



Prof. UAM dr hab. Marek Widera  
e-mail: widera@amu.edu.pl

Poznań, dnia 02-12-2023

## RECENZJA

dysertacji doktorskiej mgr. inż. Mateusza Łukaszewskiego,  
pt. „Wykorzystanie systemów samouczących w sejsmofacjalnej analizie danych sejsmicznych  
w strefach potencjalnego występowania konwencjonalnych i niekonwencjonalnych złóż  
węglowodorów”

Recenzję rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Mateusza Łukaszewskiego wykonano na prośbę Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Nauki o Ziemi i Środowisku, Pana prof. dra hab. inż. Jacka Matyszkiewicza, z dnia 28 września 2023 r. – znak pisma: WGGiOŚ-dz.0154-15/2023. Prośba ta była poprzedzona decyzją Rady Dyscypliny Naukowej Nauki o Ziemi i Środowisku Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie z dnia 25 września 2023 r. Promotorem recenzowanej pracy jest Pani prof. dr hab. Anna Świerczewska, a promotorem pomocniczym Pan dr Paweł Pomianowski.

### I. Formalna strona rozprawy

Od strony formalnej recenzowana dysertacja budzi tylko kilka drobnych zastrzeżeń, które można uznać częściowo za subiektywne. Jest to opracowana monografia napisana w języku polskim. Obejmuje ona aż 224 ponumerowane strony, 146 figur (w zdecydowanej większości kolorowych, ale niestety o dziwacznej numeracji, np. Ryc. 3-6), kilku tabel i schematu opisanych jako ryciny oraz 207 ponumerowanych pozycji literaturowych, głównie anglojęzycznych. Rozprawa składa się z 12 rozdziałów, których kolejność jest ogólnie poprawna. Jednak niektóre rozdziały i podrozdziały mogłyby być połączone (np. 1. Wstęp i 2. Wprowadzenie oraz 9.1. Podsumowanie i 9.2. Wnioski). Zastanawiające jest też pojawienie się rozdz. 7.5. Podsumowanie części metodycznej na str. 161, podczas gdy „metodyka prowadzonych badań” została opisana na stronach 74–109, czyli 52 strony wcześniej.

### II. Cel, celowość podjętych badań

Doktorant w podrozdziale 2.1 pisze o celowości podjętych badań w sposób zawoalowany, by nie powiedzieć sztuczny, jakby napisany przez, *nomen omen*, sztuczną inteligencję (AI – ang. *Artificial Intelligence*). Dowodzi tego już pierwsze zdanie w tym podrozdziale, cytując: „Potrzeba jako funkcja czasów, w których powstaje, podlega nieustannym modyfikacjom, pojawiając się na horyzoncie możliwości bieżącego stanu wiedzy i dostępności narzędzi”. Chociaż cel badań nie jest jasno sformułowany, to bez większego problemu można stwierdzić, co i po co Doktorant chce zrobić w recenzowanej rozprawie. Słowem, zgodnie z zaleceniami dla doktoratów wdrożeniowych, połączone zostały ze sobą elementy zarówno metodyczne, jak i poznawcze. Tak więc, Doktorant zamierzał wykorzystać odpowiednie grupy algorytmów ML (ang. *Machine Learning*) do lepszej i szybszej

interpretacji danych sejsmicznych na wybranym, NE obszarze polskiej części zapadliska przedkarpackiego. Stąd wybór obiektu badań (zdjęcie 3D ww. obszaru) o dobrze poznanej geologii otworami wiertniczymi i licznymi profilami sejsmiki 2D jest w pełni uzasadniony.

### III. Ogólna ocena rozprawy

W opinii recenzenta, oceniana dysertacja doktorska świetnie wpisuje się w światową, postępującą lawinowo ewolucję sztucznej inteligencji (AI). Na tym etapie jej rozwoju jest to proces nie do zatrzymania także w geologii, a zwłaszcza geofizyce, w tym w badaniach sejsmicznych. Doktorant na pewno zna się i potrafi korzystać z technik uczenia maszynowego (ML) do rozwiązywania określonych problemów badawczych. Uzasadnia to w pełni podjęcie się tak ambitnego zadania, określonego w tytule rozprawy.

Doktorant we właściwy sposób najpierw (rozd. 1) wyjaśnia czytelnikowi jaki jest zakres znaczeniowy AI i ML oraz czym różnią się algorytmy nadzorowanego i nienadzorowanego samouczenia się maszyn. Następnie (rozd. 5) podane są definicje, taksonomia i zastosowanie atrybutów sejsmicznych oraz systemów samouczących się w kontekście historycznym. Zdaniem recenzenta wszystkie te informacje zostały podane w sposób dostępny, krótki i zrozumiały. Jakość rycin jest dobra, a w przypadku większości czasowych profili sejsmicznych nawet bardzo dobra.

