

УДК 681.14: 550.834.05

Ю.В. Петухова (5 курс, каф. РВКС), А.П. Новицкий, к.т.н., доц.

АНАЛИЗ СПЕКТРА СЕЙСМОСИГНАЛОВ С ПОВЫШЕННЫМ ЧАСТОТНЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

Разрабатываемые методики и исследуемые алгоритмы предназначены для анализа данных геофизического сейсмопрофилирования, получаемых геологом-исследователем в полевых условиях. Разрабатываемые программы предполагается использовать в составе системы регистрации и обработки геофизических данных, которая создается коллективом студентов кафедры ИУС.

Регистрируемый акустический сигнал возникает в земной толще в результате импульсного возбуждения, производимого с поверхности экспериментатором (удар, взрыв). Приемником сигнала является акустический датчик на пьезопленке, представляющий собой с электрической точки зрения емкость малой величины (50...100 пФ). Регистрация выборок производится специализированной аппаратурой в поле, накапливается в памяти карманного ПК PalmPilot, а в конце рабочей смены передается в стандартный персональный компьютер для последующего анализа.

Полоса частот регистрируемых сигналов может лежать в диапазоне от долей герца до сотен килогерц. Последующая обработка предполагает, прежде всего, анализ спектрального состава сигнала.

Геофизические соображения позволяют предположить, что земная толща в некоторых условиях ведет себя, как набор резонаторов, параметры которых определяются геометрией неоднородностей толщи. (Положение 1).

Наличие выраженных максимумов в спектре зарегистрированного сигнала позволяет вынести суждение о наличии и расположении в земной толще структурных неоднородностей. Геометрические размеры h , которые необходимо оценивать, связаны с частотами максимумов f_m соотношением $h = \text{const} / f_m$. Легко увидеть, что большие значения (большие глубины) соответствуют малым значениям частот. Классические методы спектрального анализа, такие как БПФ, дают значения частотных составляющих лишь в дискретных точках $f_1=1/T$, $f_2=2f_1$, $f_3=3f_1, \dots$, где T – период регистрации сигнала (длина выборки). Эти точки соответствуют глубинам $h_{\text{макс}} = \text{const} / f_1$, $h_{\text{макс}} / 2$, $h_{\text{макс}} / 3, \dots$. Т.е. разрешающая способность метода на больших глубинах чрезвычайно низка.

Таким образом, классический метод спектрального оценивания (Welch, метод периодограмм) показывает неудовлетворительные характеристики, особенно в тех случаях, когда величина, обратная длине последовательности данных, имеет тот же порядок, что и требуемое частотное разрешение.

Для повышения разрешающей способности метода спектропрофилирования требуется повысить разрешение оценивания спектра зарегистрированной последовательности в области низких частот. Это может быть сделано, если использовать параметрические методы оценивания, суть которых состоит в том, что отыскиваются параметры динамической системы, выходной сигнал которой (чаще всего, импульсный отклик) наилучшим образом приближает зарегистрированную последовательность.

Параметрические методы спектрального оценивания стоит рассматривать как методы аппроксимации данных с помощью той или иной принятой модели. То есть современные методы базируются на наличии определенной априорной информации о внутренней структуре динамической системы (фильтра), являющейся источником экспериментальных данных. Такой априорной информацией может служить высказанное выше Положение 1. Это означает, что можно высказать разумные предположения о порядке модели, а затем, в ходе спектрального оценивания можно судить о точности высказанного предположения о порядке модели

по величине разности между реальной последовательностью и выходным сигналом модели. Если окажется, что разность (оценка погрешности) слишком велика, можно повышать порядок модели до тех пор, пока ошибка не уменьшится до приемлемой величины (или, по крайней мере, не перестанет уменьшаться).

В ходе проделанной за три месяца работы были изучены возможности системы Matlab v. 5.2 и v.6.0. Определен перечень способов спектрального оценивания, принадлежащих к классу параметрических и реализованных в тул-боксах Signal Processing и System Identification. Это, прежде всего, относящиеся к традиционным, метод Уэлча (функции psd, csd, psd, csd), и параметрические методы: авторегрессионный метод Юле-Уокера Yule-Walker (функция ruulear) и метод Бурга Burg (функция rburg). Эти способы спектрального оценивания несколько отличаются по своим свойствам, прежде всего, по частотному разрешению и по скорости счета.

Априори можно судить о свойствах этих алгоритмов, однако, дать обоснованную оценку можно лишь по результатам проверки на реальных сигналах. В ходе работы написаны программы на языке m-файлов, позволяющие осуществлять сравнение результатов спектрального оценивания с помощью различных методов.

В ближайшее время планируется провести исчерпывающее их тестирование в пакете Matlab v. 6.0, с целью определения их эффективности на реальных выборках данных. По результатам тестирования будет проведен отбор методов для реализации их на языке Си для платформ IBM PC (ОС Windows9x и Windows NT/2000) и Palm Pilot (Palm OS v.3.5 и v.4).