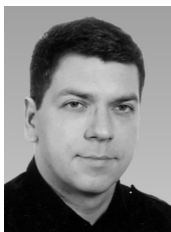


Państwowa służba geologiczna planuje wykorzystać sztuczną inteligencję i uczenie maszynowe do analizy danych i poszukiwania surowców krytycznych na Dolnym Śląsku

Przemysław Karcz¹



The Polish Geological Service plans to use artificial intelligence and machine learning for data analysis and critical raw material exploration in Lower Silesia. *Prz. Geol.*, 73: 744–745; doi: 10.7306/2025.80

Abstract. Artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) are becoming increasingly common tools in geological data analysis, offering new opportunities in data processing, prediction, and decision support. This article presents a proposal for implementing AI and ML solutions within the operations of the Polish Geological Survey (PSG), which has collected vast geological data resources over more than 100 years. The project, initiated by the Lower Silesian Branch of PSG, aims to integrate dispersed data and use it for exploration purposes, including the identification of new prospective areas for resources such as critical raw materials. The article also discusses existing examples of AI applications in geology – particularly in the oil and gas sector – and highlights potential risks related to data quality, model interpretability, and acceptance within the expert community. It emphasizes that the success of AI implementation depends on close collaboration between specialists and technical teams, as well as on phased approach to deployment. The paper aligns with current trends in the digital transformation of geosciences and serves as a starting point for further research based on advanced technologies.

Keywords: artificial intelligence in geology, machine learning applications, geological data integration, mineral and hydrocarbon exploration, digital geosciences

Sztuczna inteligencja (AI – ang. *artificial intelligence*) rewolucjonizuje przemysł i biznes, znajdując coraz szersze zastosowanie w wielu ich sektorach – od medycyny, przez finanse, po inżynierię. Automatyzacja procesów, analiza ogromnych zbiorów danych i precyzyjne prognozy to tylko niektóre z korzyści, jakich przysparza. Na podstawie dotychczasowych zastosowań tej technologii w geologii można stwierdzić, że umożliwiała ona prowadzenie bardziej efektywnych badań, szacowanie ilości zasobów oraz minimalizowanie ryzyka inwestycyjnego. Wykorzystanie sztucznej inteligencji otwiera nowe możliwości, zwiększa dokładność analiz i przyspiesza procesy decyzyjne.

Państwowa służba geologiczna (PSG), której funkcję pełni Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB), prowadząc przez ponad 100 lat działalność badawczą, zgromadziła i zarchiwizowała miliony danych geologicznych wraz z opisową informacją geologiczną. Dane te przez dekady były systematycznie dokumentowane i przechowywane w Narodowym Archiwum Geologicznym (NAG). Przyrost archiwalnej informacji geologicznej szczególnie intensywnie postępował w Polsce od lat 60. do 80. XX w., co było wynikiem szeroko zakrojonych programów wierceń badawczych i złożowych (ryc. 1). Lata 90. zapoczątkowały cyfrową rewolucję w archiwizacji, która nabrała dużego rozpędu w XXI w. Choć skala wierceń obecnie się zmniejszyła, liczba nowych rekordów wciąż pozostaje znacząca.

W związku z pracami PSG nad utrzymaniem i rozwijaniem działalności bazotwórczej i bazodanowej, pracownicy Oddziału Dolnośląskiego PIG-PIB zainicjowali projekt wdrożenia nowoczesnych narzędzi informatycznych do przetwarzania danych geologicznych. Celem tego przedsięwzięcia jest implementacja sztucznej inteligencji i metod uczenia maszynowego (ML – ang. *machine learning*) do

