

Отображение разрезов нулевых удалений с использованием многолучевого суммирования

Imaging zero-offset sections using multipath summation

Shemer Keydar* и Vladimir Shtivelman*

Основной задачей сейсморазведки МОВ является получение достоверного изображения геологического разреза. Для этого широко используются такие методы как нормальное приращение времени и суммирование по общей средней точке. На участках, обладающих сравнительно несложным геологическим строением, эти мощные методы позволяют получить довольно хорошее изображение временного разреза нулевых удалений. Но на участках со сложным геологическим строением основной проблемой обработки данных МОВ является построение достоверного изображения разреза нулевых удалений, т.е. получения суммированного временного разреза, максимально приближенного к истинному разрезу нулевых удалений. Такое изображение должно содержать все отражения, которые могут соответствовать различным геологическим особенностям. Отражения могут наблюдаться на различных глубинах, а отражательные поверхности могут обладать различными углами наклона. В средах со сложным геологическим строением при одном и том же времени отражения может существовать более одного наклонного отражающего горизонта. Суммирование по общей средней точке, основываясь на данных нормального приращения времени, неспособно разделить несогласуемые наклонные горизонты, поскольку оно выступает в качестве фильтра по наклону, выбирая горизонт с наибольшим углом наклона, что снижает качество суммированного разреза. Данная проблема обычно решается путем применения DMO – коррекции за наклон отражающих границ (Hale, 1984; Deregowski, 1986; Yilmaz, 2001). DMO сохраняет все углы наклона, присутствующие в исходных данных, таким образом, позволяя получить гораздо лучшее изображение разреза нулевых удалений. DMO обычно применяется в качестве одной из процедур графа обработки и состоит из процедуры скоростного анализа, приращения времени пробега (NMO), ЭРО, обратного NMO, скоростного анализа, NMO с новыми скоростями и суммирования. Следует учитывать, что использование DMO может потребовать много времени и не всегда эффективно.

Мы предлагаем альтернативный способ отображения разрезов нулевых удалений. Далее нами будет показано, что использование многолучевого суммирования в виде отдельной, простой, быстрой и эффективной процедуры (Keydar, 2004; Shtivelman and Keydar, 2004; Land, 2004), позволяет достичь результатов, эквивалентных полученным путем применения вышеизложенной последовательности DMO. Предлагаемый метод не требует информации о скоростях, поскольку многолучевое суммирование выполняется для всех возможных значений скоростей, находящихся в указываемых пределах широкого диапазона. Кроме того, в результате использования данного метода не происходит растяжение сигнала, поскольку не предусматривается явный ввод динамических поправок. Дополнительной особенностью метода является сохранность рисунка колебаний волн, подвергшихся суммированию. Приведено использование метода применительно к синтетическим данным и показана близость разреза, полученного путем многолучевого суммирования, к истинному разрезу нулевых удалений.

Описание метода

Обычное суммирование по общей средней точке (ОСТ) может быть описано следующими уравнениями:

$$S = \sum_n U_n(t - t_n), \quad (1)$$

$$t_n = \sqrt{t_0^2 + x_n^2 / v^2}, \quad (2)$$

где $U_n(t)$ представляет собой n -ю трассу на выборке ОСТ, t_n – время прихода отражения на n -й трассе, t_0 – нормальное время двойного пробега, x_n – расстояние между источником и приемником, а v – зависящая от наклона скорость приращения времени пробега, определяемая как

$$v = V / \cos \theta \quad (3)$$

где V – истинная скорость в среде, а θ , – наклон отражающего горизонта. Недостатком обычного суммирования является его избирательность к наклону, т.е. для любого фиксированного значения t_0 может быть обработан только один наклон. Это ограничение может быть снято путем использования DMO-коррекции, примененной в виде одной из процедур ранее упомянутого многоступенчатого графа обработки. В результате последовательности DMO получают суммированный временной разрез, близкий к истинному разрезу нулевых удалений.

