

ОПТИМИЗАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЭШЕЛЬНЫХ СПЕКТРОВ

Ляшко Д.А.

Существует простой способ увеличения отношения сигнал шум (S/N) в оптических астрономических изображениях. Это увеличение времени экспозиции при получении изображения. Однако такой подход, во-первых, является крайне дорогостоящим (к примеру, 1 час наблюдений на 6 метровом телескопе стоит \$2000). Более того увеличение времени накопления сигнала приводит к резкому увеличению количества регистрируемых побочных сигналов, следов космических лучей, проявлений дефектов CCD, искажений фоном неба и т.д.

Поэтому в последние десятилетия предпринимались попытки улучшить качество изображений астрономических данных на стадии обработки. Вначале пытались использовать математическую фильтрацию спектров после процедуры экстракции. Однако было быстро замечено, что этот подход приводит к искажению профилей спектральных линий и ухудшению разрешения спектра. В последние годы была начата разработка методики оптимизации спектров перед их экстракцией. Эта оптимизация представляет собой использование различных численных фильтров для каждой строки CCD поперек оси дисперсии. Наша практика показывает, что, во-первых, такой подход не дает существенное увеличение отношения S/N и, во-вторых, искажает форму сигнала вдоль оси дисперсии (большое количество пикселей CCD не являются полностью засвеченными, полезный сигнал вдоль оси дисперсии матрицы имеет волнообразную форму).

В данной работе предлагается решение этой задачи, основанной на оптимизации сигнала вдоль оси дисперсии в каждой строке CCD. При этом, чтобы избежать повторения тех же проблем, которые возникают при попытке фильтровать экстрагированный спектр, из процедуры оптимизации исключают все эмиссионные и абсорбционные особенности, из которых формируются спектральные линии. Параллельно проводится распознавание и исключение треков космических лучей и дефектов CCD.

ОПИСАНИЕ МЕТОДА

На первой стадии программа ищет в каждой строке CCD эмиссионные особенности, связанные с попаданием космических лучей на светоприемник, «космики» и дефекты CCD. Для каждого локального максимума программа определяет его интенсивность: разность между величиной максимума и линейной интерполяцией по соседним ближайшим точкам. Если интенсивность больше чем, 7σ (в качестве дисперсии σ принимаем ее теоретическое значение, $\sigma = \sqrt{N}$) программа считает данную точку как «космик» и заменяет её на интерполированное значение. Процесс продолжается до тех

пор, пока в строке не будет локальных максимумов, величина которых больше 7σ . Множитель при σ может варьироваться (для разных спектрометров) для исключения случая удаления реальных эмиссионных линий. Конечно, «космики» с большой интенсивностью и протяженными размерами в этом случае будут оставаться, но вероятность таких мощных эмиссий очень невелика.

Рис 1 иллюстрирует описанную процедуру.

