

Методика обнаружения аномалий в вариациях величины геомагнитного поля на основе искусственной нейронной сети

Имашев Санжар Абылбекович (<https://orcid.org/0000-0003-3293-3764>), sanzhar.imashev@gmail.com

Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке, Бишкек, Киргизия

Резюме [PDF RUS](#) [PDF ENG](#) Полный текст [PDF RUS](#) [PDF ENG](#)

Резюме. Предложена методика обнаружения аномалий в геомагнитных данных, основанная на архитектуре классического автоэнкодера. В качестве обучающих данных выбраны суточные изменения величины геомагнитного поля в спокойные дни за 2020, 2021 и 2022 гг. по базовой станции Ак-Суу сети геомагнитного мониторинга Научной станции РАН в г. Бишкеке. Нейронная сеть имеет 5 скрытых слоев с общим количеством обучаемых параметров, равным $\sim 3.5 \cdot 10^6$. Обученная модель хорошо воспроизводит типичные признаки нормальных данных, тогда как в случае данных, содержащих различные аномалии, демонстрирует ухудшение качества восстановления. Это свойство автоэнкодера использовалось для разделения данных на два класса: норма и аномалия. Ошибка восстановления в виде средней абсолютной погрешности (MAE) служила мерой аномальности. В частности, значение MAE, равное 0.109, использовалось в качестве границы раздела классов. Проверка модели на тестовых данных по станции Ак-Суу за 2017, 2018 и 2019 гг. показала хорошие результаты. В частности, такие метрики бинарной классификации, как полнота (recall) и F1-мера, имели высокие значения: 0.965, 0.918 для данных 2017 г., 0.982, 0.933 для 2018 г. и 0.970, 0.935 для 2019 г. соответственно.

Ключевые слова:

аномалия, геомагнитное поле, вариационные ряды, нейросеть, автоэнкодер, матрица ошибок

Для цитирования: Имашев С.А. Методика обнаружения аномалий в вариациях величины геомагнитного поля на основе искусственной нейронной сети [Электронный ресурс]. *Геосистемы переходных зон*, 2024, т. 8, № 4. 14 с.

<http://journal.imgg.ru/web/full/f2024-4-6.pdf>; <https://doi.org/10.30730/gtr.2024.8.4.343-356>

For citation: Imashev S.A. Method for detecting anomalies in geomagnetic field variations based on artificial neural network. *Geosistemy perehodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2024, vol. 8, No. 4, pp. 343–356. <https://doi.org/10.30730/gtr.2024.8.4.343-356>; <https://www.elibrary.ru/fhzskv>

Список литературы

1. Мухаммадеева В.А., Воронцова Е.В., Лазарева Е.А. **2015**. Опыт проведения геомагнитных наблюдений на Бишкекском геодинамическом полигоне. *Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета*, 15(3): 130–133.
2. Campbell W.H. **2003**. *Introduction to Geomagnetic Fields*. Cambridge Univ. Press, 337 p. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139165136>
3. Hawkins D.M. **1980**. *Identification of outliers*. Springer, 188 p. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-3994-4>
4. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. **2009**. Anomaly detection: A survey. *ACM Computing Surveys*, 41(3): 1–58. <https://doi.org/10.1145/1541880.1541882>
5. Pang G., Shen C., Cao L., Hengel A. **2020**. Deep learning for anomaly detection: A review. *ACM Computing Surveys*, 54(2): 1–38. <https://doi.org/10.1145/3439950>
6. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. **2016**. *Deep learning*. MIT Press, 800 p.
7. Yildirim O., Tan R.S., Rajendra Acharya U. **2018**. An efficient compression of ECG signals using deep convolutional autoencoders. *Cognitive Systems Research*, 52: 198–211. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2018.07.004>
8. Marchi E., Vesperini F., Squartini S., Schuller B. **2017**. Deep recurrent neural network-based autoencoders for acoustic novelty detection. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 1(4694860). 14 p. <https://doi.org/10.1155/2017/4694860>
9. Valentín M.B., Bom C.R., Martins Compan A.L., Correia M.D., Menezes de Jesus C., de Lima Souza, de Albuquerque Marcio P., de Albuquerque Marcelo P., Faria E.L. **2018**. Estimation of permeability and effective porosity logs using deep autoencoders in borehole image logs from the brazilian pre-salt carbonate. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 170: 315–330. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.06.038>
10. Fraiwan L., Lweesy K. **2017**. Neonatal sleep state identification using deep learning autoencoders. *2017 IEEE 13th International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA)*, Penang, Malaysia. <https://doi.org/10.1109/cspa.2017.8064956>
11. Wang L., Zhang Z., Xu J., Liu R. **2018**. Wind turbine blade breakage monitoring with deep autoencoders. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 9(4): 2824–2833. <https://doi.org/10.1109/tsg.2016.2621135>
12. Pal A., Baskar S. **2015**. Speech emotion recognition using deep dropout autoencoders. *2015 IEEE International Conference on Engineering and Technology*, Penang, Malaysia. <https://doi.org/10.1109/icetech.2015.7275003>

