

Возможности технологии космических гидропостов при оценке речного стока

Мухамеджанов Ильдар Давлетович

Константинова Анна Михайловна

Лупян Евгений Аркадьевич

ИКИ РАН

МГУ им. М.В. Ломоносова

ИКИ РАН

2021



Актуальность

- *Амударья – трансграничная и самая полноводная река ЦА, протекающая по территории 4 стран;*
- *Образующийся водный дефицит за счёт низкого количества осадков и особенностей регионального водопользования;*
- *Невозможность организовать регулярный мониторинг реки на основе разреженной сети наземных станций;*
- *Контроль потребления водных ресурсов, состояния реки и водных объектов бассейна на глобальном уровне требует оперативности и независимости;*

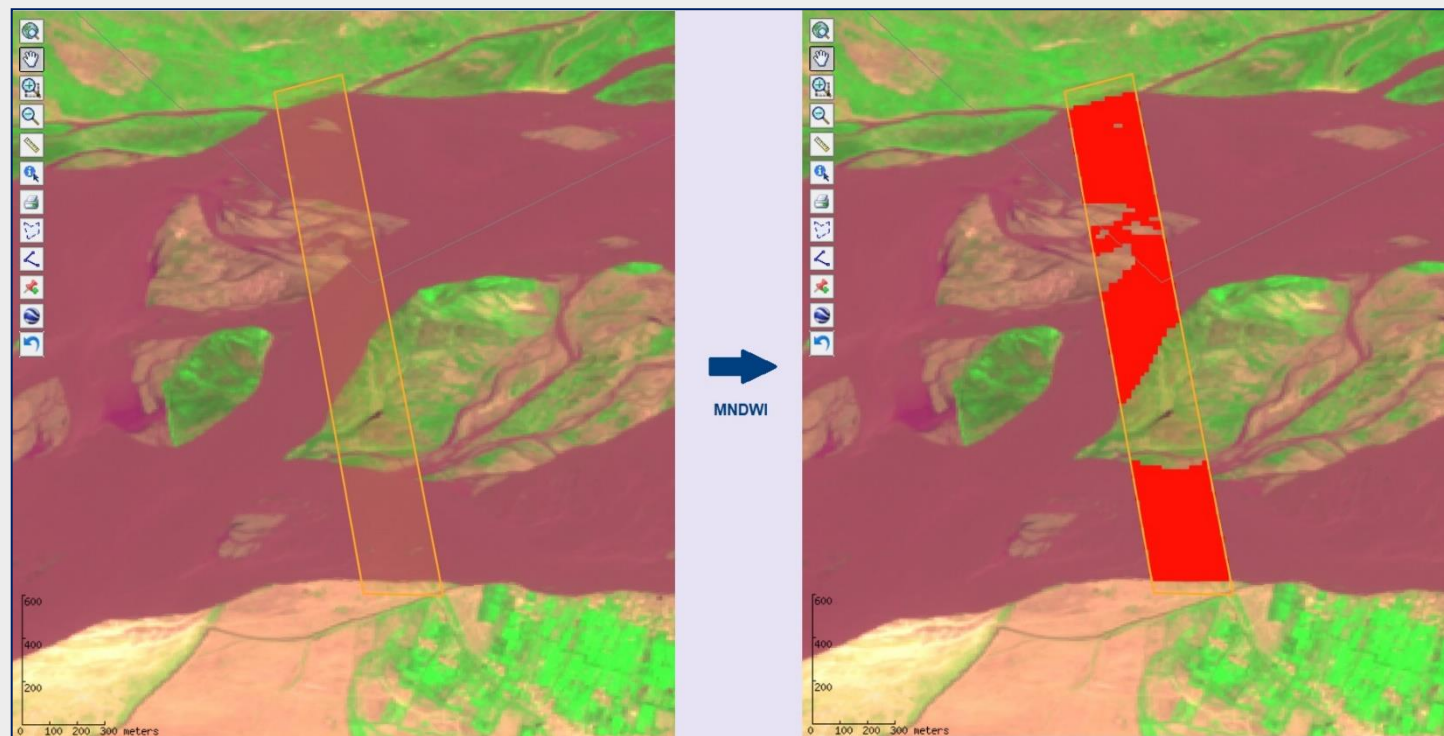
Цель работы

- ✓ На основе экспериментов подобрать оптимальную последовательность взаимосвязанных полигонов, пригодную для оценки водности на расстоянии от наземного ГП Керки (Туркменистан);
- ✓ Подобрать устойчивую модель для определения связи между последовательными полигонами;
- ✓ Выявление факторов, влияющих на работу сети КГП в межгодовом аспекте.

