

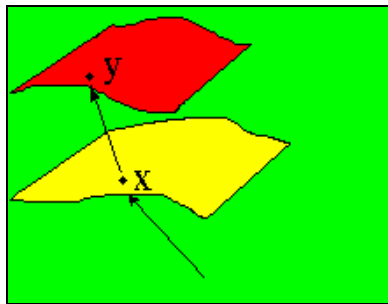
Определение скоростей и глубин сеточным методом с учетом пространственного сноса и скваженных данных

Аннотация

Предложен способ расчета интервальных скоростей по нормальным временам отражения в трехмерной среде с учетом отметок глубин в скважинах. Метод основан на некотором аналоге принципа Ферма по скорости. Решение находится сеточным методом (методом динамического программирования). С аналитической точки зрения рассматриваются также способы продолжения времен “вперед” и “назад”, и способ расчета глубин по редкой сети определений скорости.

1. Пересчет времен сеточным методом

Пусть $T(\mathbf{x})$ - время время прихода волны в точку \mathbf{X} , а $t(\mathbf{y})$ в точку \mathbf{y} (точки \mathbf{X} и \mathbf{y} принадлежат двум поверхностям)



Время распространение волны от точки \mathbf{X} до точки \mathbf{y} обозначим $\tau(\mathbf{x}, \mathbf{y})$. Если точки \mathbf{X} и \mathbf{y} лежат на одном луче см. рис. то:

$$T(\mathbf{y}) = t(\mathbf{x}) + \tau(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \quad (1)$$

Или, разрешив это уравнение относительно $\mathbf{y}(\mathbf{x})$:

$$T(\mathbf{y}(\mathbf{x})) \equiv t(\mathbf{x}) + \tau(\mathbf{x}, \mathbf{y}(\mathbf{x})) \quad (2)$$

Теперь, после дифференцирования тождества (2) по \mathbf{X} :

$$T_{\mathbf{y}} \mathbf{y}_{\mathbf{x}} - \tau_{\mathbf{y}} \mathbf{y}_{\mathbf{x}} - (t_{\mathbf{x}} + \tau_{\mathbf{x}}) = 0 \quad (3)$$

Здесь и ниже операция дифференцирования обозначается нижним индексом. Так как точка \mathbf{x} находится на луче, в (3) выражение в скобках, согласно принципу Ферма, равно нулю:

$$(t + \tau)_{\mathbf{x}} = 0 \quad (4)$$

Подставив (4) в (3) получим:

$$(T - \tau)_{\mathbf{y}} = 0 \quad (5)$$

Конечно-разностная аппроксимация выражения (4) определяет прямое продолжение (пересчет) поля времен $t(\mathbf{X})$ заданное на поверхности \mathbf{X} в поле времен $T(\mathbf{y})$ на поверхность \mathbf{y} , а выражения (5) - обратное продолжение (обращение) поля времен: $T(\mathbf{y})$, с поверхности \mathbf{y} в поле $t(\mathbf{X})$ на поверхность \mathbf{X}

2. Расчет скоростей с учетом скваженных данных

Рассмотрим отражение от поверхности \mathbf{X} наблюдаемое на временном разрезе $T(\mathbf{y})$ на поверхности \mathbf{y} , что соответствует условию :

$$t(\mathbf{x}) = 0 \quad (6)$$

(Гипотеза взрывающейся границы) . Теперь из (1) следует, что

$$T(\mathbf{y}) = \tau(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \quad (7)$$

и из (5) анологичное равенство для первых производных:

$$T_{\mathbf{y}} = \tau_{\mathbf{y}} \quad (8)$$

Перемножая левую часть (7) на правую (8) и наоборот получим

$$T \cdot \tau_{\mathbf{y}} = \tau \cdot T_{\mathbf{y}} \quad (9)$$

Если среда между поверхностями однородна или локально-однородна, то, вспомнив, что τ время между точками \mathbf{X} и \mathbf{Y} , можно записать

$$\tau = S/v \quad (10)$$

и

$$\tau_y = S_y/v \quad (11)$$

здесь v - скорость в среде, S - длина отрезка, соединяющего точки \mathbf{X} и \mathbf{Y} . Подставляя (10) и (11) в (9) исключим неизвестную скорость:

$$T \cdot s_y = s \cdot T_y \quad (12)$$

Если в некоторой точке отражающей границы известна (например по данным бурения) отметка глубины \mathbf{X} то используя конечно-разностную аппроксимацию выражения (12) можно найти точку \mathbf{Y} выхода луча отраженного в точке \mathbf{X} на поверхность наблюдений, а значит, в соответствии с (10), и скорость v .

Заметим, что разделив выражение (12) на T^2 получим:

$$\left(\frac{s}{T}\right)_y = 0 \quad (13)$$

или

$$V_y = 0 \quad (14)$$

Выражение (14) можно рассматривать как некий аналог принципа Ферма по скорости: луч из \mathbf{X} попадет в \mathbf{Y} , если скорость вычисляемая по формуле s/T экстремальна. В экстремальной точке $v = V$.

3. Расчет глубин с учетом сноса

После определения выше изложенным методом скоростей в отдельных скваженных точках находится значение скорости $W(x)$ в любой точке x площади путем линейной интерполяции скоростей триангуляционным методом. Затем, в точке, где следует определить глубину, по алгоритму (12) определяется скорость v для различных положений точки

$\mathbf{x} = (x, z)$ по глубине z и выбирается такое значение глубины для которого находимая скорость \mathcal{V} совпадает с интерполируемой т.е. решается уравнение

$$F(x, z) = W(x)$$

относительно z . Здесь $F(x, z)$ - алгоритм (12) для определения скорости \mathcal{V} .

После определения глубин производится пересчет времен отражения от нижележащей границы на найденную границу по алгоритму (5), и затем производится определения отражающего слоя ниже нее и т.д.