

Трансформация волновых полей: миграция, погружение, моделирование

Д.Б. Фиников (ООО «Сейсмотек»), А.В. Шалашиников (ООО «Сейсмотек»)

Введение

Речь пойдет о способе продолжения волновых полей и его различных приложениях к задачам трансформации сейсмических данных. Продолжения волновых полей широко применяются в обработке данных сейсморазведки на протяжении всей ее цифровой истории – на начальных этапах в самых простых и грубых модификациях, в последние десятилетия для решения все более тонких и сложных задач сейсмологии.

В обсуждаемом подходе – метод продолжения существенно опирается на пластовую модель среды. Пересчет волнового поля осуществляется послойно. Слои могут быть нулевой мощности, что позволяет описывать среды с довольно сложной конфигурацией границ, включая выклинивания, различные замкнутые тела и т.д.

В работе также рассматриваются способы обращенного продолжения: т.н. ‘погружение’ волнового поля – пересчет с некоторой поверхности, на которой располагались источники и приемники, на более глубокий уровень, миграция (аналог RTM – “Reverse time migration”), и прямого продолжения: ‘поднятие’ волнового поля, моделирование поля кратных, моделирование прямых и отраженных волн.

Способ трансформации волновых полей

Пересчет волнового поля осуществляется с кровли очередного слоя на его подошву и наоборот, с подошвы на кровлю. Пересчет осуществляется по сейсмограммам за общий пункт взрыва или за общий пункт приема. Способ пересчета для локально-однородных сред может быть реализован сравнительно просто: процедура выполняется интегрированием произведения преобразуемого поля на функцию оператора продолжения, который легко выписывается для т.н. дальней зоны, когда продолжение осуществляется на достаточно большое расстояние. В ближней зоне (например, в области выклинивания) рассчитывается квази-оптимальный фильтр - оператор переноса. При этом, все же, алгоритм рассчитан на толсто-слоистую модель среды, как на **Рис. 1**

На **Рис. 2** показаны сейсмограммы ОПВ, рассчитанные по обсуждаемой схеме. Поле точечного источника рассчитывается до кровли очередного слоя, а затем продолжается на дневную поверхность.

На **Рис. 3** показан результат миграции в той же технике, - накапливается скалярное произведение погруженного поля приемников (от одного источника) на смоделированное поле прямой волны этого источника.

Способ легко обобщается на случай анизотропных сред и сред, включающих пласты с вертикальным градиентом скоростей. Эти возможности также реализованы в программном комплексе трансформаций волновых полей.

На **Рис. 4** изображены: слева - исходная сейсмограмма отраженного поля, а справа - ‘погруженная’ сейсмограмма под первую преломляющую границу на горизонтальный уровень приведения 1500м.

Наконец на **Рис. 5** показан результат предсказания кратных волн, связанных с дневной поверхностью и первой границей. Важной особенностью подхода является возможность расчета и т.н. внутренних кратных волн (не связанных с повторными отражениями от дневной поверхности).

