

Инверсия спектрополяриметрических данных в модели атмосферы Милна-Эддингтона с помощью машинного обучения

Плотников А.А.^{1,2}, Князева И.С.^{2,3}, Медведева Т. В.³



- 1) Главная астрономическая обсерватория РАН
- 2) Крымская астрофизическая обсерватория РАН
- 3) Санкт-Петербургский государственный университет

plotnikov.andrey.alex@yandex.ru

Постановка задачи

Методы инверсии являются мощным инструментом для извлечения параметров звездных атмосфер из наблюдаемых спектральных линий. Суть этих методов заключается в поиске такого набора параметров атмосферы, при котором смоделированный спектральный профиль будет максимально точно аппроксимировать наблюдаемые данные. Поиск наилучших параметров может производиться каким-либо из многочисленных существующих методов оптимизации.

Повышение пространственного и спектрального разрешений инструментов негативно влияет на производительность таких методов. Значительно усложняет задачу также и повышение числа свободных параметров модели атмосферы.

Методы

В данной работе была предпринята попытка использования сверточной нейронной сети для попиксельного получения параметров атмосферы из наблюдаемых профилей. Для минимизации влияния особенностей инструментов при обучении использовались только синтетические спектральные профили. Использование наборов параметров, полученных другими методами, позволило избежать проблем, связанных с высокой размерностью задачи. Процесс обучения выглядит следующим образом: по тренировочному набору параметров генерируются модельные профили в приближении атмосферы Милна-Эддингтона. На профили накладывается гауссов шум, после чего они подаются на вход нейронной сети, а выход в виде 11 параметров сравнивается с исходным параметром. Было использовано около 3 миллионов наборов тренировочных параметров, взятых из результатов обработки данных инструмента Hinode/SOT/SP.

Зачастую в подобных работах обучение производится сразу для всего вектора параметров атмосферы. Однако было установлено, что разные параметры обучаются со значительно различающейся точностью. Это приводит к тому, что при одновременном обучении некоторые параметры будут доминировать, что мешает искомой нейронной сети иметь приемлемую точность для других параметров. В данной работе был применен другой подход – обучение и последующие применение набора однопараметрических нейронных сетей.

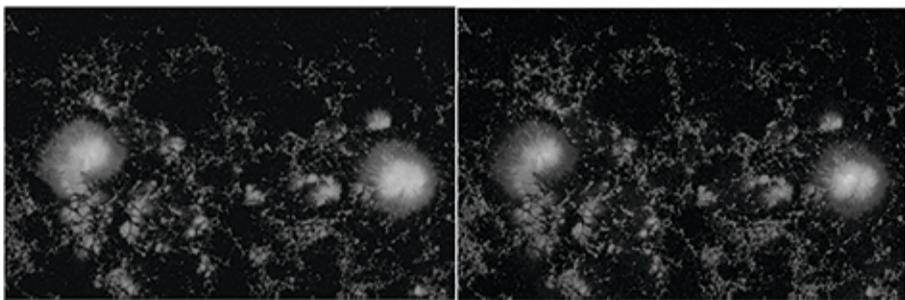
Результаты

В качестве тестовых данных были взяты спектрополяриметрические наблюдения линии Fe I 6302.5 Å, выполненные инструментом Hinode/SOT/SP.

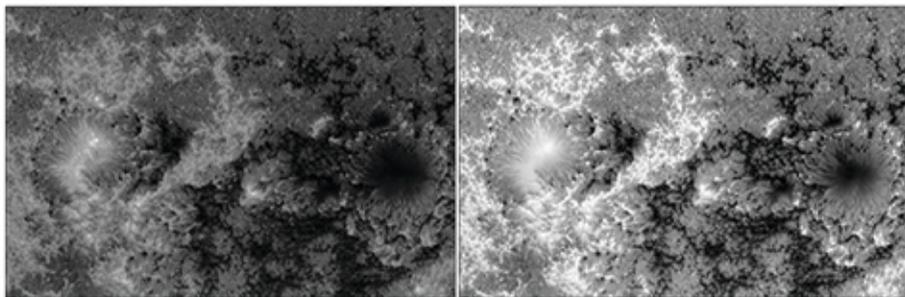
Полученные результаты показывают хорошее визуальное согласие с результатами обработки в High Altitude Observatory (HAO). Нейронные сети демонстрируют значительный выигрыш во времени по сравнению с методами, базирующимся на алгоритме Левенберга-Марквардта (~ 5 минут на магнитограмму в сравнении с 20 часами при использовании ЦПУ Intel i5-9400)

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 19-32-50043)

Восстановление величины магнитного поля:



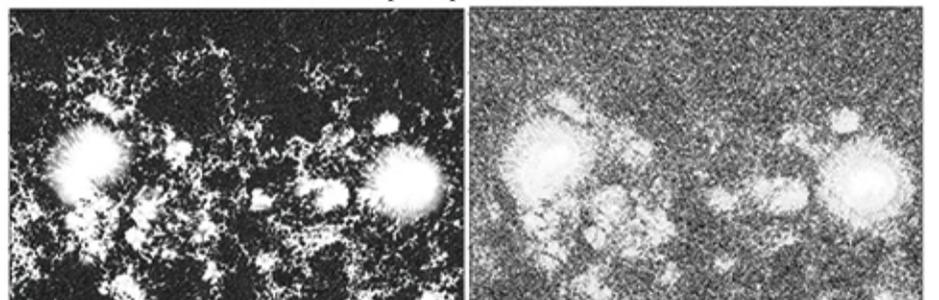
Восстановление наклона магнитного поля:



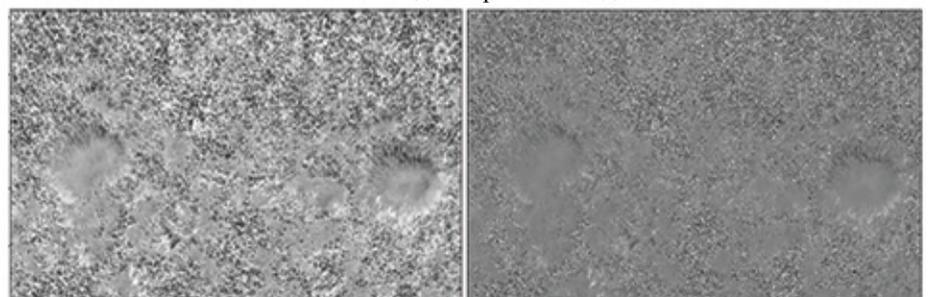
Нейросеть

HAO

Восстановление фактора заполнения магнитным полем:



Восстановление доплеровского сдвига:



Нейросеть

HAO