

Алгоритм идентификации колец Ирмингера в данных высокоразрешающего гидродинамического моделирования океана с применением искусственных нейронных сетей

Научный руководитель – Криницкий Михаил Алексеевич

Калинин Михаил Александрович

Студент (магистр)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Географический факультет, Кафедра океанологии, Москва, Россия

E-mail: ninilaks.jr@gmail.com

Глубокая конвекция в море Лабрадор является ключевым компонентом формирования нижней ветви Атлантической меридиональной циркуляции. Известно, что мезомасштабная вихревая активность в этом регионе, представленная кольцами Ирмингера (КИ), оказывает влияние на процесс конвекции. Для анализа воздействия КИ на пространственно-временную неоднородность глубины перемешанного слоя необходимо создать базу данных траекторий КИ, для чего требуется разработать алгоритм их обнаружения с высокой точностью. В данном исследовании предлагается новый метод детекции КИ в данных вихревыявляющего моделирования субполярной Северной Атлантики NNATL12.

Существует ряд методов, широко применяемых для идентификации вихревых структур в океане. Проблема одного из наиболее распространенных методов, поиска локальных экстремумов, заключается в субъективности выбора пороговых значений экспертом. Оптимизация разработанной схемы поиска локальных экстремумов позволила определить оптимальные значения гиперпараметров, что позволило отойти от присущей данному методу субъективности и значительно повысило качество идентификации. Однако достичь необходимого для трекинга качества не удалось.

В качестве перспективной альтернативы эвристическому алгоритму поиска локальных экстремумов мы предлагаем использовать искусственные нейронные сети. В данном исследовании мы использовали сверточную нейронную сеть, подобную U-Net, которую обучили выделять вихри. Сначала мы предварительно обучили ее на результатах работы оптимизированного эвристического алгоритма обнаружения КИ. Затем обучили на КИ, выделенных экспертом. Полученное качество обнаружения КИ достаточно высоко для дальнейшей реализации алгоритма построения траекторий движения вихрей.

Применение искусственных нейронных сетей, в частности сверточных нейронных сетей типа U-Net, продемонстрировало значительный потенциал в улучшении качества обнаружения колец Ирмингера. Используя двухэтапный процесс обучения, в котором сначала используются результаты оптимизированного эвристического алгоритма, а затем экспертной разметки, мы достигли точности обнаружения, превосходящей традиционные методы.

Интеграция методов машинного обучения с традиционными океанографическими методиками открывает широкие перспективы для повышения точности и надежности обнаружения вихрей в океане. Этот подход не только смягчает субъективность, присущую эвристическим методам, но и использует адаптивность и способность нейронных сетей к обучению.

Источники и литература

- 1) Chanut J., Barnier B., Lecointre A., Le Sommer J., Molines J. M., Penduff T., Bourdalle-Badie R., Treguier A. M., Madec G. Mesoscale eddies in the Labrador Sea and their contribution to convection and restratification // Journal of Physical Oceanography. – 2008. – Т. 38. – №. 8. – С. 1617-1643.

- 2) Verezemskaya P. et al. A new regional model of the Subpolar Gyre based on NEMO4. – Copernicus Meetings, 2023. – №. EGU23-7251.
- 3) Akiba T., Sano S., Yanase T., Ohta T., Koyama M. Optuna: A next generation hyperparameter optimization framework //Proceedings of the 25th ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery & data mining. – 2019. – С. 2623-2631.
- 4) F., Dong C., Dickey T., Washburn L., McWilliams J. C. A vector geometry-based eddy detection algorithm and its application to a high-resolution numerical model product and high-frequency radar surface velocities in the Southern California Bight //Journal of atmospheric and oceanic technology. – 2010. – Т. 27. – №. 3. – С. 564-579.