

Наземная сейсморазведка

Комплексная последовательность операций по анализу данных наземной сейсморазведки 2D

A unified 2D land seismic data analysis workflow

Оз Илмаз, GeoTomo, Хьюстон, описывает глубинно-временную последовательность операций для построения модели и изображения геологической среды в областях с неровным рельефом, сложной верхней частью разреза и геологической средой, основанную на анализе данных сейсморазведки по координатам пункта взрыва и пункта приема, а не по координатам ОСТ и удалениям.

Сейсмические данные, собранные в областях с неровным рельефом, сложной верхней частью разреза и геологической средой требуют последовательности операций с использованием специального анализа. Верхняя часть разреза обычно определяется как относительно неуплотнившаяся, низкоскоростная толща грунта мощностью менее 30 м. Тем не менее, существует много областей, где мощность и скорости верхней части разреза могут значительно отличаться по сейсмическим профилям. Вдобавок, приповерхностная зона может включать высокоскоростные обнажения и пласты с вертикально изменяющимися скоростями. Такая сложность в верхней части разреза в сочетании с неровным рельефом, обладающим значительными перепадами высот по профилю, отводят нас от стандартной обработки к технологии с использованием анализа для решения следующих проблем, связанных с верхней частью разреза:

- Аналитические методы и методы линейной инверсии для расчета модели ВЧР ограничены в своей способности анализа изменений латеральных скоростей из-за допущения, что преломляющая граница локально горизонтальна в пределах длины расстановки. Такие *послойные* методы также предполагают, что время первого вступления ассоциируется только с преломленными волнами. В результате, изменения вертикальных скоростей с инверсией скорости нельзя проанализировать этими методами. Чтобы рассчитать модель по сложной верхней части разреза, вам понадобится *основанная на сети профилей* нелинейная кинематическая томография, используемая для первых вступлений, не ограничивающая виды волн только преломленными.
- Нелинейная инверсия объясняет изменения в градиентах времени пробега, которые напрямую связаны с изменениями скоростей в пределах верхней части разреза.
- Допущение о вертикальном луче в статических поправках действительно только для тонкой, низкоскоростной ВЧР. При изучении сложной ВЧР вам может понадобиться рассчитать скорее динамические, чем статические поправки для ВЧР.
- Неровный рельеф со значительными перепадами высот по длине расстановки не позволяет использовать данные МОГТ для анализа скоростей. Таким образом, вам необходимо произвести расчет скоростей по рельефу.
- Миграция от плоского опорного уровня приведения приводит к неточному позиционированию даже горизонтальных отражающих границ. Таким образом, вам необходимо построить изображение по рельефу.

Глубинно-скоростная модель для ВЧР определяется двумя наборами параметров – пластовыми скоростями и геометрией отражающей границы.

Последовательность операций, описанная в данном исследовании, использует определение скорости и определение геометрии отражающей границы, основанное на анализе изображений. Это базируется на наблюдении, что, помимо построения изображения во временной и глубинной области, временная и глубинная миграции до суммирования могут также быть использованы для определения предельной эффективной скорости и интервальных скоростей и проверки точности полей предельной эффективной и интервальной скоростей, основываясь на сглаженности волн на сейсмограмме.

В частности, предельные эффективные скорости пикируются из куба скоростей, сформированного из временной миграции до суммирования по сейсмограммам ОПВ от топографии. Это гарантирует определение предельных эффективных скоростей в положениях отражающей границы, а не в положениях отраженной волны. Интервальные скорости получают либо из конверсии Дикса предельных эффективных скоростей, либо из куба скоростей, сформированного временной миграцией до суммирования по сейсмограммам ОПВ от топографии. Кроме того, это гарантирует определение интервальных скоростей в положениях отражающей границы. Однако, существует важное отличие между определением предельной эффективной скорости, основанной на анализе изображений, и определением интервальной скорости: последняя определяется послойно. Определение геометрии отражающей границы происходит путем пикинга глубинных горизонтов из участков изображений, созданных глубинной миграцией после или до суммирования.

Проект построения модели геологической среды включает построение модели, ее модернизацию, верификацию и ее калибровку к устьям скважины. Ниже приведено краткое описание каждой фазы при построении модели.

Построение модели требует сочетания инверсионных методов для определения пластовых скоростей и геометрии отражающей границы. Наиболее надежное сочетание для сейсморазведочных данных 2D – это использовать конверсию Дикса к предельной эффективной скорости, чтобы определить пластовые скорости, и глубинную миграцию после суммирования, чтобы пропикировать глубинные горизонты, которые представляют геометрию отражающей границы. Очень важно помнить, что предельные эффективные скорости должны быть определены исходя из положения отражающей границы. Неправильно выполнять конверсию Дикса для суммирования или определять скорости DMO, даже после некоторого сглаживания, так как они определяются в положениях отраженной волны. Комбинация конверсии Дикса и глубинной миграции после суммирования может применяться для сложного строения геологической среды, но не для сложного строения *покрывающей толщи*. Например, используйте эту комбинацию для моделирования покрывающей толщи над соляной диапировой структурой или над надвинутой чешуйчатой структурой. Но когда объект исследований будет находиться *под* такой сложной покрывающей толщей, вам понадобится *послойное* применение комбинации анализа скоростей в полупространстве для определения пластовых скоростей и глубинной миграции до суммирования, чтобы пропикировать глубинный горизонт, который представляет геометрию отражающей границы подошвы изучаемого пласта.

