

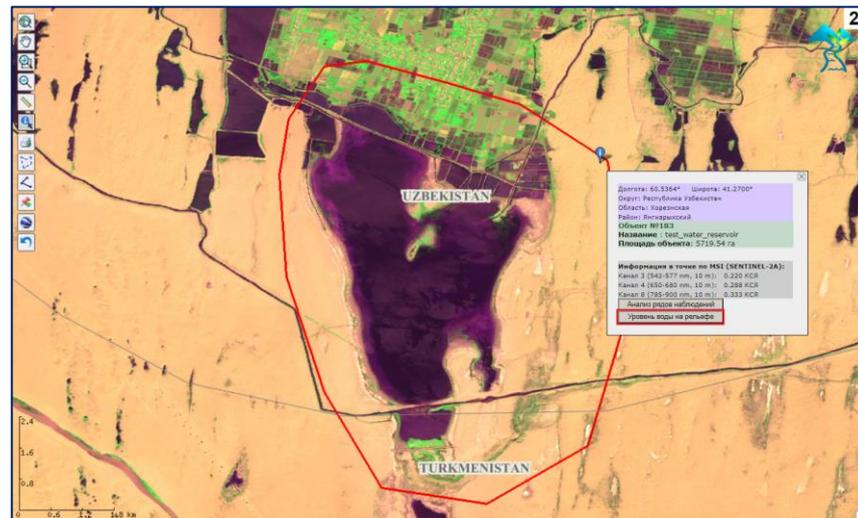
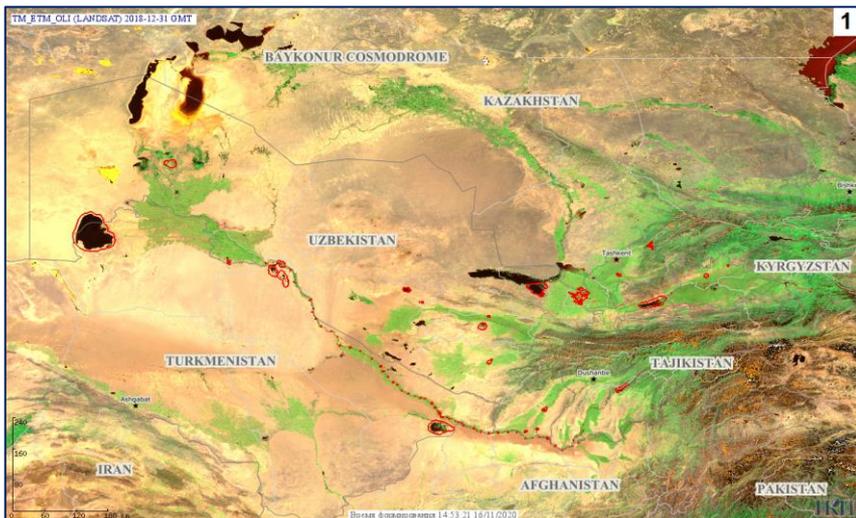
Восстановление трехмерного изображения по цифровой модели рельефа для мониторинга динамики водных объектов Центральной Азии

Мухамеджанов И.Д., Константинова А.М.

E-mail: ildarmsu@gmail.com

Актуальность задачи

При организации спутникового мониторинга водных ресурсов Центральной Азии и оценке водного потенциала региона в число решаемых задач входят оценка объема воды некоторых водохранилищ, расчёт уровня на участках рек и водохранилищах. В ряде случаев по определенным причинам батиметрические карты оказываются недоступными для исследований. В такой ситуации оправдано применение спутниковых данных, находящихся в открытом доступе.

