

Отработка алгоритмов сбора и обработки данных 3D-георадара на искусственном полигоне

В.Н.Марчук¹, О.А.Бышевский-Конопко¹, В.М.Смирнов¹, А.С.Бажанов.²

¹ФИРЭ им.В.А.Котельникова РАН Marchuk@ms.ire.rssi.ru

²ФГУП СКБ ИРЭ РАН

В данной работе представлены результаты отработки алгоритмов сбора и обработки данных 3D-георадара на радиолокационных данных, полученных на искусственном полигоне в ФИРЭ им.В.А.Котельникова РАН.

This paper presents the results of testing of the algorithms for collecting and processing data on the 3D-GPR radar data obtained on artificial ground in FIRE of V.A.Kotelnikov RAS.

Появление 3D-георадаров (многоканальных георадаров с большим количеством однотипных каналов, расположенных на линии перпендикулярной направлению движения радара и работающих практически одновременно) позволило собирать трехмерные массивы коррелированных между собой радиолокационных данных и вывести процесс обработки и визуализации данных подповерхностной радиолокации на качественно более высокий уровень [1-6]. Использование новых алгоритмов обработки и модернизация старых, в плане прежде всего многопоточности, позволило кроме получения послойных срезов использовать также интерактивные режимы при анализе полученных данных в квазитрехмерном приближении.

В ФИРЭ им.В.А.Котельникова РАН разрабатываются программы и алгоритмы для обработки радиолокационных данных многоканальных георадаров [7]. Эти программы первоначально применялись для обработки данных многоканального георадара «МАРС-300/4», разрабатываемого для Донского археологического общества. Впоследствии предполагается модернизировать эти программы для использования разрабатываемого совместно с СКБ ИРЭ РАН макета 3D-георадара для космических применений[8].

Для испытаний новых моделей георадаров, отработки алгоритмов и программ сбора и обработки радиолокационных данных 3D-георадаров был подготовлен искусственный полигон (рис.1.). В деревянный короб длиной 3 м, шириной 2 м и высотой 1.5 м засыпался сухой песок, в котором на разной глубине помещались тестовые объекты: преимущественно тонкие металлические стержни различной длины.

Для получения радиолокационных данных, используемых при отладке алгоритма сбора и обработки трехмерного массива георадарных данных использовался разработанный в СКБ ИРЭ РАН лабораторный образец одноканального радара «КБОР» на основе микросхемы норвежкой фирмы «Новельда» (рис.2.). Перемещение радара «КБОР» производилось по всей длине полигона многократными параллельными профилями, расположенными на расстоянии 10 см друг от друга. Прямолинейность движения обеспечивалось помещением ведущего колеса в узкий пластмассовый желоб. Координатная привязка с точностью 3 см обеспечивалась использованием одометра на базе датчика Холла.

