

Отзыв о диссертационной работе Е. А. Илларионова
«Параметрическое описание процессов и явлений солнечной активности»
(составлен по автореферату диссертации)

Машинное обучение – инструмент, позволяющий исследовать и выявлять взаимосвязи в больших и часто разнородных массивах данных, характеризующих сложные системы, и в этом состоит особая ценность применения методов машинного обучения к задачам физики Солнца. Е.А. Илларионов в своей диссертации убедительно продемонстрировал эффективность такого подхода.

Известно, что физическая проблема, вообще говоря, приобретает свою окончательную постановку в процессе ее решения. Иначе говоря, решение задачи – это не поиск ключа, открывающего нужный замок, а подбор правильной пары из кучи замков и кучи ключей. Нейродифференциальный подход, применяемый в диссертации, позволяет подбирать параметры уравнений солнечного динамо и характер их нелинейности (путем выбора функции подавления альфа-эффекта), благодаря чему может быть достигнут существенный прогресс в динамо-теории. Е.А. Илларионову удалось даже в рамках сильно упрощенной, маломодовой модели хорошо воспроизвести известную из наблюдений асимметрию солнечного цикла.

В диссертации рассматривается процедура выделения высокоскоростных потоков солнечного ветра, связанных с корональными дырами и корональными выбросами массы. Проведен сравнительный анализ различных схем выделения корональных дыр на мгновенных изображениях солнечного диска и на синоптических картах. Разные алгоритмы, основанные на явных правилах, дают сильно различающиеся результаты, и для выбора наиболее объективного результата предложен подход, основанный на машинном обучении и использовании нейронных сетей. Для сегментации корональных дыр адаптирована нейронная сеть U-Net, которая показала лучшие результаты по сравнению с некоторыми другими алгоритмами. Показана эффективность применения свёрточной нейросетевой модели для выявления корональных дыр на синоптических картах Солнца.

Е.А. Илларионов предложил основанный на машинном обучении подход, позволяющий создавать полный, но компактный набор параметров, описывающий группы солнечных пятен. Для этого изображения групп солнечных пятен с помощью нейросетевой модели отображаются в низкоразмерное пространство. Оказалось, что для восстановления структуры группы пятен любой сложности в методе главных компонент достаточно 285 параметров. Параметры можно использовать для классификации солнечных пятен. Составлена база данных параметров групп солнечных пятен. Показана возможность приложения моделей понижения размерности к описанию профилей спектральных линий и прогнозу протонных событий.

Наконец, методы машинного обучения прилагаются автором к оцифровке исторических наблюдений Солнца. Полученная модель способна в частности адаптироваться к почеркам разных наблюдателей. Восстановленные данные позволяют выявлять особенности вариации солнечной активности в те годы, когда она была аномально низкой и для которых малоэффективны традиционные методы.

Таким образом, предложено новое, безусловно перспективное направление в методах изучения солнечной активности. Значимость работы для гелиофизики очень велика. Она существенно продвигает и методику работы с астрономическими данными, и подход к построению моделей.

Нельзя не отметить доскональную проработку вопроса, выразившуюся в представлении материалов работы 25 статьями. Возможно, на этой основе стоило бы подготовить монографию.

Очень ценно, что разработанные автором вычислительные программы выложены в открытый доступ.

Возможные погрешности работы трудно уловить по автореферату. Сделаю лишь одно полусутоливое замечание. Упомянув свёрточную нейронную сеть, лучше писать букву ё, а не е: «свёрточная». Иначе где-нибудь под влиянием диссертации обязательно напишут «сверхточная».

Работа Е.А. Илларионова открывает новое перспективное направление в физике Солнца, и она безусловно дает основания для присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.1 – физика космоса, астрономия.

Ведущий научный сотрудник НИИЯФ МГУ
доктор физико-математических наук

А.В. Гетлинг

4 сентября 2026 г.

Подпись А.В. Гетлинга удостоверяю.

Ученый секретарь НИИЯФ МГУ
кандидат физико-математических наук



Е.А. Сигаева