

Виноходов Т.В., Капицин Д.Р., Соколов В.А. AERONET. Определение координат неподвижных объектов методом пассивной радиолокации. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XVI Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2016. – С. 23-27.

УДК 004

## **AERONET. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ НЕПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ ПАССИВНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ**

Т.В. Виноходов, Д.Р. Капицин, В.А. Соколов

## **AERONET. DETERMINING THE COORDINATES OF A STATIONARY OBJECT BY USING THE METHOD OF PASSIVE RADIOLOCATION**

T.V. Vinokhodov, D.R. Kapitsin, V.A. Sokolov

**Аннотация.** Развитие беспилотных авиационных и космических систем приведет к росту распределенных систем безопасности полетов и обмена информацией. Повышение надежности защищенных сетевых коммуникации обеспечит массовое безопасное использование беспилотных аппаратов, в том числе в городских условиях.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, пассивная радиолокация, тепловое излучение, импульсный метод, радиоизлучение, радиолокационная.

**Abstract.** The development of unmanned aircraft and space systems will lead to growth of distributed safety systems and information sharing. Increased reliability secure network communications ensure the safe use of mass unmanned vehicles, including urban areas.

**Keywords:** drone, passive radar, thermal radiation, pulse method, radio waves, radar station.

При известном расположении приёмных пунктов (геометрии комплекса) положение объекта в пространстве определяется совокупностью трёх первичных координат объекта. В зависимости от используемых первичных координат различают следующие методы пассивной радиолокации:

1. Угломерные методы. Необходимо измерить два азимута и один угол места:

$$\begin{aligned}x &= \frac{B(1 - \gamma^2) \cos \beta}{2 \gamma \sec \epsilon - \sin \beta}, \\y &= \frac{B \gamma \sec \epsilon - \gamma \sin \beta}{2 \gamma \sec \epsilon - \sin \beta}, \\z &= \frac{B(1 - \gamma^2) \tan \beta}{2 \gamma \sec \epsilon - \sin \beta}, \\ \gamma &= \frac{r}{B}\end{aligned}$$

где  $B$  – база (расстояние между приемными пунктами);  $x, y, z$  – координаты источника радиоизлучения.

2. Разностно-дальномерные методы.

3. Угломерно-разностно-дальномерный метод. Измерение разности, азимут и угол места:

$$\begin{aligned}
x &= \frac{y_1 - y_2}{b - 1} \cot \beta_1 = \frac{B}{b - 1} \cot \beta_1, \\
y &= \frac{y_1 b - y_2}{b - 1} = \frac{B b + 1}{2 b - 1}, \\
z &= \frac{\tan \epsilon}{\sin \beta_1} \frac{y_1 - y_2}{b - 1} = \frac{\tan \epsilon}{\sin \beta_1} \frac{B}{b - 1} \\
b &= \frac{\tan \beta_2}{\tan \beta_1}; \quad y_1 - y_2 = B
\end{aligned}$$

где  $B$  – расстояние между приёмными пунктами;  $r$  – разность расстояний между ПП и ИРИ;  $x, y, z$  – координаты ИРИ.

### Усреднение координаты объекта при множественном измерении

Для получения более точных координат объекта можно воспользоваться способом множественных измерений. Т.к. погрешность измерения является случайной приборной погрешностью  $\Delta \bar{r}$ , то выборка из  $n$  результатов независимых измерений подчиняется нормальному распределению. Тогда при определении среднего значения ошибка составит  $\Delta \bar{r}_i / \sqrt{n}$ . Пусть  $O$  – точка отсчета;  $\vec{R}_i$  – радиус-вектор БПЛА относительно  $O$ ;  $\vec{r}_i$  – координата объекта относительно БПЛА.

Следует учитывать, что при увеличении расстояния до объекта погрешность определения его координат увеличивается. Введем коэффициент  $\eta$  ( $1/m$ ), который определяет, во сколько раз падает достоверность измерения с увеличением расстояния. Тогда

$$\langle \vec{r} \rangle = \sum_{i=1}^n \frac{(\vec{R}_i + \vec{r}_i)}{\eta |\vec{r}_i|} \bigg/ \sum_{i=1}^n \frac{1}{\eta |\vec{r}_i|}.$$

### Пассивная радиолокация теплового излучения

Радиоизлучение может быть тепловое и нетепловое происхождения.

