

Апробация интерполяционного алгоритма восстановления временных рядов на спутниковых данных высокого временного разрешения

Миклашевич Т.С., Барталев С.А.

Обработка временных рядов спутниковых наблюдений является востребованной задачей ДЗЗ. Анализ временной динамики характеристик состояния растительного покрова используется для мониторинга сезонных и кратковременных явлений, выявления аномалий и изменений стабильных систем. Спектрорадиометр MODIS, установленный на спутниках AQUA и TERRA, обеспечивает ежедневный глобальный охват и позволяет получать ряды наблюдений земной поверхности с высоким временным разрешением. При этом облачный и снежный покров, шумы приборов и прочие факторы искажают информацию о состоянии растительного покрова.

Исходные данные

- Ежедневные данные AQUA и TERRA MODIS
- Пространственное разрешение 250м
- Значения коэффициента спектральной яркости в красном (RED) и ближнем инфракрасном каналах (NIR), вегетационный индекс NDVI
- Временной диапазон 2018-2020гг

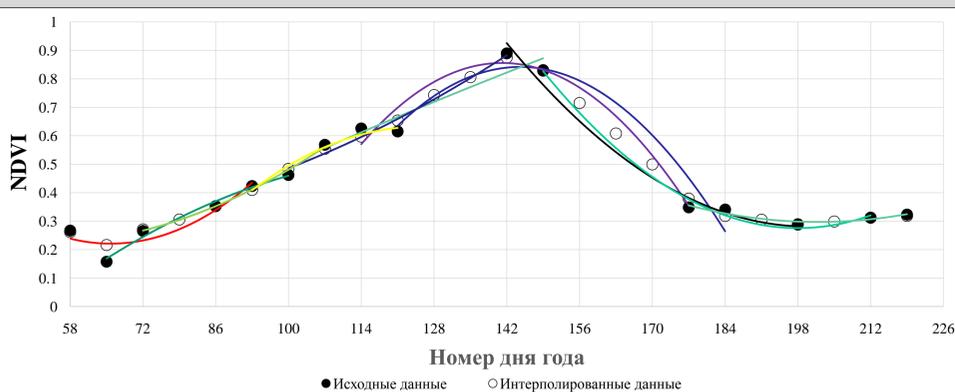
Предварительная обработка

- Создание масок облачности, построение теней от облаков
- Фильтрация снежного покрова
- Фильтрация наблюдений, полученных при некорректных углах съемки
- Создание композитных изображений

Коррекция

- Заполнение пропусков, полученных в результате фильтрации шумов и мешающих факторов
- Фильтрация остатков облачности, шумов, выбросных значений
- Сглаживание временных рядов

Алгоритм восстановления временных рядов



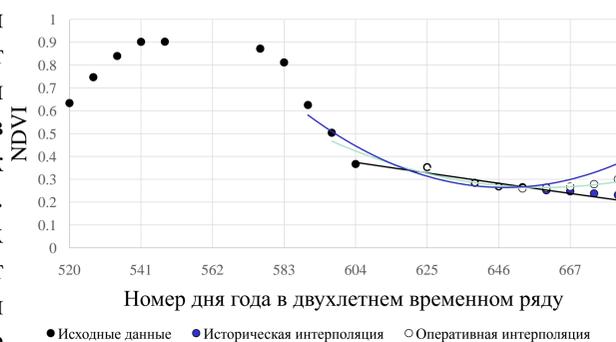
Алгоритм основан на полиномиальной аппроксимации в скользящем окне переменного размера. Результаты интерполяции записываются в матрицу:

$$Mas = \begin{pmatrix} a_{11}^{11} & a_{21}^{21} & b_3^1 & a_4^{31} & a_5^{41} & a_6^{51} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{22}^{12} & b_3^2 & a_4^{32} & a_5^{42} & a_6^{52} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_{43}^{13} & a_5^{23} & a_6^{33} & a_7^{43} & b_8^3 & a_9^{53} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_{54}^{14} & a_6^{24} & a_7^{34} & a_8^{44} & a_9^{54} & a_{10}^{54} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a_{65}^{15} & a_7^{25} & a_8^{35} & a_9^{45} & a_{10}^{55} & a_{11}^{55} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{76}^{16} & a_8^{26} & a_9^{36} & a_{10}^{46} & a_{11}^{56} & a_{12}^{56} & 0 & 0 \\ \dots & \dots \end{pmatrix}$$

