

Оценка изменения рельефа по картам высот, полученным на основе дистанционного зондирования земли.

Введение.

Выполненная работа заключается в ознакомлении с 2 датасетами из облаков точек, описывающих рельеф береговой линии берега Азовского моря за 2016 и 2018 год, их анализе, визуализации, а также поиске некоторых закономерностей в данных.

Облака точек представляют собой массивы из координат точек в трехмерном пространстве OXYZ, где X, Y - географические координаты в градусах, Z - высота в метрах. За 2016 год зафиксировано $6.2 \cdot 10^6$ точек, за 2018 - $3.2 \cdot 10^6$.

Расположение точек на плоскости OXY изображено на рис. 1. По осям X, Y величины измеряются в географических координатах. Приблизительный размер участка составляет 750×300 м.

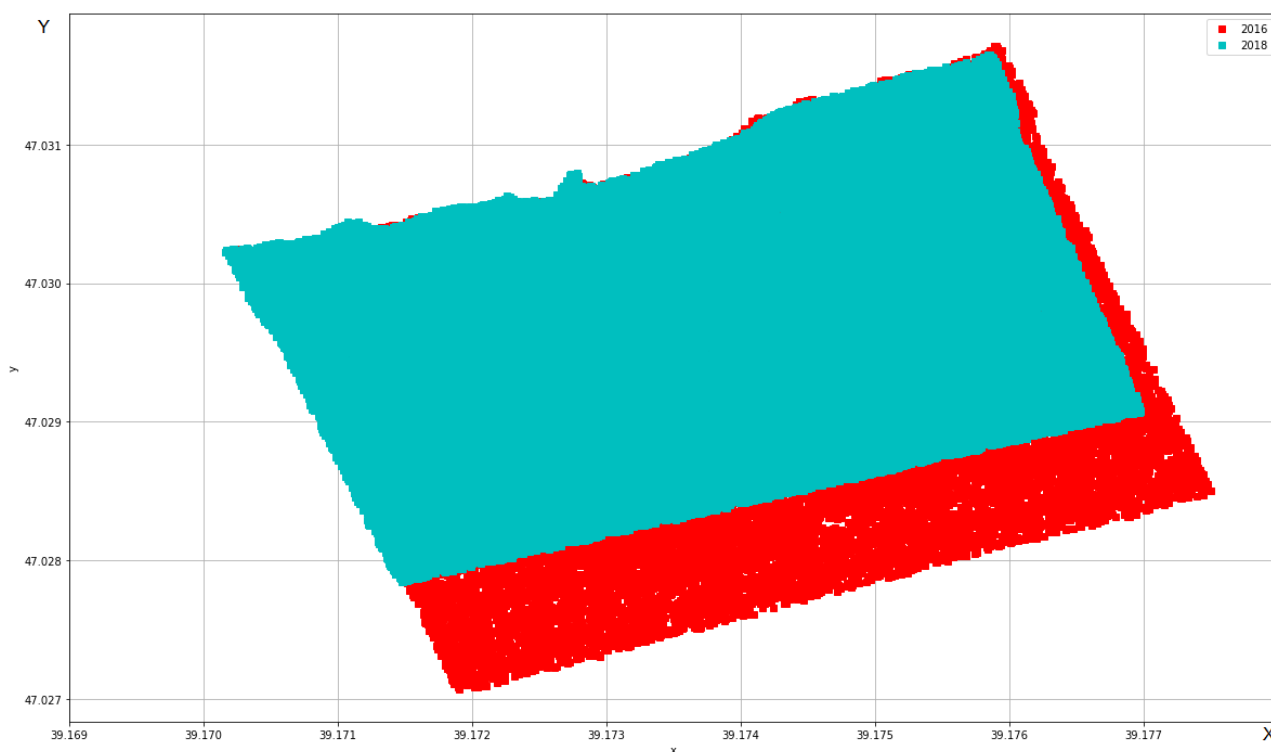


Рис. 1: Проекция облаков точек за 2016 и 2018 год на плоскость OXY.

