

МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ У ІНТЕРПРЕТАЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ ГЕОЛОГІЧНОГО РОЗРІЗУ НА СЕЙСМІЧНИХ ДАНИХ

О. В. Піскунов

аспірант

О. К. Тяпкін

докт. геол. наук

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
49005, м. Дніпро, пр. Д. Яворницького, 19

Досліджено можливості застосування методів глибинного навчання для інтерпретації елементів геологічного розрізу на сейсмічних даних. Пропонується використання згорткових нейронних мереж (CNN) для виділення просторових особливостей та мереж довгої-короткочасної пам'яті (LSTM) для аналізу послідовних сейсмічних трас з метою виявлення структурних елементів розрізу. Ефективність розробленої методології буде оцінена шляхом порівняння з ручними, напів-автоматичними методами інтерпретації та експертними висновками. Очікується, що застосування глибинного навчання дозволить підвищити точність і надійність геологічної інтерпретації сейсмічних даних.

Ключові слова: глибинне навчання, геологічної інтерпретації сейсмічних даних, нейронні мережі, автоматизація інтерпретації сейсмічних даних.

THE POSSIBILITY OF USING DEEP LEARNING METHODS IN THE INTERPRETATION OF GEOLOGICAL SECTION ELEMENTS ON SEISMIC DATA

O. V. Piskunov

PhD student

O. K. Tiapkin

Doctor of Geological Sciences, Professor

Dnipro University of Technology, 49005, Dnipro, D. Yavornytskoho ave., 19

The possibilities of applying deep learning methods for the interpretation of geological section elements in seismic data have been studied. The use of convolutional neural networks (CNN) is proposed for extracting spatial features, and long short-term memory networks (LSTM) for analyzing sequential seismic traces with the aim of identifying structural elements of the section. The effectiveness of the developed methodology will be evaluated by comparing it with manual, semi-automated interpretation methods and expert assessments. It is expected that the application of deep learning will enhance the accuracy and reliability of geological interpretation of seismic.

Key words: deep learning, geological interpretation of seismic data, neural networks, seismic data interpretation automation

Геофізика є однією з фундаментальних наук про Землю, що досліджує фізичні властивості та процеси нашої планети. Вона відіграє ключову роль у розумінні внутрішньої будови Землі, тектонічних рухів і геодинамічних

процесів. Сейсморозвідка, як один із основних геофізичних методів, дозволяє досліджувати геологічний розріз за допомогою аналізу поширення пружних хвиль. Цей метод є незамінним для виявлення родовищ корисних копалин (в першу чергу, вуглеводнів), вивчення тектонічної структури земної кори та мантиї, а також для оцінки сейсмічної небезпеки. Завдяки сейсморозвідці можливо отримати детальну інформацію про геологічні структури, що має вирішальне значення для розвитку енергетичного сектору та інфраструктурних проектів в Україні.

Геологічна інтерпретація сейсморозвідувальних даних є одним з ключових елементів геонаук, забезпечуючи ефективне визначення стратиграфічних та тектонічних особливостей територій досліджень, а також пошуки та розвідку родовищ корисних копалин (в першу чергу, вуглеводнів). На сьогодні, методи сейсмічної інтерпретації ґрунтуються на ручних або напівавтоматичних алгоритмах, використання яких, призводить до значних часових витрат та введення суб'єктивного фактору. В умовах складного геологічного розрізу це суттєво зменшує точність інтерпретації сейсмічних даних, що в свою чергу може призвести до невірних рішень в подальшому процесі розвідки та освоєння родовищ корисних копалин.

Зі збільшенням обсягів сейсмічних даних виникає необхідність автоматизації процесу інтерпретації. Підвищенні темпи розвитку технологій штучного інтелекту (ШІ), зокрема глибинного навчання (Deep Learning), роблять можливим їх застосування з метою підвищення ефективності і точності виявлення геологічних структур, особливо у складно-побудованому геологічному розрізі з використанням сейсмічних даних отриманих за різними методичними засадами.

Через обмежений доступ до корпоративних сейсмічних даних, для дослідження має сенс використання публічних наборів даних [1]. При цьому обов'язково має проводитись їх попередня обробка (у т.ч. нормалізація амплітуд, фільтрація та інтерполяція для вирівнювання роздільної здатності) для забезпечення придатності цих даних до подальшого використання для «тренування» моделей-алгоритмів обробки сейсмічних даних – що представляють собою математичні алгоритми, такі як нейронні мережі різних архітектур.

Основою сучасної методології обробки та інтерпретації сейсморозвідувальних даних може бути розробка та налаштування як згорткових нейронних мереж (Convolutional Neural Networks – CNN), так і мереж довгої-короткочасної пам'яті (Long Short-Term Memory – LSTM). CNN широко

застосовуються для вирішення задач "комп'ютерного зору" та можуть виділяти просторові особливості на сейсмічних зображеннях (Рис.1) [2, 3, 4].