Наземная сейсморазведка

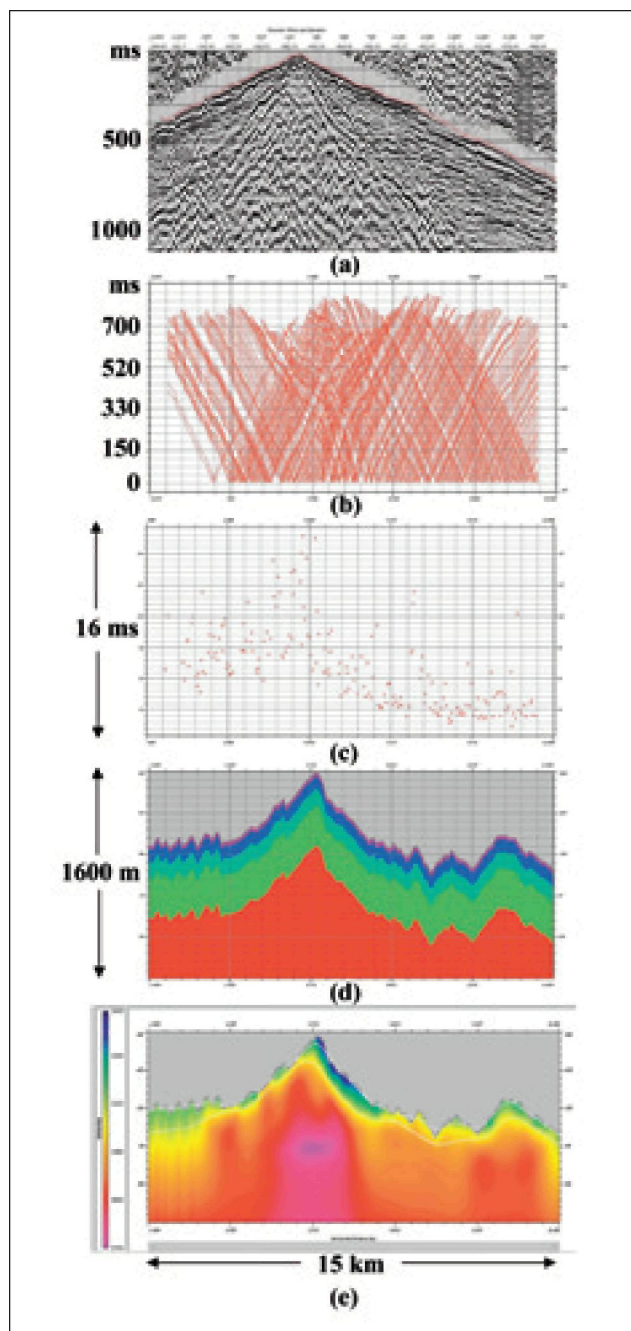


Иллюстрация 1 (a) Сейсмограмма ОПВ с выделением первых вступлений (показанный диапазон выносов примерно от 1,6 до 2,7 км); (b) Время первого вступления волны вдоль сейсмического профиля, выделенное по всем ПВ; (c) средние обратные погрешности со всех взрывов как в (b); (d) первоначальная модель для ВЧР (перепад высот вдоль сейсморазведочного профиля примерно 700 м); (e) окончательная модель для ВЧР, рассчитанная нелинейной кинематической томографией при помощи времени первого вступления в (b), и первоначальная модель в (d). Обратите внимание на высокоскоростное проникновение в центр (скорости колеблются между 1500-5500 м/с). Два белых горизонта представляют плавающую и промежуточную линию приведения.

Модернизация модели требует анализа остаточного приращения времени по сейсмограммам, полученным от глубинной миграции до суммирования, и исправления погрешностей в скоростях и/или глубинах отражающей границы. Процесс существенным образом вовлекает трансформацию остаточного приращения времени к изменениям в пластовых скоростях и мощностях, и его можно применить локально или глобально. В первом случае параметры модели обновляются при каждом расположении сейсмограммы независимо друг от друга. Во втором случае параметры модели обновляются томографией на отраженных волнах, при которой остаточное приращение времени на одном местоположении вызывает пертурбацию параметров модели на другом местоположении.

Верификация модели требует сглаженности волн на сейсмограммах от глубинной миграции до суммирования и согласованности смоделированного времени пробега по вертикальному лучу с изучаемым временем пробега на демигрированных данных, относящихся к отражающим горизонтам, которые были включены в первоначальную модель. Согласованность между смоделированным и изучаемым временем пробега необходима, но не является достаточным условием для решения глубинно-скоростной двусмысленности при построении модели. Основная причина этой двусмысленности – погрешность в геометрии отражающей границы неотличима в погрешности в скорости. Глубинно-скоростная двусмысленность бесконечна в случае с волновым полем по нормальному лучу, представленного ориентировочно суммированными данными МОГТ. Вы можете иметь бесконечное число глубинно-скоростных моделей, которые все согласованы с вашими суммированными данными, но ни одна из них не может целиком воспроизвести настоящую геологическую модель. Чтобы разобраться с глубинно-скоростной двусмысленностью, то есть, сократить бесконечное число решений к нескольким, вам необходимо регистрировать с как можно большим количеством максимально возможных удалений; затем создать модель геологической среды, используя данные до суммирования и получение изображений глубинной миграцией до, а не после суммирования. В результате, вы сможете лучше находить сглаженность волн на сейсмограммах и таким образом проверить точность вашей модели и качество воспроизведения изображения.

