

# Инструкция по использованию ПО TimeSeriesInterpolation

Институт космических исследований

18-03-2024

## 1. Что такое TimeSeriesInterpolation

ПО TimeSeriesInterpolation предназначено для восстановления временных серий коэффициентов спектральной яркости земной поверхности и производных мультиспектральных вегетационных индексов с ежедневным временным разрешением. Программа представляет собой исполняемый файл для командной строки (HITSE.exe), запускаемый совместно с файлом задаваемых пользователем параметров (макросом). После запуска программа не требует вмешательства пользователя, процесс выполнения полностью определяется заданными параметрами.

## 2. Общее описание алгоритма, лежащего в основе TimeSeriesInterpolation

В соответствии с алгоритмом, ПО TimeSeriesInterpolation анализирует количество пригодных для дальнейшего анализа наблюдений земной поверхности в каждом пикселе и осуществляет восстановление результирующей непрерывной временной серии входной метрики в этом пикселе, если число таких наблюдений превышает пороговое значение. При этом непрерывная временная серия в пикселе формируется с момента первого пригодного наблюдения, заканчивая последним пригодным наблюдением. В процессе анализа каждому наблюдению присваивается вес, который характеризует степень его пригодности на основе комплекса мультиспектральных индикаторов, рассчитываемых по данным измерений в различных спектральных каналах спутникового сенсора.

Восстановление временных серий происходит путем использования алгоритма LOWESS (см. работу Cleveland, W.S. Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots // Journal of the American Statistical Association, 1979 год, Том 74, стр. 829-836) в скользящем временном окне от первого пригодного наблюдения до последнего пригодного наблюдения с использованием рассчитанных весов наблюдений. ПО применимо для восстановления серий с ежедневным временным разрешением на основе данных любого спутникового прибора с частотой наблюдений 1 раз в 5 дней или чаще, в котором доступен минимальный набор требуемых спектральных каналов, включая MODIS (Terra, Aqua), VIIRS (SNPP, NOAA), MSI (Sentinel-2A,B) и других.

## 3. Входные данные и макрос

Подаваемые на вход спутниковые продукты должны иметь уровень обработки L2A (калиброванные, геопривязанные и атмосферно-скорректированные измерения) для каналов синего (с центром на длине волны ~470 нм), красного (~650 нм), ближнего инфракрасного (~860 нм) и коротковолнового инфракрасного (~1640 в случае SWIR1 или ~2130 нм в случае SWIR2) диапазонов длин волн. Ширины указанных спектральных каналов прибора могут варьировать в диапазоне порядка нескольких десятков нанометров, обычно 20-50 нм. Входные данные должны быть подготовлены следующим

образом: спутниковые изображения в красном и ближнем ИК каналах должны иметь пространственное разрешение в два раза лучше, чем пространственное разрешение изображений в синем и коротковолновом инфракрасном диапазонах. Таким образом, линейные размеры соответствующих изображений низкого и высокого разрешения должны отличаться ровно в два раза (ширина и высота изображений высокого пространственного разрешения в красном и ближнем ИК каналах должны быть чётными числами).

Входные файлы должны быть подготовлены комплектами и названы в соответствии с установленным форматом имени. Полный комплект состоит из 4 указанных выше каналов (файлов), полученных в один момент времени на одну и ту же территорию по данным с одного прибора. Каждый канал должен быть представлен отдельным двухбайтовым изображением в двоичном формате с расширением \*.bin, значения коэффициента спектральной яркости должны быть нормированы на 10000. Формат имени файла должен соответствовать маске T(A)M\_SIN\_DSZZZ\_BandNN.AYYYYDDD.SeanceX.Fragment.bin, где Fragment – произвольная фиксированная строка, идентификатор региона\территории обработки, X – номер сеанса, должен принимать значения от 1 и более, если за одну дату возможно несколько съёмов прибором одного региона, DDD – номер дня года (в формате трехзначного числа, в случае необходимости вначале вставляются нули), YYYYY – номер года, NN – номер спектрального канала в формате двузначного числа (01 – красный, 02 – ближний ИК, 03 – синий, 06 или 07 – коротковолновый инфракрасный), ZZZ – код пространственного разрешения канала в формате трехзначного числа (250 – высокое разрешение: каналы красный и ближний ИК, 500 – низкое разрешение: каналы синий и коротковолновый инфракрасный). ПО поддерживает до двух наборов входных файлов, если комплект входных данных состоит из серии изображений двух аппаратов одной спутниковой системы, например, с приборов-близнецов MODIS на аппаратах Terra и Aqua или с приборов-близнецов MSI на аппаратах Sentinel-2A и Sentinel-2B. В случае, если используется один аппарат (например, Terra), то в маске имени файла на первом месте необходимо использовать литеру T, если же предполагается одновременное использование двух аппаратов (например, Terra и Aqua), то для имен файлов первого аппарата используется литера T, а для имен файлов второго аппарата необходимо использовать литеру A.