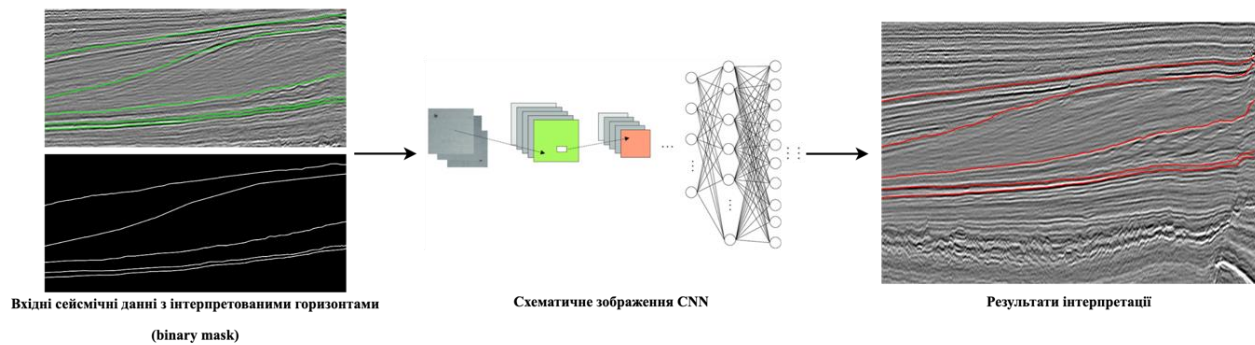


Рис. 1. Схематичне зображення процесу інтерпретації з використанням Convolutional Neural Network

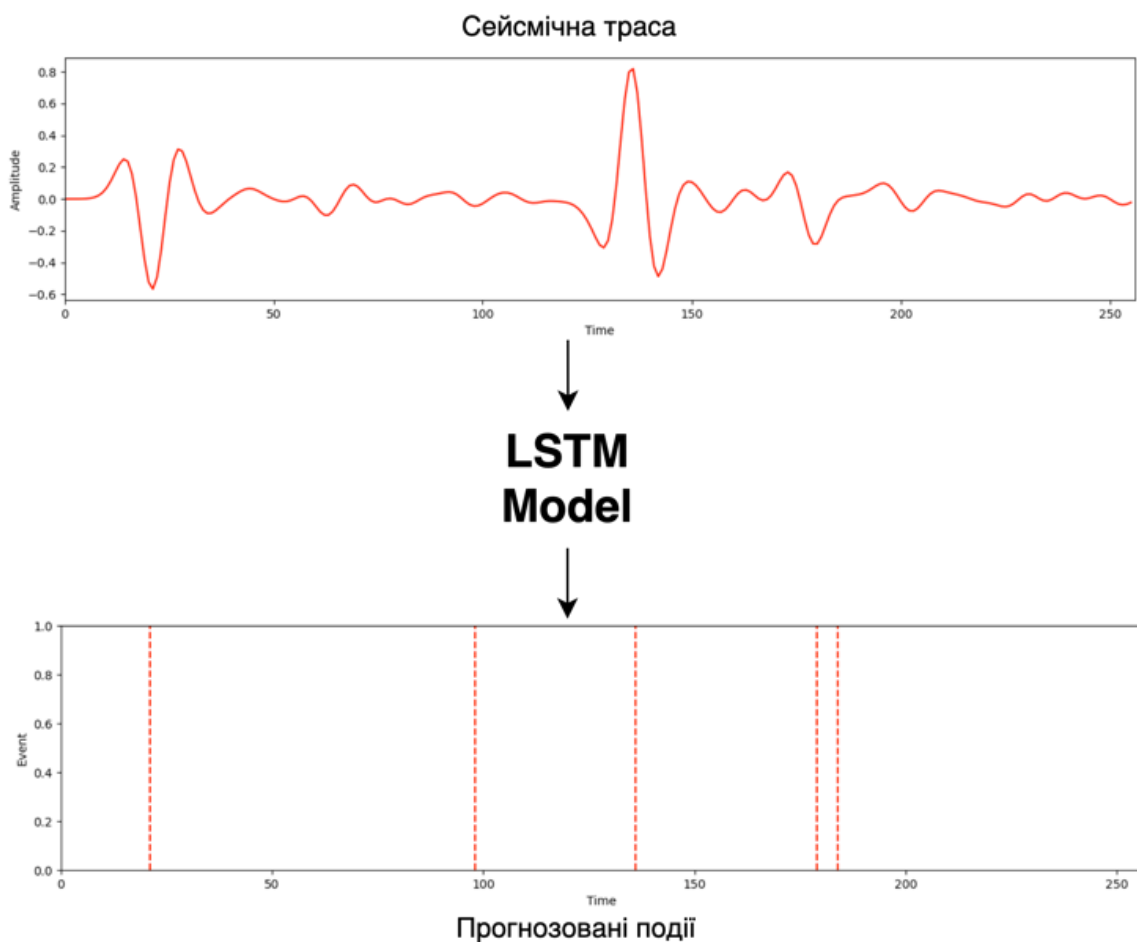


Рис. 2. Схематичне зображення процесу інтерпретації з використанням LSTM

LSTM-мережі, в свою чергу, підходять для обробки послідовних даних (time-series data) і можуть бути використані для аналізу сейсмічних трас з метою виявлення відбиттів та інших подій, таких як дифракції та аномалії в сигналі, з

