

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА ЗА НЕПРОЗРАЧНОЙ ПРЕГРАДОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОРАДАРА

Драницкий И.О. Email: Dranitskiy630@scientifictext.ru

*Драницкий Игорь Олегович – магистрант,
кафедра робототехнических систем и мехатроники,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва*

Аннотация: в работе освещается вопрос применения георадарных приборов для обнаружения подвижных объектов за непрозрачной преградой, описываются их особенности и принципы функционирования. Приводятся экспериментальные данные, получаемые с такого рода устройств. Кроме этого, предлагается методика, применяемая для обработки исходных данных, получаемых с радарной системы с целью предварительной фильтрации и последующего выделения траектории движения объекта на двумерном плане с использованием методов обработки изображений.

Ключевые слова: георадар, радарограмма, определение движущихся объектов, траектория.

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF DETERMINING THE LOCATION OF A MOBILE OBJECT BEHIND AN OPAQUE BARRIER WITH THE USE OF A GEORADAR

Dranitskiy I.O.

*Dranitskiy Igor Olegovich – undergraduate,
ROBOTIC SYSTEMS AND MECHATRONICS DEPARTMENT,
BAUMAN MOSCOW STATE TECHNICAL UNIVERSITY, MOSCOW*

Abstract: the paper covers the issue of using Ground Penetrating Radar to detect moving objects behind an opaque barrier, describes their features and principles of operation. There are also given experimental data obtained from such type of devices. In addition, we propose a technique that could be used to process the raw data received from the radar system for the purpose of preliminary filtering and detecting and calculating the object's trajectory on a two-dimensional plane using image-processing techniques.

Keywords: ground-penetrating radar, radarogram, moving object detection, trajectory.

УДК 621.396.969

В состав современного георадара входят: передающая и приемная антенны, блока регистрации и блок управления. Работа такого прибора основана на принципах радиолокации. Передающая антенна излучает сверхкороткие электромагнитные импульсы в широком спектре частот. Импульсы, отражаясь от неоднородных объектов и границ раздела среды, регистрируются приемной антенной, усиливаются и запоминаются.

Одно из перспективных направлений использования геолокационных систем – обнаружение местоположения движущихся объектов за оптически непрозрачной преградой, например, за стеной. Установив неподвижно приемную и передающую антенны с одной стороны стены и регистрируя отраженные сигналы на определенном промежутке времени, возможно, обнаружить движущийся объект по другую сторону и определить расстояние до него. Если при этом использовать две приемные антенны, становится возможным точное определение местоположения подвижного объекта.

Такие георадарные комплексы – стеновизоры уже стоят на вооружении у силовых структур многих стран, включая Россию. Основная их функция – дать понимание силовой группе перед захватом о ситуации внутри помещения – узнать о расположении противников. Кроме того, такие устройства могут применяться и для поиска людей под завалами [4]. На рисунке 1 представлен пример работы с таким устройством.

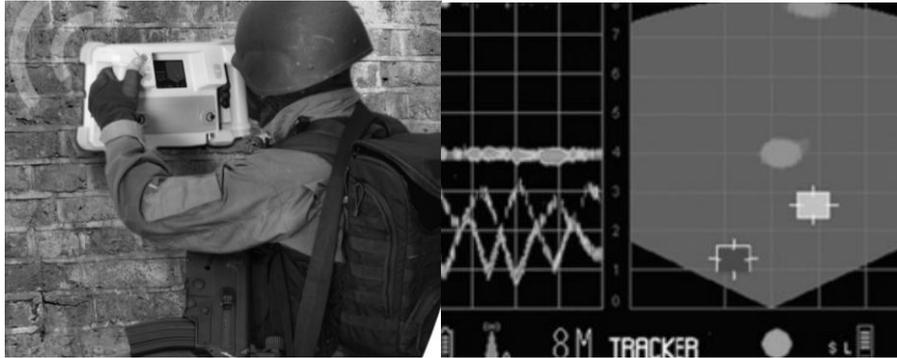


Рис. 1. Применение георадарного устройства для обнаружения людей

В работе данной категории устройств, важным аспектом являются методы, применяемые для обработки данных, получаемых с георадара. Один из наиболее эффективных подходов к решению этой задачи – использование методов обработки изображений.

При этом такие данные представляются в виде двумерной матрицы, где оси ординат откладываются промежутки времени, прошедшие между моментом передачи импульса и регистрацией отраженного импульса приемной антенной, а по оси абсцисс – моменты времени проведения замеров.

В «сыром» виде такие данные малоприменимы для анализа, присутствуют шумы и отраженные сигналы, искажающие картину и мешающие выделению траектории искомого движущегося объекта. Результатом же такой обработки должна быть однозначная траектория перемещения объекта в двухмерном пространстве. Внешний вид радарограммы, получаемой с георадара представлен на рисунке 2.