Расположение точек в пространстве.

Для более детального рассмотрения облаков точек в пространстве реализовано приложение, позволяющее по указанной пользователем точке на плоскости изобразить остальные точки в пространстве OXYZ в малой окрестности выбранного места.

Примерный размер рассматриваемой окрестности составит 10.1×3.6 м, в среднем в нее попадает порядка 1000 – 2000 точек. Иллюстрация работы приложения приведена на рис. 2.

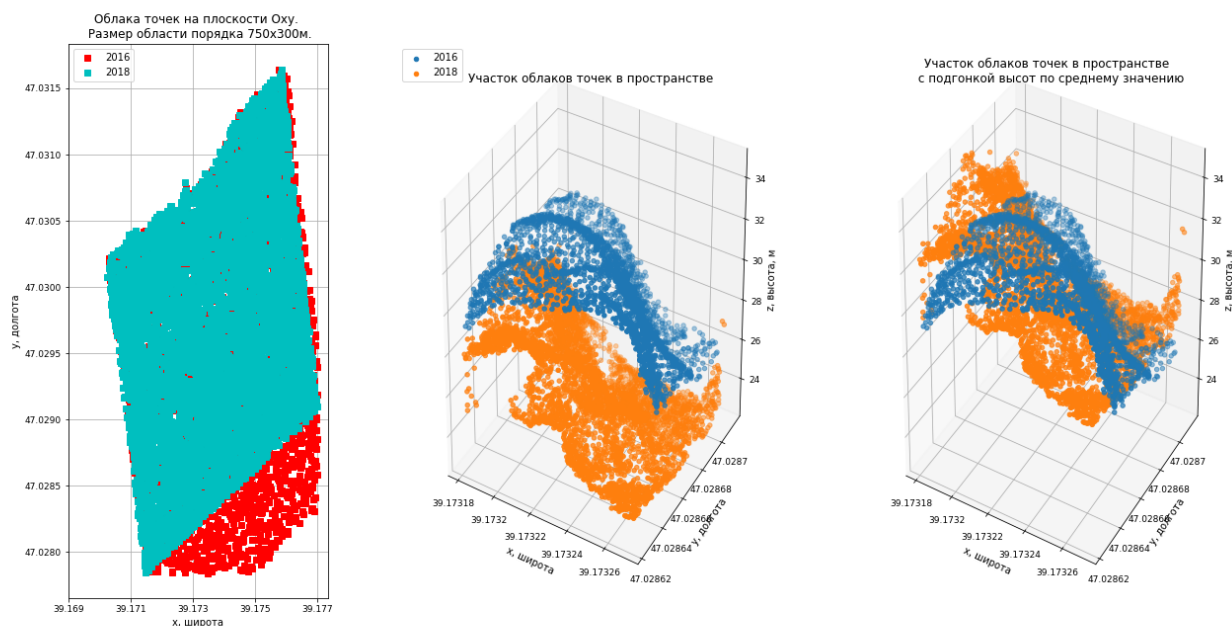


Рис. 2: Результат работы приложения для окрестности выбранной точки с координатами $x = 39.17322, y = 47.02866$.

В ходе исследования обнаружены некоторые «подозрительные» участки (см рис. 3), на которых высоты облака 2018 года превосходят высоты 2016 года, что противоречит предположению наличия эрозии. Для корректной работы с такими участками помимо визуализации с реальными высотами точек сделана визуализация с подгонкой высот по среднему значению на малой площадке. Однако такой переход мешает выявлению эрозии.

Сделано предположение, что в данных может быть погрешность, связанная с измерением высот спутником, поэтому далее выполнен переход от абсолютной высоты к вариации высоты.

