

ПОСТРОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПО ПРОИЗВОЛЬНЫМ ЛИНИЯМ

Досин А. Н., Недзьведь А. М., Белоцерковский А. М.
Объединённый институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси
Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: nedzveda@tut.by

В данной работе предлагается алгоритм построения поверхности изображения по произвольным линиям на нем, который основан на определении кратчайшего расстояния от каждой точки изображения до ближайшей линии и определения значения на ней. Алгоритм предназначен для реконструкции природных объектов, в частности поверхности горизонтов недр.

ВВЕДЕНИЕ

Задача построения поверхности является одной из самых старых и имеет много решений. Задача является актуальной во многих отраслях, например в сейсмической томографии при построении геологической поверхности, которая основана на суммировании сейсмических трасс, полученных от приемников вдоль линий геологических горизонтов [1,2]. Самый распространенный и эффективный способ построения поверхности для отражения и преломления сейсмического сигнала - это триангуляция. Однако, данный метод имеет ряд недостатков, в частности потерю разрешения и некоторые конфликтные неоднозначности при построении поверхности при помощи треугольников по четырем точкам. В данной работе предлагается алгоритм, позволяющий построить сетку поверхности в необходимом разрешении и разрешить проблемы неоднозначности расположения точек.

I. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Исходными данными данной задачи являются линии с заданными значениями в каждой точке. Линии пересекаются и могут иметь несколько изломов. Уровень яркости (значения) точек в линиях соответствует либо времени распространения сейсмической волны, либо глубине залегания геологического пласта (рис. 2). Для построения поверхности пересекающейся данные линии, необходимо все данные преобразовать в графическое представление в растровом виде. Таким образом, поверхность строится в виде изображения. Для построения изображения используется диапазон координат в котором лежат графические объекты, который определяет размеры изображения, а для значений пикселей используется вещественный тип, так как нет возможности предсказать значения, которые могут встретиться в числовом ряду. Исходные линии на изображении в каждой точке имеют яркость, соответствующую глубине залегания поверхности.

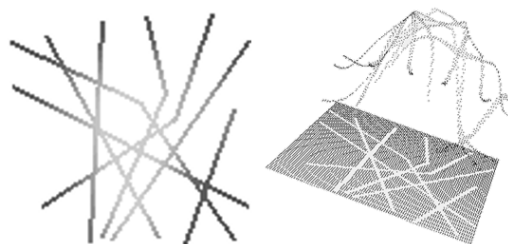


Рис. 1 – Рис. 1 Произвольные линии и их трехмерное представление

II. РАСТРОВОЕ ПОСТРОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ

Основная идея построения поверхности заключается в определении взвешенной величины от значений пикселей соседних линий по расстоянию от них [3]. Для этого используется карта расстояний [4,5], в которой каждая точка соответствует расстоянию до ближайшей линии и унарная дилатация [5], позволяющая определить близость этой точки к линии. На основе этих данных новое значение глубины определяется по формуле взвешенной суммы:

$$v = v_1 \frac{d_1}{(d_1 + d_2)} + v_2 \frac{d_2}{(d_1 + d_2)},$$

где v – новое значение точки на изображении соответствующее глубине залегания поверхности, v_1 и d_1 – значение ближайшей точки линии и расстояние до неё, v_2 и d_2 – значение ближайшей точки другой соседней линии и расстояние до неё. Таким образом, на основе значений v формируется новое изображение значение которого соответствуют покрывающей поверхности на заданные произвольные линии.

III. ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ

Растровый алгоритм построения поверхности по таким исходным данным включает несколько итераций и специальную структуру представления данных для каждого пикселя. Для оптимизации хранения матриц использовалась специфическая структура пикселя, которая включает следующие переменные:

- значение глубины для первой итерации (v_1);
- значение расстояния для первой итерации (d_1);
- значение глубины для второй итерации (v_2);
- значение расстояния для второй итерации (d_2).

Использование такой структуры в качестве наполнения пиксела позволяет оптимизировать доступ к его элементам матриц, обеспечив компактность расположения элементов в памяти. В результате обработка сводится к построению мультиспектрального изображения. Перед выполнением итераций такое изображение проходит специальную подготовку. Согласно исходным линиям по геометрическим координатам заполняется структура пикселей, где в значения глубины заносится соответствующее значение из линии, а в значение расстояния вносится единица. Таким образом, на изображении формируется исходная информация о линиях. Первая итерация алгоритма представляет собой растровое сканирование изображения слева на право и сверху в низ в ходе которого определяется кратчайшее расстояние от текущей точки до линии в противоположном направлении сканирования, а также происходит рост областей с большими значениями. Во время выполнения шага итерации выполняется анализ окрестности обрабатываемого мультиспектрального изображения. Определяется максимальное значение окрестности, которое переносится в структуру обрабатываемого пиксела в значение глубины для первой итерации. Значение расстояния меняется на максимальное значение расстояния для максимального пиксела из окрестности увеличенное на единицу. Таким образом, наблюдается рост величин в направлении сканирования.

$$v_1 = \max(v_1^{neibor}),$$

$$d_1 = d_1^{\max(neibor)} + 1,$$

где $\max()$ - функция максимума, $neibor$ - соседство или окружение обрабатываемого пиксела. Вторая итерация аналогична первой, однако в данном случае сканирование выполняется справа на лево и снизу в верх для величин v_2 и d_2 . В результате формируются два направления роста величин, которые можно представить в виде четырех матриц: две для определения расстояния по разным направлениям и две для определе-

ния ближайшего значения на линии по двум разным направлениям. Следующая итерация сводит все значения к единому значению в пиксела v . Для каждой отдельной точки это значение пересчитывается по формуле взвешенной суммы, описанной выше. В результате формируется поверхность на основе минимальных расстояний до точек на линиях с максимальными значениями (рис. 2).

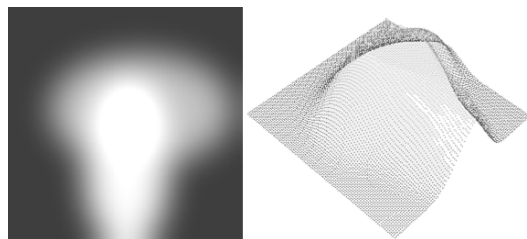


Рис. 2 – Восстановленная поверхность в виде изображения и 3D представлении

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Безусловно такое построение поверхности не является полным соответствием действительности, так как в большинстве случаев данный алгоритм работает в условиях дефицита исходных данных. Однако, правило наименьшего расстояния наиболее эффективно действует при образовании структур в природе. Поэтому алгоритм может быть успешно применен при анализе природных объектов, например, в геологии для томографии. Томография применяется в инженерно-геологических изысканиях для детального изучения механических свойств пород, локализации ослабленных участков, определения степени трещиноватости горных пород, обнаружения подземных пустот естественного и искусственного происхождения.

V. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Carcione, J. M. Seismic modeling / J. M. Carcione, G. C. Herman, A. P. E. ten Kroode // GEOPHYSICS Vol 67, № 4, 2002.
2. Бурмин, В. Ю. Методы численного обращения голографов сейсмических волн. М.: Наука, 1993. 100 с.
3. Starovoitov, V. A clustering technique based on the distance transform / V. Starovoitov // Pattern Recognition Letters, DBLP, 1996. – P. 231-239.
4. Недзведь, А. М. Анализ изображений для решения задач медицинской диагностики / А. М. Недзведь, С. В. Абламейко // Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2012. – 239 с.
5. Шапиро, Л. Компьютерное зрение. / Л. Шапиро, Дж. Стокман // изд. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. — 752 с.