

УДК 621.317
МЕТОД МИКРОВОЛНОВОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ
КЛАССИФИКАЦИИ ЗАРЫТЫХ ОБЪЕКТОВ

В.А. МИХНЕВ, В.А. БАДЕЕВ
ГНУ «ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Подповерхностная радиолокация получает в последние годы все большее распространение для ряда важных применений в геофизике, строительстве, неразрушающем контроле. Радарные изображения в подповерхностной радиолокации обычно строятся таким образом, что цвет определяет амплитуду сигнала, отраженного от подповерхностного объекта. Этого вполне достаточно для обнаружения объектов, но их распознавание осложнено и может осуществляться только исходя из некоторых геометрических соображений [1 – 3].

В настоящей работе представлен метод построения радарных изображений, который учитывает не только амплитуду отраженного сигнала, но и сдвиг фазы при отражении электромагнитной волны от объекта. В таком случае амплитуда используется для обнаружения объекта, тогда как фаза дает информацию, позволяющую различать объекты. Изображение формируется так, что его яркость соответствует амплитуде, а цвет – фазе.

Рассмотрим предложенный метод на примере входных данных, рассчитанных для случая слоистой диэлектрической среды. Пусть диэлектрическое полупространство представлено слоистой средой с профилем диэлектрической проницаемости, показанным на рис. 1.

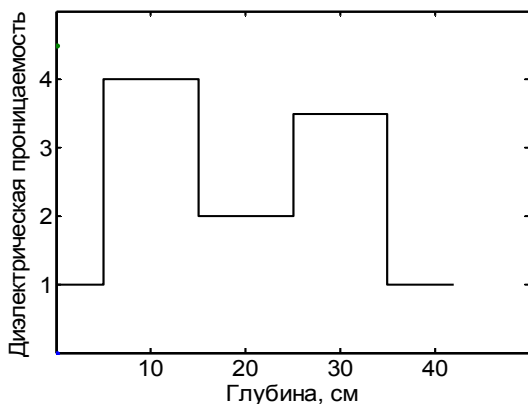
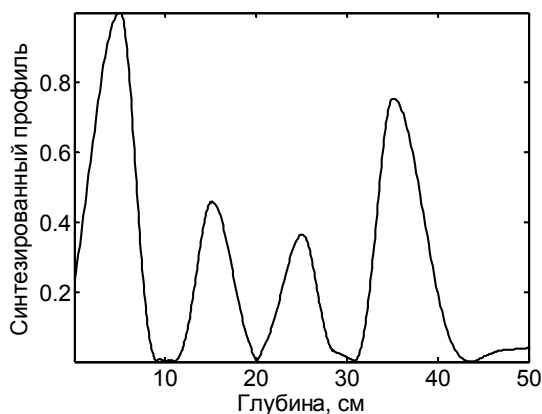


Рис. 1. Профиль диэлектрической проницаемости полупространства

Модуль обратного преобразования Фурье комплексного коэффициента отражения плоской волны, падающей на такое полупространство, рассчитанный для частотного диапазона от 1 до 4 ГГц, показан на рис. 2а.

а)



б)



с)



Рис. 2. Синтезированный радиолокационный профиль дальности, соответствующий распределению диэлектрической проницаемости, показанному на рис. 1 (а), и его цветовое представление с использованием только информации об амплитуде (б) и на основе предложенного метода (с)

Легко видеть, что четыре пика на профиле дальности рис. 2а соответствуют отражениям от четырех межслойных границ на рис. 1. Сигнал, показанный на рис. 2а, можно также представить посредством любой цветовой схемы, где определенный цвет соответствует некоторому диапазону амплитуд, как, например, на рис. 2б.

Различение зарытых объектов можно улучшить, если амплитуда отражения соответствует яркости изображения, тогда как цвет – другому параметру, описывающему отражение от объекта. Фаза отражения на нулевой частоте для рассматриваемого объекта может быть требуемым вторым параметром. Например, для границ раздела диэлектриков на рис. 1 она равна или 0 или π , в зависимости от знака изменения диэлектрической проницаемости. В общем случае фаза отражения может принимать, возможно, любое значение в интервале от 0 до π . Следовательно, для каждого интер-

вала фаз можно установить определенный цвет, дающий возможность определения параметров рассматриваемого зарытого объекта.

Фаза, соответствующая нулевой частоте, содержит информацию об отражающих свойствах объекта независимо от расстояния до него и, таким образом, может использоваться для определения его характеристик.

На рис. 2с показано цветовое представление сигнала с рис. 2а при использовании предложенного алгоритма построения изображений подповерхностного радара. Сравнение рис. 2b и рис. 2с с профилем диэлектрической проницаемости рис. 1, использованного для расчета входных данных, показывает, что цветовая шкала на рис. 2b дает в результате только положения отражающих границ и их отражательную способность, ассоциированную с цветом. На рис. 2с отражающая способность представлена только яркостью полос, а цвет связан с фазой отражения. Поэтому первая и третья полоса на рис. 2 с имеют один цвет, а вторая и четвертая – другой, т.к. диэлектрическая проницаемость возрастает у первой и третьей границы и уменьшается у второй и четвертой границы.

Предложенный метод обработки сигналов подповерхностного радара сочетает возможности обнаружения объектов и определения их параметров. Связь яркости изображения полупространства с амплитудой отраженного сигнала, а цвета изображения с фазой отражения, зависящей от диэлектрических свойств зарытого объекта, делает представленный метод пригодным для распознавания и идентификации объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **J. Fortuny-Guasch**, "A novel 3-D subsurface radar imaging technique," *IEEE Transactions Geosci. Remote Sensing*, vol. 40, pp. 443-452, Jan. 2002.
2. **M. Sato and X. Feng**, "GPR migration algorithm for landmines buried in inhomogeneous soil," *Proc. of the IEEE Antennas and Propagation Int. Symp.*, vol. 1B, pp. 206-209, 2005.
3. **S.M. Strestha and I. Arai**, "Signal processing of ground penetrating radar using spectral estimation techniques to estimate the position of buried targets," *EURASIP J. on Appl. Signal Processing*, no.12, pp.1198-1209, 2003.

E-mail: lab4@iaph.bas-net.by