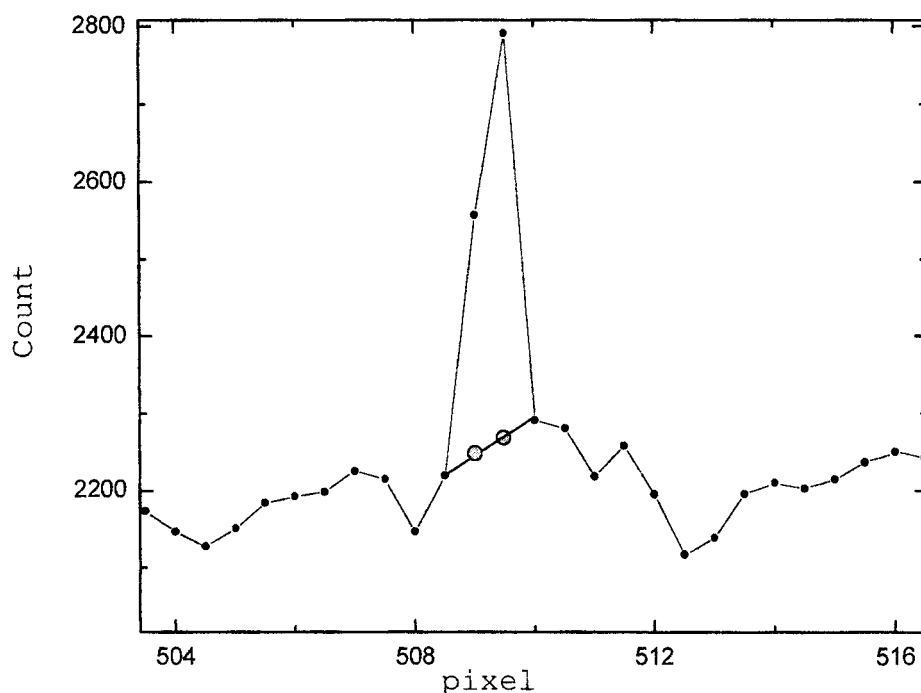


Рис. 1. Удаление «космиков» в строке

Следующим шагом программа ищет особенности, подобные линиям поглощения в строке. Для каждого локального минимума программа определяет левые и правые границы особенностей. Затем определяется интенсивность минимума, как разность между линейной интерполяцией по соседним точкам и отсчетом в минимуме.

Из последующей процедуры фильтрации сигнала исключаются все локальные минимумы с интенсивностью большей, чем 4σ и точки прилежащие к ним. Для всех остальных участков – используем взвешенный вариант скользящего среднего - т.н. фильтр Уиттикера [2].

$$r_i = [7r_i + 6(r_{i-1} + r_{i+1}) + 3(r_{i-2} + r_{i+2}) - 2(r_{i-3} + r_{i+3})] / 21$$

Пример использования разработанной методики проиллюстрирован на Рис. 2 для произвольного выбранной строки изображения CCD спектрометра SARG[4] спектра звезды HD55533.

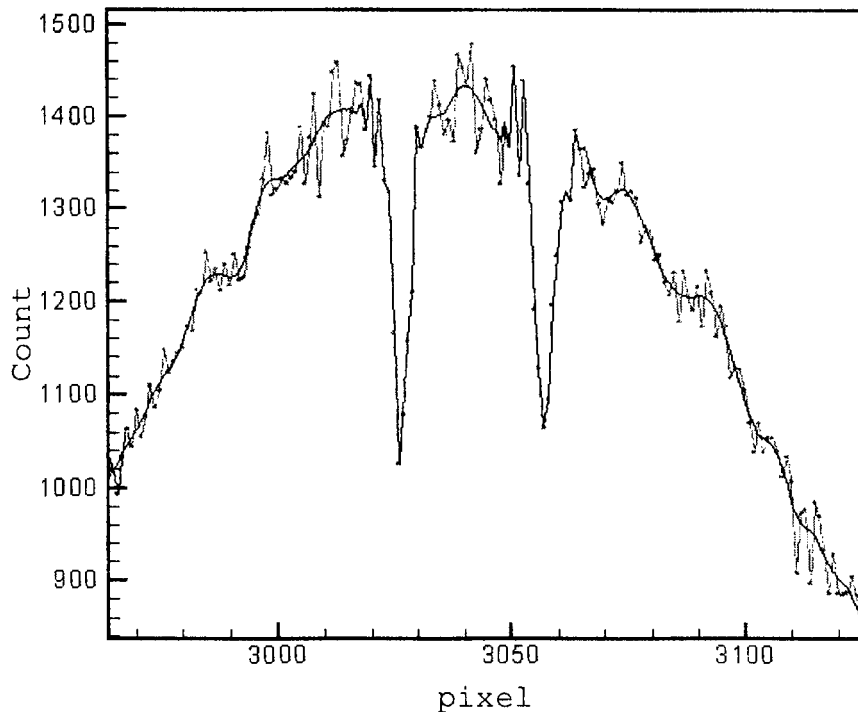


Рис. 2. Часть строки вдоль оси дисперсии изображения CCD спектрометра SARG спектра звезды HD55533.

Видно, что программа действительно не затрагивает точек, формирующих линии поглощения. Более того, мы можем показать, что волнообразная форма сигнала в строке, не искажается после процедуры фильтрации.

На Рис. 3 изображены три строки, с учётом искажения на дисторсию, формирующие один порядок спектра сильной линии поглощения. Экстрагированный спектр есть результат интегрирования точек в каждой колонке CCD.