Число строк матрицы соответствует номеру композиции во временном ряду. Стрелка указывает на шаг окна интерполяции.

a_T^{ij} - интерполяция в значащих точках, b_T^j - в пропусках, T - порядковый номер наблюдения во временном ряду, i - положение значащей точки в окне интерполяции, j - шаг окна интерполяции

Оперативная версия алгоритма позволяет восстанавливать значения в конце временного ряда в режиме, близком к реальному времени. Набор интерполяционных оценок позволяет фильтровать выбросы и сглаживать временные ряды



$$OIMas = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & a_{Ns-6}^{01} & a_{Ns-5}^{02} & a_{Ns-4}^{03} & b_{Ns-3}^0 & a_{Ns-2}^{04} & a_{Ns-1}^{05} & b_{Ns}^0 \\ 0 & 0 & c_{Ns-7}^{11} & a_{Ns-6}^{11} & a_{Ns-5}^{12} & a_{Ns-4}^{13} & b_{Ns-3}^1 & a_{Ns-2}^{14} & a_{Ns-1}^{15} & b_{Ns}^1 \\ 0 & c_{Ns-8}^{22} & c_{Ns-7}^{21} & a_{Ns-6}^{21} & a_{Ns-5}^{22} & a_{Ns-4}^{23} & b_{Ns-3}^2 & a_{Ns-2}^{24} & a_{Ns-1}^{25} & b_{Ns}^2 \\ c_{Ns-9}^{33} & c_{Ns-8}^{32} & c_{Ns-7}^{31} & a_{Ns-6}^{31} & a_{Ns-5}^{32} & a_{Ns-4}^{33} & b_{Ns-3}^3 & a_{Ns-2}^{34} & a_{Ns-1}^{35} & b_{Ns}^3 \end{pmatrix}$$

Стрелки указывают на основные аппроксимации, дополнительные точки и окно интерполяции.

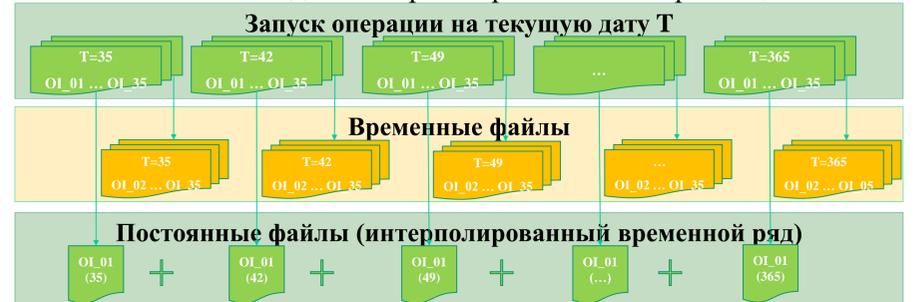
c_T^{ij} - интерполяция дополнительных точек.

Специфика использования ежедневных данных

Данные высокого временного разрешения:

- Повышается объем полезных данных
- Позволяют отслеживать кратковременные изменения наблюдаемых характеристик
- Имеют неравномерную временную плотность
- Содержат искажения и остаточную зашумленность

Механизм обновления данных при оперативной интерполяции:



Результаты интерполяции

Интерполяция RED.RGB – синтез для 140,180,220 дней года

Интерполяция NIR.RGB – синтез для 140,180,220 дней года

Ежедневные композитные изображения AQUA MODIS RED

Ежедневные композитные изображения TERRA MODIS NIR