В качестве альтернативного эффективного способа получения изображения разреза нулевых удалений может быть применена одноступенчатая процедура многолучевого суммирования (Keydar 2004; Shtivelman and Keydar, 2004; Land, 2004). Она может быть описана с помощью

$$S = \sum_v \sum_n U_n(t - t_n(v)) \quad (4)$$

где t_n получают из формулы (2), а на выходе суммирование производится для всевозможных значений скоростей в пределах указанного диапазона.

Изображение, определяемое выражением (4) означает, что при заданной выборке ОСТ для каждого значения t_0 амплитуды сейсмических сигналов будут просуммированы вдоль всех возможных траекторий отражения, определяемых выражением (2). Поскольку суммирование, определяемое выражением (4), выполняется для широкого диапазона скоростей, оно также будет непременно содержать все наклонно-зависимые скорости, определяемые формулой (3), таким образом сохраняя информацию о всех наклонных отражательных горизонтах, существующих при заданном времени.

Пример использования на синтетических данных

Использование многолучевого суммирования для получения изображения разреза нулевых удалений продемонстрируем на следующем примере с синтетическими данными.

Использованная в данном примере модель (Рис. 1) содержит три наклонных отражающих горизонта с углами наклона 15°, 30° и 45°.

*The Geophysical Institute of Israel, P.O.Box 182, Lod 71100, Israel E-mail: shemer@gii.co.il

пересекающими три горизонтальных отражательных горизонта, расположенных на глубинах 500 м, 1000 м и 1500 м. Скорость модели составляет 4000 м/с. На рис. 2 показан разрез нулевых удалений, рассчитанный для данной модели. Интервал между трассами на разрезе составляет 10 м. Вдоль модели было произведено симулирование съемки ОСТ. Данные съемки представляют собой 800 записей, каждая запись содержит 100 трасс, интервал между источником и приемником составляет 20 м, интервал времени между отсчетами составляет 2 мс. К данным было добавлено примерно 15% случайного шума. На рис. 3 изображены примеры 3-х выборок ОСТ для приемников 2, 60 и 100. В результате скоростного анализа, выполненного для одной из выборок (Рис. 4) была получена довольно сложная картина скоростной функции. В результате применения многолучевого суммирования к выборкам ОСТ в соответствии с выражениями (4) и (2) был получен разрез, изображенный на Рис. 5. Видно, что изображение, полученное в результате многолучевого суммирования (Рис. 5) очень близко к истинному разрезу нулевых удалений (Рис. 2).

Пример использования на реальных данных

Приведенный здесь пример использования на реальных данных взят из результатов морской сейсмической съемки, произведенной в Восточном Средиземноморье. Съемка осуществлялась с использованием 120-канальной записи и длиной косы 3000 м. Интервалы источник-приемник составляли 25 м, что привело к 60-кратному покрытию ОСТ. Интервал времени между отсчетами составлял 4 мс. Участок, полученный в результате обычного суммирования, произведенного для одного из профилей съемки, приведен на Рис. 6. Граф обработки состоял из следующих процедур:

- Демультимплексирование и амплитудная коррекция путем применения кривой усиления 6 дБ/с
- Фазовая коррекция фильтра записи до минимальной фазы
- Сортировка ОСТ
- Предсказывающая деконволюция с интервалом 24 мс и длиной оператора 250 мс
- Скоростной анализ
- NMO-коррекция и мьютинг

