ISARD-2025-satellite005

Наукастинг движения облачности по данным КА Himawari-9 с использованием комбинированного нейросетевого подхода

Владислав Д. Блощинский[1,2] , Александр И. Андреев[1,2] , Анастасия В. Бородицкая[1,2] , Сергей И. Мальковский[1]

[1] Computing Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences
[2] Far East Center "Scientific Research Center of Space Hydrometeorology "Planeta"

v.bloshchinsky@dvrcpod.ru

Наукастинг движения облачности представляет собой важное направление современной метеорологии, задача которого сводится к анализу изменений облачного покрова на временных интервалах от нескольких минут до нескольких часов, что имеет важное значение для различных прикладных задач, таких как прогноз конвективных процессов, анализ опасных атмосферных явлений (например, гроз, шквалов или ливней), обеспечение безопасности авиации, оптимизация сельскохозяйственных работ и планирование работы солнечных батарей. Разработка эффективных методов наукастинга, повышающих его точность и заблаговременность, становится неотъемлемой частью научных исследований в области метеорологии. Для реализации наукастинга применяются различные подходы, в том числе на основе численных моделей прогноза погоды, а также алгоритмы, основанные на анализе спутниковых изображений. Прогностические модели, хоть и обладают высокой точностью, требуют значительных вычислительных ресурсов и объемов исходной информации, что делает их применение затратным и трудоемким. Альтернативным решением является использование методов анализа спутниковых данных, таких как оптический поток или нейронные сети. Представленный в данной работе алгоритм наукастинга облачности был разработан на основе нейронных сетей, которые хорошо себя зарекомендовали в анализе сложных пространственно-временных зависимостей. Исследование проводилось с использованием данных канала с центральной длиной волны 11,2 мкм прибора AHI (Advanced Himawari Imager), установленного на космическом аппарате Himawari-8/9, позволяющего получать изображения в видимом и инфракрасном диапазоне с пространственным разрешением 2 км. Разработанный алгоритм представляет собой комбинированный подход, основанный на применении двух моделей наукастинга, адаптированных для решения задач прогнозирования движения и эволюции облачности. Основой предлагаемого подхода стала архитектура NowcastNet, предназначенная для прогнозирования осадков. Взятый из этой модели блок генератора был дополнен модулем, позволяющим учесть влияние подстилающей поверхности. Генератор был обучен как детерминистическая модель, которая способна давать наиболее точный прогноз направления движения объектов и их интенсивности. Однако, из-за усреднения выходных данных, этот подход может приводить к размытию прогнозируемых облачных образований. Для повышения качества прогноза была добавлена вторая часть алгоритма, основанная на модели CasFormer. Эта диффузионная статистическая модель используется для постобработки результатов прогноза с целью улучшения детализации, контрастности и общего восприятия изображений. Таким образом комбинация детерминистического генератора и статистической модели позволила достичь высокой точности прогноза, сохраняя при этом детали облачных структур. Разработанный алгоритм позволяет выполнять прогноз движения облачности на срок до 3 часов с интервалом 10 минут. Проведенная оценка качества работы разработанного алгоритма показала, что в среднем для всех изображений метрика RMSE (Root MeanSquared Error) составила около 7 K, SSIM (Structural Similarity Index) – 0,75, PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) – 27,1.

This research has been supported by:

1. "Российский Научный Фонд", grant 23-77-00011