

Н.А.Голярчук. Алгоритм быстрого анализа скоростей миграции.
ЗАО «Геоинвест», г. Новосибирск

Введение.

Предлагается новый способ анализа скоростей миграции на прямых лучах. Процедура анализа скоростей миграции ускоряется в десятки раз и сводится к одному - двум прогонам простой миграции до суммирования с заданным шагом (обычно 1 км). В результате получается качественный разрез (2-Д) или куб (3-Д) средних скоростей.

Описание метода

Традиционно анализ (подбор) скоростей миграции (скорости MVD) осуществляется путем анализа разверток и спектров Semblance как функций скоростей перебора V_{const} и удаления источник-приемник L (1, 2).

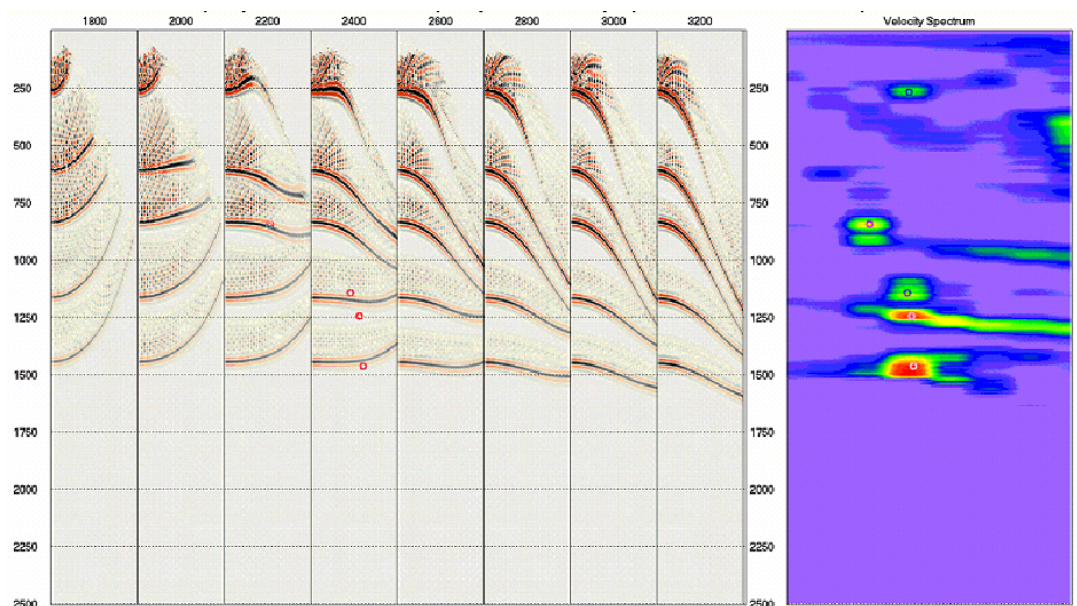
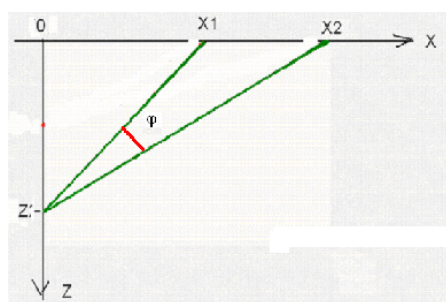


Рис.1. Классический способ определения скоростей миграции. В данном случае выполнялось 8 миграций до суммирования в каждой точке анализа.

Нами предлагается простое решение, позволяющее в десятки раз ускорить процедуру определения скоростей миграции. Не нужно получать набор мигрированных разверток для заданного перебора скоростей. Достаточно получить одну мигрированную развертку и получить правильную скорость путем анализа кривизны осей синфазности на этой развертке. Поправки вычисляются по способу средних скоростей без учета преломления на промежуточных границах.



Тут X_0 – координата трассы-результата (точки дифракции). X_1 – координата источника в пределах апертуры, X_2 – координата приемника в

пределах апертуры, Z – точка дифракции, φ - угол между лучами от точки дифракции до приемника и источника.

Пусть V_0 – некоторая априорная скорость.

Кинематическая поправка в точке (X_0, Z_1) определяется как

$$\Delta T = T_1 + T_2 - 2T_v \quad (1)$$

$$T_1 = \frac{\sqrt{(X_1 - X_0) \cdot (X_1 - X_0) + Z_1 \cdot Z_1}}{V_0} \quad (2)$$

$$T_2 = \frac{\sqrt{(X_2 - X_0) \cdot (X_2 - X_0) + Z_1 \cdot Z_1}}{V_0} \quad (3)$$

$$T_v = \frac{Z_1}{V_0} \quad (4)$$

$L = |X_2 - X_1|$ - удаление приемника от источника (по абсолютной величине).