13. Gao S., Zhang Y., Jia K., Lu J., Zhang Y. **2015**. Single sample face recognition via learning deep supervised autoencoders. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 10(10): 2108–2118. <https://doi.org/10.1109/tifs.2015.2446438>
14. Gomes T.A., Carvalho R.N., Carvalho R.S. **2017**. Identifying anomalies in parliamentary expenditures of Brazilian chamber of deputies with deep autoencoders. *2017 16th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications, Cancun, Mexico*. <https://doi.org/10.1109/icmla.2017.00-33>
15. Имашев С.А., Рыбин А.К. **2023**. Сейсмические и геоакустические отклики земной коры на зондирования мощными электрическими импульсами на территории Бишкекского геодинамического полигона. *Наука и технологические разработки*, 102(2-3): 63–88. <https://doi.org/10.21455/std2023.2-3-3>
16. Chen S., Meng Z., Zhao Q. **2018**. Electrocardiogram recognition based on variational autoencoder. *Machine Learning and Biometrics*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.76434>
17. Sakurada M., Yairi T. **2014**. Anomaly detection using autoencoders with nonlinear dimensionality reduction. *Proceedings of the MLSDA 2014 2nd Workshop on Machine Learning for Sensory Data Analysis*. <https://doi.org/10.1145/2689746.2689747>
18. Bishop C.M., Bishop H. **2024**. *Deep learning: Foundations and concepts*. Cham: Springer Intern. Publ., 649 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-45468-4>
19. Imashev S.A. **2021**. Extended isolation forest – Application to outlier detection in geomagnetic data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 929, 012022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/929/1/012022>
20. Nair V., Hinton G.E. **2010**. Rectified linear units improve restricted Boltzmann machines. In: *Proceedings of the 27th International Conference on International Conference on Machine Learning*. Madison, USA: Omnipress, p. 807–814.
21. Glorot X., Bordes A., Bengio Y. **2011**. Deep sparse rectifier neural networks. *Proceedings of the Fourteenth International Conference on Artificial Intelligence and Statistics*. Fort Lauderdale, FL, USA, 15: 315–323.
22. Kingma D., Ba J. **2015**. Adam: A method for stochastic optimization. In: *International Conference on Learning Representations*. San Diego, USA. p. 13.
23. Bishop C.M. **2006**. *Pattern recognition and machine learning*. New York: Springer, 778 p. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-45528-0>
24. Имашев С.А., Лазарева Е.А. **2022**. Пространственное распределение составляющих главного геомагнитного поля на основе модели IGRF-13 для территории Кыргызстана. *Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета*, 22(4): 192–198. <https://doi.org/10.36979/1694-500X-2022-22-4-192-198>