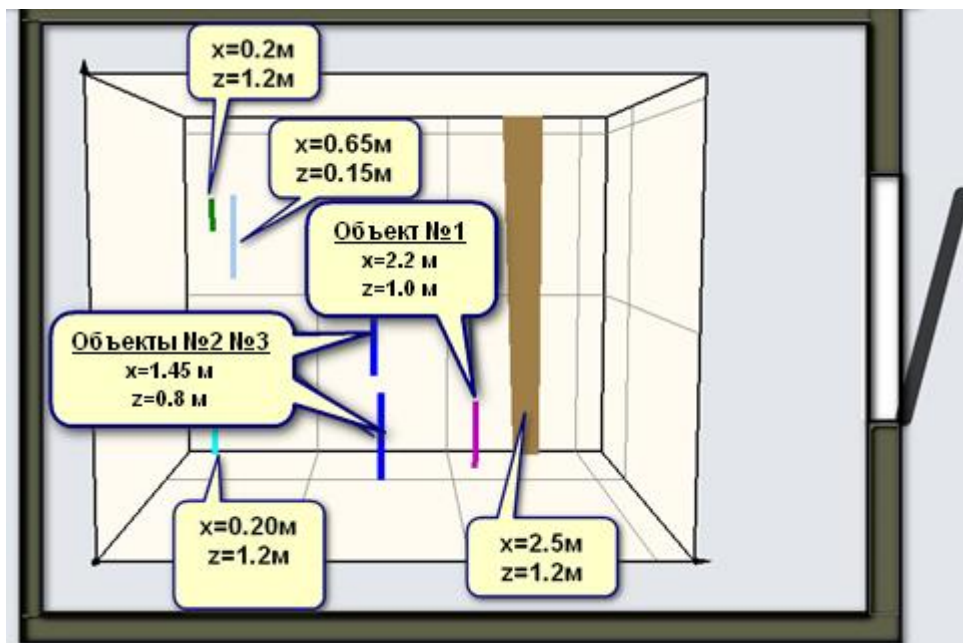


Рис. 1. Искусственный полигон (вид сверху): x – расстояние от левой границы полигона, z – глубина залегания



Рис.2. Лабораторный образец одноканального высокочастотного георадара

Для отработки алгоритма были выбраны три объекта: тонких металлических стержня. Первый объект расположен на глубине 1 м, два других - на глубине 0,8 м.

Использовался следующий алгоритм обработки данных 3D-георадара:

- объединение данных всех профилей в единый 3D-массив;
- устранение аппаратной функции (взаимовлияния антенн и усилительного тракта) путем вычисления среднестатистического сигнала и удаления его из всех выборок сигнала;
- подбор оптимального усиления сигнала;

- предварительная фильтрация сигнала в частотной области, для устранения паразитных частот и помех;
- выбор оптимального фильтра, выполнение согласованной фильтрации;
- отображение результатов обработки в виде изометрических изображений, стратиграфических и планиметрических разрезов на заданных глубинах.

Предварительно обрабатывались и анализировались данные по каждому профилю отдельно, обнаруженные объекты помечались маркерами (рис.3). Затем производилось отображение полученных результатов в изометрической проекции, выбирались углы проекции, при которых наиболее полно отображались эти объекты. Результаты обработки и анализа данных трехмерного массива данных представлены на рис.4.