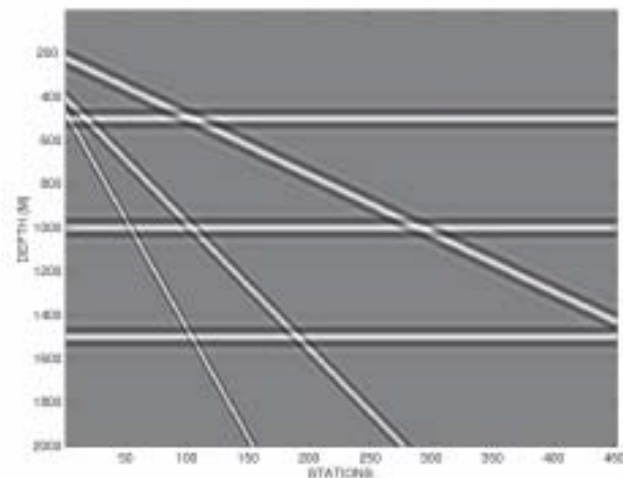
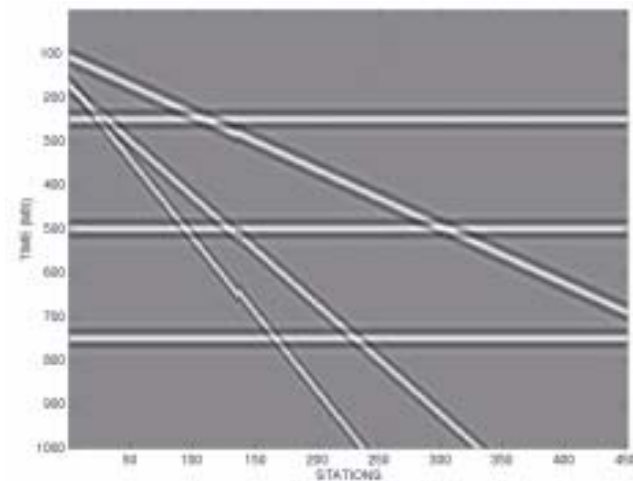


Рис. 1 Синтетическая модель, содержащая три наклонных отражающих горизонта с наклонами 15°, 30° и 45°, пересекающими три плоских отражающих границы на глубинах 500 м, 1000 м и 1500 м. Модельная скорость 4000 м/с. Расстояние между приемниками 10 м.

- DMO
- Обратное NMO-преобразование
- Скоростной анализ
- NMO-коррекция с использованием новых скоростей
- Суммирование по ОСТ

Многолучевое суммирование было применено к данным после деконволюции (шаг 4). Полученный в результате разрез изображен на Рис. 7. Сравнение суммированных разрезов, изображенных на Рис. 6 и 7 показывает их общее сходство, с небольшими отличиями в деталях. Сравнение соответствующих мигрированных разрезов (Рис. 8 и 9) приводит к сходному заключению. Хотя оба разреза в целом изображают одну и ту же структурную картину, между ними наблюдаются некоторые различия, в особенности, касающиеся тонких стратиграфических особенностей. Например, слабые отражения, наблюдаемые на временах 2700-2800 мс между двумя сильными отражениями, более отчетливо видны на разрезе, полученном в результате обычной обработки (Рис. 8). Тем не менее, необходимо отметить, что



модели, изображенной на Рис. 1. Интервал между трассами составляет 10 м.

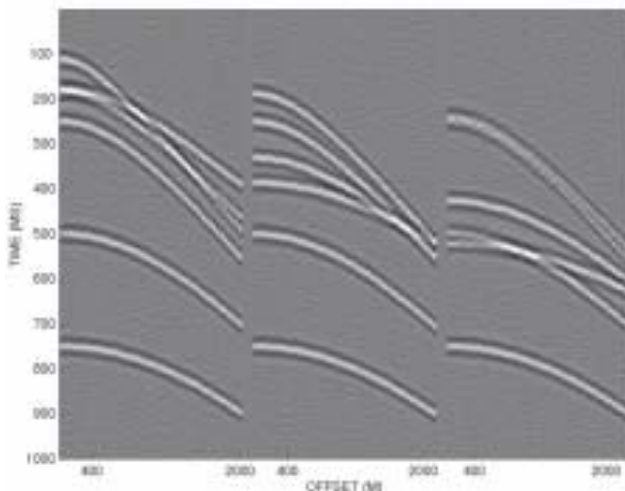


Рис. 3 Пример трех сейсмограмм ОСТ, соответствующих приемникам 2, 60 и 100 модели, изображенной на Рис. 1. Интервал между трассами составляет 40 м.

