

УДК 520.88:52-17

Автоматическая подготовка маски для расчета магнитных полей по поляризованным спектрам

Н.Ф. Панков

ФГБУН “Крымская астрофизическая обсерватория РАН”, Научный, Крым, 298409
catspride@mail.ru

Поступила в редакцию 15 ноября 2017 г.

Аннотация. Большой массив спектрополяриметрических данных, накопленных при наблюдениях на зеркальном телескопе имени академика Г.А. Шайна, и соответствующие временные и трудовые затраты, необходимые для их обработки, привели к задаче автоматизации процесса, в частности, одного из этапов обработки – подготовки маски для расчета магнитных полей. С этой целью было создано специальное кроссплатформенное программное обеспечение с графическим интерфейсом и возможностью интерактивной работы как в ручном, так и в полностью автоматическом режимах.

AUTOMATIC PREPARATION OF A MASK FOR THE CALCULATION OF MAGNETIC FIELDS USING POLARIZED SPECTRA, *by N.F. Pankov*. The large array of spectropolarimetric data obtained with the 2.6-m Shajn telescope since 1987 sets the task of automating the processing of data by preparing a mask for the calculation of magnetic fields. For this purpose the special cross-platform software with the graphical interactive interface working both in manual and automatic modes is developed.

Ключевые слова: поляризованный спектр, теоретический спектр, линия поглощения, маска, магнитное поле

1 Введение

Программное обеспечение предназначено для автоматизации процесса построения маски по поляризованным спектрам для дальнейшего расчета магнитных полей. Спектры могут быть разделены на порядки, содержать данные множества экспозиций и должны быть нормированы к континууму.

Построение маски возможно в автоматическом и в ручном режимах. Автоматический режим дополнительно предполагает наличие теоретического спектра, который синтезируется программой на основании набора теоретических линий поглощения, заранее получаемых из каталога VALD для звезды с данными параметрами атмосферы. В программе реализовано несколько алгоритмов, позволяющих привести форму синтетического спектра к наилучшему согласию с наблюдательными данными.

Для работы программы, помимо самих данных, требуется набор вспомогательных и конфигурационных файлов, позволяющих определить параметры работы алгоритмов синтеза и подгонки теоретического спектра, и собственно автоматического выбора маски. Все эти файлы должны быть собраны по специальному шаблону в рабочую директорию, в дальнейшем называемую проектом.

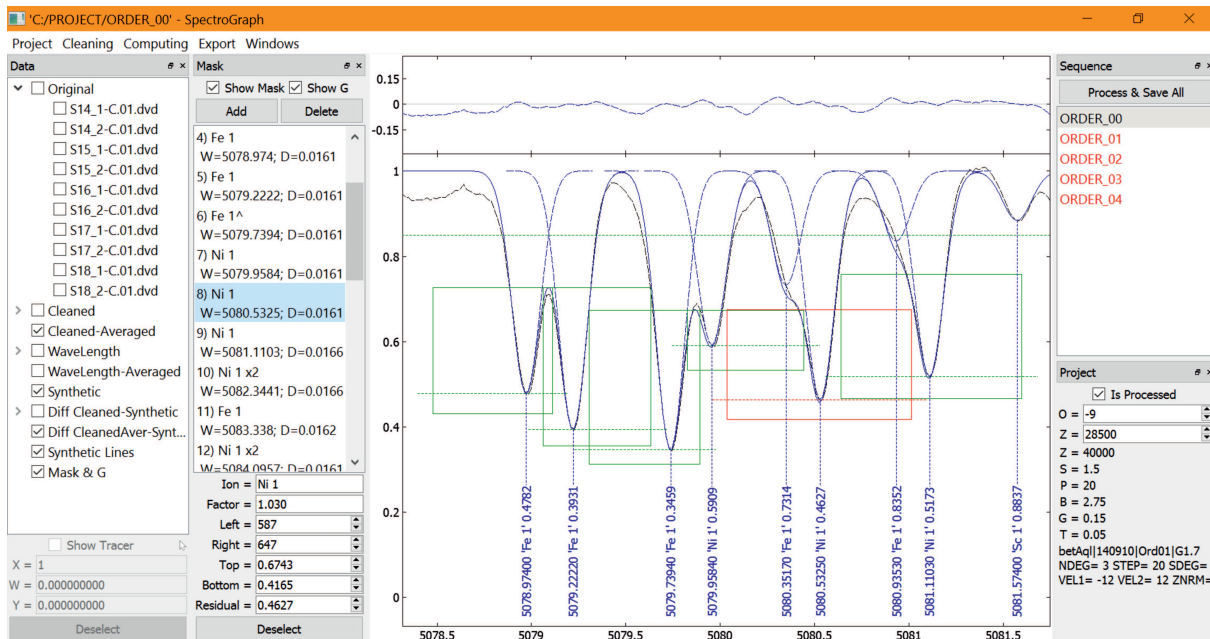


Рис. 1. Главное окно программы. Показаны наблюдательный и теоретический спектры, их разница, маска

Приложение обладает графическим интерфейсом, позволяющим визуализировать структуру и настройки проекта, данные наблюдений, теоретические линии поглощения и построенный по ним синтетический спектр, разницу между наблюдательным и теоретическим спектрами, маску. Предусмотрена возможность удобной интерактивной работы с визуализациями, в том числе изменение масштабов и видимых диапазонов осей графиков, выделение и редактирование экспериментальных и теоретических данных. На основе этого же принципа реализован ручной режим выбора и изменения маски.