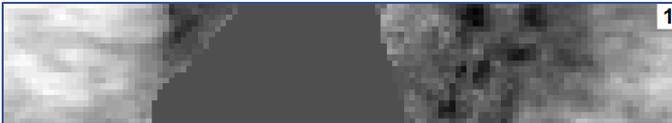


Возможность использования функционала восстановления трехмерного представления водных объектов Центральной Азии:

1 - множество полигонов около водных объектов различного происхождения; 2 - трансграничный водный объект с прилегающими с/х полями

Источники данных и условия для реализации метода

Технологии ДЗЗ позволяют использовать **ЦМР ASTER** (версия **v3**) с разрешением 30 метров для оценки заполняемости водохранилищ и состояния некоторых участков рек. Поскольку съемка ЦМР ASTER была проведена в 2011 г., для ряда водных объектов, которые сформировались позднее, такая модель рельефа фактически служит батиметрической картой.



DEM + MNDWI



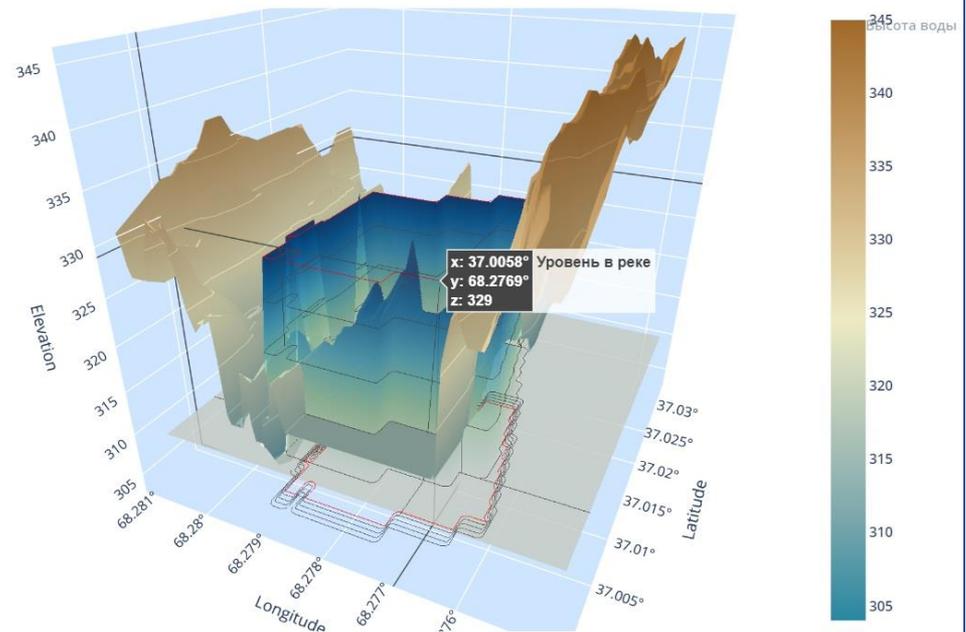
Пример восстановления объемного представления на р. Амударье после слияния притоков Вахша и Пянджа:

1 – необходимый фрагмент ЦМР ASTER v3; 2 – наложение выделенной водной поверхности; 3 – 3D-представление участка русла реки.

Водная поверхность выделяется на основе нормализованного разностного водного индекса (**MNDWI**), рассчитываемого по оптическому изображению одной из следующих сканирующих систем:

- MSI (Sentinel-2A, -2B);
- OLI, TIRS (Landsat-8);
- ETM+ (Landsat-7);
- TM (Landsat-4, -5).

Уровень воды на гидропосте Amu_after_merge
Расчет по водному зеркалу - 329 м (абсолютная высота)



3

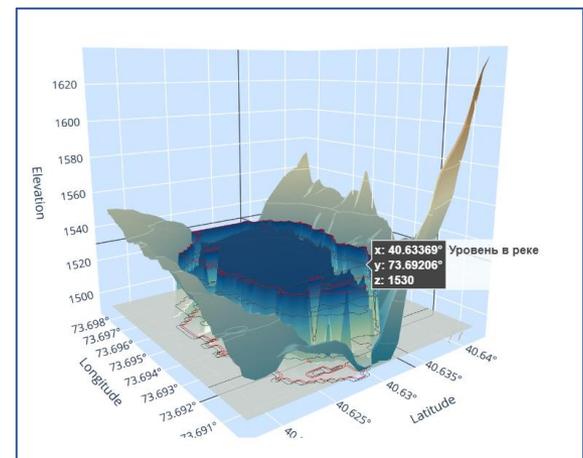
Предобработка данных и рассчитываемые величины

Для удобства использования метода восстановления и реализации подхода в интерактивном режиме схема была интегрирована в специализированную систему дистанционного мониторинга водных ресурсов **EcoSatMS** (<http://suvo.geosmis.ru>). С целью оптимизации потребления вычислительных ресурсов и корректного представления данных необходимо сначала выполнить их предобработку.