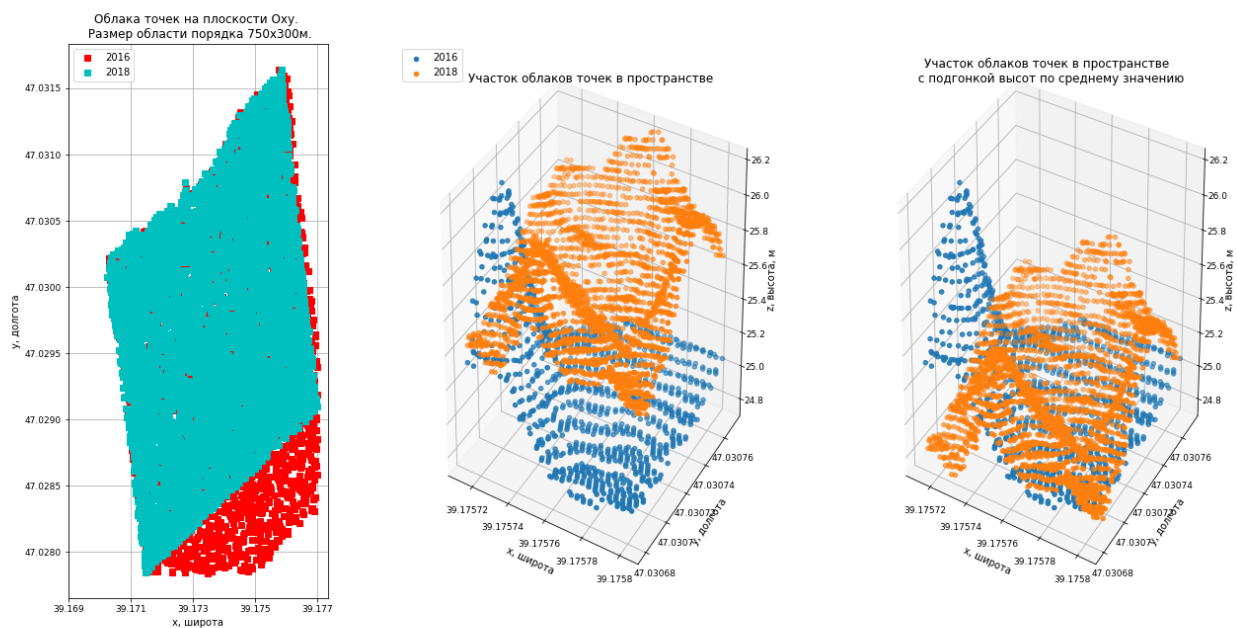


Рис. 3: Результат работы приложения для окрестности выбранной точки с координатами $x = 39.17576$, $y = 47.03072$.

Переход к вариации высоты.

Для того, чтобы не учитывать возможные погрешности в измерении высоты в разные годы, сделан переход к вариации высоты для облаков точек. Под вариацией высоты на небольшой площадке будем понимать разность максимальной и минимальной высот точек из облака, расположенных на этой площадке.

Для удобства анализа данных сделана визуализация в виде карты вариации высоты облаков точек 2016 и 2018 года - рис. 4. Вариация рассчитывается по площадкам размера 10.1×3.6 м. Цвета на карте показывают величину вариации, округленную по математическим правилам. Самые светлые участки соответствуют нулевому изменению высоты на соответствующей площадке. Чем темнее цвет, тем больше вариация высоты: темно-красный цвет означает, что изменение высоты на площадке не менее 10 метров.

Полученная визуализация подтверждает корректность данных: рисунки рельефа для 2016 года и 2018 года схожи между собой. Также карта высот позволяет сделать предположение о местоположении береговой линии и русла ручья - объекты отмечены на рис. 4 цифрами 1, 2 соответственно.