$R_1 = \sqrt{X_1^2 + Z^2}$ - путь луча от источника к точке дифракции.

$R_2 = \sqrt{X_2^2 + Z^2}$ - путь луча от точки дифракции к приемнику.

$R = R_1 + R_2$ - полный путь прохождения луча.

Пусть истинная скорость

$$V = V_0 + dV \quad (5)$$

Если dV - положительная, то ось синфазности на мигрированной развертке будет переспрямлена

Если dV - отрицательная, то ось синфазности на мигрированной развертке будет недоспрямлена

Нетрудно разложить выражение для ΔT в ряд Маклорена по dV .

$$\Delta T(dV) = \Delta T(V_0) \cdot \left(1 - \frac{dV}{V_0} + \frac{(dV)^2}{V_0^2} - \frac{(dV)^3}{V_0^3} + \frac{(dV)^4}{V_0^4} \dots\right) \quad (6)$$

где $\Delta T(V_0)$ – уже введенные в трассы перед суммированием кинематические поправки, рассчитанные по формуле (1). Для мигрированной развертки эти поправки аппроксимируются формулой

$$\Delta T(V_0) = 2 \cdot \left[\sqrt{\frac{Z_e^2}{V_0^2} + \frac{L^2}{4V_0^2}} - \frac{Z_e}{V_0} \right] \quad (7) \quad Z_e = \sqrt{\frac{R_1 \cdot R_2 \cdot (1 + \cos(\varphi))}{2}} \quad (8)$$

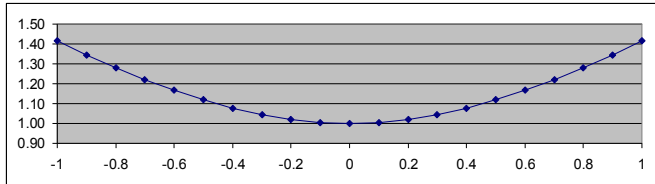
тут: Z_e – эффективная глубина; L – удаление (параметр трассы мигрированной сейсмограммы). Ряд (6) сходится, если остаточная поправка dV не превышает V_0 . Ряд сходится быстро, если остаточная поправка dV не превышает $V_0/2$.

Необходимо проанализировать, как Z_e соотносится с истинной глубиной Z .

Для симметричных относительно вертикальной оси миграции трасс ($X_1=-X_2$) Z_e в точности равно Z .

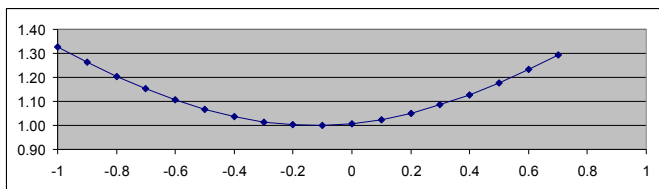
$$Z_e^2 = \frac{R^2(1 + \cos\varphi)}{8} = \frac{R^2(1 + \cos^2\frac{\varphi}{2} - \sin^2\frac{\varphi}{2})}{8} = \frac{R^2 + 4Z^2 - L^2}{8} = \frac{4Z^2 + L^2 + 4Z^2 - L^2}{8} = Z^2$$

Для нулевых удалений $L=0$ график Z_e имеет вид

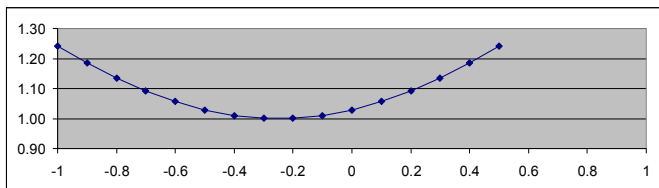


Ось абсцисс – отношение X_1/Z , Ось ординат – отношение Z_e/Z

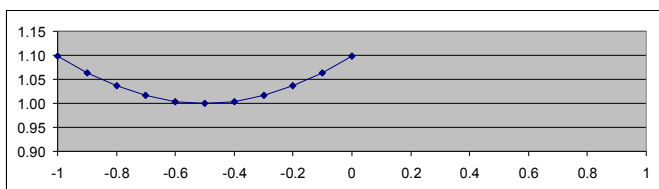
Для удалений $L=Z/4$ график Z_e имеет вид



Для удалений $L=Z/2$ график Z_e имеет вид



Для удалений $L=Z$ график Z_e имеет вид



Из вышеприведенных графиков можно сделать такие выводы:

При апертуре миграции 45° $X_{\max}=Z$

- трассы с нулевыми удалениями размазываются в интервале $Z \leq Z_e \leq 1.41Z$;
- трассы с удалениями $L=Z/4$ размазываются в интервале $Z \leq Z_e \leq 1.32Z$;
- трассы с удалениями $L=Z/2$ размазываются в интервале $Z \leq Z_e \leq 1.25Z$;
- трассы с удалениями $L=Z$ размазываются в интервале $Z \leq Z_e \leq 1.10Z$;

При апертуре миграции 15° $X_{\max}=0.27*Z$ и трассы с любыми удалениями размазываются в интервале $Z \leq Z_e \leq 1.10Z$;

Но для любых L максимальная энергия суммотрасс все же всегда будет сосредоточена вблизи точки $Z_e=Z$. Это означает, что максимум оси синфазности на мигрированной сейсмограмме также будет сосредоточен вблизи точки $Z_e=Z$. Существенно подсобляет курсор-парабола остаточных

поправок на мигрированной сейсмограмме. Надо просто добиться наилучшего совпадения этого курсора с осью синфазности

Вот так выглядит собственно скоростной анализ по одиночной сейсмограмме.

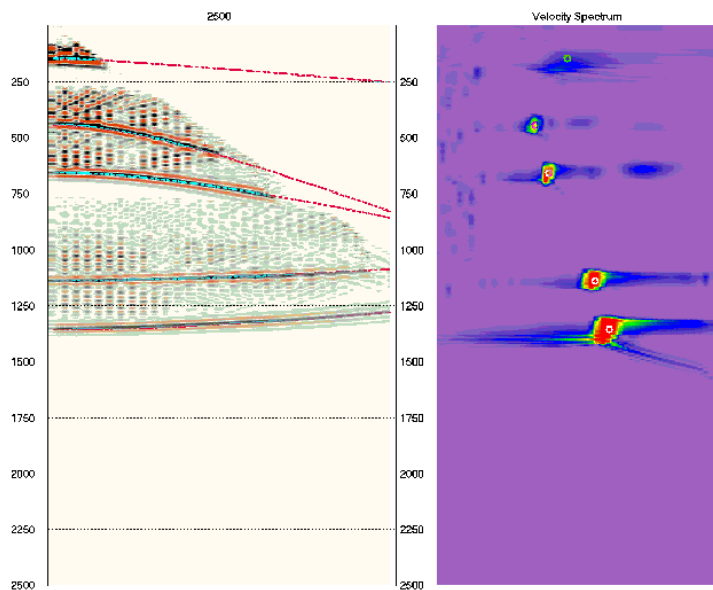
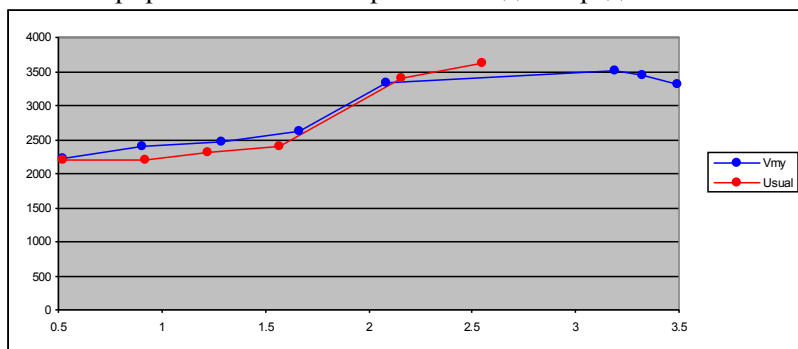


Рис.2. Предлагаемый способ определения скоростей миграции. В данном случае выполнялась 1 миграция до суммирования в каждой точке анализа.

Процесс может быть итерационным. Если первое приближение – недостаточно точное (например, из-за малого количества членов в ряде Маклорена или больших значений dV), то процесс можно повторить, используя в качестве V_0 полученное решение (сетку скоростей).

Заключение

Приведем сопоставление MVD скоростей по Саттлеггеру (Usual) с V_{my} – скоростями по одиночной мигрированной сейсмограмме. Модель среды очень сложная.



Благодарности

Автор выражает искреннюю благодарность и признательность В.И.Мешбею, В.В.Мерщию, А.Берковичу за неоднократное конструктивное обсуждение, критику и полезные советы.

Список литературы

1. Johann W. Sattlegger. Migration Velocity Determination. Part I. Philosophy. Geophysics, vol 40, No 1, 1975, pp 1-5
2. Gerhard P. Dohr and I. K. Stiller. Migration Velocity Determination. Part II. Applications. Geophysics, vol 40, No 1, 1975, pp 1-5