



Столыпинский  
вестник

Научная статья

Original article

УДК 002.304

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ  
ПАССИВНЫМИ СРЕДСТВАМИ**

**ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINING EMISSION SOURCES BY  
PASSIVE MEANS**

**Храмцов Е.М.** 2 курс. Московская область, город Жуковский, Аспирантура АО  
'НИИП им. В. В. Тихомирова' г. Жуковский

**Khramtsov E.M.** 2nd year. Moscow region, Zhukovsky city, Postgraduate course of  
JSC "NIIP named after V. V. Tikhomirov" Zhukovsky vviktoriya212@rambler.ru

**Аннотация.** Статья посвящена анализу методов определения источников радиоизлучения пассивными средствами. В статье рассмотрены основные методы определения источников излучения, проведен их анализ и определены их основные преимущества и недостатки. В результате исследования определены принципы работы новых методов и основные задачи их использования.

**Abstract.** The article is devoted to the analysis of methods for determining radio emission sources by passive means. The article considers the main methods for determining radiation sources, analyzes them and determines their main advantages

and disadvantages. As a result of the study, the principles of operation of new methods and the main tasks of their use were determined.

**Ключевые слова:** источник радиоизлучения, пассивное обнаружение, координаты источника.

**Keywords:** radio emission source, passive detection, source coordinates

В существующих пассивных радиолокационных станциях отсутствуют излучающие средства, а принимаемые сигналы формируются вне системы. В подобных системах детальная структура принимаемых сигналов зачастую оказывается неизвестной. Так, в случае локации подвижных объектов с работающим радиопередающим устройством (РПУ) на борту, анализируя параметры их излучений, можно лишь ориентировочно установить их ожидаемую мощность, ширину энергетического спектра, несущую частоту, длительность импульса, амплитуду, фазу и другие параметры. Все это, естественно, усложняет обработку сигналов в пассивных РЛС, а тот факт, что сигналы, с параметрами которых связаны координаты объектов, формируются вне системы, усиливают зависимость показателей качества РЛС данного вида от внешних условий.

В зависимости от решаемой задачи и начальных условий могут применяться различные пассивные методы определения МП. Из-за отсутствия информации о времени излучения дальность до ИРИ не может быть определена по данным приема только в одном пункте. Поэтому для определения всех координат объекта требуется комплекс нескольких разнесенных пунктов приема, соединенных каналами связи.

Точность определения координат, как в активной, так и в пассивной локации зависит от точности измерения углов - азимута и угла места, которые в свою очередь, зависят как от способа управления антенным лучом, так и от принятой системы отсчета углов. Однако текущее значение угла может быть определено неоднозначно, т.к. оно зависит от величины базового расстояния. Расширение возможности радиально-базового метода для измерения угла возможно при использовании предварительной информации о направлении на ИИ.

Можно предположить возможность определения координат источника излучения системой, основанной на радиально-базовом методе. В данном методе приводятся расчетные соотношения для вычисления погрешности измерения дальности, из которых следует, что точность определения дальности зависит от величины угла между прямой, соединяющей приемники, и направлением на ИИ. С ростом значения угла погрешность возрастает, а при увеличении отношения сигнал/помеха погрешность уменьшается.

Определение дальности до движущегося объекта по данным его пеленгования одиночным наблюдателем обычно производится путем измерения нескольких (не менее четырех) пеленгов на объект в процессе выполнения наблюдателем специального маневра с изменением своего курсового угла или (и) скорости. Однако выполнение этих действий на достаточно значимую величину за время пеленгационного контакта требует соответствующих маневренных и скоростных возможностей и не всегда может быть реализовано, особенно при пеленговании скоростных объектов и кратковременности контакта. В таких ситуациях определение дальности до движущегося с постоянной скоростью объекта в ряде случаев может быть осуществлено путем использования некоторых дополнительных сведений о параметрах движения объекта, априорно известных или определяемых в процессе наблюдения с учетом конкретной обстановки. Такими сведениями, в частности, могут быть величина скорости, характерная для данного наблюдаемого объекта (например, скорость космического аппарата на определенном участке орбиты, крейсерская скорость самолета или беспилотного объекта данного типа и т.п.) и пространственное расположение некоторой точки, вероятно лежащей на линии курса объекта (например, являющейся возможной конечной или начальной точкой прямолинейного отрезка пути наблюдаемого объекта, такой как вход в узкость или порт, аэродром или авианесущий корабль, атакуемая цель, стартовая позиция). В 8 приведены формулы для определения дальности до объекта, движущегося с постоянной скоростью, по минимальному количеству измерений пеленга с использованием априорных данных о вероятной

величине скорости объекта или расположении точки, в направлении на которую объект движется; произведена оценка погрешностей.