КГП – структурный элемент при построении сетей для мониторинга



«Космический» гидропост (КГП) - произвольный полигон в базе данных с временными границами для поиска спутниковых сцен в архиве.



Оперативный расчет площади водного зеркала производится путем вычисления индекса MNDWI. Анализ множества спутниковых сцен из долговременных архивов для заданного периода занимает **несколько минут**

Космические и наземные гидропосты

Наземная станция	Космический гидропост
Имеет ограничения по установке, в том числе территориально	Устанавливается как полигон на карте, количество фактически неограниченно
Издержки на техническое обслуживание и непосредственный контроль за работой г/п, а также высокая стоимость оборудования и установки	Данные формируются автоматически по мере появления новых спутниковых сцен.
Данные не всегда находятся в открытом доступе	Площадь водного зеркала рассчитана по спутниковым данным в свободном доступе (Landsat-4,5; Landsat-7; Landsat-8; Sentinel-2A,-2B)

- 1. Эмпирически выявлена линейная зависимость суточного стока от площади водного зеркала на ближайшем к станции КГП (до 0.9);*
- 2. Построив цепь связанных КГП можно по спутниковому показателю оценить динамику водности и состояние реки на некотором удалении от физической станции;*

Количество наземных и космических гидропостов

Длина Амударьи – **2540 км**

Количество зарегистрированных гидропостов от истока до устья – **18 (27 с притоками)**

Количество исследованных КГП на участке русла Амударьи длины 70 км выше от Керки – **140**

Данные и этапы исследования

Для построения модели полиномиальной регрессии были взяты данные суточного стока (Q) г/п Керки (Туркменистан) за 2014, 2016, 2018 гг.

1. Выбор ближайшего к станции КГП с максимальной корреляцией – калибровка КГП по наземной станции согласно модели линейной регрессии;
2. По мере удаления выше от Керки согласно установленным правилам в БД добавляются полигоны для формирования ряда MNDWI;
3. Совместный анализ рядов MNDWI с текущего и предыдущего полигонов (площадь, занятая водой, нормируется на площадь всего полигона), применение модели **полиномиальной регрессии III порядка**;
4. Оценка качества работы сети на каждом шаге согласно F-значению (не должно превышать 1.8)

