

НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. И. ЛОБАЧЕВСКОГО

РАДИОФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Лекции с интенсива СРГ

Смирнов Д.А.

dmitriy.smirnov@unn.ru

Набранные с аудиозаписей лекции интенсива.

30 сентября 2024 г.

Нижний Новгород

Оглавление

I. Синтез данных	2
1. Апертурный синтез: антенные конфигурации, дискретизация пространственного спектра, широкоугольное картографирование	2
2. Форматы данных и программное обеспечение, используемые в радиоастрономии	2
3. Виды и значение калибровок для апертурного синтеза	2
4. Построение изображений Сибирского Радиогелиографа	2
II. Обработка данных	3
5. Совместная обработка астрономических данных различных диапазонов длин волн (Гречнев В.В.)	3
5.1. Одномерные массивы данных (обычно, временные ряды)	4
5.2. Двумерные массивы данных (обычно, изображения)	7

Часть I.

Синтез данных

- 1. Апертурный синтез: антенные конфигурации, дискретизация пространственного спектра, широкоугольное картографирование**

тута лекция лесового

- 2. Форматы данных и программное обеспечение, используемые в радиоастрономии**

тута лекция глобы

- 3. Виды и значение калибровок для апертурного синтеза**

тута лекция глобы

- 4. Построение изображений Сибирского Радиогелиографа**

тута лекция глобы

Часть II.

Обработка данных

5. Совместная обработка астрономических данных различных диапазонов длин волн (Гречнев В.В.)