2 Главное окно программы

Пространство главного окна программы разделено на несколько функциональных областей. Основная фиксированная область находится по центру основного окна и предназначена для визуализации в виде графиков всех имеющихся в проекте спектров, теоретических линий поглощения, маски и некоторой другой информации.

Плавающие области характерны тем, что могут располагаться или в ряд в произвольном порядке, или в виде стопки с возможностью переключения между ними в форме закладок у любого края визуализации. Программа обладает следующими плавающими окнами: Data – данные, которые можно визуализировать в виде графиков, и инструменты для их редактирования; Mask – маска и соответствующие инструменты; Project – настройки проекта; Sequence – список нескольких самостоятельных проектов в мультипроекте, представляющих собой отдельные спектральные порядки.

На рис. 1 представлено главное окно, в котором открыт тестовый проект, содержащий 5 спектральных порядков. Каждый порядок является самостоятельным проектом и может быть открыт отдельно, в данном случае это ORDER_00. Показано окно Data, в котором выбрано несколько полей для визуализации: усредненный наблюдательный спектр – черная пунктирная кривая, синтетический спектр – синяя кривая, их разница – пунктир сверху визуализации, теоретические линии поглощения – вертикальные синие прямые с подписями (длина волны, название химического элемента, остаточная интенсивность), их профили – синие пунктирные кривые. Также открыто окно Mask со списком

масок, построенных в автоматическом режиме. На визуализации маски изображены зелеными прямоугольниками. Красным цветом выделена маска № 8, характеристики которой приведены в нижней области окна Mask.

3 Теоретический спектр

Результирующий контур синтетического спектра в единицах интенсивностей является совокупностью произведений соответствующих по длине волны интенсивностей контуров всех теоретических линий поглощения. Для описания профиля линии поглощения используется функция Гаусса:

$$I_i = 1 - D * e^{-4 \ln 2 \left(Z \frac{W - W_i}{W} \right)^2},$$

где I_i и W_i – значения остаточной интенсивности и длины волны в i пикселе; D и W – глубина теоретической линии поглощения и ее длина волны. Так как теоретический спектр может быть изначально смещен по длине волны относительно наблюдательного, и это расхождение для верной работы программы требуется устранить, его спектральный диапазон должен быть шире наблюдательных данных. Кроме того, очевидно, что теоретический спектр должен быть построен для длин волн наблюдательного спектра, иначе их сравнение не будет представляться возможным.

Параметр Z , использующийся в уравнении контура теоретической линии поглощения, отвечает за его ширину на половине глубины линии. Подбор этого параметра может дать лучшее согласие рассчитанного спектра с наблюдательным. Для этого применяется метод наименьших квадратов.

Для согласования рассчитанного спектра с наблюдательными данными по оси длин волн используется кросскорреляционный анализ. Автоматическая подгонка экстремумов теоретического спектра, то есть интенсивностей ядер теоретических линий, к наблюдениям реализована таким образом, чтобы их произведение с интенсивностями соседних линий на данной длине волны давало наблюдаемое значение.

4 Маска

Алгоритм построения маски в автоматическом режиме рассчитан на работу исключительно с синтетическим спектром, и его можно разделить на два этапа. Первый – это выбор теоретических линий поглощения для расчета маски по следующим критериям: глубина линии должна быть больше значения параметра G , показанного на рис. 1 зеленой горизонтальной пунктирной прямой; вклад в площадь данной линии (со стороны континуума) соответствующей площади результирующего спектра всех других линий должен быть меньше значения параметра P в процентном выражении (см. окно Project на рис. 1).

Второй этап представляет собой выбор границ маски. Верхняя граница маски проводится на уровне квадрата интенсивности, определенной в точке пересечения контуров данной линии поглощения и результирующего спектра всех остальных теоретических линий, с применением линейной интерполяции в промежутках между существующими значениями. Диапазон поиска задается параметром B . Таких точек может быть две, в таком случае выбирается та, у которой интенсивность меньше. Нижняя граница определяется значением $0.9 * (1 - D)$.

Левая и правая границы определяются номерами пикселей, которые должны быть максимально приближены, по направлению соответственно влево и вправо от центральной длины волны данной линии поглощения, к ближайшим точкам пересечения ее контура (или верхней границы маски, на участках, где эта граница находится за пределами линии поглощения) с контуром любой другой теоретической линии, но не далее пределов, задаваемых параметром B .

Приложение создано на основе свободного кроссплатформенного инструментария разработки Qt, с использованием библиотеки QCustomPlot, и поддерживает работу в Windows, Linux, macOS. Автор выражает благодарность коллегам за помощь в тестировании и отладке программы.