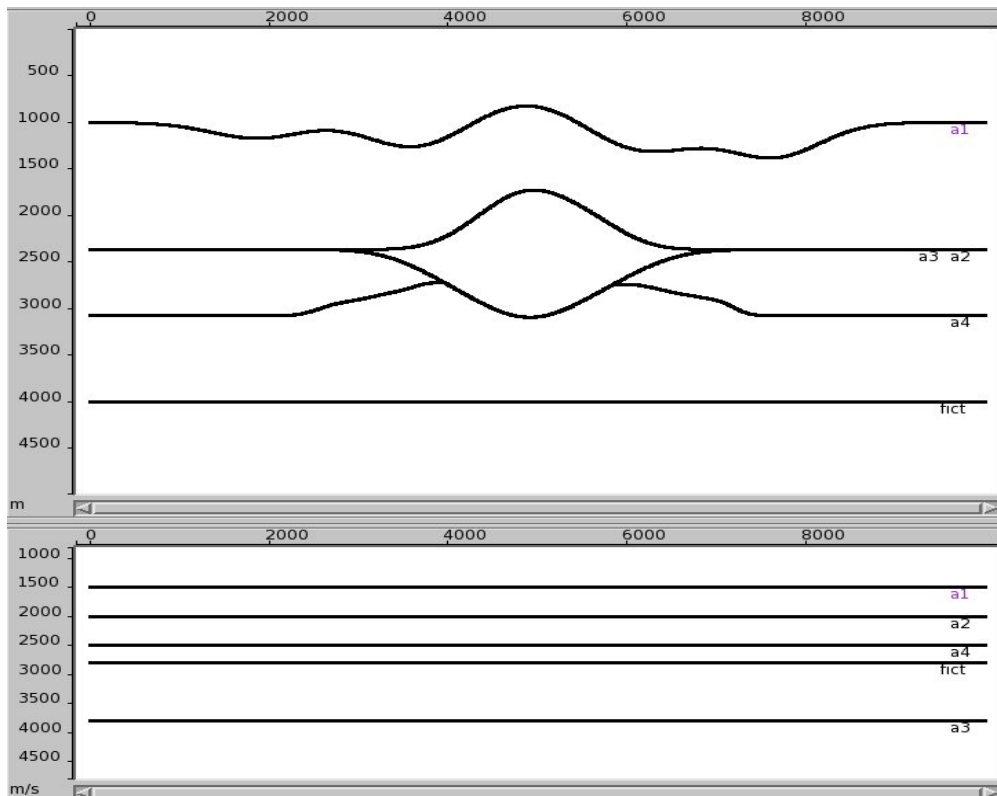


Рис. 1 Глубинно-скоростная модель. Сверху - геометрия пластов. Снизу - скорости, приуроченные к подошвам слоев.

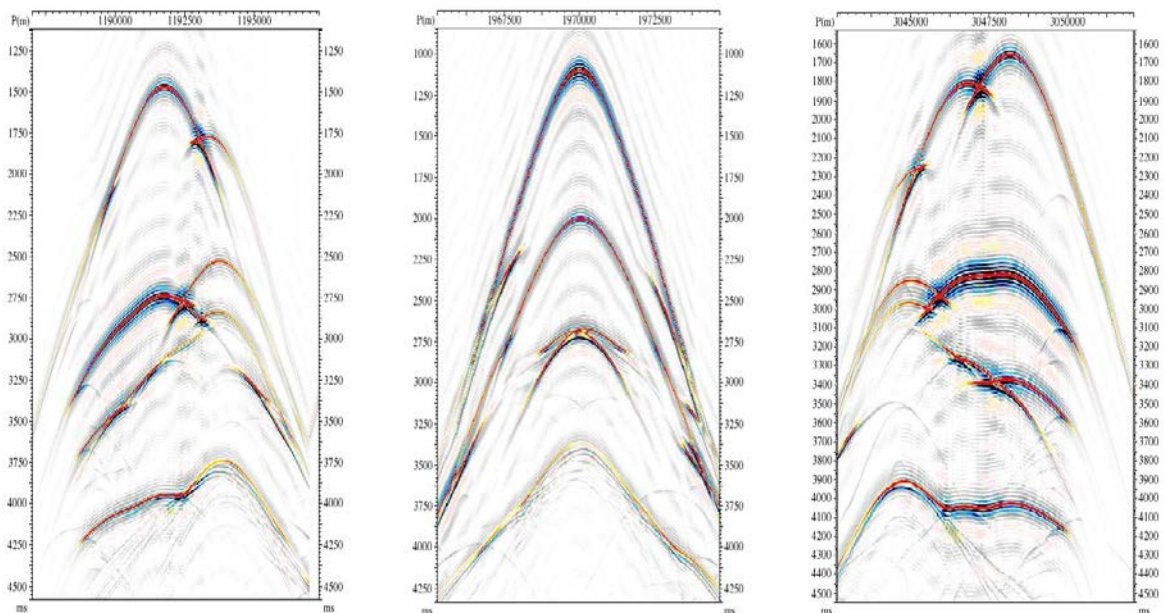


Рис. 2 Поле отраженных волн. ПВ: 3000м, 4900м, 7600 м.