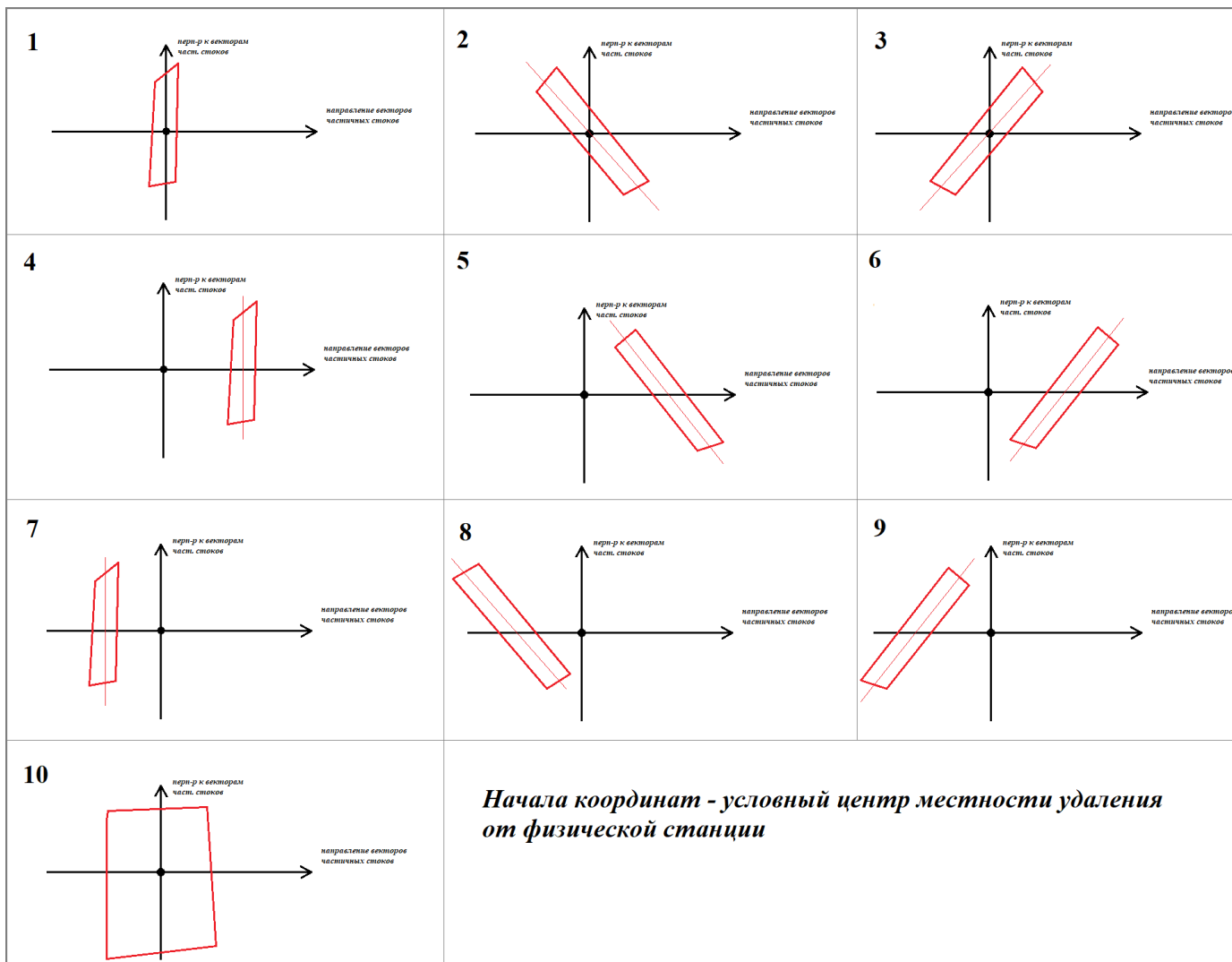


<http://suvo.geosmis.ru/>

Для получения, систематизации и хранения результатов анализа все исследования ведутся в едином сервисе спутникового мониторинга

- **EcoSatMS** - сервис, позволяющий организовать наблюдения за объектами и оценивать качество этих наблюдений (*поддерживает работу с КГП и совместный анализ временных рядов*);
- Функционирует с использованием ресурсов ЦКП «ИКИ-Мониторинг».