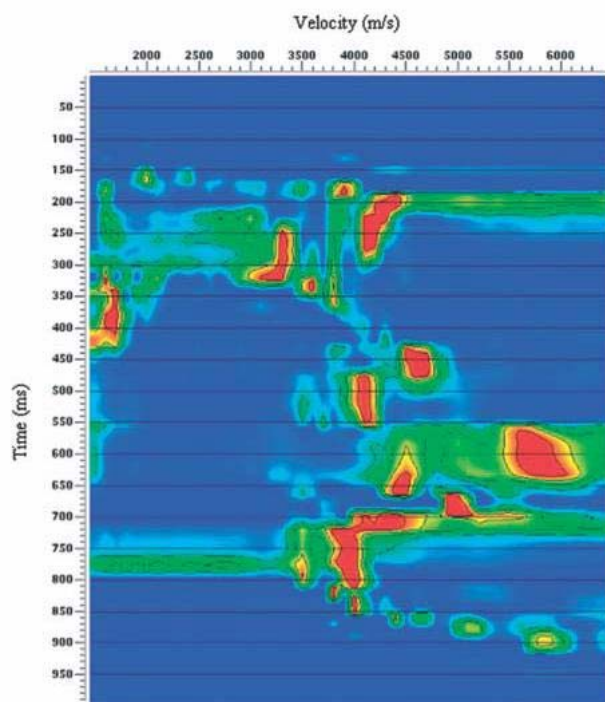


Рис. 4 Пример скоростного анализа, выполненного для выборки ОСТ, соответствующей приемнику 120 модели, изображенной на Рис. 1. Пример демонстрирует довольно сложную картину скоростей.

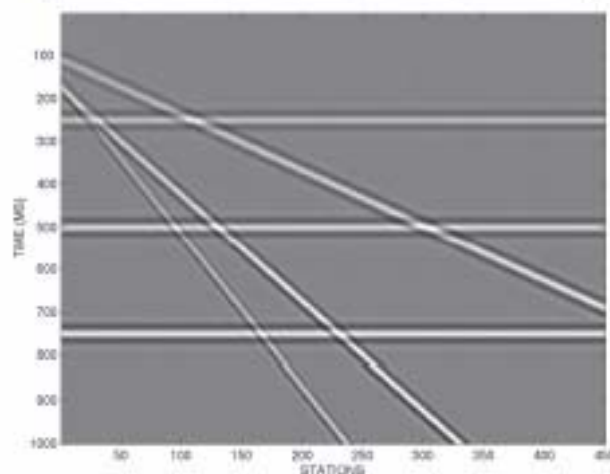


Рис. 5 Временной разрез, полученный по синтетическим данным с использованием многолучевого суммирования (сравните с изображенным на Рис. 2 разрезом нулевых удалений).

многолучевой разрез был получен для наиболее грубого приближения, без выполнения какой-либо проверки или настройки параметров, таких как апертура суммирования, диапазон скоростей и приращение скорости. В результате оптимального выбора указанных параметров следует ожидать значительного улучшения многолучевого разреза. Это станет темой дальнейших исследований.

Заключение

Нами предложен новый метод обработки данных МОВ. Предлагаемый метод основан на многолучевом суммировании отражений в области ОСТ.

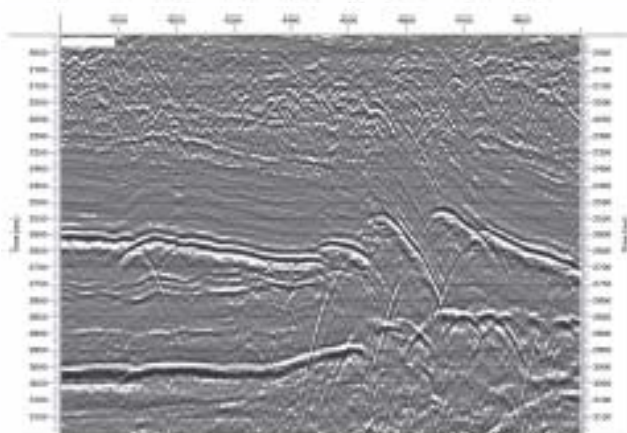


Рис. 6 Временной разрез, полученный по реальным данным с использованием обычной обработки.

