

Суммирование данных, полученных разнородными датчиками

Д.А.Мамаев, ООО «Донгеофизика», пгт. Тарасовский, Ростовской области

Датчик давления в морской косе всегда записывает два поля волн, которые взаимно интерферируют. Эти два поля волн – поле давления восходящих волн, которые распространяются непосредственно к датчику давления снизу и поле давления нисходящих отраженных волн, распространяющихся вниз от свободной поверхности (поверхности моря) непосредственно над косой. Таким образом, каждому зарегистрированному отраженному импульсу в морских косах сопутствует отражение-спутник от поверхности моря. Отраженный импульс нежелательно удлиняется, что снижает временное разрешение. Во всем мире принято использовать в транзитных зонах датчики двух типов, которые позволяют избавиться от нежелательного влияния волн-спутников[1]. Повышение временной разрешенности, в свою очередь, повышает дифференцируемость разреза и, следовательно, увеличивает точность геологической интерпретации разреза. Однако необходимость использовать датчики с приведенными характеристиками приводит к значительному удорожанию аппаратуры. Следовательно, существует необходимость в математическом приведении характеристик зарегистрированного сигнала.

Сигналы, зарегистрированные этими датчиками, разнородны по природе и имеют различные характеристики. Если различие фазовых характеристик относительно постоянно и составляет 90 градусов [2], то различие АЧХ носит более сложный характер.

Для начала несколько слов о природе различий. Геофон, датчик скорости смещений (велосиметр), регистрирует вертикальную компоненту скоростей смещений, то есть первую производную от координаты. В спектре сигнала, зарегистрированного датчиком скорости, преобладают низкие частоты (10-20 Гц). Гидрофон, датчик давлений, регистрирует давление, которое является линейной функцией от ускорения, т.е. второй производной координаты, чем и обусловлен фазовый сдвиг в 90 градусов. В то же время в спектре сигнала гидрофона преобладают высокие частоты (90-120 Гц), что подтверждает регистрацию более высокой производной.

Для суммирования сигналов этих двух датчиков требуется приведение одного сигнала к другому. То есть необходимо произвести пересчет производной и уровня сигнала. Критериями эффективности алгоритма могут служить: ширина спектра сигнала, соотношение сигнал/шум и степень подавления кратных, связанных с волной-спутником.

Первым очевидным методом приведения является численное интегрирование сигнала гидрофона с последующей нормиров-

кой по среднему уровню. Метод показал свою жизнеспособность, однако имеет существенный недостаток — понижение производной приводит к смещению спектра полезного сигнала в область низких частот. Следовательно, ни о каком расширении спектра речи нет. Потеря высоких частот приводит к понижению разрешающей способности.

Вторым, не менее очевидным методом, является численное дифференцирование сигнала геофона, то есть пересчет к более высокой степени производной с последующей нормировкой. Как результат — наблюдается смещение в область высоких частот, то есть ожидаемого расширения спектра так и нет. Смещение в область высоких частот приводит к потере глубинной информации. В отличие от сигнала гидрофона, информация об ускорениях, содержащаяся в сигнале геофона, носит интегральный характер. Это означает, что фактический сигнал суммируется с теоретическим.

Исходя из предыдущих примеров, очевидна необходимость алгоритма, который не нанесет ущерба спектральному составу волн. Если рассмотреть сейсмический сигнал как полигармонический, коим он в сущности и является, то возможно провести интегрирование каждой гармоники вращением на 90 градусов, а затем привести по уровню сигнал. Математически сдвинуть фазу всех гармоник на $\pi/2$ несложно с помощью преобразования Гильберта. Однако, сигнал, приведенный подобным образом, после суммирования дает наихудший результат. Спектр результирующего сигнала в данном случае наиболее широкий, при этом соотношение сигнал/шум не уступает предыдущим алгоритмам. Минус этого алгоритма состоит в отсутствии какого-либо подавления волны-спутника, то есть теряется смысл применения двухкомпонентных сейсмоприемников.

Такой плачевный результат последнего

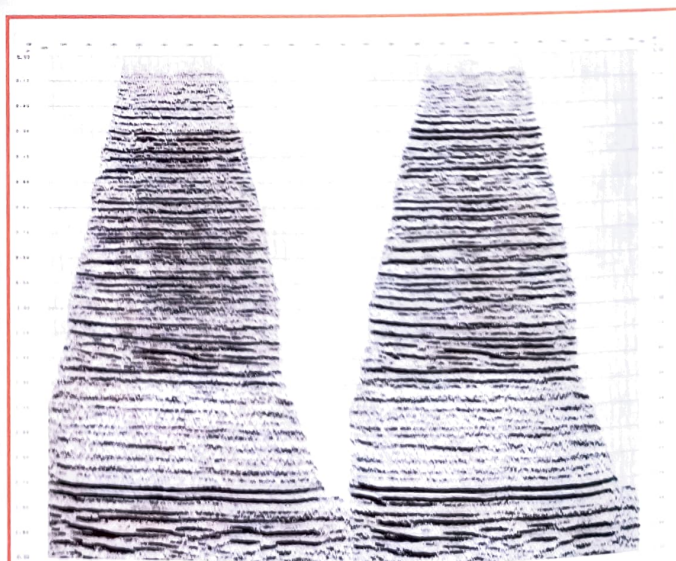


Рисунок 1. Разрез, построенный по датчикам двух типов: а) с нормировкой средней амплитуды, б) после обратной фильтрации.



Рисунок 2. Разрез, построенный: а) только по геофонам, б) только по гидрофонам, в) по датчикам двух типов после адаптивной фильтрации.

подхода связан отнюдь не с некорректным приведением производной, а с приведением сигнала по уровню. Приведение по уровню проводилось вычислением матожидания каждого сигнала и доумножением всех отсчетов на масштабный коэффициент. Как следствие, одна и та же волна-спутник, зарегистрированная разными датчиками, вносит различные вклады в спектр и при сложении не подавляется (рис. 1а).

Исходя из спектрального состава сигналов, целесообразным выглядит конструирование обратного виннеровского фильтра. Но для его синтеза необходимо иметь достаточно информации о форме полезного сигнала, что, к сожалению, зачастую доступно не в полной мере. Попытки его синтезировать привели к

выполнению условий расширения спектра и подавления кратных, но к ухудшению соотношения сигнал/шум (рис. 1б).

Окончательным вариантом стало формирование адаптивного оптимального фильтра на основе расчета обратного виннеровского. Сигналы, прошедшие фильтрацию, были просуммированы, а суммарный сигнал отвечает требованиям по всем критериям эффективности (рис. 2в).

Литература:

1. Claerbout, J.F. «Fundamentals of geophysical data processing». Blackwell Science, 1976 – 274 pp.
2. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. «Сейсморазведка» Тверь, издательство АИС, 2006. – 744с.

EAGE

EUROPEAN
ASSOCIATION OF
GEOSCIENTISTS &
ENGINEERS



Совместный EAGE&SPE Семинар

Планирование и сопровождение бурения (строительства) скважин: современное состояние геолого-геофизических методов

19-22 Апреля, 2011 г., Москва, Россия

22 апреля в рамках семинара будет проведен курс (проект ОТЕ 2):
Микросейсмический мониторинг-инструмент изучения природных коллекторов

Автор: Профессор С.А.Шапиро

Возможна регистрация на курс без посещения семинара.

Обращаем ваше внимание - количество участников семинара ограничено. Пожалуйста, регистрируйтесь заранее.

www.eage.ru
www.eage.org

Окончание регистрации 1 апреля 2011 года