Схема формирования группы КГП



1. 0° - узкий КГП в месте удаления

2. $+45^\circ$ - узкий в месте удаления

3. -45° - узкий в месте удаления

4. 0° - узкий выше по течению от места удаления

5. $+45^\circ$ - узкий выше по течению от места удаления

6. -45° - узкий выше по течению от места удаления

7. 0° - узкий, ниже по течению от места удаления

8. $+45^\circ$ - узкий, ниже по течению от места удаления

9. -45° - узкий, ниже по течению от места удаления

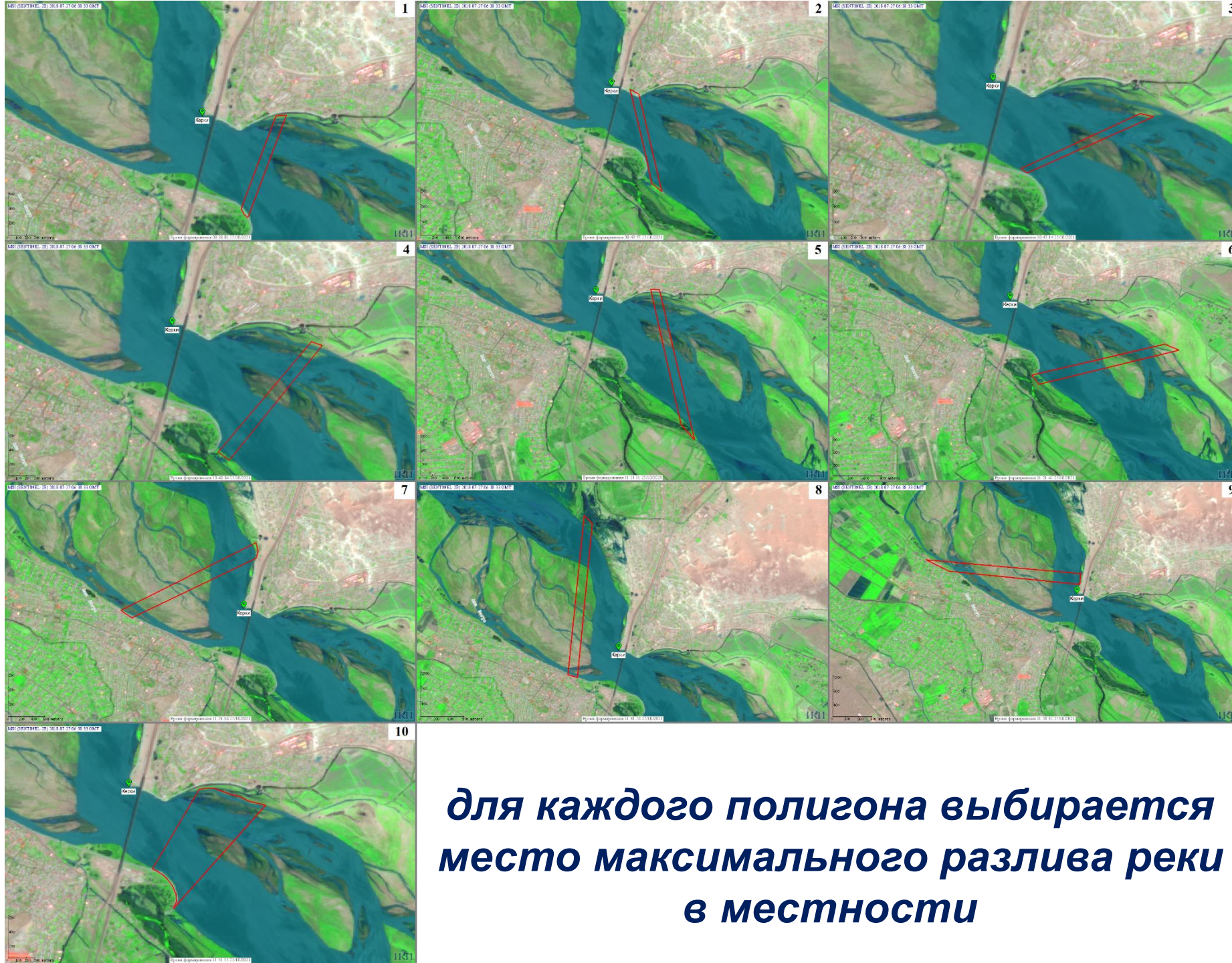
10. 0° - широкий полигон в месте удаления