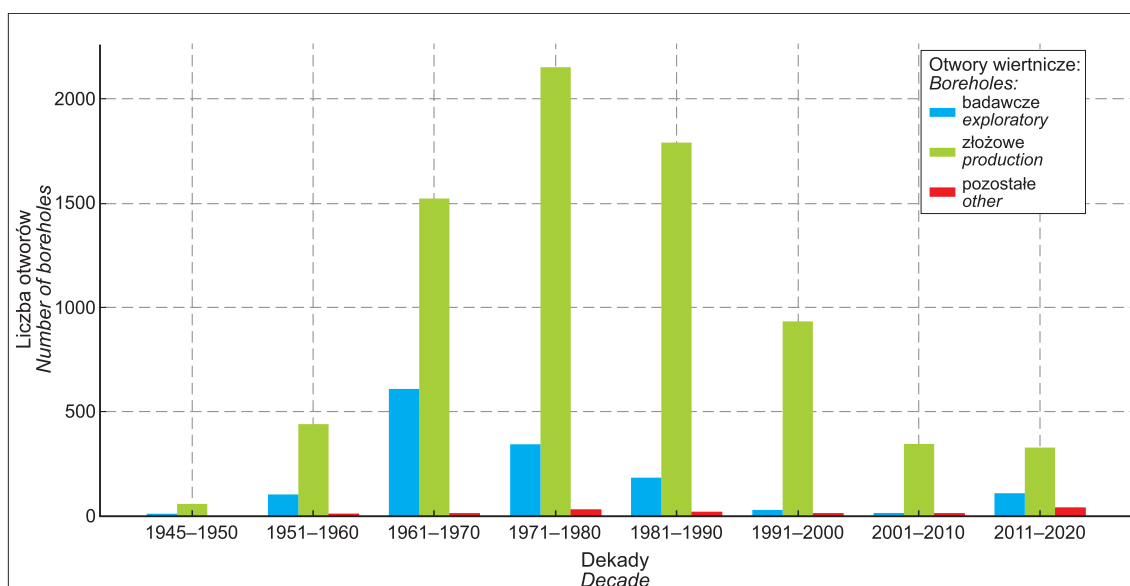
realizacji zadań w geologii. Projekt wdrożeniowo-badawczy zgłoszono w 2025 r. jako część kilkuletniej strategii rozwoju PSG. Warto podkreślić, że pierwsze prace wdrożeniowe AI i ML zostały już podjęte przez pracowników PIG-PIB (Fajfer i in., 2025).

Wdrożenie AI umożliwi integrację rozproszonych danych geologicznych i opisowych, co zwiększy ich użyteczność badawczą. W planowaniu działań szczególnie nacisk położono na analizę archiwalnych danych pochodzących z głębokich wierceń na obszarze Dolnego Śląska i monokliny przedsudeckiej. Analizą zostaną dane dane geofizyczne, litologiczne, petrograficzne, a także dane o przebiegu profili otworów i informacje opisowe z dokumentacji geologicznej. Oczekiwany wynikiem jest identyfikacja nieoczywistych zależności przestrzennych i parametrycznych oraz wskazanie potencjalnych obszarów występowania złóż surowców krytycznych, np. miedzi.

W ramach projektu są planowane testy narzędzi AI, a kluczowym jego elementem będzie adaptacja systemów AI do specyfiki zadań PSG. Zakłada się wykorzystanie takich środowisk programistycznych, jak *Python* wraz z biblioteką *TensorFlow*, a także narzędzi przetwarzania danych przestrzennych (*ArcGIS*) i systemów klasy HPC. Dzięki procesowi uczenia się sztucznej inteligencji możliwe będzie uzyskanie narzędzia zdolnego do efektywnego wspierania badań geologicznych.

Wdrażanie AI do realizacji nowych zadań jest procesem czasochłonnym, jednak liczne przykłady potwierdzają potencjał wykorzystania tego narzędzia w geologii. W geologii naftowej dużą skuteczność osiągnęło ML, szczególnie na dobrze rozwierconych polach, gdzie są dostępne obszerne zbiory danych. Przykładem może być formacja Meramec w USA (dolny karbon), gdzie AI zidentyfikowała tzw. *sweet spots* – strefy maksymalnej produktywno-

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Dolnośląski, al. Jaworowa 19, 53-122 Wrocław; przemyslaw.karcz@pgi.gov.pl; ORCID ID: 0000-0002-2932-6851



Ryc. 1. Liczba otworów wiertniczych o głębokości ponad 1000 m, odwierconych w latach 1945–2020. Kompilacja na podstawie danych z Centralnej Bazy Danych Geologicznych PIG-PIB

Fig. 1. Number of boreholes deeper than 1000 m, drilled from 1945 to 2020 inclusive. Compilation based on data from the Central Geological Database of the Polish Geological Institute – National Research Institute

ści w złożach niekonwencjonalnych (Sacrey, 2023). Innym przykładem jest formacja Barra Valha, rozwiercona na polu naftowym Mero w Brazylii. Dane te posłużyły jako poligon badawczy ML. Wyniki uzyskane z tego poligonu wykorzystano do analiz prowadzonych na obszarze Central Libra Area w Brazylii (Maas i in., 2023).

Wyniki badań wskazują, że AI i ML mogą być z powodzeniem stosowane także w obszarach słabiej rozwierconych, pod warunkiem wcześniejszego „treningu” algorytmów na obszarach dobrze udokumentowanych (Alshammasi i in., 2024). Potencjał zastosowań AI w geologii jest bardzo duży – od geologii naftowej, przez hydrogeologię i geotermię, po poszukiwania złóż węgla i surowców krytycznych. AI może analizować dane naftowe, petrofizyczne, geofizyczne i petrograficzne, osiągając wysoką jakość w interpretacji i obróbce informacji geologicznej (Cédric, 2024).

