

Годограф отраженной волны 3Д (горизонтальная граница) – обратная задача

В файле *hodograph.csv* лежат координаты (*res_x*: *x*; *res_y*: *y*; *time*: *t*), описывающие поверхностный годограф отраженной волны для горизонтальной границы (см. Рисунок 1). Известно, что в горизонтально-слоистой среде уравнение годографа отражённой волны может быть описано следующей аналитической формулой:

$$t = \sqrt[2]{t_0^2 + \frac{r^2}{v^2}};$$
$$r = \sqrt[2]{x^2 + y^2}.$$

Где t_0 и v – константы, а t , x , y - вектора, заданные в таблице.

Необходимо найти t_0 и v тремя способами: 1) с помощью решения СЛУ; 2) методом градиентного спуска, реализованным вручную (алгоритм взять из https://en.wikipedia.org/wiki/Gradient_descent); 3) с помощью функции *minimize* из модуля *scipy.optimize* (метод оптимизации выбрать самостоятельно и обосновать). В качестве функции невязки для 2 и 3 пунктов задания может быть использована функция *MSE*.

Сравнить полученные ответы с правильным ($t_0 = 0.2$ с; $v = 1000$ м/с). Визуализировать тепловую карту для функции невязки (оси t_0 и v должны быть подписаны). На тепловой карте также необходимо отобразить: 1) для решения СЛУ – полученную точку; 2) для градиентного спуска – стартовую точку, конечную точку, путь от стартовой до конечной точки; 3) для *scipy* - полученную точку (стартовая точка должна совпадать со стартовой точкой для градиентного спуска).

Система оценивания задания:

Требования	Количество баллов
Задание выполнено полностью. Для всех методов получен корректный ответ.	3
Реализованы только два метода из трёх. Для реализованных методов получен корректный ответ.	2
Реализован только один метод с корректным ответом.	1

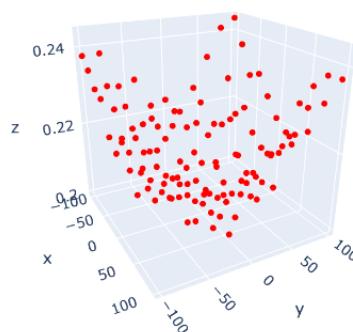


Рисунок 1. Поверхностный годограф отраженной волны