

Система Управления Аппаратурно-Программного Комплекса Частотного Электромагнитного Зондирования

Аннотация

В статье представлен опыт создания графического программного приложения на платформе карманного компьютера. Управление аппаратурой частотного электромагнитного зондирования осуществляется при помощи технологии беспроводной радиосвязи Bluetooth™. Визуализация данных зондирования происходит в реальном времени.

1. ВВЕДЕНИЕ

Наземный переносной аппаратурно-программный комплекс «NEMFIS» предназначен для дистанционного исследования объемного распределения удельной электропроводности верхнего слоя почвы на глубинах до 10 метров.



Рис. 1. Аппаратура электромагнитного индукционного частотного зондирования «NEMFIS»

Из основных областей применения аппаратуры «NEMFIS», помимо всего прочего, можно выделить:

- археологические исследования, поиски объектов культурного наследия;
- экологический мониторинг загрязнения грунтовых вод;
- изучение подземных туннелей и пустот, поиск подземных сооружений и коммуникаций;
- поиск источников соленой и пресной воды;
- обнаружение и локализация захоронений промышленных отходов;
- обнаружение неразорвавшихся боеприпасов.

Все эти и другие задачи электромагнитный 3D сканер «NEMFIS» позволяет решать с поверхности, т.е. без нарушения поверхностного слоя (например, дорожного покрытия).

На сегодняшний день «NEMFIS» не имеет прямых аналогов на мировом рынке, а по сравнению с самыми близкими аналогами ведущих производителей аппаратуры частотного электромагнитного зондирования (ЧЭЗ) канадских фирм Georhex (комплекс GEM-2 [3, 4]), и Geonics (комплексы EM-31, EM-38) имеет ряд преимуществ. Электромагнитный 3D сканер «NEMFIS», в отличие от продукции Geonics, использует несколько рабочих частот, что позволяет получать информацию об изменении свойств грунта в зависимости от глубины и строить вертикальные разрезы и кривые зондирования. По сравнению с GEM-2 «NEMFIS» имеет более широкий диапазон частот, что значительно увеличивает область применения аппаратуры. Кроме того, благодаря использованию компенсационной схемы измерения, «NEMFIS» имеет большую локальность измерения, что повышает разрешающую способность. К числу преимуществ аппаратуры «NEMFIS» также можно отнести большую устойчивость к электромагнитным помехам.

Следует отметить, что производители аппаратуры ЧЭЗ (в том числе и фирмы Georhex и Geonics) предоставляют возможность только пост-обработки данных зондирования и GPS координат на персональных компьютерах, используя для передачи данных стандартный порт RS-232. И хотя некоторые производители (например, Geonics) позволяют управлять аппаратурой с помощью карманного компьютера через RS-232, на мировом рынке на сегодняшний день отсутствуют портативные аппаратурно-программные комплексы ЧЭЗ, позволяющие визуализировать данные в реальном времени.

2. МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Электромагнитный 3D сканер «NEMFIS» реализует метод электромагнитного индукционного частотного зондирования и представляет

собой трехкатушечный зонд [1]. Генераторный контур излучает электромагнитное поле на 14 частотах в диапазоне от 2.5 кГц до 250 кГц. Аппаратурой измеряются квадратурная и синфазная составляющие разностной ЭДС, индуцированной вихревыми токами, текущими в среде.

Электромагнитный 3D сканер «NEMFIS» является автономным устройством с внутренним источником питания и постоянным запоминающим устройством. Корпус изготовлен из стеклопластика. Общая длина зонда в рабочем состоянии 2.75 м, в транспортном положении – 1.4 м. Масса не превышает 10 кг. На генераторной части корпуса расположены клавиатура и жидкокристаллический монитор (рис. 1). Среднее время одного зондирования на всех 14 частотах составляет около 2 секунд.

При полевых работах «NEMFIS» программируется непосредственно с помощью клавиатуры, расположенной на корпусе, и, кроме того, может управляться дистанционным пультом, соединенным с аппаратурой. После окончания полевых работ, данные передаются через стандартный последовательный порт в персональный компьютер для последующей обработки, интерпретации и визуализации с помощью созданного программного пакета ISystem [1].

Современные возможности карманных персональных компьютеров (КПК) позволяют ставить новую актуальную задачу создания специализированных программных средств обработки и визуализации данных полевых измерений в реальном времени на этих платформах. Визуализация данных в процессе измерений может существенно повысить эффективность применения целого ряда геофизических приборов.

В связи с этим, была поставлена задача разработки системы управления и обработки данных зондирования аппаратурно-программного комплекса «NEMFIS» в реальном времени на базе платформы карманного компьютера (PocketPC) и технологии беспроводной радиосвязи Bluetooth™.