Калибровка модели требуется, чтобы соответствовать карте глубинной структуры, которую вы получаете от глубинных изображений вдоль каждого профиля на многопрофильной разведке 2D, и прийти искомому – устьям скважины. Ключевым моментом при этом является работа с разреженностью скважинных данных в сопоставлении с данными наземной сейсморазведки с относительно высокой плотностью. Сопоставление этих двух несопоставимых наборов информации осуществляется при помощи кригинга.

Следуя этому обзору моделирования геологической среды, мы опишем сейчас последовательность операций для обработки наземных данных для 2D, разбив их на 13 шагов.

Моделирование верхней части разреза

Выделение первых вступлений (шаг 1). Начиная с полевых записей с геометрией в заголовках сейсмограммы, выберите времена первого вступления (Иллюстрация 1a) и отредактируйте трассы с высоким уровнем помех или с отсутствием сигнала и с обращением полярности. При пикировке времени первого вступления, вам, возможно захочется воспользоваться неавтоматизированной, полуавтоматизированной или автоматизированной стратегией пикинга в зависимости от качества первых вступлений. Каковой бы ни была стратегия, этап пикинга происходит также тогда, когда вы впервые устанавливаете природу помех и сигнала в ваших данных.

Наземная сейсморазведка

Построение первоначальной модели для ВЧР (шаг 2). Объедините все выделенные времена первых вступлений (Иллюстрация 1b), и отредактируйте плохие значения. Проверьте на наличие обратных погрешностей и удостоверьтесь, что они достаточно малы. В целом, максимальная взаимная погрешность должна быть меньше, чем 20 мс, а средняя обратная погрешность для всех точек взрыва должна быть меньше, чем 10 мс. В теории, принцип взаимодействия утверждает, что взаимозаменяющие местоположения ПВ и ПП не влияют на время прихода первых вступлений. Однако на практике погрешности в геометрии наблюдений, неровности в геометрии, неточности по глубине заложения заряда, ошибочно пропикированные значения и неоднородности вблизи местоположений точек взрыва и пунктов приема могут привести к различиям между временами во взаимных точках. Большие взаимные погрешности часто вызваны погрешностями в геометрии и/или пикировке. Таким образом, выявление взаимных погрешностей (Иллюстрация 1c) и диаграмма местоположения точек взрыва и пунктов приема по профилю используются для контроля качества геометрии и пикирования времени прихода. Далее, сгруппируйте

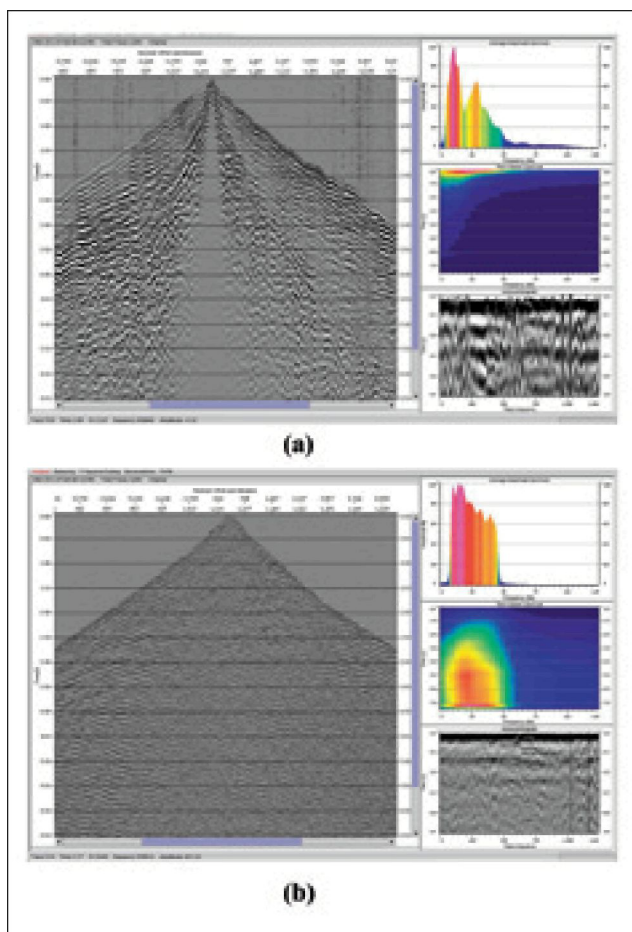


Иллюстрация 2 (a) Сейсмограмма ОПВ с ее спектром средних амплитуд (вверху справа), переменным по времени спектром (в центре справа), и автокоррелограммой (внизу справа); и (b) та же сейсмограмма ОПВ после коррекции сферического расхождения волны, деконволюции, спектрального отбеливания, переменного по времени, статических поправок и предсказательной фильтрации f - x , служащих для удаления остаточных когерентных линейных помех, связанных с энергией поверхностных волн.