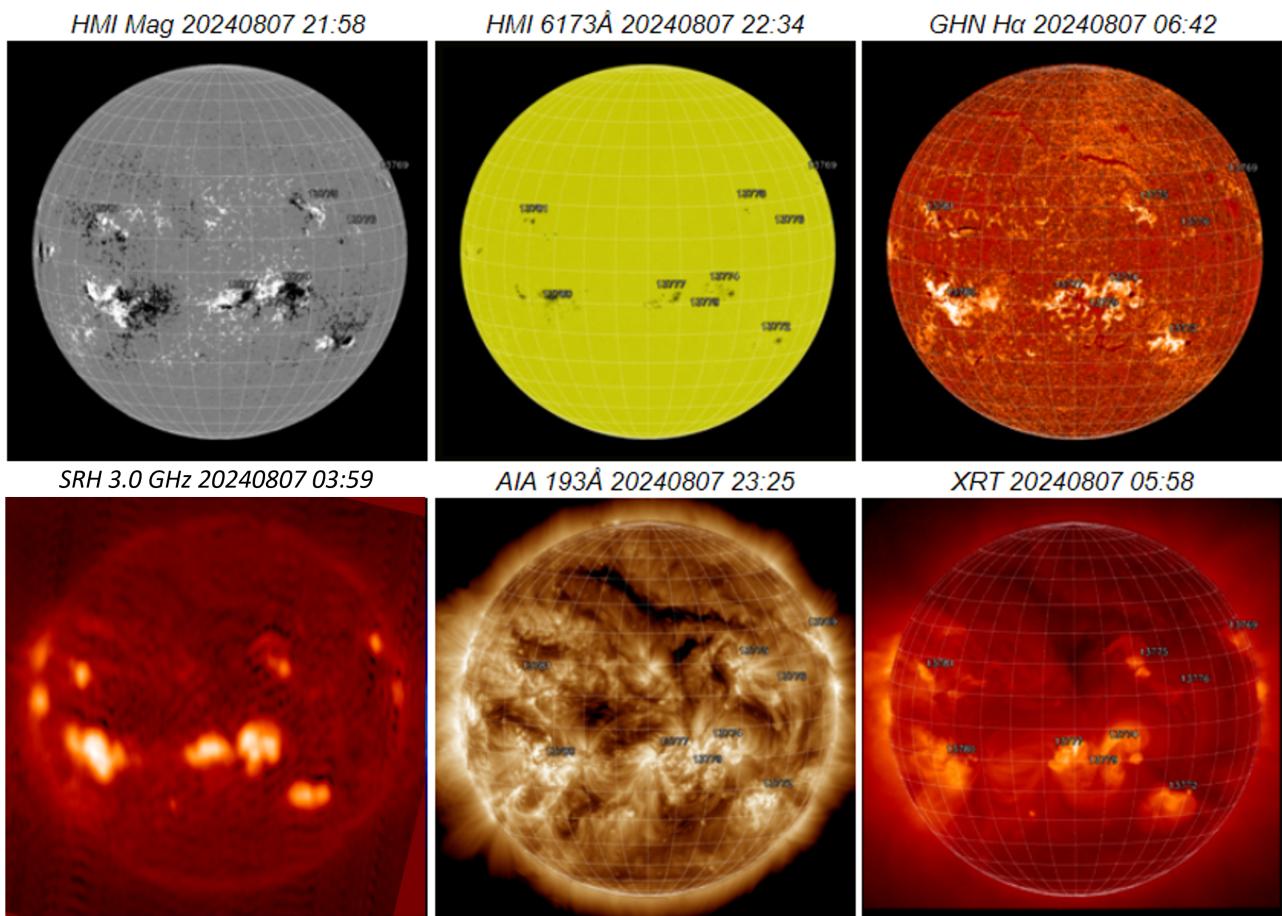


Рис. 1. Изображения солнечного диска 7 августа 2024 года в разных длинах волн

Обратимся к рис. 1. Между изображениями есть определенные сходства, но тем не менее они довольно сильно отличаются друг от друга, и разобраться с запечатленными на снимках в разных спектральных диапазонах процессами обычно довольно проблематично. Часто это осложняется еще и скоротечностью данных процессов. Для облегчения этой задачи можно использовать

совместное использование изображений разных диапазонов, что позволяет более полно восстановить картину происходящего события, установить последовательность явлений и выявить причинно-следственные связи между ними, структуру изучаемого объекта на разных высотах, а также выяснить физические условия в изучаемых объектах и их взаимосвязи.

Совместное использование данных может быть также полезно с точки зрения подтверждения или опровержения догадок, сделанных на основе изучения данных в определенном частотном диапазоне.

5.1. Одномерные массивы данных (обычно, временные ряды)

В первую очередь, стоит обратить внимание, к какой системе отсчета времени привязан массив данных. Это может быть, например, всемирное время UT , определяемое на основе наблюдений за вращением Земли, международное атомное время TAI , определяемое через период излучения атома цезия-133, или всемирное координированное время UTC , которое учитывает колебания скорости вращения Земли и регулирует эти неточности с помощью дополнительных «високосных» секунд, что делает UTC близким к UT , но с точностью атомных часов.

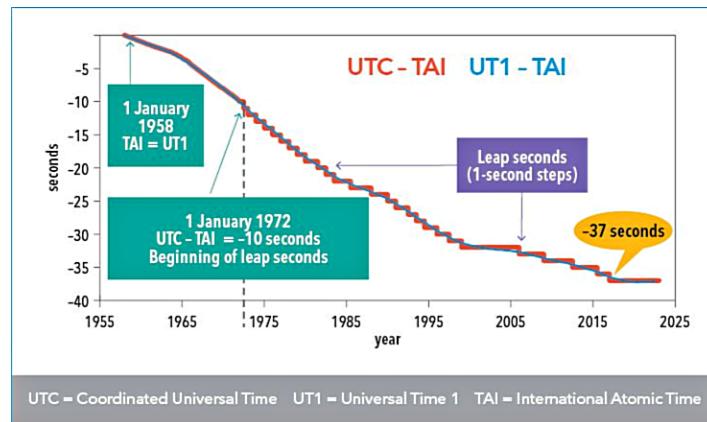


Рис. 2. Разница между UT и UTC

Разница между UT/UTC и TAI составляет, на данный момент, 37 секунд, что иногда может быть очень существенно. И хоть TAI используется довольно редко, предпочтительнее использовать при анализе одномерных временных рядов зависимость величины не от номера отсчета, а от временной отметки, когда данные были получены. Это поможет избежать ошибок

из-за:

- 1) неравномерных отсчетов
- 2) записей с пропусками
- 3) сбоев записи времени
- 4) использования данных с разными шкалами времени

В IDL это можно реализовать путем использования команды:

```
plot , x , y
```

Или при использовании нескольких графиков с разными шкалами:

```
plot , time1 , y1
oplot , time2 , y2
```

В Python для этого можно использовать:

```
import matplotlib.pyplot as plt
def format_seconds(x, pos):
    hours = int(x // 3600)
    minutes = int((x % 3600) // 60)
    seconds = int(x % 60)
    return f"{hours:02d}:
{minutes:02d}:
{seconds:02d}"
plt.plot(time, data)
ax.xaxis.set_major_formatter(
FuncFormatter(format_seconds))
```

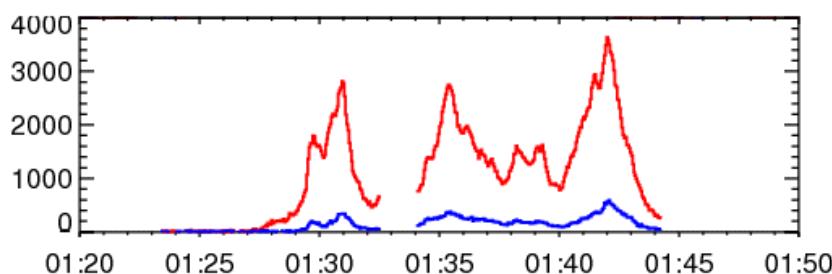


Рис. 3. Пример правильного отображения данных с пропусками

Подобный подход позволит создать интерактивную ось времени, при манипуляции с которой (приближении и т. п.) метки останутся верными

Также стоит обратить внимание на валидацию данных и их фильтрацию. К типичным методам можно отнести:

- 1) сглаживание скользящим усреднением: $[1, 4, 100] \Rightarrow 35$
- 2) медианное сглаживание: $[1, 4, 100] \Rightarrow 4$
(может быть полезно для оценки стационарного уровня при анализе всплеска излучения)
- 3) суммирование отсчетов
(данний подход нужно использовать с осторожностью из-за его фазочувствительности)
- 4) Фурье-фильтрация
(разложение исходного сигнала на гармонические составляющие для выделения шумов)
- 5) полиномиальная аппроксимация
(повышение порядка полинома повышает точность, но снижает устойчивость)
- 6) выделение огибающих и трендов (см. рис. 4)
(иногда можно заменить аппроксимацией точек минимумов в массиве данных каким-либо способом)

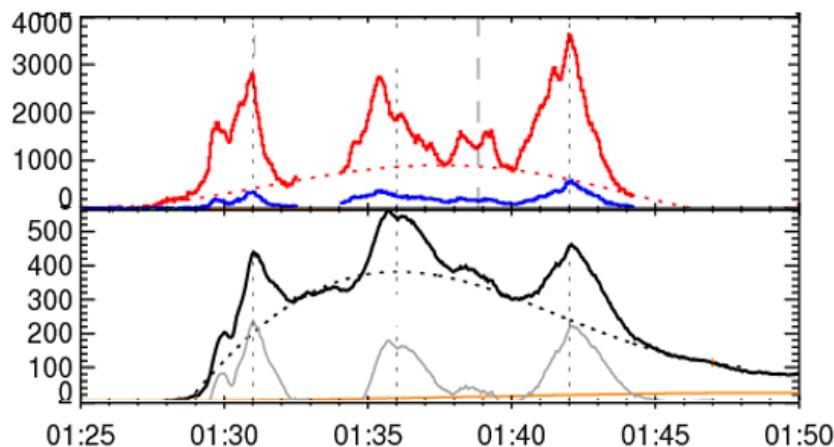


Рис. 4. Пример использования огибающих

5.2. Двумерные массивы данных (обычно, изображения)