Doktorant wykorzystał metody badawcze i narzędzia interpretacyjne, które są właściwe w realizacji przedsięwzięć związanych z wykorzystaniem technik ML. W pierwszym przypadku chodzi o pogłębioną, w stosunku do tradycyjnej, interpretację danych sejsmicznych. Zaś w drugim przypadku o wykorzystanie jako podstawowego narzędzia interpretacyjnego platformy **Petrel 2019** firmy **Schlumberger** i szerokiego spektrum modułów analityczno-obliczeniowych, które zostały wymienione w podrozdz. 6.2. Na tym etapie kończy się kompetencja recenzenta do oceny poprawności wykorzystania wspomnianych narzędzi i uzyskanych przy ich pomocy wyników. Dlatego kwestie związane z oceną poprawności interpretacyjnej, wykonanej przez Doktoranta przy pomocy ML, zostawiam pozostałym dwóm recenzentom, bez wątplenia ekspertom w badaniach geofizycznych i strukturalnych.

W tym miejscu odniosę się jednak do opisu budowy geologicznej (rozd. 3), której lepsze poznanie jest przecież celem nadrzędnym wszelkich badań geofizycznych. Rozdział ten niestety nie jest napisany dobrze, gdyż zawiera liczne błędy językowe, niejasności i błędy merytoryczne. Oprócz błędów językowych i edytorskich (patrz niżej) co najmniej kilka zdań jest niezrozumiałych, mało logicznych (skrótów myślowe), np.:

- 1) „[...] z wieloma zatokami w północnej linii granicznej.” (s. 18).
- 2) „W podobnym schemacie powstał polski fragment ...” (s. 19).
- 3) „Korelację stratygraficzną pomiędzy nimi przez lata opierano o siedem mioceńskich pięter: ...” (s. 28).
- 4) „[...] kanału, który płynąc od strony NE ...” (s. 52) itd.

Z kolei najważniejszymi błędami merytorycznymi są:

- 1) Doktorant najpierw wspomniał o strukturach erozyjnych z przełomu paleogenu i wczesnego miocenu (powinno być paleogenu i neogenu – równe rangą jednostki), a następnie napisał, że związane one były z fazą laramijską (s. 18). Jeśli już to z fazą sawską,

a poza tym od ponad 10 lat odchodzi się od używania Stille'owskich nazw faz orogenicznych.

- 2) Nie należy mieszać jednostek stratygraficznych w podziale medyteriańskim – światowym (np. burdygał) i w podziale Centralnej Paratetydy – regionalnym (np. ottang) (s. 26).
- 3) Na s. 33. jest w górnym badanie (rozpoczęło się), powinno być w późnym badanie. Z kolei na s. 49. Doktorant napisał: „utwory wieku górnobadeńskiego ...”, a powinno być późnobadeńskiego, bo nie chodzi o skały, a o ich wiek – różnica między jednostkami geochronologicznymi i chronostratygraficznymi.
- 4) Doktorant źle przetłumaczył z angielskiego na polski lub odwrotnie termin ‘levee’, który nie oznacza odsypu bocznego (np. s. 49). Odsyp boczny najczęściej określane jest terminem ‘point bar’, zaś ‘levee’ to wał brzegowy lub przykorytowy (patrz ryc. 3-22). Nie ma też czegoś takiego jak spływy krewasowe (ang. ‘crevasse splays’) – powinno być stożki krewasowe za T. Zielińskim lub glify krewasowe za R. Gradzińskim (np. ryc. 8-2).

Pośród błędów o charakterze językowo-edytorskim, które występują w całym tekście recenzowanej dysertacji lub pojedynczo wymienić można:

- 1) Wspomniana już dziwaczna numeracja rycin, niestety również w tekście (w zdaniu) pisana jest błędnie wielką literą (cała praca).
- 2) Są Karpaty Zewnętrzne i Karpaty zewnętrzne, tj. raz wielką, a raz małą literą (np. s. 17).
- 3) Wielokrotne używanie kolokwializmów, np.: model wyodrębnia (s. 23), w trakcie (np. s. 16, 27, 28, 51), wyniki poparły... tezę (s. 31), seria osadowa... buduje (s. 37), człony budują osady (s. 38), w etapach (np. s. 19), oś subsydencji przeniosła się (s. 28) itd.
- 4) Nazwy struktur tektonicznych pisane są na 2–3 różne sposoby, np. blok Uszkowice-Lubaczów, blok Uszkowice – Lubaczów, blok Uszkowice - Lubaczów; obniżenie Futory-Cetynia, obniżenie Futory – Cetynia, (cała praca).
- 5) Prawie w całej pracy Doktorant używa niewłaściwego zestawienia nazw horst Ryszkowej Woli i rów Wielkich Oczu – powinno być horst Ryszkowej Woli i graben Wielkich Oczu, a najlepiej po polsku, tj. zrąb Ryszkowej Woli i rów Wielkich Oczu.
- 6) Na wielu rycinach brakuje objaśnień, np. na wizualizacjach przestrzennych nie objaśniono czerwonych linii/wydłużonych plam, tj. uskoków (patrz od ryc. 3-15).
- 7) Inne, szczegółowe błędy językowo-edytorskie (w tekście i na rycinach) są zbyt liczne, więc pozwolę sobie pominąć je w tej recenzji.