«+» - поворот по часовой стрелке

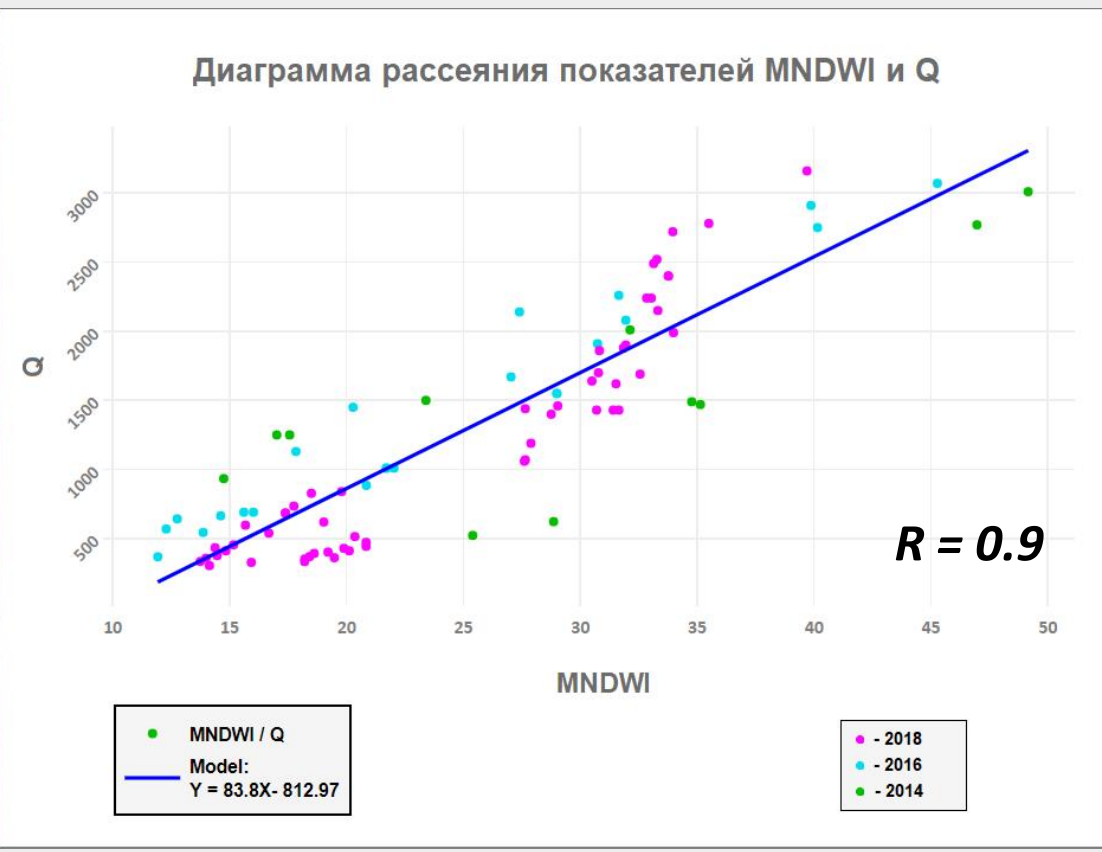
«-» - поворот против часовой стрелки

знак выражает угол наклона КГП относительно

векторов частичных стоков



Корреляция Q (суточного стока) и MNDWI (площади в/п) - I шаг

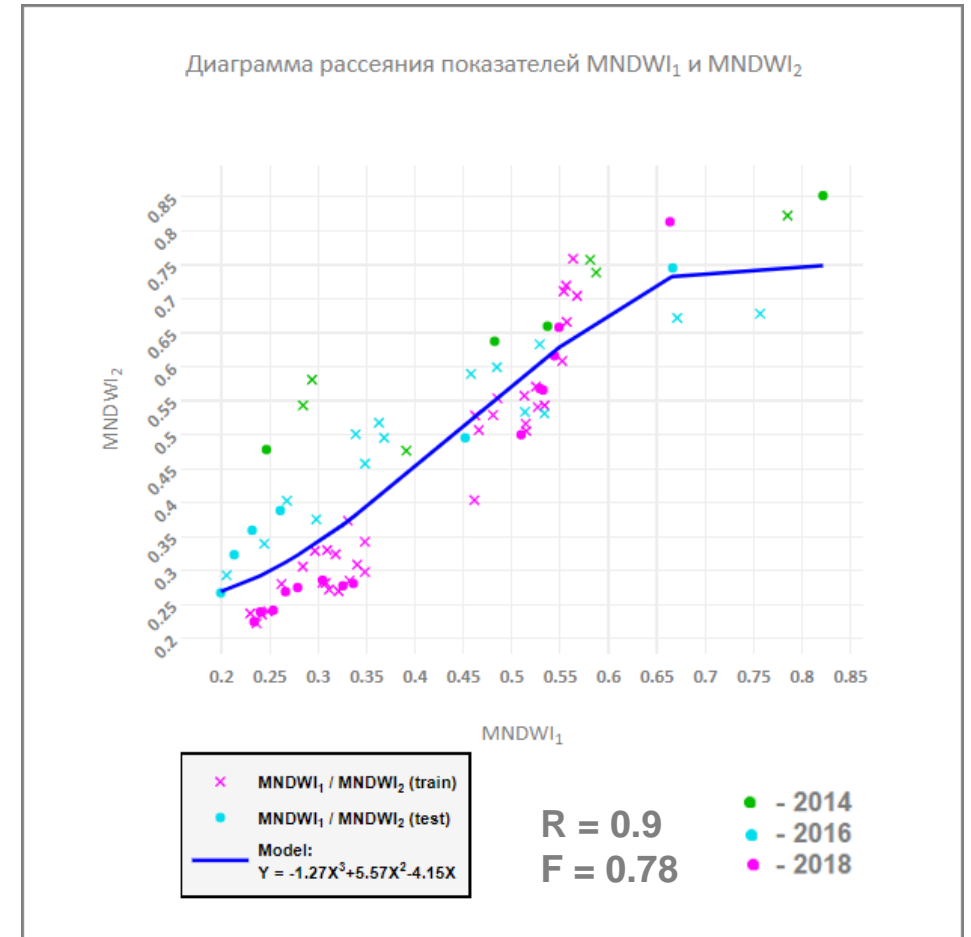


● 2014 ● 2016 ● 2018

В результате продолжения цепи КГП формируется качественно откалиброванная сеть



°при калибровке производится сохранение ссылки на предыдущий КГП и коэффициентов модели при переходе к каждому следующему объекту