1) Отображение

При отображении данных важно правильно подобрать шкалу яркости. Она может быть линейной, степенной, логарифмической, определена какой-то сложной функцией (например, asinh), или вообще иметь разные масштабы изменения для разных диапазонов значений (пример - `matplotlib.colors.TwoSlopeNorm(vcenter, vmin=None, vmax=None)`, что может быть полезно при анализе изображений солнечных вспышек с большим динамическим диапазоном)

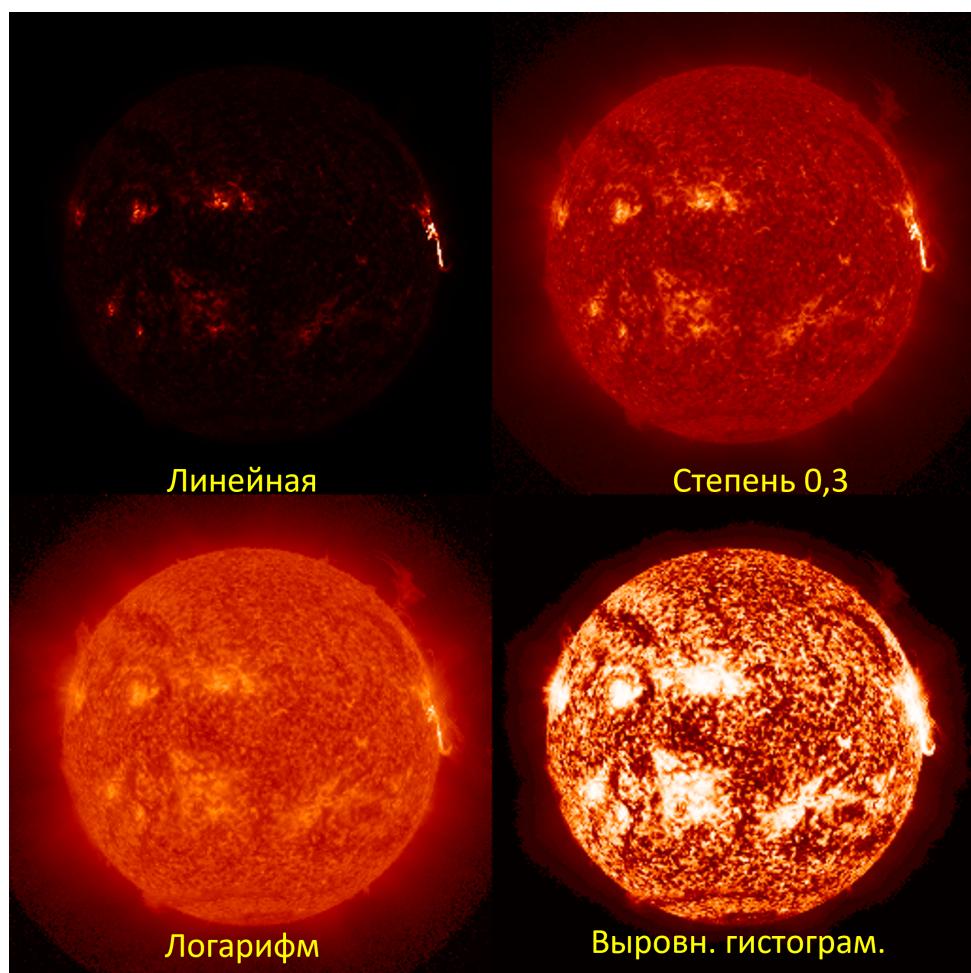


Рис. 5. Пример использования различных шкал яркости. Для случая линейной шкалы выполнено ограничение по порогу

Также довольно удобным инструментом анализа изображений являются контуры уровня (см. рис. 7)