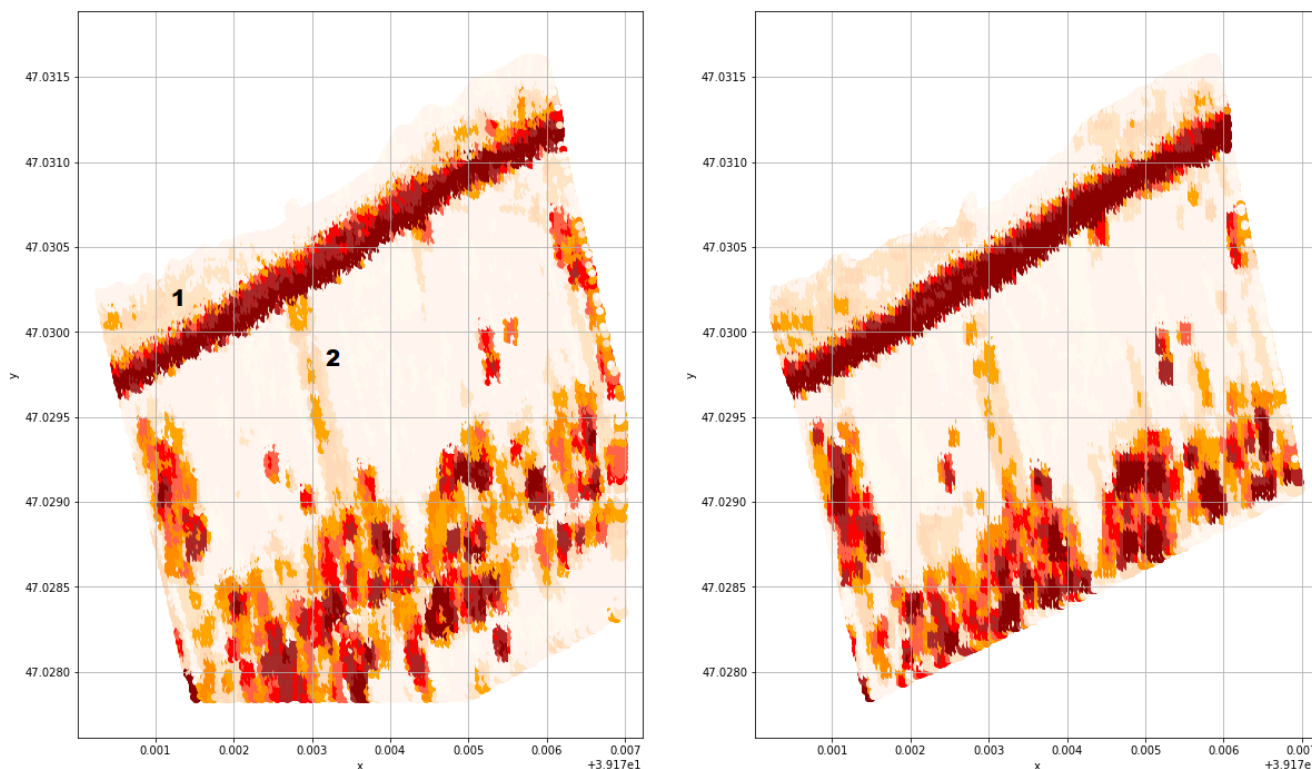


Рис. 4: Карты вариации высоты для облаков точек 2016 и 2018 года.

Чтобы судить о возможной эрозии, рассмотрим изменение вариации высоты на небольших площадках $5 \times 1.5\text{м}$ за 2016 и 2018 год. Карта (рис. 5) при помощи цвета показывает, насколько изменилась вариация за 2 года: наиболее светлый цвет участка говорит о том, что на нем не изменилась вариация высоты, а темный цвет соответствует большому изменению вариации. Синие точки показывают участки, где вариация высоты в 2018 году стала выше, чем в 2016. Возможно, это растения или какие-либо здания.