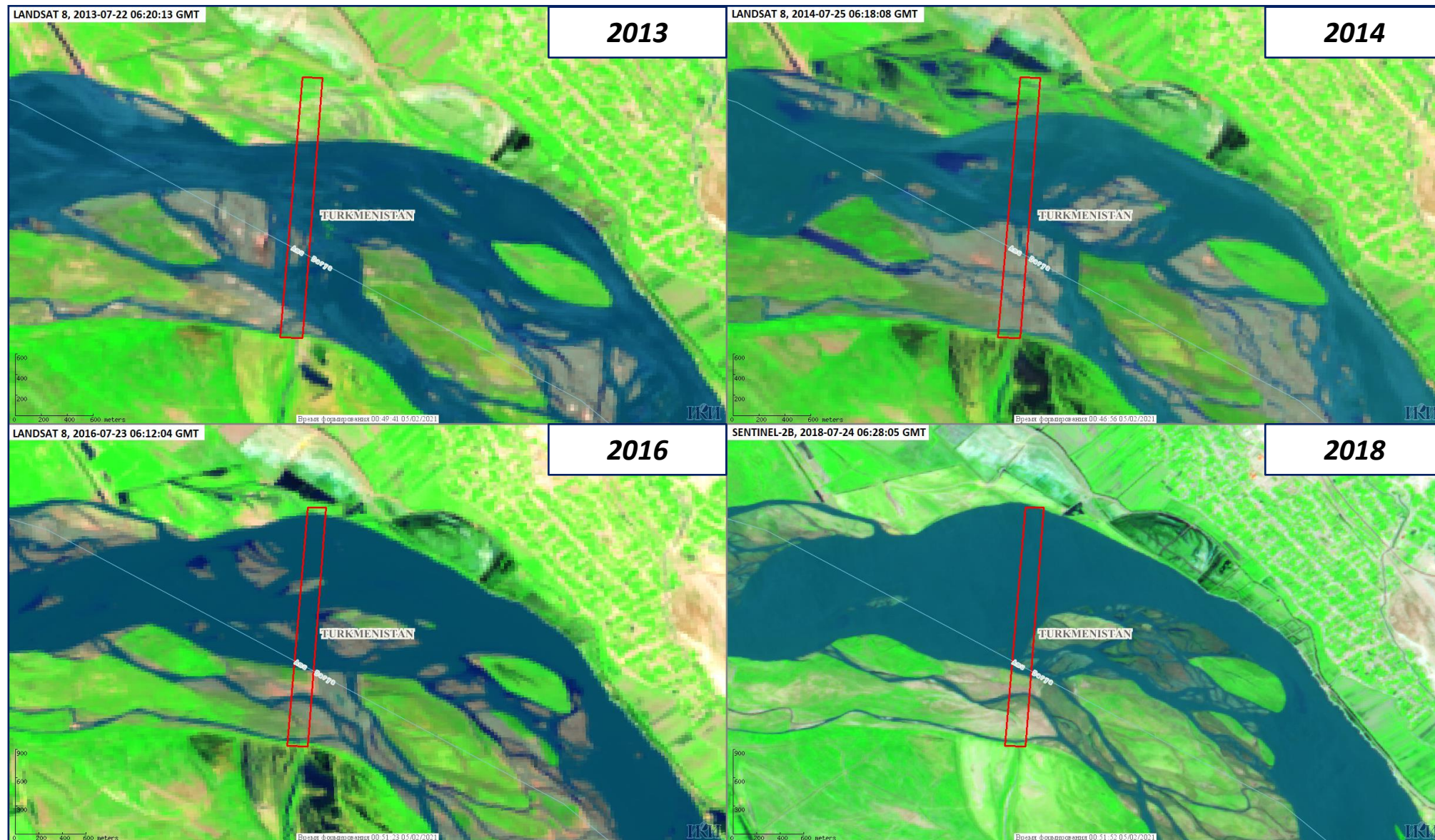
°метрика качества работы сети – результат теста Фишера, отношение дисперсий рядов MNDWI двух КГП

Сложность выбора полигонов

Установка КГП по одной спутниковой сцене повышает вероятность того, что на других снимках, в другие сезоны и года, данный участок русла был пересохшим или, напротив, полноводным. В результате изменения морфологии русла могут появиться заливные участки или шумы, негативно влияющие на работу КГП.

