

Обзор алгоритмов машинного обучения и нейросетей для решения задач пространственно-временного прогноза вариаций магнитного поля Земли

Научный руководитель – Лыгин Иван Владимирович

Вишняков Дмитрий Дмитриевич

Аспирант

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Геологический факультет, Кафедра геофизических методов исследований земной коры, Москва, Россия

E-mail: d.vishnyakov@mail.ru

Пространственно-временной прогноз вариаций магнитного поля является актуальной задачей как для производственных, так и фундаментально-научных целей. Вариации магнитного поля Земли, с одной стороны, являются существенными помехами, в том числе определяющими качество получаемых результатов в производственной геофизике, а с другой – представляют самостоятельный интерес для исследований в части изучения динамики магнитосферы и мониторинга космической погоды.

Настоящий доклад посвящён описанию регистрируемой информации как совокупности данных панельного типа, по сути являющихся пространственным распределением (spatial data) временных рядов (time-series data).

Приведена классификация подходов к пространственному, временному и панельному прогнозу данных различных типов. Выделены требования и ограничения к использованию классических алгоритмов применительно к данным стационарных пунктов наблюдений сети Intermagnet. Оценены перспективы применимости отдельных алгоритмов.

Особую перспективу представляет применение графовых нейронных сетей с использованием сферических гармоник в качестве пространственного кодирования координат наблюдательных станций на сфере, реализующих архитектуру «энкодер – обработка сообщений на сетке – декодер» с интерполяцией между нерегулярными входными данными и регулярной структурой. Такой подход позволяет работать непосредственно с нерегулярной сетью обсерваторий INTERMAGNET и учитывать сферическую геометрию задачи.

Источники и литература

- 1) Love J.J., Chulliat A. An International Network of Magnetic Observatories // Eos, Transactions AGU. – 2013. – Vol. 94, No. 42. – P. 373–374.
- 2) Challu C., Olivares K.G., Oreshkin B.N., Garza F., Mergenthaler-Canseco M., Dubrawski A. N-HiTS: Neural Hierarchical Interpolation for Time Series Forecasting // Proc. 37th AAAI Conference on Artificial Intelligence. – 2023. arXiv:2201.12886.
- 3) Salinas D., Flunkert V., Gasthaus J., Januschowski T. DeepAR: Probabilistic Forecasting with Autoregressive Recurrent Networks // International Journal of Forecasting. – 2020. – Vol. 36, No. 3. – P. 1181–1191
- 4) Wu H., Hu T., Liu Y., Zhou H., Wang J., Long M. TimesNet: Temporal 2D-Variation Modeling for General Time Series Analysis // ICLR 2023.
- 5) Raissi M., Perdikaris P., Karniadakis G.E. Physics-Informed Neural Networks: A Deep Learning Framework for Solving Forward and Inverse Problems Involving Nonlinear Partial Differential Equations // Journal of Computational Physics. – 2019. – Vol. 378. – P. 686–707.
- 6) Zhang Y. et al. Regional geomagnetic field modelling method based on a two-stage PINN // Geophysical Journal International. – 2026. – Vol. 244, No. 3