

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ τ - p - q ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ВОЛН ПО СКОРОСТЯМ В ДАННЫХ МОГ

*И.В. Яковлев**, *А.А. Табаков**, *А.В. Баев***,
*А.Ю. Барков**, *А.В. Кончиков**
(*ООО «ГЕОБЕРС», **МГУ)

Преобразование Радона (более известное в сейсморазведке как τ - p преобразование) – популярный математический аппарат, нашедший свое применение во многих практических областях от медицины до геофизики.

Формально прямое преобразование τ - p определяется интегралом

$$v(p, \tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} u(x, \tau + px) dx .$$

В применении к сейсмическим данным $u(x, t)$, где x – координаты записей, t – время, преобразование Радона означает суммирование вдоль прямолинейных направлений $t = \tau + px$, определяемых параметрами медленности p и базового времени τ . Таким образом, любые сейсмические данные, зависящие от координат x, t , могут быть отображены на плоскость τ - p , где изначально интерферирующие волны с различными кажущимися медленностями или временами вступлений отделены друг от друга. Это свойство позволяет успешно использовать преобразование Радона и его модификации при обработке данных наземной сейсморазведки для подавления кратных волн и других когерентных шумов.

Данные МОГ (метод обращенных годографов, walkaway VSP) представляют собой записи с нескольких точек глубинного зонда, полученные вдоль профиля возбуждения. Специфика данных МОГ заключается в том, что они описываются двумя пространственными координатами. Это позволяет рассматривать двумерное преобразование (или суперпозицию преобразований) τ - p - q , введя второй параметр кажущейся медленности q :

$$v(p, q, \tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} u(x, z, \tau + pz + qx) dz dx .$$

Ввиду того, что при различных удалениях ПВ условия возбуждения и, следовательно, характеристики сигнала могут существенно варьироваться, селекцию волн по скоростям в данных МОГ представляется более корректным проводить в вертикальном направлении (по параметру p), сгруппировав данные по положению ПВ и образовав множество наборов данных ВСП на небольшой (порядка 100 м, 6-10 трасс) апертуре, а в

горизонтальном направлении при селекции по параметру q использовать скользящую базу такого же порядка.

На маленькой базе традиционные для ВСП методы корреляции, энергетической фильтрации и вычитания оказываются неэффективными, так как выборка из 10 трасс недостаточно представительна. С другой стороны, именно на малой апертуре годографы волн могут считаться прямолинейными, что делает удобным применение преобразования τ - p .

Ограниченная апертура исходных данных имеет свои недостатки и в случае τ - p разложения. Каждое сконцентрированное в области τ - p событие (волна) при ограничении диапазона данных по пространственной координате «размазывается» вдоль оси p из-за появления значительных линейных артефактов, количество которых равно количеству N записей на базе, а амплитуда в N раз меньше амплитуды основного события (рис. 1). При введении двумерного τ - p - q преобразования картина еще более усложняется, так как каждое ложное событие в плоскости τ - p порождает новые в пространстве τ - p - q (рис. 2). Такие артефакты препятствуют корректному определению параметров волн и, кроме того, приводят к искажению формы импульса при обратном преобразовании. Для подавления артефактов обычно используется так называемая процедура деконволюции по параметру медленности [1]. Она требует регуляризации и в присутствии шумов не всегда достаточно эффективна. Поэтому в качестве альтернативы предлагается итерационный алгоритм обнаружения и выделения в области τ - p - q событий, превышающих заданный уровень дискриминации по энергии.

После того, как все волны локализованы в кубе τ - p - q , становится возможным производить выделение полезных направлений. Фильтр строится на основе опорной скоростной модели среды, по которой для выделяемых волн рассчитываются значения кажущихся медленностей на различных временах. Затем все события, соответствующие модельной кривой распределения параметров $p(\tau)$, $q(\tau)$, подавляются, а от оставшейся части делается обратное преобразование, и сформированное таким образом поле волн-помех вычитается из исходных данных.

Представляемая методика селекции волн в данных МОГ опробована в модельных экспериментах, а также хорошо зарекомендовала себя во время обработки нескольких реальных объектов (рис. 3).

Возможно также расширение предложенного метода на три пространственных измерения в случае данных 3D ВСП.

Список рисунков

1. Артефакты преобразования τ - p на ограниченной апертуре
2. Двумерное τ - p - q преобразование

3. Результат селекции волн в данных МОГ с применением преобразования τ - p - q

Литература

1. B. Zhou, S. A. Greenhalgh. Linear and parabolic τ - p transforms revisited. Geophysics. 1994. **59**. P. 1133–1149.