траектории времен прихода, чтобы сформировать общее направление, которое может быть соотнесено с латерально неизменяемыми, но вертикально варьирующимися скоростями в пределах ВЧР. Выберите траекторию времени пробега, не забывая при этом об изменении в градиенте. Определите пластовые скорости и мощность ВЧР, выведенные пропикированной траекторией времени пробега. Затем постройте первоначальную модель (Иллюстрация 1d) для ВЧР, основанную на этих пластовых скоростях и мощностях. После определения окончательной глубинно-скоростной модели для ВЧР способом нелинейной кинематической томографии

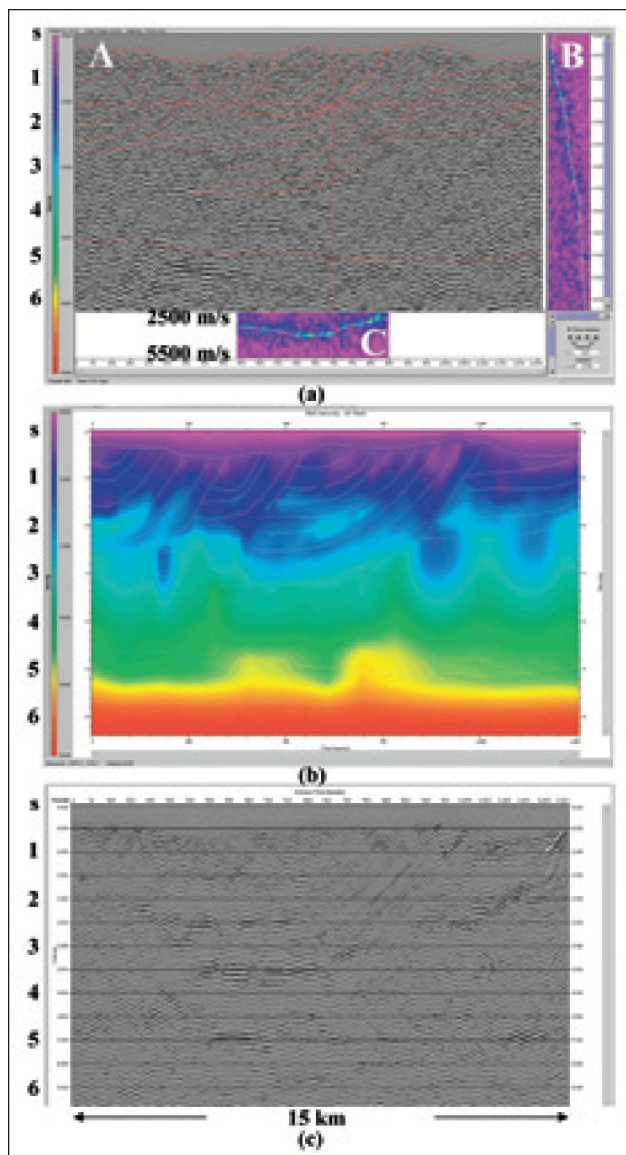


Иллюстрация 3 (a) Три геологических разреза куба скоростей по времени — A: набор изображений для определенной скорости, B: спектр когерентности в определенном местонахождении вдоль профиля и C: интервал времени или спектр когерентности постоянный по горизонту; (b) участки предельных эффективных скоростей и поле предельных эффективных скоростей, полученные от куба скоростей в (a); и (c) изображение от временной миграции до суммирования с использованием поля предельных эффективных скоростей в (b).

Наземная сейсморазведка

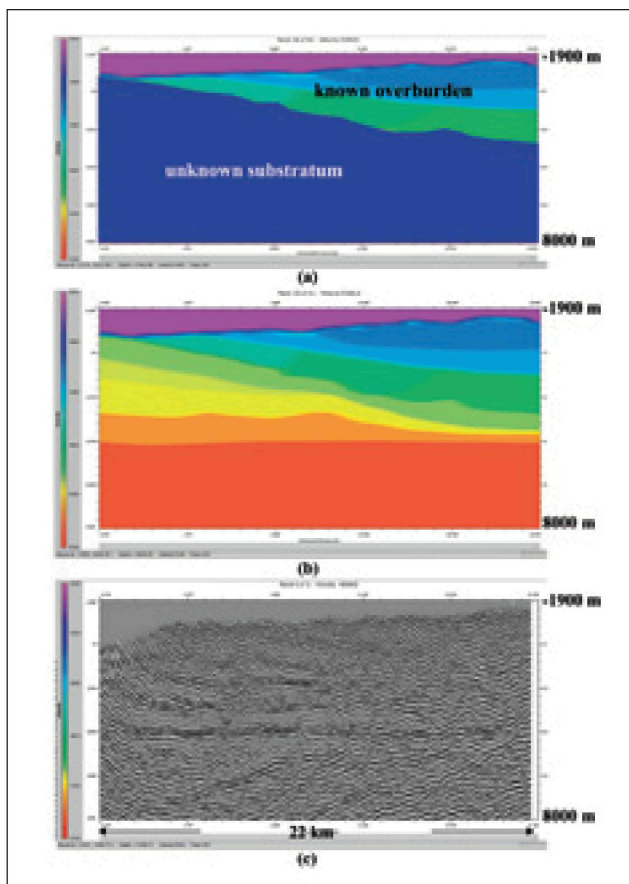


Иллюстрация 4 (a) Глубинно-скоростная модель на промежуточном этапе построения модели, основанная на послойном определении пластовых скоростей и геометрии отражающей границы; (b) окончательная глубинно-скоростная модель; (c) изображение глубинной миграции до суммирования с применением глубинно-скоростной модели по (b).