Все входные файлы должны быть расположены в одной папке.

Макрос представляет из себя текстовый файл с расширением mas, который используется для передачи входных параметров алгоритму обработки. Пользователь должен задать размеры файлов высокого пространственного разрешения – высоту (параметр ImageHeight) и ширину (параметр ImageWidth) изображения в пикселях, положение и размер области обработки, задаваемой как левый верхний угол области (параметр StartUpLeftX по горизонтали и параметр StartUpLeftY по вертикали), а также её высоту (параметр ProcessAreaHeight) и ширину (параметр ProcessAreaWidth). Кроме этого, необходимо задать максимальный объем оперативной памяти, который может быть выделен ПО для работы в рамках текущей обработки (параметр MemoryLimitBytes). Также должен быть задан путь к рабочей папке (параметр WorkDirPath). Наконец, пользователь должен указать идентификатор восстанавливаемой метрики (параметр

OutputProductPrefix), т.е. продукта, для которого будут сформированы ряды высокого временного разрешения.

#### 4. Выходные данные

Выходные данные представлены временной серией изображений, которые полностью покрывают интервал дат от первой даты входных данных до последней даты входных данных с ежедневной частотой. Таким образом, для каждого отдельного дня в этом интервале будет сформирован отдельный файл, содержащий результаты попиксельного восстановления временной серии для целевого продукта. Маска имен выходных файлов выглядит следующим образом: HITSE\_ZZZZ\_DAILY\_AMTM250.AYYYYDDD.Fragment.bin, где ZZZZ – идентификатор выходного продукта, YYYYY – номер года, DDD – номер дня с начала года, Fragment – идентификатор региона обработки. Создаваемый двоичный двухбайтовый файл имеет пространственное разрешение, соответствующее «высокому» разрешению поднабора входных данных (например, для каналов красного и ближнего ИК диапазона длин волн) или вдвое выше, чем «низкое» разрешение из этого поднабора (т.е. например каналов синего и коротковолнового ИК диапазона длин волн).

Кроме этого, в папке результатов будет создан файл отчета с именем logfile.txt, в котором будет отражен ход расчетов и описаны возможные ошибки; все записи сопровождаются временными отметками.

#### 5. Пример макроса

Ниже приведен пример макроса, который позволяет запустить восстановление временной серии изображений нормализованного разностного индекса NDVI для набора изображений с линейными размерами 400 пикселей по высоте и 400 пикселей по ширине с полной обработкой всей области (координаты и размеры внутреннего окна совпадают с размерами всей области обработки) с указанием максимального объема выделяемой оперативной памяти не более 7629 Мб ( $8 \cdot 10^9$  байт) и с установлением в качестве рабочей папки пути “Z:\TSI\_test”.

```
[
m_sPlugin = modis_thematic
m_sOperation = modis_thematic\CHITSEnhance
m_sLabel =
m_sGotoLabel =
m_sDescription =
m_nOnError = 0
m_bSaveData = 1
m_bShowDlg = 0
m_bEnabled = 1
m_lMacroChannels =
m_nMacroMulti = -1
m_bNewMacroMulti = 0
]
m_nChannels = -1
m_pOwner = -1
ImageHeight = 400
ImageWidth = 400
```

StartUpLeftX = 0  
StartUpLeftY = 0  
ProcessAreaHeight = 400  
ProcessAreaWidth = 400  
MemoryLimitBytes = 8000000000  
WorkDirPath = z:\\TSL\_test\\  
OutputProductPrefix = INDVI