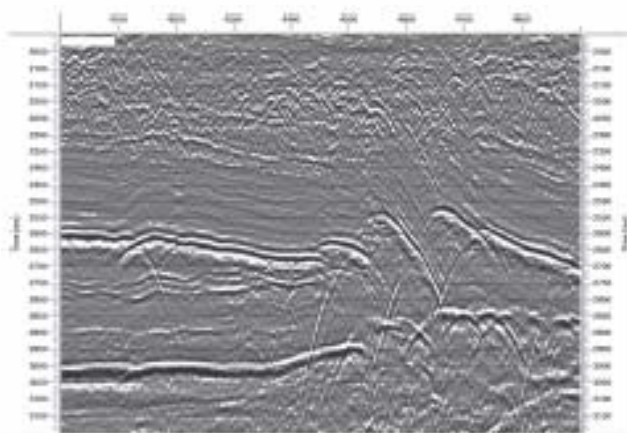


Рис. 7 Временной разрез, полученный по реальным данным с использованием многолучевого суммирования.

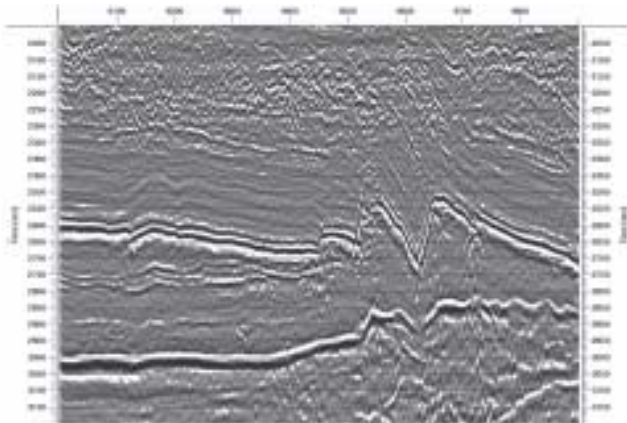


Рис. 8 Мигрированный временной разрез обычного суммирования, изображенного на Рис. 6.

Полученный в результате временной разрез представляет собой достоверное изображение истинного разреза нулевых приближений. Метод не требует какой-либо информации о скоростях, поскольку многолучевое суммирование выполняется для

всех возможных значений скоростей, находящихся в пределах широкого указанного диапазона. Кроме того, в результате использования метода не происходит растяжения сигналов, поскольку не подразумевается явная динамическая коррекция.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Министерству по Инфраструктуре за финансовую поддержку и Израильскому Геофизическому Институту за разрешение опубликовать данную статью. Мы также хотим поблагодарить Y. Ben-Gai за руководство обработкой реальных данных.

References

Hale, D. [1984] Dip moveout by Fourier transform. *Geophysics*, 49, 741-757.
 Deregowski, S.M. [1986] What is DMO? *First Break*, 4, 7-24.
 Yilmaz, O. Z. [2001] *Seismic data analysis: processing, inversion, and interpretation of seismic data*. SEG publication.
 Keydar, S. [2004] Homeomorphic imaging using path integrals. *Proceedings of the 66th EAGE Meeting, Paris*.
 Landa, E. [2004] Imaging without a velocity model using path

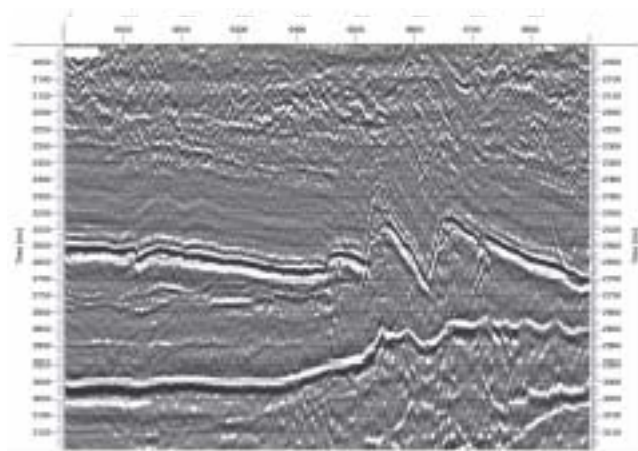


Рис. 9 Мигрированный временной разрез многолучевого суммирования, изображенного на Рис.7.

summation approach. *Proceedings of 74th SEG Meeting, Denver*.
 Shtivelman, V and Keydar, S. [2004] Imaging shallow subsurface inhomogeneities by 3D multipath diffraction summation. *First Break* (accepted for publication).