УДК 550.370

А.И.ГЕРАСЬКИН, *аспирант, alexey.geraskin@gmail.com*
Московский государственный университет

A.I.GERASKIN, *Post-Graduate Student, alexey.geraskin@gmail.com,*
Moscow State University

СИСТЕМА СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ С ИСКУССТВЕННЫМ ИСТОЧНИКОМ

Приведено описание основных компонентов системы. Освещены основные направления применения этих компонентов, а также конечные программные продукты, собранные на их основе. Введено понятие графа обработки и показана возможность его динамической модификации для достижения максимально эффективного уровня подавления помех. Также приведены конкретные примеры успешного практического применения системы.

Ключевые слова: низкочастотная электроразведка, система сбора и обработки данных, модульная конструкция.

DATA COLLECTION AND PROCESSING SYSTEM OF LOW-FREQUENCY ELECTRICAL METHOD WITH ARTIFICIAL SOURCE

Review of the basic components of elaborating system is presented. The basic trends of application of these components and software products created on their basis are shown. The concept of a processing graph is entered and shown its dynamic features. Specific examples of the successful practical application of the system are considered.

Key words: low-frequency electrical prospecting, data collection and processing system, module structure.

Введение. Современные компьютерные технологии позволяют качественно по-новому подойти к вопросу построения системы обработки электроразведочных данных. Интеграция в единую систему сбора и обработки электроразведочных данных и последующая интерпретация результатов должна привести к существенному повышению эффективности всего процесса работы с данными. В условиях взрывного роста объемов электроразведочных работ в нашей стране эффективность обработки данных может оказаться одним из решающих факторов успеха работ.

Нами было принято решение разработать новую систему для сбора и обработки электроразведочных данных, опираясь на высокочастотную 24-битую электронную базу измерительной аппаратуры, обеспечивая интеграцию главных этапов сбора и обработки геофизической информации и ограничивая универсальность модулей в тех случаях, когда это позволяет добиться резкого повышения производительности труда. Система должна состоять из модулей, которые могут быть легко заменены, модернизированы и сочленены между собой.

1-й уровень универсальности. Базой для разработки была выбрана платформа Microsoft.NET Framework и язык программирования C#. После анализа и проектирования созданы основные компоненты, обеспечивающие работу с электроразведочными данными. В этот список вошли компоненты доступа к данным, отвечающие

за работу с различными форматами данных, просмотра данных (визуализация, навигация), анализа данных (статистика и предобработка), операции обработки данных (борьба с помехами, накопление, спектральный анализ), генерации искусственных сигналов (для анализа операций помехоподавления). Кроме того, был разработан пакет алгоритмов, борющихся с основными видами помех, в который вошли как классические операции[*], так и некоторые оригинальные идеи[**]. Эти компоненты мы относим к 1-му уровню универсальности.

Компоненты 1-го уровня универсальности. Первой задачей при работе с большими объемами данных является эффективная визуализация. Существует большое число приборов (MTU, ИМВП-8, МЭРИ-24 и др.), которые создают файлы с записями временны́х рядов. Такие записи по сути своей очень похожи. При этом для операторов-обработчиков во многих существующих визуализаторах для разных приборов возникают однотипные сложности при просмотре данных: отсутствие удобного и быстрого механизма навигации по временной записи, отсутствие дополнительных инструментов, позволяющих быстро посчитать, например, амплитуду и частоту сигнала. Как показала практика, эти операции очень полезны при исследованиях в области помехоподавления и разработки специфических алгоритмов обработки. Был разработан *компонент визуализации*, который решил эти задачи. Навигация по записи может эффективно осуществлятся с использованием как «мыши», так и стилуса (в карманных персональных компьютерах и ноутбуках с сенсорным экраном (touch-book)). Реализовано легкое подключение к компоненту визуализации дополнительных инструментов. Уже реализованы такие инструменты, как *калькулятор частоты и амплитуды*, *выделение полезного сигнала*, *выделение паузы* в сигнале вида «меандр с паузой». Не решенной на данный момент осталась задача быстрого отображения больших записей (скажем, 24 ч непрерывной записи на частоте оцифровки 2500 Гц). Однако это чисто технический вопрос, который будет скоро решен.

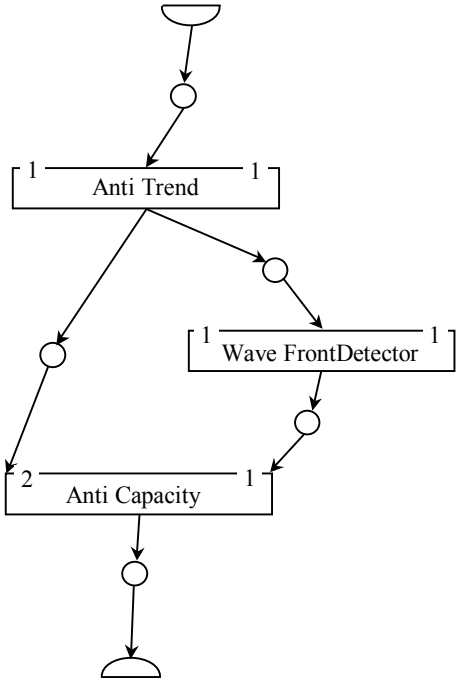
Как было упомянуто выше, существует много видов аппаратуры и форматы хранения данных в них различаются. Были реализованы *компоненты*, *работающие с форматами данных*, которые создаются приборами MTU 2E, MTU 5H, ИМВП-8, SGD-EDN, МЭРИ-24. В совокупности с компонентом визуализации это позволяет быстро создавать специфические визуализаторы (2-го уровня универсальности) для каждого типа оборудования.