Амплитудный метод радиопеленгации с использованием малобазовых пеленгационных антенн основан на сравнении амплитуд разностей сигналов, принимаемых парами антенных элементов. Характеризуя точностные возможности амплитудных радиопеленгаторов, имеющих антенны с малой относительно длины волны апертурой, необходимо учитывать систематические погрешности пеленгования, включающие ошибки разноса и взаимного влияния антенных элементов. Формирование максимального количества пересекающихся разностных диаграмм направленности пеленгационных пар при нечетном количестве антенных элементов позволяет на порядок уменьшить систематические ошибки амплитудного метода радиопеленгации. Более широкие возможности открываются при использовании триангуляционных многопозиционных систем локации.

При угломерном (триангуляционном) методе необходимо в одном из пунктов произвести поиск по частоте (если не было целеуказания) и направлению и запеленговать ИРИ; передать целеуказание по несущей частоте на второй пункт, где производится частотная настройка радиоприемного устройства; на втором пункте осуществить поиск по направлению до появления сигнала на выходе радиоприемного устройства. Считается, что "захвачен" тот же сигнал (при необходимости сопоставляется структура принимаемых сигналов в пунктах пеленгования). Далее происходит обработка информации о направлении, полученной с двух пунктов, и определение МП объекта.

В некоторых источниках можно встретить метод, позволяющий определить все параметры полиномиальной траектории объекта по данным угловых измерений стационарного пеленгатора и начальному значению дальности, выдаваемому пеленгатору некоторой вспомогательной РЛС. Однако это не всегда представляется возможным и связано с определенными технико-экономическими затратами.

Угломерный метод, как правило, используется в радиотехнических системах ближней навигации, поскольку обладают невысокой точностью определения МП и с расстоянием значительно возрастают погрешности измерения этими методами, например, для фазового пеленгатора с использованием эффекта Доплера ошибка составит около 2-3 км при точности определения.

Комбинированное использование вариантов этих методов путем совокупной обработки данных измерений двух или более параметров сигналов существенно поможет увеличить точность определения координат, а также сократить число измерений по отдельным параметрам и время их выполнения.

В качестве комплекслируемых методов наряду с изложенными вариантами могут быть использованы разновидности доплеровского метода и варианты определения координат направленных сканирующих излучателей с периодическим обзором пространства. В частности, если излучателем является высокопотенциальная РЛС с остронаправленным лучом, работающая в режиме периодического кругового обзора, а приемник на борту ЛА оснащен всенаправленной антенной и обеспечивает возможность приема как сигналов РЛС, переизлученных отражающим объектом в момент облучения его сканирующим лучом РЛС, так и соответствующих им зондирующих сигналов, излучаемых по боковым лепесткам антенны РЛС, то относительные координаты этой РЛС могут быть определены по измеренным в двух точках траектории ЛА значения времени запаздывания приема переотраженного сигнала и интервала между моментами облучения ЛА и переотражающего объекта сканирующим лучом РЛС.

Вместе с тем, исходя из анализа вышеприведенных методов можно говорить о необходимости разработки метода обнаружения источников излучения, содержащего в себе совокупность алгоритмов, закладываемых в систему обработки, которые определяют качественно новые возможности РЛС при установлении задач радиолокационного приема радиолокатором.

Практическая значимость разработки нового метода позволяет решить следующие задачи

- точность измерения расстояния до объекта и разрешающей способности по дальности;
- помехоустойчивость относительно пассивных помех;
  - устойчивость РЛС к воздействию внешних электромагнитных излучений и помех;
  - вероятность обнаружения и устойчивости сопровождения;
  - скрытность работы РЛС, а также возможность распознавания классов воздушных объектов (ВО) и изменения характеристики излучения (ширины и формы диаграммы направленности антенны) за счет изменения параметров излучаемого сигнала.

