

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ В СОЛНЕЧНЫХ ПЯТНАХ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ В УЛЬТРАФИОЛЕТОВОМ ДИАПАЗОНЕ

Каракотов Р.Р. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией ИСЗФ СО РАН Кузнецов А.А. (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного знамени Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук)

Научный консультант – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Анфиногентов С.А. (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного знамени Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук)

Данная работа посвящена аспектам обработки спутниковых данных вспышечных событий в атмосфере Солнца. В процессе работы был написан набор программ для построения пространственно-временных диаграмм по изображениям, полученным прибором Atmospheric Imager Assembly (AIA) космического аппарата Solar Dynamics Observatory (SDO), и их (диаграмм) последующей обработки. Были проанализированы колебания в корональной плазме, вызванные вспышкой класса M1.0 22-го октября 2013 года, и была дана возможная интерпретация наблюдаемой эволюции температуры плазмы.

Введение. Солнечная корона является одной из самых изученных природных плазменных систем, лаборатория, способная дать ответы на вопросы в различных областях науки, начиная от фундаментальных задач физики плазмы и заканчивая контролируемым ядерным синтезом. Корона – источник информации о таких плазменных процессах, как магнитное пересоединение, взаимодействие волна-частица, различные плазменные неустойчивости, ускорение заряженных частиц в плазме, поэтому важно знать, какие процессы протекают в короне, какова их природа и какие методы используются для их изучения. Один из физических процессов, наблюдаемых в короне – распространение магнитогидродинамических волн, которые в данный момент наблюдаются с приемлемым пространственным и временным разрешением благодаря современным исследовательским инструментам.

Один из методов изучения колебаний на Солнце является построение пространственно-временной диаграммы, из которой можно получить информацию о типе колебаний и их параметрах (период, декремент), что в свою очередь позволяет определить параметры плазмы (например, температура) в исследуемой корональной структуре. Пространственно-временная диаграмма представляет собой зависимость заданной величины от времени и выбранной пространственной координаты.

Основная часть. Для построения пространственно-временных диаграмм были предварительно изучены алгоритмы их построения. Все изученные алгоритмы были разработаны для решения конкретной задачи, поэтому нами был реализован алгоритм построения пространственно-временных диаграмм, направленных на поиск захваченных колебаний в короне Солнца. Программа была написана на языке программирования Python и состоит из следующих шагов:

1. Загрузка данных;
2. Выбор единичного кадра;
3. Ввод координат точек на визуальной различимой петле и определение параметров эллипса, на кривой которого они лежат;
4. Вычисление координат точек на дуге полученного ранее эллипса с учётом их равноудаленности друг от друга (количество точек определяется поставленной задачей)
5. Вычисление координат точек, лежащих на нормалях к точкам на кривой эллипса;

6. Увеличение размерности изображения до требуемых размеров с последующей интерполяцией;
7. Построение двумерной матрицы интенсивностей по полученным ранее координатам точек на единичном кадре;
8. Построение трехмерной матрицы интенсивности по всем кадрам;
9. Суммирование по одной из пространственных координат в зависимости от поставленной задачи и получение итоговой двумерной матрицы;
10. Визуализация и при необходимости последующая постобработка.

Визуальное выявление сигнатур захваченных колебаний по построенным пространственно-временным диаграммам было затруднено: сигнатуры захваченных колебаний сливались с фоном диаграммы, поэтому потребовалось применение методов обработки изображений. Были применены следующие методы:

1. Эквализация гистограммы;
2. Эквализация гистограммы с адаптивным порогом контраста (CLANE);
3. Выделение границ фильтром `sanny`.

Существенных различий в диаграммах при использовании эквализации гистограммы и CLANE замечено не было, поэтому в дальнейшем было решено использовать эквализацию гистограммы из соображений автоматизации программы.

В качестве исходных данных выступают наблюдения солнечной короны 22-го октября 2013 года на длине волны 131 \AA прибором SDO/AIA, содержащие вспышку класса M1.0.

По пространственно-временной диаграмме визуально были определены захваченные колебания в корональной петле и их параметры: скорость движения возмущения по петле и период. По формуле трубочной скорости, которая в условиях солнечной короны становится численно равна скорости звука, определена температура плазмы в четырех временных промежутках, построена зависимость температуры от времени, которая показала, что до вспышки температура плазмы была близка к температуре возбуждения линии 131 \AA (1.1 МК), после вспышки температура плазмы понижалась с 5.5 МК до 2.6 МК, что ещё было выше фоновой температуры плазмы. Таким образом, можно говорить о том, что плазма нагрелась в ходе солнечной вспышки и впоследствии радиационно охлаждалась.

Выводы. В процессе работы были изучены алгоритмы построения пространственно-временных диаграмм, реализованные в наборе программ на языке программирования Python. При помощи написанных программ было проанализировано вспышечное событие 22-го октября 2013, в ходе которого наблюдались захваченные колебания в корональной петле. По параметрам колебаний определена температура плазмы на разных временных интервалах, построена зависимость температуры от времени и дана одна из возможных физических интерпретаций вспышечного события.