А. Оленина. – Пенза: ПГУ, 2003. – Кн. 2. – 256 с.
5. Дудкин В. А. Вариант построения пассивных сейсмических локаторов, основанных на измерении временных задержек / В. А. Дудкин // Современные технологии безопасности. – 2005. – № 4. – С. 24–29.
6. Пат. RU 2309420 С1, МПК G01S 3/46. Разностно-дальномерный способ определения координат источника радиоизлучения и реализующее его устройство / Сайбель А. Г., Гришин П. С., патентообладатель Воен. косм. акад. – № 2006103054/09; заявл. 02.02.2006; опубл. 27.10.2007.
7. Сайбель А. Г. Разностно-дальномерный метод радиопеленгования / А. Г. Сайбель // Радиотехника / под ред. Ю. В. Гуляева. – М.: «Радиотехника», 2003. – № 4. – С. 39–41.
8. Сайбель, А. Г. О снижении систематической погрешности пеленгования / А. Г. Сайбель, Б. А. Ушаков // Радиоконтроль. – Под ред. Г. С. Емельянов. – М.: «Связь», 2005. – № 8. – С. 25–35.

Надійшла 21.1.2013 р.
Рецензент: д.т.н. Лисий М. І.