Сделано предположение, что эрозия происходит на тех участках поверхности, где вариация высот за 2 года изменилась. Как и на картах вариации высоты по годам, на карте изменения вариации прослеживается береговая линия и возможный овраг, что подтверждает предположение об эрозии: она происходит там, где была большая вариация высоты на площадке, а на плоских участках ситуация не меняется.

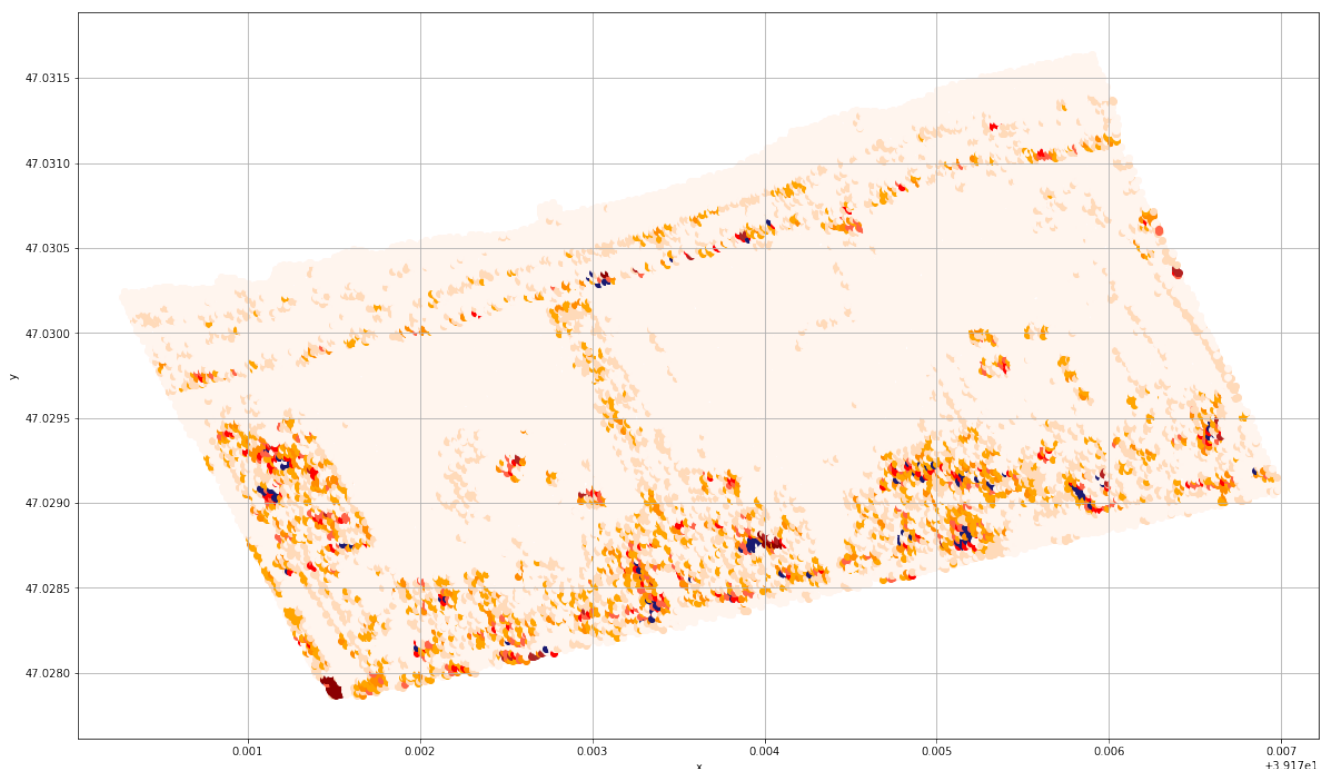


Рис. 5: Карта вариации относительных высот для облаков точек 2016 и 2018 года.

Вывод.

Предложенные показатели вариации высоты и изменения вариации позволяют адекватно оценить изменение рельефа.