

Абакумов А.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: bordanov2011@yandex.ru*

Обработка спутниковых данных и данных ЦМР с помощью 3d баркодов.

В задачах, связанных с геоданными, чаще всего используются изображения, а точнее спутниковые снимки. Это обусловлено относительной доступностью подобных данных, а также огромным количеством уже разработанных для них алгоритмов. Однако иногда используются и другие показатели – цифровые модели местности (ЦМР). Они представляют из себя матрицу, где каждый элемент – высота пиксела относительно уровня моря или иного начала координат.

Современные технологии позволяют сканировать ландшафт и получать на выходе ЦМР. Объём таких данных огромен и мало пригоден для ручного анализа.

На данный момент существует большой набор ЦМР Арктики в рамках проекта ArcticDem. В нём присутствуют карты с точностью до 5 метров на пиксель, что уже достаточно для определения многих объектов.

К сожалению, анализ ЦМР мало разобран в научной среде. Нет сомнений, что с доступностью технологий объём таких данных будет только расти, именно поэтому тема обработки спутниковых данных и данных ЦМР столь актуальна.

При обработке карт высот данных следует учесть несколько факторов:

1. Нерукотворность объектов, что ведёт к непостоянным формам одних и тех же областей;
2. Нестандартные величины (дробные числа со знаком);
3. Объём данных;
4. Возможные помехи.

Названные пункты указывают, что большинство стандартных алгоритмов будут ограничены и дадут несовершенный результат как минимум из-за неспособности работать с нецелыми или отрицательными числами.

Если искать гибкий подход, способный работать с ЦМР, выделять на нём объекты и сравнивать их с эталонами, то один из возможных вариантов – персистентный анализ данных, а точнее – персистентная гомология[1].

Главным отличием карты высот от изображения в том, что из неё можно получить точные границы выпуклых объектов. Для их выделения необходимо выделить точки максимума на изображении, а потом производить спуск, пока скорость изменения наклона не упадет до значения, близкого к нулю. Это будет означать, что достигнута поверхность, на котором расположился объект.

Персистентная гомология [1] работает с баркодами. Баркод – это характеристика объекта. Под объектом понимается некоторый набор точек, будь то изображение или карта высот. Каждый баркод состоит из временных отрезков. Они строятся следующим образом:

Все пиксели изображения сортируются в порядке возрастания, а потом начинают заноситься по своим координатам на условное поле. Если 2 пикселя находятся на соседних клетках, то они соединяются в «компоненту», а текущая яркость сохраняется как «время появления» компоненты. Если пиксель добавился между двумя компонентами, то те соединятся, причём наиболее новая поглощается старой, а в новой сохраняется значение текущей яркости в качестве «времени исчезновения». В конечном счёте останется только одна компонента.

Как можно догадаться, «время появления» и «время исчезновения» и есть линия баркода. Каждую такую линию можно отобразить на 2d графике, где одна ось – номер компоненты, а на другой из точки «появления» в точку «исчезновения» тянется линия. В итоге баркод будет представлять из себя набор линий, подобно тому, что есть у штрих-кода.

Это классический алгоритм с 2d баркодом, но можно его усилить, превратив 2d линию в трёхмерную кривую. Для этого при каждом добавлении пикселя в компоненту анализируется значение предыдущего добавленного пикселя. Если разница меньше какого-либо порога (или они и вовсе одинаковые), то мы увеличиваем счётчик, а если больше – заносим этот счётчик в список. Так на выходе помимо времени жизни компоненты будет набор чисел, который может служить в качестве третьей координаты. На 2d проекции ничего не изменится, но вот в трёхмерном виде получится изогнутая плоскость.

Конечная цель всего анализа – отобрать какие-либо объекты. Лучше всего это делать постепенно, в несколько этапов.

Если взять за объект каждую линию баркода, то из принадлежащих к ней точек можно поучить длину, ширину, диаметр и высоты. Данные характеристики уже позволяют произвести некоторый отбор. Например, можно задать минимальную и максимальную высоту, соотношение сторон, а также допустимые рамки диаметра. На практике это сильно упрощает отбор.

В 3d баркоде каждая линия содержит массив чисел, сравнить две линии можно путём сравнения этих чисел через косинусное расстояние. Результат нормализуется. После он умножается на сумму длин сравниваемых линий, делённую на сумму всех линий. Таким образом, результат сравнения помножается на процент вклада этих линий в баркды.

Таким образом, сумма всех сравнений линий будет равна схожести двух баркодов. Результат будет в промежутке между 0 и 1.

На основании данных алгоритмов можно производить поиск и сравнение объектов, как, например, сделано в статье [2].

Литература

1. Макаренко Н. Г., Уртъев Ф.А., Князева И.С., Малкова Д.Б., Пак И.Т., Каримова Л.М. Распознавание текстур на цифровых изображениях методами вычислительной топологии // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. No 1 С. 131-144.
2. Еремеев С.В., Абакумов А.В. Программный комплекс для обнаружения и классификации природных объектов на основе топологического анализа // Программные продукты и системы. 2021 Т. 32. No 1. С. 201-208.