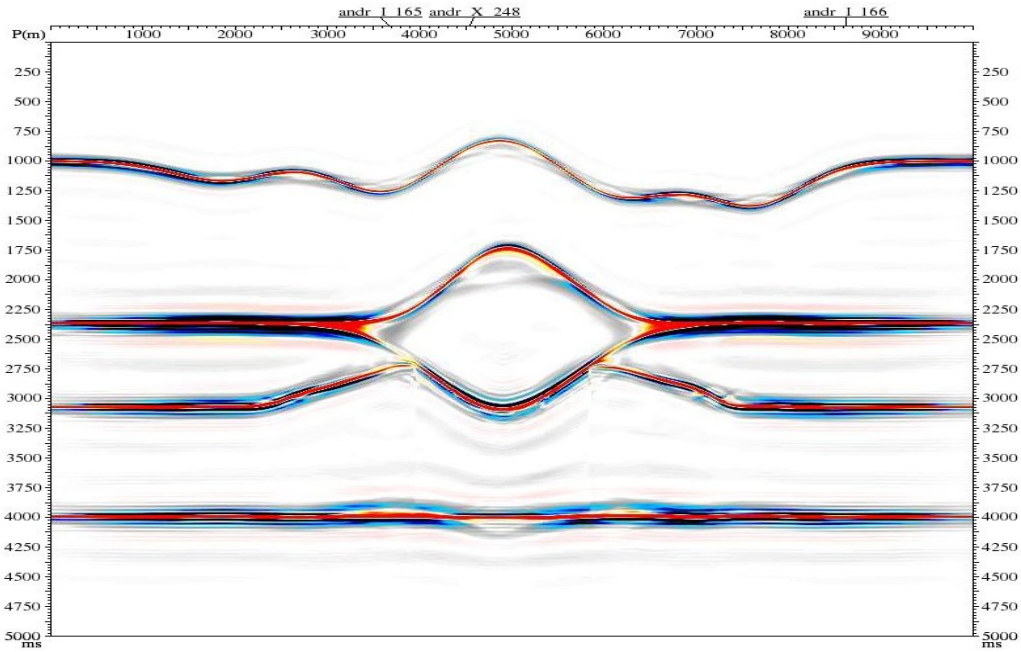


Рис. 3 Результат миграции.

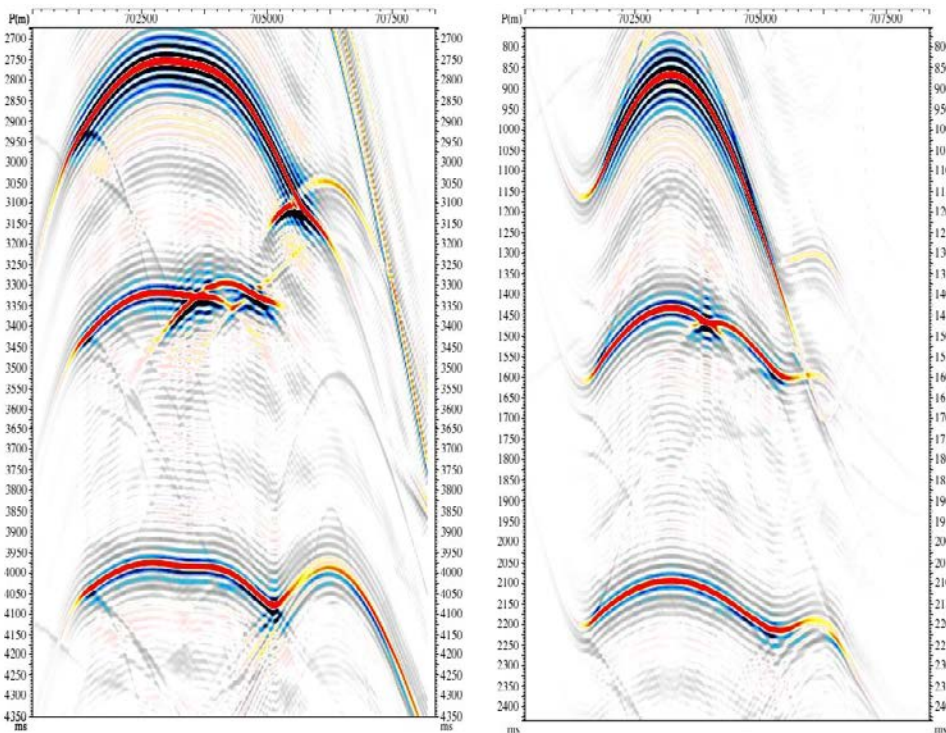


Рис. 4 Результат погружения. Слева - исходное поле ПВ 2000м, справа - погруженное поле на уровень приведения 1500м, ПВ 2000м.