Kluczową rolę we współpracy ekspertów z systemami AI odgrywają ich doświadczenie i wiedza, które pozwalają efektywnie ukierunkować procesy uczenia maszynowego i stworzyć narzędzia wspomagające pracę badawczą. Potencjał ludzki PSG i wiedza geologów stanowią solidną podstawę do rozpoczęcia projektu AI. Inicjatywa Oddziału Dolnośląskiego PIG-PIB wpisuje się w aktualne wyzwania trzeciej dekady XXI w. i otwiera nowe perspektywy rozwoju geologii w Polsce. Jednak wdrażanie sztucznej inteligencji do nauk geologicznych, pomimo znaczącego potencjału tego typu rozwiązań, wiąże się z pewnym ryzykiem, które należy świadomie minimalizować. Jednym z głównych wyzwań jest jakość oraz spójność danych wejściowych, które w geologii są często niekompletne i rozproszone. Modele AI, szczególnie te polegające na uczeniu maszynowym, mogą generować pozornie precyzyjne prognozy, które nie mają geologicznego uzasadnienia, i dlatego należy je weryfikować. Przykładem potwierdzającym tę niepewność jest praca Chongchong i in. (2025), w której wskazano rozbieżności pomiędzy wynikami uzyskanymi z zastosowaniem metod AI/ML a rzeczywistymi wartościami pomiarowymi. Istnieje także ryzyko ograniczonej możliwości stosowania modeli poza obszarami treningo-

wymi. Bariera może być także brak akceptacji wyników przez specjalistów geologów, którzy mogą mieć ograniczone zaufanie do narzędzi tego typu. Z tego względu narzędzia te należy wdrażać stopniowo, włączając w ten proces interdyscyplinarne zespoły naukowców i dbając o jakość danych, interpretowalność modeli oraz ich zgodność z wiedzą ekspercką.

Serdecznie dziękuję Recenzentowi za wnikliwe uwagi i cenne sugestie, które przyczyniły się do udoskonalenia niniejszego artykułu.

LITERATURA

- ALSHAMMASI L., MERIDIJ J., BRADFORD CH. 2024 – Innovative Machine Learning based model to predict deep lateral log resistivity in high salinity muds. [W:] Mutti M., Al-Tawil A. (red.), Cross Regional Carbonates and Mixed Carbonate Systems Symposium. Guidebook of the Intern. Conf., 22–24 April 2024. AAPG Europe & Middle East Region, Palermo: 13.
- CÉDRIC M.J. 2024 – Enhancing Geological Interpretations: Leveraging Computer Vision and AI in Mixed Carbonate-Clastic Systems. [W:] Mutti M., Al-Tawil A. (red.), Cross Regional Carbonates and Mixed Carbonate Systems Symposium. Guidebook of the Intern. Conf., 22–24 April 2024. AAPG Europe & Middle East Region, Palermo: 49.
- CHONGCHONG Q., KECHAO L., TAO H., QIUSONG C., ZHANG L., LIYUAN C. 2025 – Modeling spatiotemporal hotspots and impact of cobalt contamination in European soils. *Environmental Technology & Innovation*, 39, 104307.
- FAJFER J., ROLKA M., KOSTRZ-SIKORA P. 2025 – Assessing the potential of secondary raw materials from hard coal and iron ore mining waste disposal sites using machine learning. *Geological Quarterly* 69, 14.
- MAAS M., MAAS RODRIGUES M.V., BEDLE H., CASTRO DE MATOS M. 2023 – Seismic identification of carbonate reservoir sweet spots using unsupervised machine learning: A case study from Brazil deep water Aptian pre-salt data. [W:] Ladner S., Turko M. (red.), Finding New Oil and Gas, the Old-Fashioned Way. Guidebook of the Intern. Conf., 7–10 October 2023. AAPG Midcontinent Sectional, Oklahoma City: 72.
- SACREY D. 2023 – Paradise Machine Learning Technology – Understanding the Sub-surface in Detail. [W:] Ladner S., Turko M. (red.), Finding New Oil and Gas, the Old-Fashioned Way. Guidebook of the Intern. Conf., 7–10 October 2023. AAPG Midcontinent Sectional, Oklahoma City: 54.

Praca wpłynęła do redakcji 11.06.2025 r.
Akceptowano do druku 21.08.2025 r.