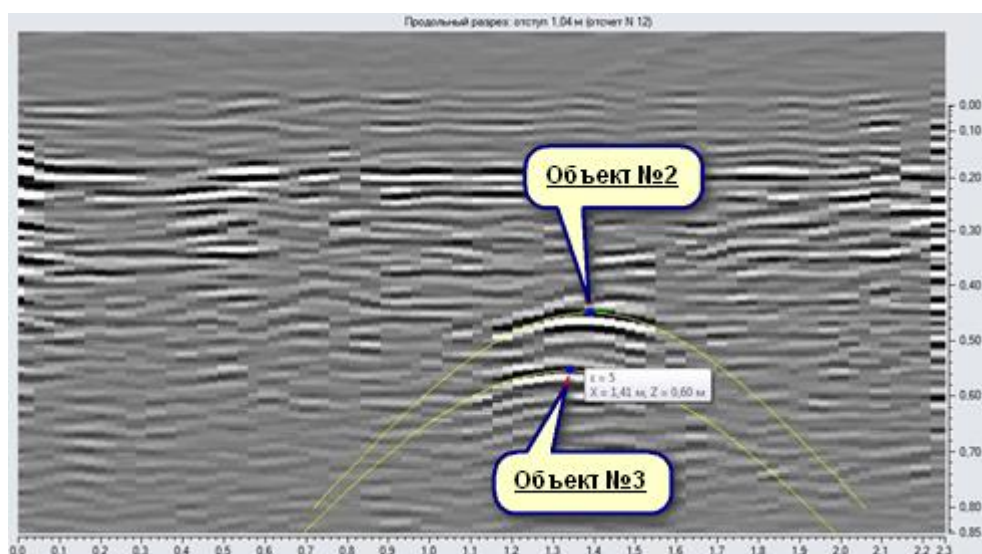


Рис.3. Маркировка обнаруженных объектов на единичном профиле

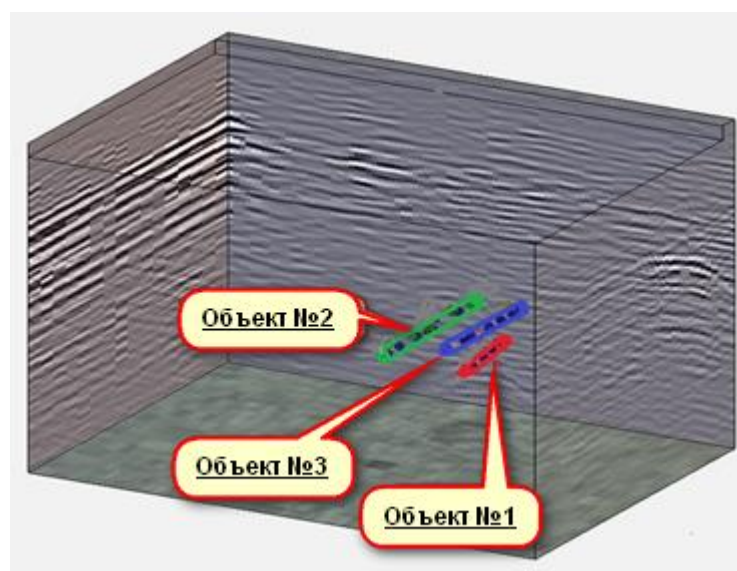


Рис.4. Отображение маркированных объектов в изометрической проекции

Тонкими линиями на рис.3. показаны расчетные гиперболы, по которым оценивалась диэлектрическая проницаемость зондируемого грунта. В данном случае диэлектрическая проницаемость равна 5, что соответствует сухому песку.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Фундаментальные проблемы исследований и освоения Солнечной системы» в части отработки алгоритмов сбора и обработки данных 3D-георадара, и Программы ОФН РАН «Радиоэлектронные методы в исследованиях природной среды и человека» в части подготовки искусственного полигона для испытаний георадаров.

Литература

1. Linford, N., Linford, P., Martin, L. and Payne, A. (2010), Stepped frequency ground-penetrating radar survey with a multi-element array antenna: Results from field application on archaeological sites. *Archaeological Prospection*, 17: 187–198. doi: 10.1002/arp.382
2. Dean Goodman, Alexandre Novo, Geostudi Astier, Gianfranco Morelli, Geostudi AstierSalvatore Piro, Doria Kutrubes, Henrique Lorenzo. *Advances in GPR imaging with multi-channel radar systems from engineering to archaeology // SAGEEP 2011 Charleston, South Carolina USA*
3. Immo Trinks, Jaana Gustafsson, Jesper Emilsson, Christer Gustafsson, Bernth Johansson et Johan Nissen. Efficient, large-scale archaeological prospection using a true 3D GPR array system // *ArcheoSciences*, suppl. 33, 2009, pp. 367-370
4. U. Wollschlager, H. Gerhards, Q. Yu, and K. Roth. Multi-channel ground-penetrating radar to explore spatial variations in thaw depth and moisture content in the active layer of a permafrost site // *The Cryosphere*, 4, 269–283, 2010, www.the-cryosphere.net/4/269/2010/
5. Marshall Bradleya, Thomas Wjittenb, Robert MCCUmmjflSa, Mike Crowea, Scott Stewart, Mike DUNcana. Mine detection with a multi-channel stepped-frequency ground penetrating radar // Part of the SPIE Conference on Detection and Remediation Technologies for Mines and Minelike Tarciets IV • Orlando, Florida • April 1999, SPIE, Vol. 371, pp.953-960.
6. Ralf Birken, Douglas E. Miller, Maclyn Burns, Paul Albats, Robert Casadonte, Ross Deming, Tony Derubeis, Thorkild Hansen and Michael Oristaglio. Efficient large-scale underground utility mapping in new york city using a multi-channel ground-penetrating imaging radar system // *Proc. SPIE Vol. 4758*, 2002.
7. Марчук В. Н., Смирнов В. М., Юшкова О. В., Бышевский-Конопко О. А., Бажанов А. С., Бездудный В. Г. Результаты обработки радиолокационных данных многоканального 3d-георадара // "Журнал радиоэлектроники", 2013, №1, <http://jre.cplire.ru/jre/jan13/6/text.pdf>
8. Marchuk V. N., Smirnov V. M., Byshevski-Konopko O. A. Multi-channel ground penetrating radar for space applications / *The third Moscow Solar System Symposium (3M-S³)*, Moscow 8-12 October 2012 abst 270-271.