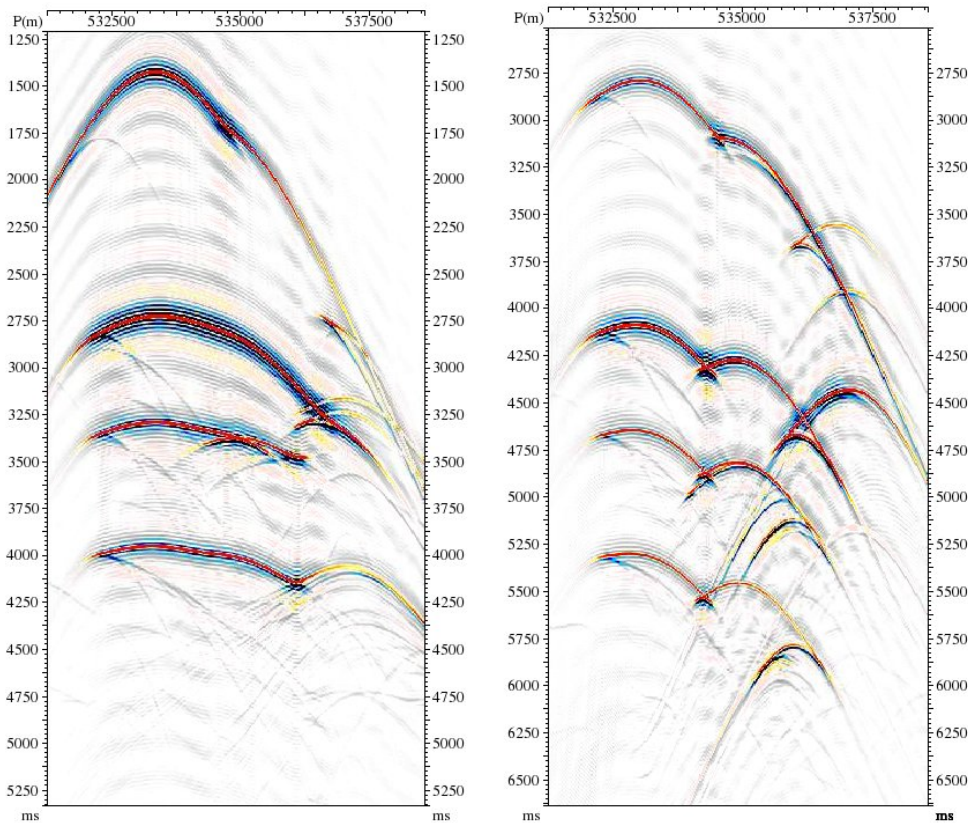


Рис. 5 Результат предсказания кратных волн. ПВ 1350 м. Слева — исходное поле отраженных волн, справа - результат предсказания ('прокрачивания' через первую границу).

Способы трансформации волновых полей реализованы для 3-ех мерных данных. Важной для практических приложений является возможность сравнительно несложного распараллеливания алгоритмов на распределенных вычислительных ресурсах.

Выводы

Обсуждаемый способ трансформации волновых полей имеет самую широкую область приложений в обработке сейсмических данных. Хотелось бы особенно отметить открывающиеся возможности контроля искажений формы и амплитуд отраженных волн в ходе обработки и их компенсации.

Комплекс реализован в системе обработки сейсмических данных **Prime** и адаптирован к вычислительным ресурсам **Яндекса**.

Мы полагаем, что, несмотря на многие достаточно грубые предположения, на которые опирается предлагаемая методика (как, например, предположение о локально плоской границе, по которой производится интегрирование), способы позволяют ответить на многие практически-важные вопросы геофизиков по интерпретации наблюдаемых в сейсмическом эксперименте волновых полей.