по шагу 3, рассмотрите различия между снятыми (пропикированными) временами пробега и смоделированными временами пробега, связанными с окончательной глубинно-скоростной моделью.

Расчет модели ВЧР путем нелинейной кинематической томографии (шаг 3). Выполните построение лучей, чтобы подсчитать времена пробега, связанные с первоначальной глубинно-скоростной моделью при помощи местоположений ПВ и ПП. Затем изменяйте параметры первоначальной модели до тех пор, пока различие между смоделированными и снятыми временами пробега не будут минимальным по значению наименьших квадратов, используя при этом нелинейную кинематическую томографию, которая объясняет изменения в градиенте времени прохождения (Zhang and Toksoz, 1998). Повторяйте, пока различие между смоделированными и выбранными временами пробега, измеряемыми как среднеквадратичная погрешность в инверсии, не будет уменьшено до относительно малого значения по сравнению с обратной погрешностью.

Снятие плавающей линии приведения и промежуточной линии приведения (шаг 4).

Рассмотрите модель ВЧР (Иллюстрация 1e), полученную нелинейной кинематической томографией, и выберите плавающую линию приведения, которая является сглаженной формой рельефа, и промежуточную линию приведения, которая определяют границу раздела между ВЧР с относительно низкими скоростями и геологической частью разреза.

Также определите скорость замещения, взяв как латеральную среднюю величину скоростей вдоль промежуточной линии приведения. Рассмотрите траектории луча, связанные с моделью ВЧР, и убедитесь, что они не попадают в нижнюю часть модели. Это является незаменимым контролем качества в отношении модели ВЧР. Также рассмотрите различие между смоделированными временами пробега, связанными с томографическим решением для ВЧР, и снятыми временами пробега и убедитесь, что совмещение между смоделированными и снятыми временами пробега удовлетворительно.

Расчет статических поправок (шаг 5). Используя модель ВЧР, определенную в шаге 3, плавающую линию приведения и промежуточную линию приведения, пропикированные в шаге 4 и скорость замещения, определенную в шаге 4, рассчитайте статические поправки за ПВ и ПП. Расчет выполняется в два шага: прежде всего, ПВ и ПП сдвигаются от рельефа до промежуточной линии приведения с использованием поля скоростей, связанным с ВЧР; затем, они сдвигаются к плавающей линии приведения с использованием скорости замещения. Статические поправки за ПВ и ПП необходимо применить в следующем шаге. На этом этапе вы также можете рассчитать остаточные статические поправки по данным МПВ за ПП и ПВ (Zhang and Yilmaz, 2005).

Определение предельной эффективной скорости и временной миграции до суммирования

Обработка сигнала (шаг 6). Выполните обработку сигнала отредактированных сейсмограмм ОПВ по шагу 1. После каждого процесса просмотрите спектр средних амплитуд, переменный по времени спектр и автокоррелограмму для оценки и контроля качества параметров обработки (Иллюстрация 2). Обработка сигнала для типичных наземных данных может включать изменение шага дискретизации, внутренний мьютинг для поверхностных волн и внешний мьютинг, коррекцию сферического расхождения волны для компенсирования сферического расхождения, предсказательную деконволюцию, чтобы уменьшить импульс источника до желаемой длины и ослабить короткопериодные многократные волны и реверберации, переменное по времени спектральное отбеливание, чтобы объяснить нестационарность сигнала и таким образом выровнять спектр в границах полосы пропускания возобновимого сигнала, полосовую фильтрацию, АРУ и f -х фильтрацию по углам наклона (Wang, 1991) когерентного шума, такого как поверхностная волна. Используя параметры данных – спектр средних амплитуд, переменный по времени спектр и автокоррелограмму, - мы можем выбрать оптимальный граф обработки сигнала с соответствующими параметрами. На этом этапе вы можете также применять статические поправки, рассчитанные в шаге 5.

Создание куба скоростей для пикинга предельной эффективной скорости (шаг 7). Выполните временную миграцию до суммирования сейсмограмм ОПВ от плавающей линии приведения, используя постоянную скорость, и суммируйте одиночные изображения от всех сейсмограмм ОПВ, чтобы получить составное изображение геологической среды. Повторите этот процесс для диапазона постоянных скоростей и таким образом получите набор многократных изображений геологической среды. Помещая эти наборы изображений с постоянной скоростью вместе, вы создаете

Наземная сейсморазведка

куб скоростей (Shurtleff, 1984; Yilmaz, 2001), который затем интерпретируется в следующем этапе для получения поля предельных эффективных скоростей, относящегося к волнам в мигрированных позициях. Это поле предельных эффективных скоростей более пригодно для конверсии Дикса для получения поля интервальных скоростей (шаг 11) по сравнению с конверсией Дикса для суммирования или поля скоростей DMO, которые относятся к волнам в немигрированных позициях.