1. ASTER DEM v3. В ряде случаев требуется сглаживание рельефа медианным фильтром с заданным окном. Такая предобработка особенно актуальна для больших объектов, озер и водохранилищ. Размер окна сглаживания выбирается в зависимости от размеров объекта;
2. Водная поверхность, полученная по MNDWI. Шум, вносимый изолированными пикселями, отнесенными к водной поверхности, необходимо устранить с помощью *морфологических преобразований*. Последовательное применение морфологических операций *открытия и закрытия* помогает устранить шум и сгладить водное зеркало.
3. Для соотнесения пикселей рельефа и водной поверхности, все точки упорядочиваются на плоскости и организуются в структуру k-d дерева (где $k=3$), так как полный перебор занимает длительное время и требует больше ресурсов.

Метод решает следующие задачи:

- ✓ определение высоты водного столба - максимальная высота рельефа покрытая водой;
- ✓ определение объема воды на объекте: (в каждой точке водного зеркала можно получить глубину как разность уровня воды и значения ЦМР в точке);
- ✓ восстановления динамики объема;
- ✓ оценка последствий затопления при ЧС;
- ✓ определение глубины в заданной точке (при наличии значений высот по ASTER)

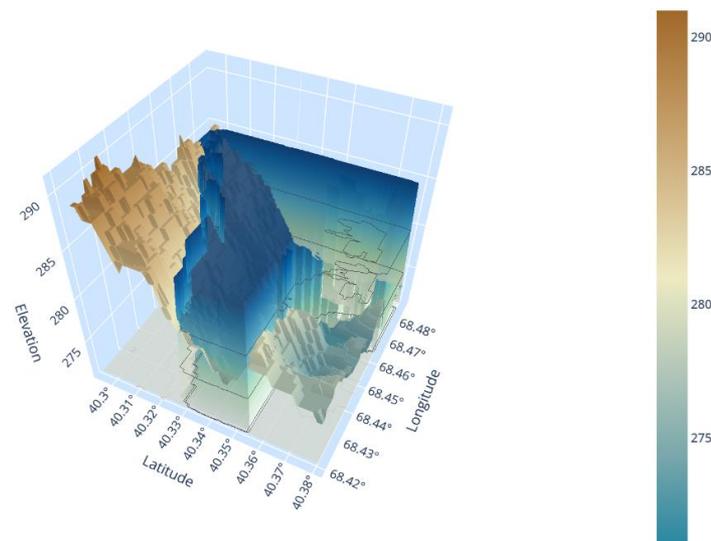


Работа методики при оценке последствий ЧС

Методика была успешно использована при оценке последствий прорыва Сардобинского водохранилища в Узбекистане 1 мая 2020 г. Заполнение водохранилища началось в 2014 г., что позволило восстановить динамику объема и оценить потери водных запасов в результате прорыва одной из стен дамбы. По итогам применения методики были оценены *разность высот водного столба, потеря объёма и глубина объекта* до и после прорыва.



Уровень воды на гидропосте Sardobinskoe_2020-05-08
Расчет по водному зеркалу - 285 м (абсолютная высота)



В настоящее время функционал восстановления трехмерного представления водных объектов внедрен в виде отдельного инструмента в специализированную систему дистанционного мониторинга водных ресурсов **EcoSatMS** (<http://suvo.geosmis.ru>). Сервис EcoSatMS функционирует на базе ЦКП «ИКИ-мониторинг». По состоянию на 15.11.2020 объем архивов, доступных пользователям ЦКП, составляет более 4,1 Пб.