Программный комплекс для обеспечения работы «NEMFIS» должен включать в себя:

- систему управления всеми режимами работы электроразведочного прибора «NEMFIS» посредством технологии беспроводной радиосвязи Bluetooth™;
- систему взаимодействия с GPS приемником посредством технологии Bluetooth™ для определения абсолютных координат пунктов зондирования;
- систему отображения результатов измерений в графическом виде, удобном пользователю. В частности, программа должна позволять в реальном времени отображать в графическом виде двумерные карты и разрезы местности, кривые зондирования и профильные диаграммы.

Для визуализация двумерных разрезов и карт необходимо реализовать алгоритм аппроксимации двумерных данных, как для регулярных данных (regular data, для измерений на регулярной сетке), так и для нерегулярных данных (scattered data, для измерений на нерегулярной сетке). Для этого требуется провести анализ существующих алгоритмов интерполяции и аппроксимации двумерных данных, оценить их трудоемкость, и, в случае неудовлетворительной производительности на процессорах карманных компьютеров, оптимизировать их работу под поставленную задачу в ущерб точности представления данных (аппроксимации данных), либо, используя данные измерений на полях специальной формы.

3. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ

Разрабатываемое программное обеспечение (ПО) на базе платформы КПК представляет собой оконное приложение диалоговой структуры и предоставляет пользователю удобный интерфейс управления и визуализации данных аппаратуры «NEMFIS».

3.1 Типы измерений

Текущая версия разрабатываемого программного обеспечения позволяет проводить измерения следующих типов (а также их вариаций):

3.1.1 Профиль

Измерения ведутся вдоль одного профиля. Программе задаются размер шага в метрах вдоль профиля и, опционально, общее количество пикетов (точек измерений). Для этого режима измерения в реальном времени строятся кривые зондирования, профильные диаграммы и двумерный разрез текущего профиля.

3.1.2 Регулярная сетка

Измерения ведутся по размеченной регулярной сетке. На входе задаются размеры сетки и размеры шагов в метрах по обеим осям. Для этого режима измерения, помимо прочего, в реальном времени строится двумерная карта на определенной частоте (т.е. на определенной глубине).

3.1.3 Нерегулярная сетка

Измерения ведутся на поле в произвольных точках, а для определения координат измерений используется GPS приемник, который может быть либо встроен в КПК, либо быть внешним и передавать GPS данные посредством технологии беспроводной радиосвязи Bluetooth™. Для этого режима измерения, помимо прочего, в реальном времени отображается GPS трек. Однако координаты могут быть записаны в GPS навигатор и затем сопоставлены результатам зондирования. Для этого в ПО КПК предусмотрена возможность записи локального времени измерений и реализован алгоритм пересчета данных GPS трека в относительные координаты.

3.2 Визуальное представление данных

Кривые зондирования представляют собой зависимость кажущейся удельной электропроводности от глубины.

Профильные диаграммы представляют собой зависимость кажущейся удельной электропроводности на определенной частоте вдоль профиля.

Двумерный разрез представляет собой распределение кажущейся удельной электропроводности вдоль профиля в зависимости от глубины.

Двумерная карта представляет собой горизонтальное распределение кажущейся удельной электропроводности на определенной частоте.

Текущая версия программного обеспечения для КПК позволяет отображать кривые зондирования, профильные диаграммы, а также двумерные карты и разрезы, реализованные с помощью алгоритма бикубической интерполяции двумерных данных на регулярной сетке.

4. НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ АРХЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ

Программно-аппаратурным комплексом «NEMFIS» в начале февраля 2006 г. были выполнены комплексные исследования на части площади кальдеры вулкана в окрестностях города Латера (провинция Лацио, Италия).