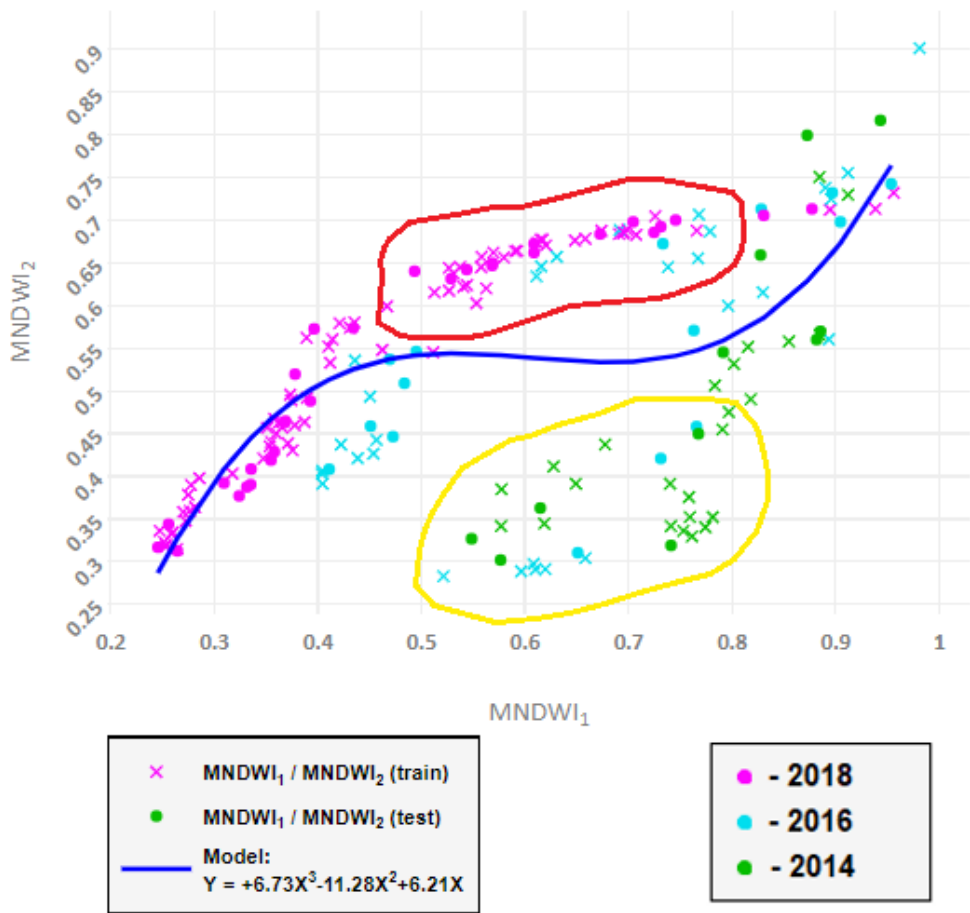
В исследовании такая изменчивость наблюдается в 45 км выше от Керки и снижает возможную максимальную удаленность от физической станции для анализа водохозяйственной обстановки.

Пример естественного смещения русла Амударьи



Результат смещения русла Амударьи – связь с водным режимом

Диаграмма рассеяния показателей $MNDWI_1$ и $MNDWI_2$



$MNDWI_1$ – КГП, расположенный ближе к Керки

$MNDWI_2$ - КГП, расположенный дальше от Керки

Смещенный в результате естественных процессов КГП снижает качество работы дальнейших полигонов сети. При изменении морфологии русла на диаграмме рассеяния образуются кластеры

Причиной тому может служить разница водного режима от года к году и особенности водораспределения верхнего течения Амударьи в межгодовом аспекте.