#### **Использованные источники:**

1. Сытенький В. Д. Определение направления на источник излучения радиально-базовым методом //Материалы международной научной конференции "Анализ и синтез как методы научного познания" - часть 3, - Тагнарэг: ТРТУ, 2004, С. 57-59.
2. Сытенький В. Д. Система определения координат источника излучения радиально-базовым методом //Материалы международной научной конференции "Системный подход в науке о природе, человеке и технике" - часть 3, - Тагнарэг: ТРТУ, 2003, С. 69-72
3. Булычев Ю. Г., Бурлай И. В. Оценивание параметров движения объектов на базе высокоточных угломерных систем //Радиотехника и электроника .- 1992. Т. 37. - №4. - С. 618 - 627.
4. Булычев Ю. Г., Коротун А. А., Манин А. /7., Моторкин В, А. Оценивание параметров траектории по угломерным данным подвижного пеленгатора. //Изв. Вузов. Радиоэлектроника, 1991, т.34, №4.
5. Булычев Ю. Г., Коротун А. А., Манин А. П., Моторкин В. А. Определение координат цели по угломерным данным подвижного приемного пункта//Радиотехника, 1992, №4.
6. Дрогалин В. В. и др. Определение координат и параметров движения источников радиоизлучений по угломерным данным в однопозиционных

- бортовых радиолокационных системах //Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. - 2002. - №3. - С. 64-95.
7. Булычев Ю. Г., Шухардин А. Н. Идентификация параметров траектории цели на базе одноканального подвижного пеленгатора //Радиотехника, 2004, №8. С. 3 - 7.
  8. Мельников Ю. П., Попов С. В. Определение дальности при пеленговании объекта с частично известными параметрами ' движения //Радиотехника. - 2003. - №4. С. 71 - 77.
  9. Виноградов А. Д., Борисов О. В. Исследование возможностей повышения точности радиопеленгования с использованием трехэлементного интерферометра //Радиотехника. - 1999. - №6. С. 46 - 48.
  10. Ефименко В. С., Харисов В. Н. Оптимальные алгоритмы разделения пространственно-разнесенных источников излучения //Радиотехника (журнал в журнале). - 1996. - №7.
  11. Ефименко В. С., Харисов В. Н. Следящие алгоритмы пространственного разделения сигналов от различных источников, принятых многоэлементной антенной решеткой //Радиотехника (журнал в журнале). - 1996. - №7.
  12. Ефименко В. С., Романов Г. Г., Петухов В. Н. Следящий алгоритм разделения сигналов от пространственно-разнесенных источников излучения для трехэлементной антенной решетки //Радиотехника. - 1999. - №7. С. 80 - 82.
  13. Кукес И. С., Старик М. Е. Основы радиопеленгации. - М.: Сов. Радио, 1964.
  14. Виноградов А. Д. Исследование возможностей уменьшения систематических ошибок малобазовых амплитудных радиопеленгаторов //Радиотехника. - 1999. - №6. С. 76 - 78.
  15. Булычев Ю. Г., Бурлай И. В., Криницкий Я. В. Линейный вариант решения задачи триангуляции в условиях априорной неопределенности //Радиоэлектроника. - 2001. - №3. С. 60 - 66.

16. Булычев Ю. Г., Бурлай И. В., Манин А. П., Криницкий Я. В. Вариационно-селективный метод оценивания координат местоположения объекта в угломерной системе //Известия академии наук. Теория и системы управления.-2001.-№4. С. 161-167.
17. Медведев В.П. Исследование методов определения местоположения источников излучения с борта летательного аппарата//Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук . 2007
18. Булычев Ю. Г., Бурлай И. В., Скляренко В. Ю. Оценивание местоположения объекта на базе стационарной угломерной системы //Радиоэлектроника. - 2003. - №4. - С. 67-75.
19. Булычев Ю. Г., Бурлай И. В., Скляренко В. Ю. Линейный вариант решения пассивной локации в условиях априорной неопределенности //Радиотехника. - 2003. - №6. - С.14-19.
20. Уфаев В. А. Обнаружение и пеленгация источника излучения в шуме неизвестной интенсивности //Радиотехника. - 1997. - №7. - С. 13-16.
21. Патент США №3787863 Радио-угловой аппарат измерения, 1974.