Создание поля предельных эффективных скоростей (шаг 8). Выведите три разреза куба скоростей для пикинга предельных эффективных скоростей (Иллюстрация 3а) - А: набор изображений для конкретной скорости, В: спектр когерентности в определенном местоположении вдоль профиля, С: интервал времени или постоянный по горизонту спектр когерентности (Yilmaz et al., 2005a, b; Nicanoff et al., 2006). Отсканируйте наборы изображений (А) и выберите горизонты с самыми лучшими изображениями и самыми большими амплитудами. Затем выберите скорость, соотносящуюся с каждым горизонтом из постоянного по горизонту спектра когерентности (В). Используйте спектр когерентности (С) для контроля качества выбранных скоростей. Тогда как наборы изображений обеспечивают структурную последовательность, интервалы времени или постоянные по горизонту спектры когерентности обеспечивают боковую последовательность при выделении скоростей. После выделения всех временных горизонтов и предельных эффективных скоростей создайте поле предельных эффективных скоростей, соотносящееся с волнами в мигрированных позициях (Иллюстрация 3б).

Временная миграция до суммирования (шаг 9). Произведите миграцию с сейсмограммами ОПВ по шагу 6 от плавающей линии приведения, используя поле предельных эффективных скоростей по шагу 8 и рассортируйте сейсмограммы ОПВ по сейсмограммам ОПП (Reshef and Kosloff, 1986; Yilmaz, 2001). Каждая трасса в сейсмограммах ОПП представляет изображение геологической среды под местоположением приемника и создана определенным взрывом. Если поле предельных эффективных скоростей определяется правильно, тогда трассы в сейсмограмме ОПП могут рассматриваться как точные копии того же самого изображения геологической среды. Таким образом, волны на сейсмограмме ОПП должны быть выровненными, без остаточного приращения времени. Чтобы получить изображение из глубинной миграции до суммирования, просто суммируйте трассы в каждой сейсмограмме ОПП (Иллюстрация 3с).

Демиграция (шаг 10). Демигрируйте изображение, полученное от временной миграции до суммирования, используя то же поле предельных эффективных скоростей (шаг 8), что и для временной миграции до суммирования. Демигрированный участок представляет волновое поле по нормальному лучу; как таковой, он подходящий фактор для глубинной миграции после суммирования (шаг 11) по сравнению со стандартным суммированием, которое является лишь приближенным изображением разреза центральных лучей.

Построение глубинно-скоростной модели и получение глубинной миграции до суммирования

Моделирование глубинной геологической среды (шаг 11). Вы можете выбрать две разные стратегии для построения глубинной геологической среды: (а) выполнить конверсию Дикса для предельных эффективных скоростей по шагу 8 и получить поле интервальных скоростей.

Далее, выполните глубинную миграцию после суммирования демигрированного участка, как обозначено в шаге 10, используя поле интервальных скоростей. Совместите изображения от

глубинной миграции после суммирования и поля интервальных скоростей, чтобы проверить совместимость изображения среды с моделью геологической среды. Затем проинтерпретируйте группу глубинных горизонтов, относящихся к границам слоя со значительной разницей в скоростях. Разделите каждый слой на группу тонких слоев, создав условные горизонты, чтобы сохранить мелкозернистые изменения вертикальных и боковых скоростей внутри каждого слоя, полученного полем интервальных скоростей. (б) В качестве альтернативы произведите моделирование геологической среды через непрерывный анализ скоростей в полупространстве, послонный начальный этап и модель ВЧР сверху. Примите в расчет промежуточную стадию в анализе, посредством которого вы уже рассчитали часть модели геологической среды сверху (Иллюстрация 4а). Присвойте