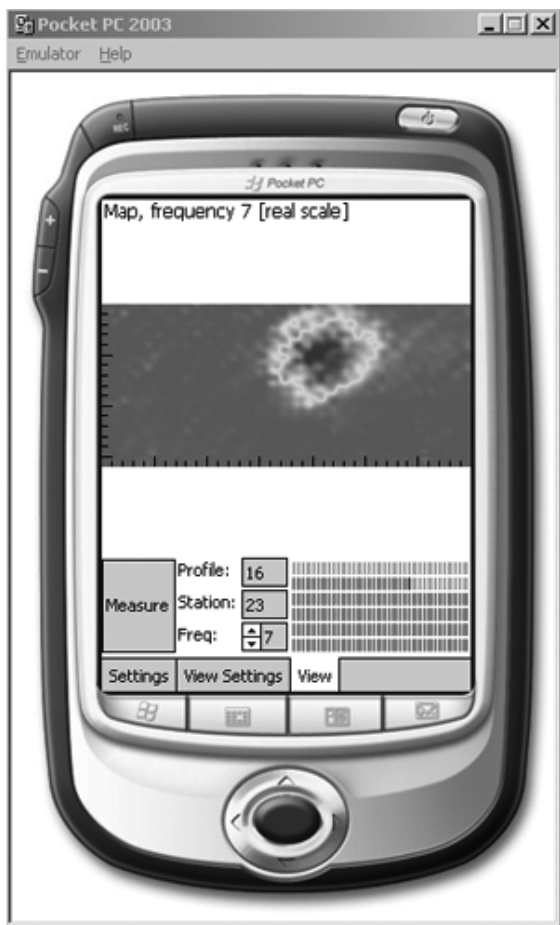


Рис. 2. Эмулятор платформы Pocket PC 2003

Площадь представляет собой ровное пастбище площадью несколько гектар с изменением поверхности и отсутствием травяного покрова в некоторых местах, вызванными проявлениями геотермальных газов. На части площади была выделена разметкой с шагом 2.5 м тестовая площадка площадью 50x85 м², причем в ее центре располагался участок оголенной почвы диаметром около 6 м. Аппаратурой «NEMFIS» была исследована тестовая площадка по регулярной сетке на 8 частотах (в диапазоне 6.9 - 62.5 кГц), при этом на КПК можно было в реальном времени просматривать получаемые данные в графическом виде (см. рис. 2). Работы по съемке этого участка заняли приблизительно 5 часов. Результаты пост-обработки на персональном компьютере данных зондирования представлены на рис. 3.

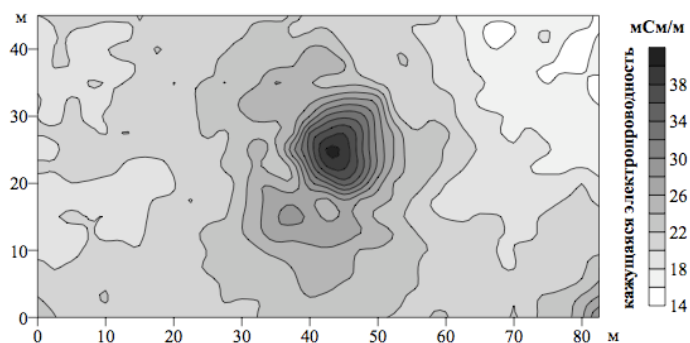
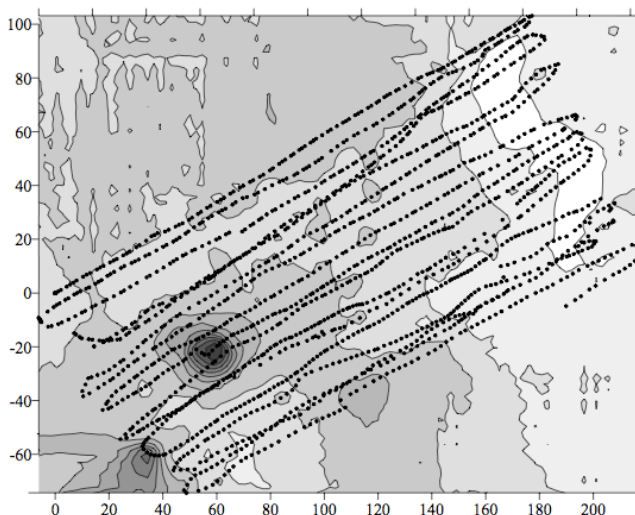


Рис. 3. Карта распределения электропроводности на частоте 40 кГц. Следует отметить, что полученные сканером «NEMFIS» количественные данные довольно хорошо коррелируют с данными, полученными двумерной томографией на постоянном токе и аппаратурой EM-31 фирмы Geonics.

Рис. 4. Карта распределения кажущейся электропроводности по измерениям на нерегулярной сетке (координаты пунктов зондирования получены GPS навигатором и обозначены точками)

Для демонстрации преимуществ предложенной системы управления и интерпретации было проведено зондирование участка, площадь которого в 5 раз превышает площадь предыдущего (рис. 4). Измерения проводилось в постоянном движении на 4 частотах. Координаты точек зондирования записывались в GPS навигатор фирмы Garmin. Такой тип работ сканером «NEMFIS» проводился впервые, общее время работ не превысило одного часа.



5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создана первая версия программного обеспечения на платформе КПК, которая позволяет управлять сканером «NEMFIS» и визуализировать результаты зондирования в режиме реального времени. Данная разработка находится на мировом уровне, а в некоторых аспектах превосходит его.