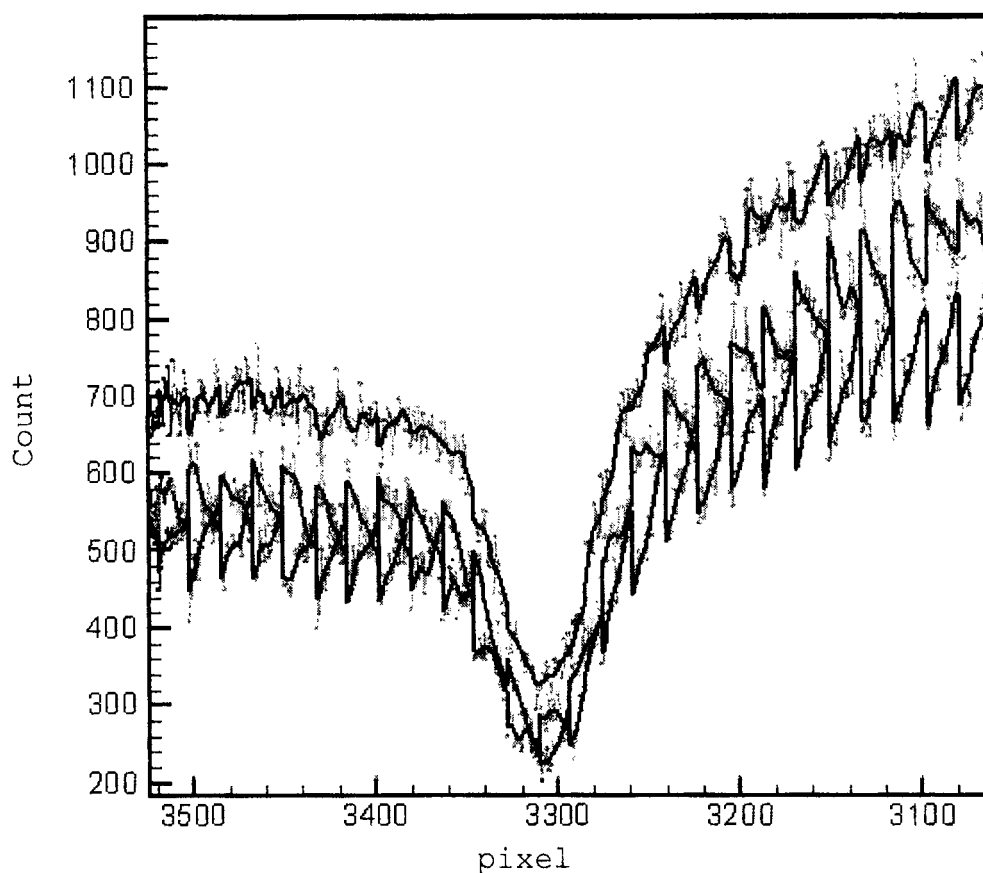


Рис. 3. Формирование профиля линии $H\alpha$ в спектре звезды HD55533, полученном на спектрографе SARG. Каждая кривая является одной строкой CCD до и после процедуры фильтрации с учетом дисторсии

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Представленная методика позволяет реально улучшить отношение S/N более, чем в два раза. Увеличение зависит от количества и ширины и интенсивности спектральных линий, так-так от них зависит количество и размер интервалов для применения фильтра.

На Рис. 4 приведен один и тот же порядок спектра звезды, экстрагированный в системе IRAF[3] (кривая 1) и с использованием предложенной методики (кривая 2). Видно, что в нашем случае отношение S/N реально возросло.