2) Подавление фона и выделение изменений

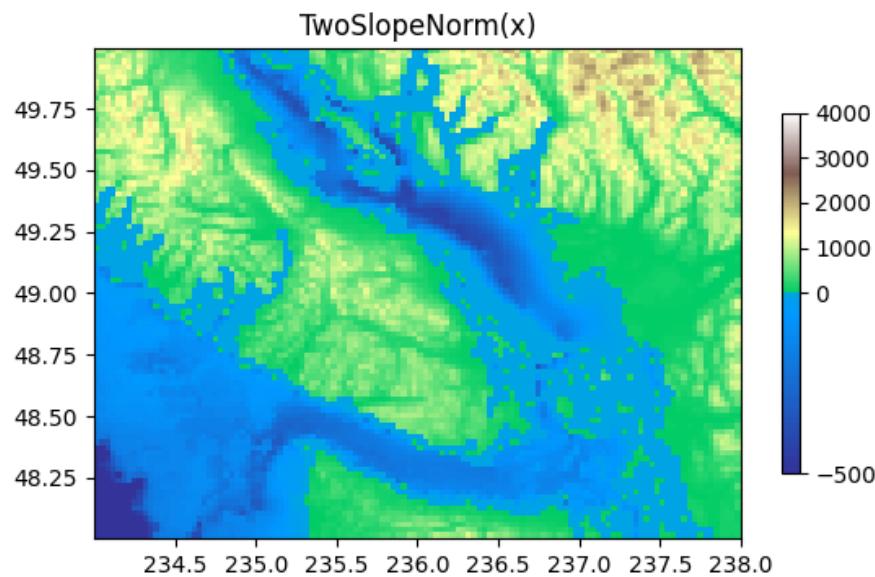


Рис. 6. Наглядная демонстрация принципа работы нормировки TwoSlopeNorm

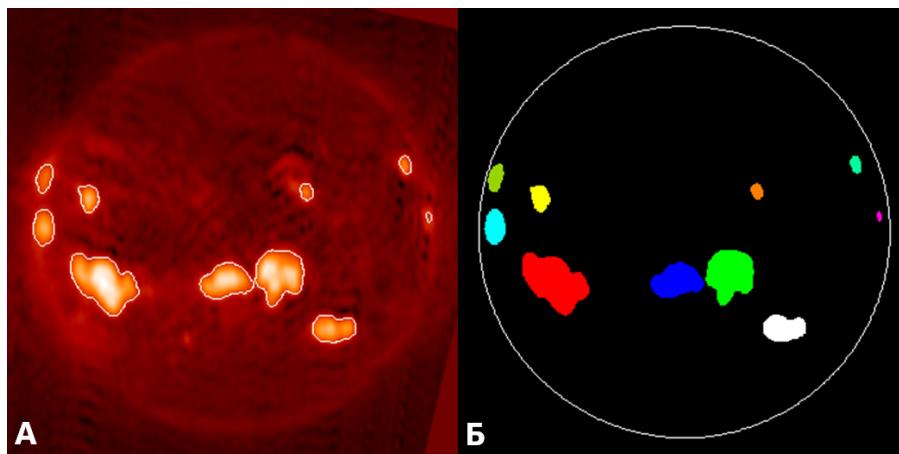


Рис. 7. А - использование контуров при анализе изображений, Б - «Раскраска пятен»

Для этой цели широко используется разностные изображения. Их есть два вида: бегущие (последовательные) разности (*Running Difference* - RD) и фиксированные разности (*Fixed Difference* - FD)

Это пример цитирования [example].

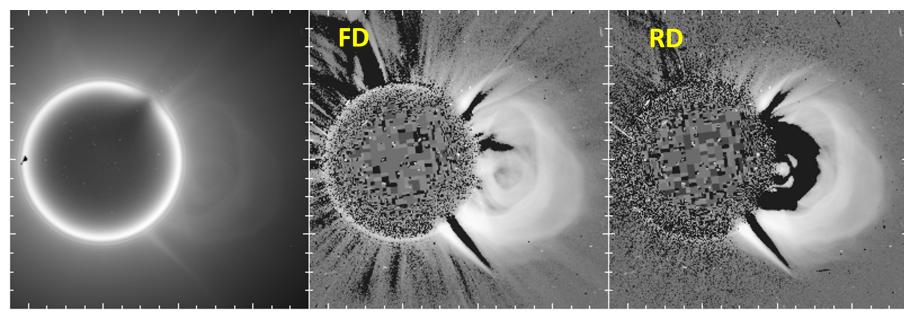


Рис. 8. Использование разностных изображений. Видно потемнение области