1. Мощность теплового радиоизлучения мала.
2. Спектральная плотность теплового излучения максимальна в инфракрасном диапазоне.
3. Пассивная радиолокация возможна только при температурной контрастности наблюдаемых объектов, то есть при различии их яркостных температур.
4. Естественное излучение тел независимо от своего происхождения беспорядочное, то есть пассивная радиолокация является процессом обнаружения шумоподобного сигнала на фоне шумов, а это требует надлежащей обработки излучения.
5. Собственное излучение непрерывно и принимается без опорных сигналов.

Аппаратурная реализация радиотеплолокационных методов осуществляется с помощью радиометров, представляющих собой широкополосные приемники супергетеродинного типа или прямого усиления. Как правило, с их помощью определяют лишь среднюю мощность сигналов и угловые координаты объектов.

### Вывод

В радиолокации измеряют расстояние до объекта (дальнометрия, или дистанциометрия), направление прихода сигналов (пеленгация), радиальную и угловую скорости движения объекта и т. д. Радиолокационное наблюдение объектов позволяет также выявлять их многие характерные особенности, например, опре-

делять параметры ледового покрова водной поверхности, влагосодержание атмосферы, размеры и конфигурацию объекта и т. п. Данные измерений могут быть дискретными (вырабатываемыми через определённые интервалы времени) или непрерывными. Объекты могут быть одиночными или множественными либо представлять собой сплошные образования.

В пассивной радиолокации объектами обработки являются случайные волновые поля, создаваемые тепловым излучением тел. Поэтому пассивную радиолокацию часто называют радиотеплолокацией или радиометрией.

Достоинством пассивных РЛС являются скрытность их работы, связанная с отсутствием излучения. По этой же причине энергетические характеристики, габариты и масса пассивных РЛС выгодно отличают их от РЛС, работающих в активном режиме. К недостаткам радиометрических методов следует отнести малый уровень и случайный характер принимаемых сигналов и требуемое вследствие этого большое время накопления, что делает системы теплолокации очень инерционными и затрудняет их работу при больших скоростях взаимного перемещения станции и объекта.

Пассивная радиолокация тесно связана с радиопеленгацией – отраслью радионавигации, основанной на использовании методов и средств определения направления на объекты, имеющие источники радиоизлучения.

#### Библиографический список

1. Корсунов Н.И., Егоров Д.В. Математическая модель определения пространственных координат методом пассивной радиолокации. М.: Научные ведомости, 2014. 76 с.
2. Боев Н.М., Шаршавин П.В., Нигруца И.В. Построение систем связи беспилотных летательных аппаратов для передачи информации на большие расстояния // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2014. №3. С. 47.
3. Белоцерковский Г.М. Основы радиолокации и радиолокационные устройств. М.: Сов. Радио, 1975.
4. Евдокименков В.Н., Красильщиков М.Н., Серебряков Г.Г. Распределенная интеллектуальная система управления группой беспилотных летательных аппаратов: архитектура и программно-математическое обеспечение // Известия ЮФУ. Технические науки. 2016. №1. С. 29.
5. Петров В.Ф., Барунин А.А., Терентьев А.И. Модель системы автоматического управления беспилотным летательным аппаратом // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2014. №12–2. С. 55.
6. Дониченко А.А., Чиров Д.С. Обоснование требований к системе связи беспилотных летательных аппаратов средней и большой дальности T-Comm // Телекоммуникации и Транспорт. 2015. №12. С. 47.
7. Тархов Д.А. Математическое моделирование физико-технических объектов на основе структурной и параметрической адаптации искусственных нейронных сетей. 2006.

**Виноходов Темир Васильевич**  
Санкт-Петербургский  
государственный  
политехнический университет,  
г. Санкт-Петербург, Россия

**Капицин Даниил Романович**  
Санкт-Петербургский  
государственный  
политехнический университет,  
г. Санкт-Петербург, Россия

**Соколов**  
**Владимир Александрович**  
Санкт-Петербургский  
государственный  
политехнический университет,  
г. Санкт-Петербург, Россия

**Vinokhodov T.V.**  
Saint-Petersburg State  
Polytech University,  
Saint-Petersburg, Russia

**Kapitsin D.R.**  
Saint-Petersburg State  
Polytech University,  
Saint-Petersburg, Russia

**Sokolov V.A.**  
Saint-Petersburg State  
Polytech University,  
Saint-Petersburg, Russia