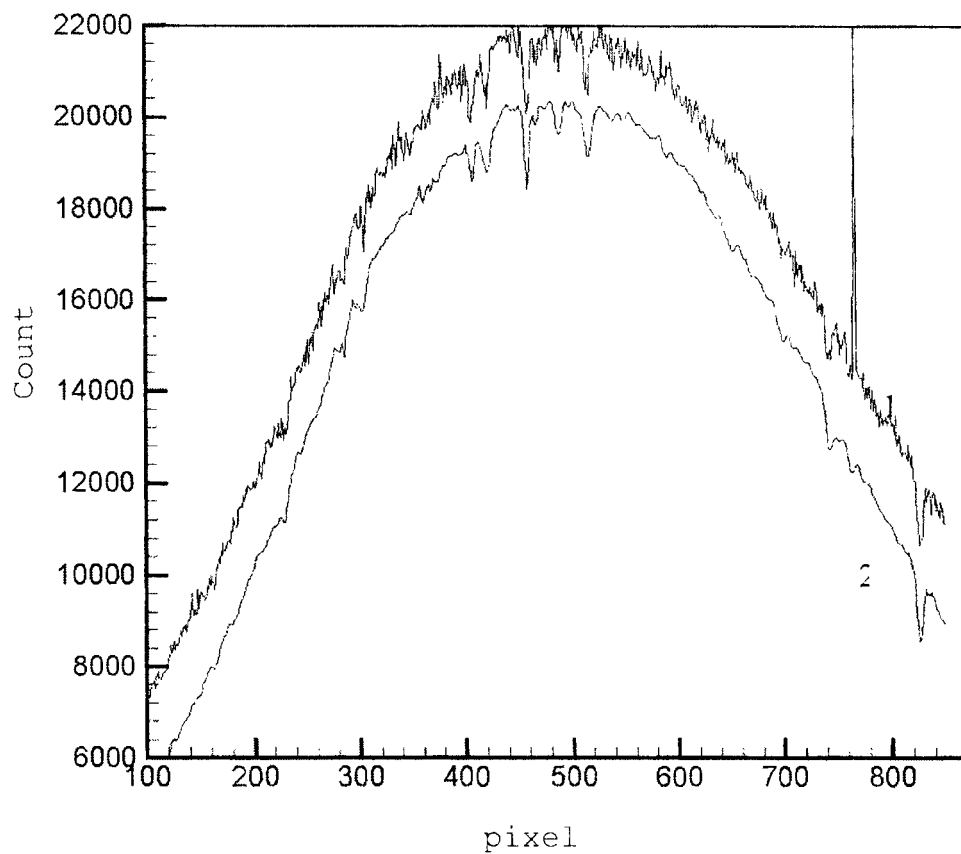


Рис 4. Результат работы программы в порядке, содержащем космические эмиссионные линии

На Рис. 5 мы видим, что, что для сильно зашумленных спектров предложенная методика улучшает отношение S/N, не искажая профиль линии H α .

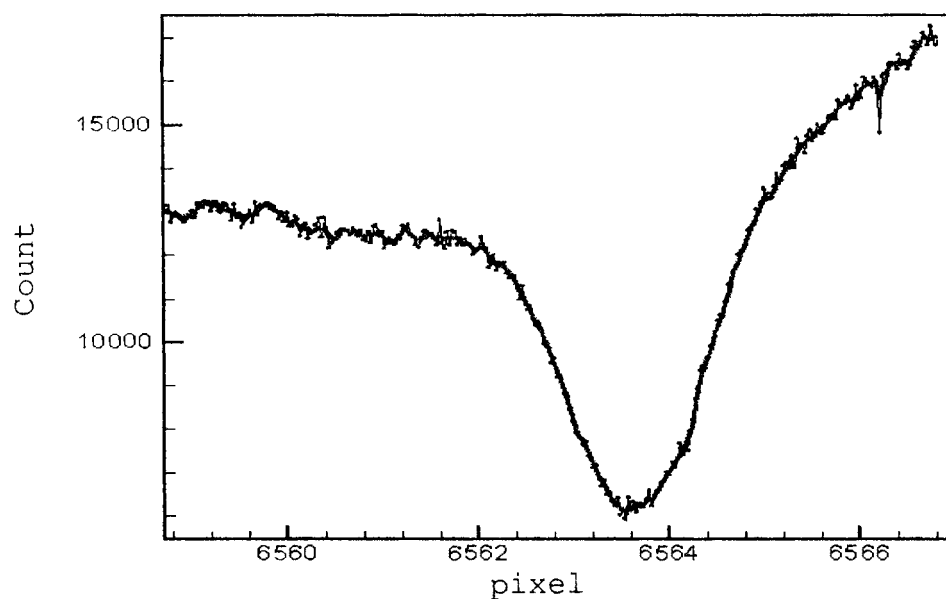


Рис 5 Результат оптимизации порядка, содержащего линию Na

В настоящее время разработанная методика была использована для обработки эшелельных спектров на следующих астрономических инструментах:

GIRAFFE – SAAO- ЮАР

Elodie – OHP - Франция

SARG – TNG - Италия

VOAO - Южная Корея

Список литературы

1. Piskunov N.E., Valenti J.A. New algorithms for reducing cross-dispersed echelle spectra. // *Astronomy & Astrophysics* 2002 385 p.1095-1106
2. E.T. Whittaker, G. Robinson. A treatise on numerical mathematics “by and, Blackie and son, limited, 1928.
3. D. Willmarth J. Barnes. A User's Guide to Reducing Echelle Spectra With IRAF 1994
4. R.G. Gratton and R. Claudi SARG OPTICS REFERENCE MANUAL January 20, 2000

Поступила в редакцию 05.11.2002 г.