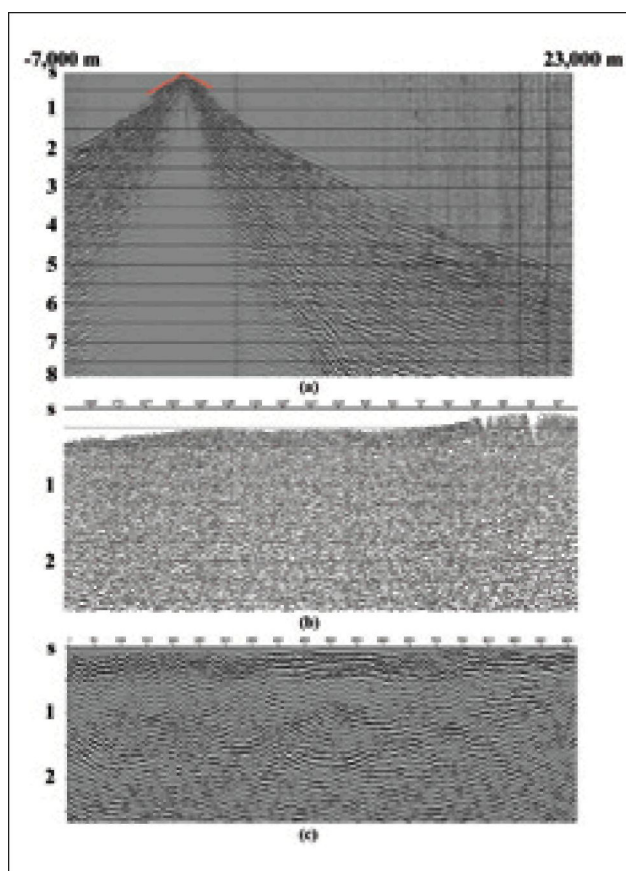


Иллюстрация 5 (а) Сейсмограмма ОПВ с большим удалением, полученная с помощью общей геометрии расстановки сейсмореприемников, при удалении максимум 30 км (обратите внимание на критическое отражение при больших удалениях); (б) изображение от временной миграции после суммирования данных, полученных стандартной системой наблюдений МОГТ и обработанных с использованием МОГТ; (с) изображение от временной миграции до суммирования данных с большими удалениями, полученных системой наблюдений ОПП (обратите внимание на чешуйчатые структуры в центре, соответствующие надувнутой структуре).

Наземная сейсморазведка

постоянную скорость или постоянный вертикальный градиент полупространству, которое представляет залегающий нижний слой со слоями, которые еще предстоит проанализировать. Выполните глубинную миграцию до суммирования, используя известную покрывающую модель и нижележащее полупространство с постоянной скоростью или постоянным градиентом. Повторите глубинную миграцию до суммирования, используя ту же покрывающую модель, но с разными скоростями или градиентами полупространства и отберите наборы изображений в виде глубинного куба скоростей. Конвертируйте наборы изображений с глубинных на временные и выделите волну, соответствующую подошве изучаемого пласта. Затем выберите постоянный по горизонту спектр когерентности из куба скоростей и выделите интервальную скорость или градиент вдоль профиля. Присвойте определенное поле скоростей полупространству и осуществите глубинную миграцию до суммирования, чтобы выделить горизонт, соответствующий подошве изучаемого пласта, теперь в глубину. Соотнесите интервальную скорость и глубинный горизонт для построения новой глубинно-скоростной модели, в которой изученный слой является уже частью известной покрывающей модели. Повторите эту операцию для каждого из рассматриваемых слоев, чтобы определить окончательную модель послойно, чередуя между определением скорости и геометрией отражающей границы (Иллюстрация 4b).

Глубинная миграция до суммирования (шаг 12). Выполните отдельно глубинную миграцию сейсмограмм ОПВ по шагу 6 от плавающей линии приведения и рассортируйте сейсмограммы по ОПП в глубину. (Reshef and Koslof, 1986; Yilmaz, 2001). Каждая трасса в сейсмограммах ОПП представляет изображение геологической среды под местоположением приемника и создана определенным взрывом. Если интервальное поле скоростей определяется правильно, тогда трассы в сейсмограмме ОПП могут рассматриваться как точные копии той же геологической среды вглубь. Таким образом, волны на сейсмограмме ОПП должны быть выровненными, без остаточного приращения времени. Чтобы получить изображение из глубинной миграции до суммирования, просто суммируйте трассы в каждой сейсмограмме ОПП.

Обработка сигнала после миграции (шаг 13). Используйте соответствующую обработку сигнала для результатов от временной миграции до суммирования (шаг 9), демиграции (шаг 10), глубинной миграции после суммирования (step 11) и для глубинной миграции до суммирования (шаг 12). Обработка сигнала может включать предсказательную деконволюцию, чтобы восстановить сглаженность спектра внутри полосы сигнала, переменное по времени отбеливание для объяснения нестационарности сигнала, полосовую фильтрацию, деконволюцию f - x (Canales, 1984) для подавления случайных шумов от трассы к трассе и АРУ. Используя параметры данных – спектр средних амплитуд, переменный по времени спектр и автокоррелограмму, – мы можем выбрать оптимальный граф обработки сигнала с соответствующими параметрами. Кроме того, вы можете скорректировать остаточные статические поправки и/или выполнить остаточную инверсию для модели и модернизацию изображения на подборке трасс от временной и глубинной миграций до суммирования.

Аспекты наземных исследований

Последствия обработки наземных данных для регистрации данных вкратце рассмотрены ниже.

Чтобы обойти пространственные искажения во временной и глубинной миграциях до суммирования, вам понадобится регистрировать данные с достаточно малым расстоянием между пунктами приема. Так как и временная, и глубинная миграции до суммирования осуществляются миграцией независимых друг от друга сейсмограмм ОПВ, вам не надо думать о расстояниях между пунктами взрыва: они могут быть

неравномерными или неточными из-за трудных грунтовых условий.

Чтобы достичь желаемого разрешения в определении скорости и верификации модели, вам необходимо регистрировать данные с использованием как можно большего количества удалений и по максимально возможному удалениям. Более того, вы не связаны приближенным значением малой расстановки в кинематической поправке для отраженной волны, так как последовательность операций, описанная в этом исследовании, не включает использование кинематической поправки для отраженной волны и суммирование.