подальшою обробкою методами інтерполяції та просторової кореляції для поєднання інформації від сусідніх сейсмічних трас (Рис.2). Використання LSTM дозволяє моделі враховувати часові залежності в даних, що підвищує точність інтерпретації, особливо в умовах високого рівня шуму [5]. В сучасних умовах актуальним є дослідження існуючих архітектур CNN (наприклад, U-Net, ResNet) та LSTM, а також розробка нових моделей або їх комбінацій для вибору оптимальної архітектури моделі нейронної мережі, що найкраще підходить для вирішення задач інтерпретації сейсмічних даних.

Застосування такого підходу в інтерпретації сейсмічних даних супроводжується низкою викликів. Основний з них представляє собою необхідність великого обсягу якісно розмічених даних у вигляді готової структурної інтерпретації сейсмічних даних для ефективного навчання моделей. Обмежений доступ до таких даних та їх повнота може ускладнювати процес навчання та впливати на точність отриманих результатів. Окрім цього, складність геологічних умов і висока варіативність сейсмічних сигналів можуть призводити до «перенавчання» моделі (overfitting) або зниження якості результатів на різних сейсмічних даних. Для подолання вищевказаних проблем планується використання синтетично-згенерованих даних для первинного навчання моделі, застосування технік регуляризації та крос-валідації, що має дозволити підвищити стійкість до «шуму» та покращити здатність ефективно оброблювати сейсмічні дані з різними характеристиками.

Розроблену методологію потенційно можливо буде застосовувати для рішення інтерпретаційних задач як на великих глибинах, так і у приповерхневій частині геологічного розрізу. Так, навчаючи інтерпретаційну модель розпізнавати характеристики відбиття хвиль, які відповідають різним стратиграфічним шарам, можливо автоматично виділяти межі та створювати моделі відповідної частини геологічного розрізу [6]. Використання мікросейсмічних даних високої роздільної здатності відкриває можливість виділення приповерхневих порушень кореляції сейсмічних даних, які викликані неотектонічними розломами. Модель може бути адаптована для обробки сейсмічних даних зі значним рівнем "шуму" з метою ідентифікації незначних за розміром аномалій. В такому випадку, особлива увага має приділятися виявленню ознак розломів, важливих для інфраструктурних проєктів та оцінки сейсмічної небезпеки території досліджень.

Оцінка ефективності методики може ґрунтуватись на порівнянні отриманих результатів із результатами традиційних методів інтерпретації сейсмічних даних та на експертних висновках. Для цього буде сформовано незалежний тестовий набір 2D/3D оброблених сейсмічних даних, а результати, в

свою чергу, підлягатимуть експертній оцінці, що дозволить кількісно та якісно оцінити переваги та недоліки підходу, що розробляється. Можливо очікувати, що підхід до інтерпретації з використанням Deep Learning моделей забезпечить значне покращення точності виявлення геологічних структур, зменшуючи час аналізу даних та підвищуючи надійність інтерпретації сейсморозвідувальних даних, особливо в ускладнених геологічних умовах.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Silva, Reinaldo & Baroni, Lais & Ferreira, Rodrigo & Salles Civitarese, Daniel & Szwarcman, Daniela & Vital Brazil, Emilio. Netherlands Dataset: A New Public Dataset for Machine Learning in Seismic Interpretation. 10.48550/arXiv.1904.00770. 2019.
2. Peters, Bas, et al. Neural-networks for Geophysicists and Their Application to Seismic Data Interpretation. ArXiv, <https://arxiv.org/abs/1903.11215>. 2019.
3. Valentin Tschannen Deep learning for seismic data processing and interpretation. Earth Sciences. *Université Paris sciences et lettres*,. English. NNT: 2020UPSLE039. 2020. tel-03544322
4. Valentin Tschannen, Matthias Delescluse, Norman Ettrich, Janis Keuper Extracting horizon surfaces from 3D seismic data using deep learning. *Geophysics*. 85 (3). 2020. pp.N17-N26. 10.1190/geo2019-0569.1. hal-02560737
5. G. Roncoroni, E. Forte, L. Bortolussi, M. Pipan Efficient extraction of seismic reflection with Deep Learning, *Computers & Geosciences*. Vol. 166. 2022. 105190, ISSN 0098-3004, <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2022.105190>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098300422001431>)
6. Yang L., Sun S.Z. Seismic horizon tracking using a deep convolutional neural network. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 187. 2020. art. no. 106709