**Sources used:**

1. Sytenky V. D. Determination of the direction to the radiation source by the radial-base method //Materials of the international scientific conference "Analysis and synthesis as methods of scientific cognition" - Part 3, - Tagnarog: TRTU, 2004, pp. 57-59.
2. Sytenky V. D. The system for determining the coordinates of the radiation source by the radial-base method //Materials of the International scientific conference "A systematic approach in the science of nature, man and technology" - Part 3, - Tagnarog: TRTU, 2003, pp. 69-72
3. Bulychev Yu. G., Burlai I. V. Estimation of object motion parameters based on high-precision angle measuring systems //Radio engineering and electronics .- 1992. Vol. 37. - No. 4. - pp. 618 - 627.



4. Bulychev Yu. G., Korotun A. A., Manin A. /7., Motorkin V., A. Estimation of trajectory parameters from angular data of a mobile direction finder. //Izv. Universities. Radioelectronics, 1991, vol.34, No. 4.
5. Bulychev Yu. G., Korotun A. A., Manin A. P., Motorkin V. A. Determination of target coordinates from the angular data of a mobile receiving point//Radio Engineering, 1992, No. 4.
6. Drogalin V. V. et al. Determination of coordinates and motion parameters of radio emission sources from angular data in single-position airborne radar systems //Foreign radio electronics. The successes of modern radio electronics. - 2002. - No. 3. - pp. 64-95.
7. Bulychev Yu. G., Shukhardin A. N. Identification of target trajectory parameters based on a single-channel mobile direction finder //Radio Engineering, 2004, No. 8. pp. 3-7.
8. Melnikov Yu. P., Popov S. V. Determining the range when bearing an object with partially known parameters of ' motion //Radio engineering. -2003. - No. 4. pp. 71-77.
9. Vinogradov A.D., Borisov O. V. Investigation of the possibilities of improving the accuracy of radio direction finding using a three-element interferometer //Radio engineering. - 1999. - No.6. pp. 46-48.
10. Efimenko V. S., Kharisov V. N. Optimal algorithms for separation of spatially spaced radiation sources //Radio engineering (magazine in the magazine). - 1996. - No.7.
11. Efimenko V. S., Kharisov V. N. Tracking algorithms for spatial separation of signals from various sources received by a multi-element antenna array //Radio engineering (magazine in the magazine). - 1996. - №7.
12. Efimenko V. S., Romanov G. G., Petukhov V. N. A tracking algorithm for separating signals from spatially spaced radiation sources for a three-element antenna array //Radio engineering. - 1999. - No. 7. pp. 80 - 82.
13. Kukes I. S., Starik M. E. Fundamentals of radio direction finding. - M.: Sov. Radio, 1964.

14. Vinogradov A.D. Investigation of the possibilities of reducing systematic errors of low-phase amplitude direction finders //Radio engineering. - 1999. - No. 6. pp. 76-78.
15. Bulychev Yu. G., Burlai I. V., Krinitsky Ya. V. Linear solution of the triangulation problem under conditions of a priori uncertainty //Radio electronics. - 2001. - No. 3. pp. 60-66.
16. Bulychev Yu. G., Burlai I. V., Manin A. P., Krinitsky Ya. V. Variationally selective method of estimating the coordinates of the location of an object in an angle-measuring system //Izvestiya akademii nauk. Theory and control systems.- 2001.-No. 4. pp. 161-167.
17. Medvedev V.P. Investigation of methods for determining the location of radiation sources from an aircraft//Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences . 2007
18. Bulychev Yu. G., Burlai I. V., Sklyarenko V. Yu. Estimating the location of an object based on a stationary angle measuring system //Radio electronics. - 2003. - No. 4. - pp. 67-75.
19. Bulychev Yu. G., Burlai I. V., Sklyarenko V. Yu. Linear solution of passive location in conditions of a priori uncertainty //Radio engineering. - 2003. - No. 6. - pp.14-19.
20. Ufaev V. A. Detection and direction finding of a radiation source in noise of unknown intensity //Radio engineering. - 1997. - No. 7. - pp. 13-16.
21. US Patent No. 3787863 Radio-angular measuring apparatus, 1974.

© Храмов Е.М., 2022 Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №8/2022.

**Для цитирования:** Храмов Е.М. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ПАССИВНЫМИ СРЕДСТВАМИ // Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №8/2022.