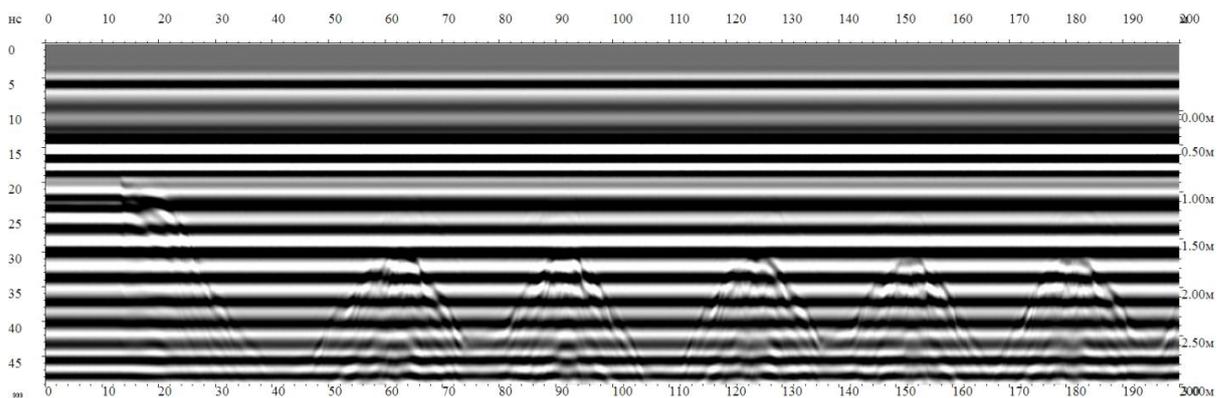


Рис. 2. Пример радарограммы движения человека за стеной

При подготовке данных, полученных с радаров, может появиться необходимость избавления от искажений, вызванных воздействием шумов различной природы. Для этой цели удобно использовать сглаживающие методы. Возможность сглаживания обусловлена отличием свойств изображения полезной информации радарограммы и шума [3]. Данную задачу можно выделить как первый пункт предварительной обработки радарограммы.

Проведя первоначальную обработку радарограммы с целью шумоподавления, на следующем шаге необходимо отфильтровать сигналы, отраженные от статичных источников – такие данные на каждом из замеров будут неизменны и не несут в себе полезной информации.

В рамках следующего шага встает задача выделения среди отфильтрованных данных траектории движения искомого объекта – то есть сигнала, единожды отраженного от этого объекта, и не переотражавшегося от других диэлектрических неоднородностей среды.

Следующая важная задача – пост-обработка полученного сигнала. По итогам применения предыдущих этапов обработки вероятно наличие в полученных данных ошибок первого и второго рода – то есть, соответственно, участков ошибочных детекций и участков, где объект обнаружен не был.

Так как для определения местоположения объекта важно наличие непрерывной траектории детекции объекта, на данном этапе потребуются отфильтровать ошибки первого рода и по возможности достроить траекторию на трассах, где присутствуют ошибки второго рода.

Заключительный этап в рамках данной задачи – расчет и визуализации реальной траектории движения объекта на двумерной плоскости.

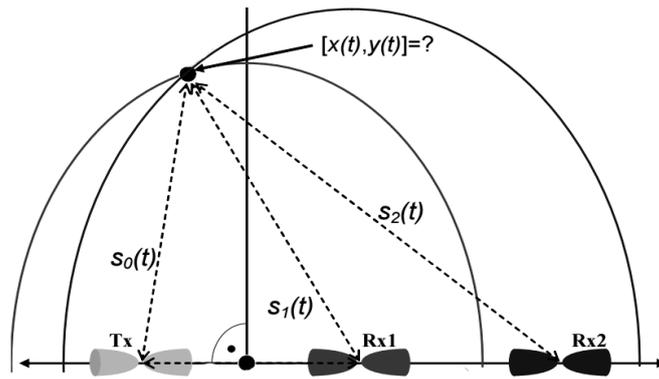


Рис. 3. Геометрический метод определения координат искомого объекта

Для решения данной задачи необходимо обладать информацией о геометрической конфигурации радарной системы.

Зная время, за которое сигнал преодолел кратчайший путь от передающей радарной антенны до объекта, а затем, от объекта до приемной антенны, легко определить, что объект будет расположен на дуге эллипса, фокусам которого будут соответствовать координаты приемной и передающей антенн:

$$\left(\frac{x(t)}{a_1(t)}\right)^2 + \left(\frac{y(t)}{b_1(t)}\right)^2 = 1; \quad \left(\frac{x(t) + x_2}{a_2(t)}\right)^2 + \left(\frac{y(t)}{b_2(t)}\right)^2 = 1$$

А большая и малая оси эллипса соответственно будут представлены следующими выражениями:

$$2a_i(t) = s_0(t) + s_i(t) = ct_i(t)$$

$$b_i(t) = a_i(t) \sqrt{1 - \left(\frac{D_i/2}{a_i(t)}\right)^2}$$

Таким образом, сформирован следующий план решения поставленной задачи:

1. Предварительная обработка – исследование методик фильтрации шумов;
2. Разработка методов фильтрация сигналов, отраженных от статических источников;
3. Разработка метода выделения сигнала, отраженного от искомого объекта;
4. Разработка методов фильтрация ошибок первого рода;
5. Исследование способов устранения ошибок второго рода;
6. Разработка метода расчета местоположения и траектории движения искомого объекта на двумерном плане.

Список литературы / References

1. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. М.: Техносфера, 2006.
2. Яне Б. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2007.
3. Обработка георадарных данных в автоматическом режиме // Геофизика, 2010. № 4. С. 76-80.
4. Техническое руководство пользователя GeoScan32. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://logsys.ru/download/new/geoscan32manual.pdf/> (дата обращения: 16.05.2017).