Podsumowując część geologiczną uważam, że jest ona najsłabszą stroną recenzowanej dysertacji. Bezkrytyczne podanie starszych i nowszych poglądów nie wyszło najlepiej, zaś błędy merytoryczne dowodzą, że Doktorant nie przywiązuje wystarczającej uwagi do obowiązujących w geologii standardów. Natomiast innych, zbyt licznych błędów językowo-edytorskich i niejasności można było, a nawet należało, łatwo uniknąć.

Recenzowana rozprawa ma też swoje walory. Za największy uważam podjęcie się zadania wymagającego zarówno wiedzy teoretycznej, jak i praktycznej. W pierwszym przypadku chodzi o znajomość „ogromnej” liczby publikacji, głównie anglojęzycznych, na temat AI i ML, w tym ich wykorzystania w geofizyce poszukiwawczej, oraz umiejętność posługiwania się zaawansowanym oprogramowaniem komputerowym. Zaś w drugim przypadku, potwierdzeniem jest zaangażowanie Doktoranta w prace sejsmiczne 3D Uszkowice i Wielkie Oczu (poz. w bibliografii 105 i 106).

Jestem wręcz zauroczony jakością czasowych profili sejsmicznych 2D i ich przestrzennej wizualizacji 3D. Pozwalają one z jednej strony w sposób niebudzący wątpliwości zidentyfikować deformacje tektoniczne, po części też kompakcyjne. Natomiast z drugiej strony, prezentowane przez Doktoranta przykłady interpretacji uzyskanych wyników dają nowe możliwości identyfikacji i uszczegółowienia znanych i nieznanymi dotychczas paleoform rzeźby terenu, takich jak: stożków (megastożków) napływowych (np. ryc. 3-11), czy układu dystrybucyjnego systemu fluwalnego, w tym wzoru koryt oraz pozycji wałów brzegowych i stożków krewasowych, a przede wszystkim stożków terminalnych (ang. 'terminal splays').

Na koniec chciałbym, w kontekście pojawiających się niejasności i błędów w manuskrypcie rozprawy doktorskiej, żeby Doktorant zastanowił się i rozwiął moje wątpliwości w czasie publicznej obrony. Oczekuję więc odpowiedzi na dwa następujące pytania:

- 1) Jaka jest geneza badanego obiektu wyjaśniając krótko położenie i powstanie jego elementów: kanału głównego, kanałów dystrybucyjnych, wałów brzegowych i stożków krewasowych?
- 2) Jakie mogą być zagrożenia stosowania systemów samouczących (ML) w geologii na przykładzie badań sejsmicznych?

#### IV. Ocena końcowa rozprawy doktorskiej

Recenzowany doktorat wdrożeniowy Pana mgr. inż. Mateusza Łukaszewskiego oceniam pozytywnie. Wykonane przez Doktoranta badania mają przede wszystkim walory aplikacyjne i być może będą istotnym wkładem w rozwój metodologii sejsmicznych poszukiwań węglowodorów. Wykorzystanie systemów samouczących (ML) w geofizyce wpisuje się w światowy trend gwałtownego rozwoju sztucznej inteligencji.

Doktorant w znacznym stopniu osiągnął ambitne cele badawcze jakie sobie postawił. Zafascynowany możliwościami ML (takie wrażenie odniósł recenzent) Doktorant nieco mniej uwagi poświęcił innym kwestiom oraz krytycznemu podejściu do ww. postępu technologicznego. Stąd m.in. wynikają wyżej przedstawione uwagi krytyczne, które jednak łatwe są do usunięcia w przypadku publikacji fragmentów dysertacji, do czego gorąco zachęcam.

Jak przystało na doktorat wdrożeniowy Doktorant skoncentrował się głównie na kwestiach, które mogą znaleźć praktyczne zastosowanie, np. przez PGNiG S.A. Natomiast moje uwagi krytyczne dotyczyły przeważnie kwestii ogólnogeologicznych, językowych i edytorskich. Mam tylko nadzieję, że ich wskazanie przyda się Doktorantowi w przyszłości.

Ważąc wszystkie zalety i wady recenzowanej dysertacji doktorskiej stwierdzam, że odpowiada ona wymogom Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r., Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U., 2023 r., poz. 742). W związku z powyższym wnioskuje o dopuszczenie Pana mgr. inż. Mateusza Łukaszewskiego do kolejnych etapów przewodu doktorskiego.