Логически центральным элементом всей системы является компонент обработки данных. Первый прототип компонента был использован в вышеупомянутой программе NineWishes. Он был линейным, т.е. операции обработки можно было комбинировать только последовательно: каждая операция могла иметь только один вход и один выход. Практика показала, что это ограничение слишком жесткое, поскольку часто требуется, чтобы операции могли иметь большее число входов и выходов. В результате автором была разработана структура, впоследствии названная *графом обработки*. Граф позволяет комбинировать операции, согласованные по типу данных на соответствующих входах и выходах (см. рисунок). Сами операции берутся из базы операций, которая может быть расширена. Для визуальной редакции графа создан специальный графический компонент. С использованием графа обработки было создано приложение Octopus Pro (2-го уровня универсальности), предназначенное для визуализации, анализа и обработки данных по методу вызванной поляризации (ВП).

Граф позволяет работать с операциями обработки. С его помощью можно настраивать алгоритм на обработку данных с определенных площадей, где превалирует определеный тип шума или искажения. Однако еще не со всеми типами помех удается бороться достаточно эффективно. Например, для подавления низкочастотного тренда автором разработан оригинальный алго-

[*] *Egbert G.D.* Robust estimation of geomagnetic transfer functions / G.D.Egbert, J.R.Booker // Geophys. J. R. astr. Soc. 1986. V.87. pp.173-194.

[**] *Pankratov O.* Processing controlled source of electromagnetic data / O.Pankratov, A.Geraskin // The 18th Workshop on Electromagnetic Induction in the Earth: Book of Expanded Abstracts. 2006, pp. 1-6.



Пример графа обработки

ритм, а для борьбы с индуктивными всплесками алгоритмы недостаточно универсальны. Они требуют подстройки в каждом конкретном случае.

Разработаны и другие компоненты, например *генератор искусственного сигнала*, позволяющий осуществлять анализ разрабатываемых алгоритмов на синтетических сигналах и помехах.

2-й уровень универсальности. На основе описанных компонент мы создаем программные продукты, задачей которых является анализ и обработка записей электромагнитного (ЭМ) поля с целью изучения поведения полезного сигнала и помех под воздействием различных математических операций. Были созданы, например, программы NineWishes и Octopus Pro. Программа NineWishes позволяет не только обрабатывать одноканальные ЭМ-данные, но и исследовать действие операций обработки на искусственно зашумленных или искаженных модельных сигналах. Для разработки такой программы необходим специалист в области программирования, но если для разработки «с нуля» требуется несколько месяцев, то для сборки ее из компонентов 1-го уровня универсальности – около недели. В программе NineWishes набор математических процедур может быть расширен без вмешательства в исходный код программы. Это подход аналогичен созданию так называемых модулей расширения (plug-in). Программа позволяет динамически комбинировать операции и анализировать качество обработки (как визуально, так и численно). Назовем это 2-м уровнем универсальности. На этом уровне система решает конкретную задачу, но параметры процесса решения можно менять в некоторых пределах. Теперь с системой может работать специалист-геофизик, не обладающий специфическими знаниями из чуждой ему области.

Еще одним примером программы 2-го уровня универсальности стала программа Phoenix Viewer, предназначенная для просмотра записей станций MTU 2E, MTU 5, MTU 5A производства «Феникс Джеофизикс Лтд». В этой программе, в частности, реализованы режимы, позволяющие синхронно просматривать много каналов со множества станций, что важно при работе с синхронными записями и чрезвычайно удобно при поиске дефектов записи.

Всего было собрано более 15 различных приложений 2-го уровня, в том числе программы для обработки данных методами вызванной поляризации (ВП) и дифференциально-нормированным методом электроразведки (ДНМЭ). Важно заметить, что некоторые из этих программ были собраны за 1-2 дня и позволяют успешно справиться с достаточно специфическими задачами, решение которых «с нуля» заняло бы, по крайней мере, месяц. Это говорит о верности выбранного нами модульного подхода к построению системы.

При помощи вышеперечисленных приложений операторами-обработчиками за 2005-2007 годы были успешно обработаны материалы по Печорской площади Коми-Пермяцкого автономного округа (данные съемок ДНМЭ и ВП), площади Айхал Восточной Сибири (ВП), площадям гор Цирк, Джалтул, Черной, Курейки в Норильской области (ВП), площади Тиман в Республике Коми и Архангельской области (ВП). Работа на этих объектах с нашими программами обработки показала чрезвычайно высокую производительность труда, поскольку программы позволяют диагностировать проблемы обработки, подстраивать алгоритм обработки и обрабатывать большие объемы данных в пакетном режиме.