Энергия поверхностной волны типа Релея зачастую может подавить слабую докритическую энергию отраженной волны. Хотя у вас может получиться частично ослабить энергию поверхностной волны группами приемников в поле, она не может быть полностью подавлена. Следовательно, вам необходимо применить многоканальные фильтры, такие как фильтр прогнозирования f - x (Wang, 1991) или корреляционный фильтр с применением сейсмической интерферометрии (Schuster et al., 2006) для ослабления энергии поверхностной волны при обработке.

Амплитуды монотипной продольной отраженной волны находятся за пределами критического угла падения в гораздо большей степени по сравнению с теми, которые находятся в пределах докритической зоны распространения. Хотя закритические отраженные волны обладают гораздо меньшим спектром в полосе частот из-за присущего скальным породам затухания, они имеют достаточно сильные амплитуды, которые могут пережить вредное воздействие помех окружающей среды и энергии поверхностных волн. Более того, если вы будете регистрировать со сверхбольшими удалениями более 12 км., только тогда вы сможете полностью избежать влияния энергии поверхностных волн. (Иллюстрация 5a). Сейсморазведочные работы со сверхбольшими удалениями могут быть проведены с помощью общей геометрии расстановки сейсмоприемников. Это снизит цену полевых работ и в то же время обеспечит высокую кратность в области наблюдений. Полученное изображение от исследования с использованием больших удалений (Colombo et al., 2003; Yilmaz et al., 2005a; Yilmaz et al., 2005b) может быть на удивление лучше, чем от исследования со стандартной расстановкой. (Иллюстрация 5b,c).

Заключение

Материалы по последовательности операций, описанной в этом исследовании, включают: модель ВЧР, поле предельных эффективных скоростей, определяемых в положении отражающей границы, изображение от временной миграции до суммирования, ремигрированный участок, поле интервальных скоростей, определяемых в положении отражающей границы, изображение от глубинной миграции после суммирования и изображение от глубинной миграции до суммирования. Мы моделируем ВЧР при помощи нелинейной кинематической томографии, применяемой к первым вступлениям. Мы моделируем геологическую среду при помощи определения предельных эффективных скоростей и интервальных скоростей, построенного на анализе изображения, и, кроме того, при помощи определения геометрии отражающей границы, основанного на анализе изображения.

Технология предлагает две стратегии для тщательного моделирования геологической среды: (1) Комбинация конверсии Дикса применимо к предельной эффективной скорости, чтобы определить пластовые скорости, и глубинной миграции после суммирования для пикинга глубинных горизонтов, которые представляют геометрию отражающей границы.

Эта стратегия может применяться для сложного строения геологической среды, но не для сложного строения *покрывающей толщи*. (2) *Послойное* применение комбинации анализа скоростей в полупространстве для определения пластовых скоростей и глубинной миграции до суммирования, чтобы пропикировать глубинный горизонт, которые представляют геометрию отражающей границы подошвы изучаемого пласта. Эта комбинация обязательна, когда объект исследований находится под сложной покрывающей толщей.

Благодарность

Мы благодарим ТРАО, Repsol, ONGC, и CNPC за предоставление нам возможности применить последовательность операций, описанную в этом исследовании, на их данных и за разрешение опубликовать результаты.

Ссылки

- Canales, L. [1984] Random noise reduction. *54th SEG Annual International Meeting, Atlanta*. Expanded Abstracts.
- Colombo, D., Wilkes, M., Villani, L., and Mantovani, M. [2003] *73rd SEG Annual International Meeting*. Expanded Abstracts
- Nicanoff, L., Perez, Y., Yilmaz, O., Dai, N., and Zhang, J. [2006] A case study for imaging complex structures in the Andean Thrust Belt of Bolivia, *76th SEG Annual International Meeting, New Orleans*. Expanded Abstracts.
- Reshef, M. and Kosloff, D. [1986] Migration of common-shot gathers, *Geophysics*, 51.
- Schuster, G. T., Shuqian, D., and Reiqing, H. [2006] Intrrferometric prediction and least-squares subtraction of surface waves. *76th SEG Annual International Meeting, New Orleans*. Expanded Abstracts.
- Shurtleff, R. [1984] *An F-K procedure for prestack migration and velocity analysis*. 46th EAEG Annual Meeting.
- Wang, W. [1991] *F-X filters with dip rejection*, *61st SEG Annual International Meeting, Houston*. Expanded Abstracts.
- Yilmaz, O. [2001] *Seismic Data Analysis*. SEG, Tulsa.
- Yilmaz, O., Zhang, J., Pince, A., Aytunur, A., Elibuyuk, A., Uygun, S., Onaran, T., and Oner, A. F. [2005a] *A large-offset 2-D seismic survey for imaging complex structures in thrust belts*. *75th SEG Annual International Meeting, Houston*. Expanded Abstracts.
- Yilmaz, O., Zhang, J., and Shixin, Y. [2005b] *Acquisition and processing of large-offset seismic data: a case study from Northwest China*. *75th SEG Annual International Meeting, Houston*. Expanded Abstracts.
- Zhang, J. and Toksoz, M. N. [1998] *Nonlinear refraction traveltine tomography*. *Geophysics*, 63.
- Zhang, J. and Yilmaz, O. [2005] *Near-surface corrections for complex structure imaging*. *76th SEG Annual International Meeting, Houston*. Expanded Abstracts.