Решение. Формировать водное зеркало по части русла, устойчивой от года к году

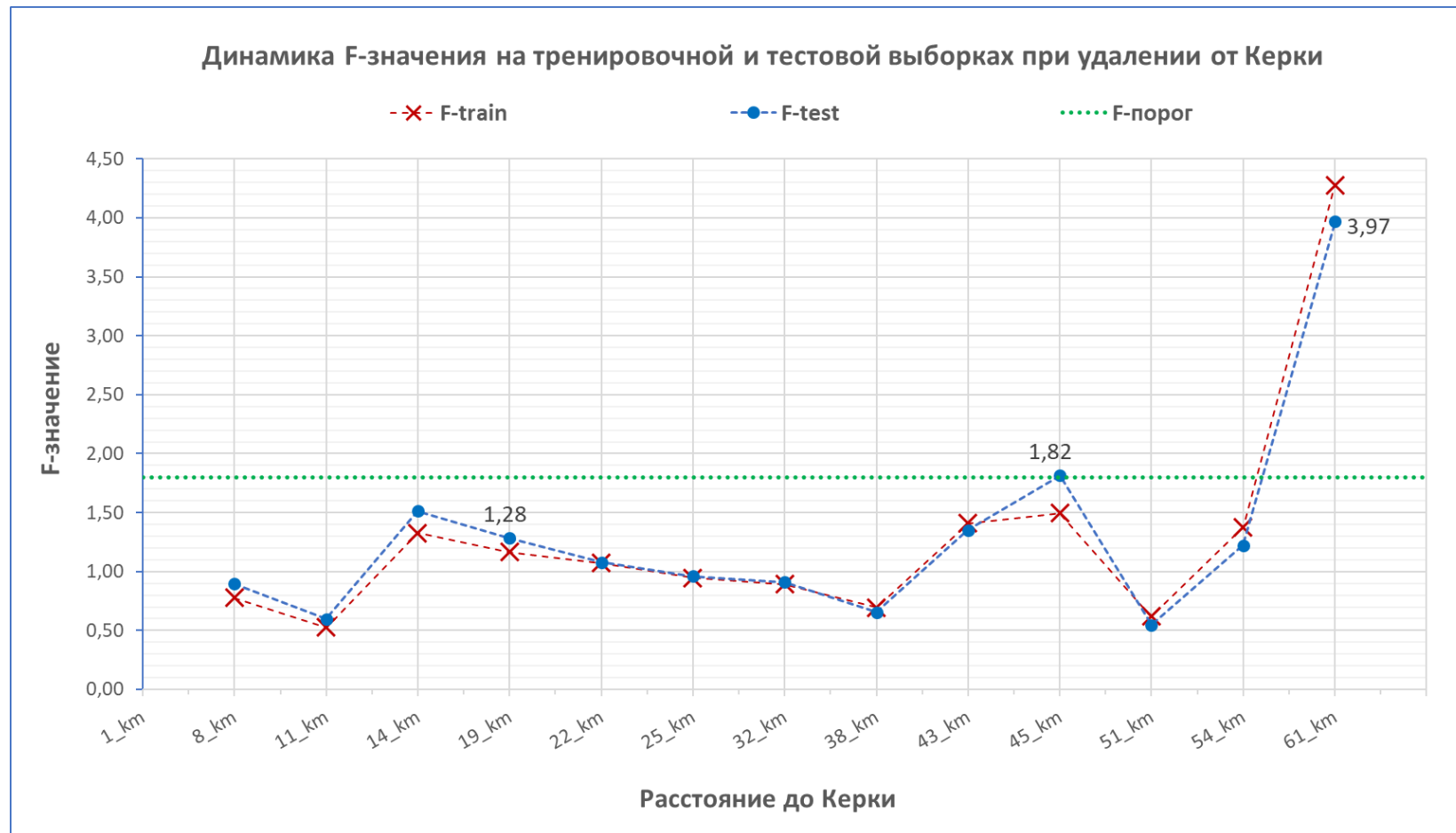
Работа методики на построенной сети КГП

Введем эмпирический
допустимый порог

$$F_{\text{test}} = 1.8$$

На расстоянии 45 км $F > 1.8$,
далее показатель
нестабилен.

Кривая характеризует
адекватность модели
полиномиальной регрессии на
каждом шаге построения
сети (отражает разброс
сезонных показателей стока)



° построение модели и калибровка полигонов на данных 2014, 2016, 2018 гг.

Результаты

1. Упорядочивание схемы выбора КГП и детальный анализ показателей каждой группы позволил:
 - a. выбрать изменений морфологии русла реки одним из основных факторов, влияющих на корректную работу и протяженности сети КГП;*
 - b. определить наиболее оптимальные варианты и правила установки полигонов.*
2. Опробована модель полиномиальной регрессии третьего порядка и получены целевые показатели;
3. Определено влияние смещенного русла на сеть КГП в целом.
4. Использование линейной регрессии в сочетании с полиномиальной в текущей реализации позволяет качественно продлить сеть на 45 км выше от Керки.

Перспективы

- Включение в модель большего числа параметров (морфология русла, осадки, уровень водохранилищ, расположенных выше от станций);
- Повышение устойчивости КГП к изменению морфологии русла;
- Организация сетей КГП в сервисе EcoSatMS как отдельной сущности;
- Развитие и автоматизация подходов фильтрации наблюдений на КГП;
- Внедрение алгоритмов автоматического построения сетей КГП в сервис EcoSatMS;
- Проверка методики на равнинных и горных реках ЦА с более узким руслом.



Спасибо за внимание!

<http://suvo.geosmis.ru/maps>

Авторизация пользователя

Для доступа к системе необходима авторизация. Введите ваш логин и пароль

Логин пользователя:

Пароль:

Запомнить