

Wrocław, dn. 16.11.2021 r.

Prof. dr hab. inż. Jan Butra

Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii
Politechnika Wrocławska

Recenzja pracy doktorskiej
mgr inż. Dominika Galicy
„Cyfrowy model geologiczny złoża jako narzędzie wspomaganie decyzji
w działalności kopalni węgla kamiennego”

Wstęp

Niniejsza recenzja została napisana na podstawie pisma Dyrektora Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk - prof. dr hab. inż. Krzysztofa Galosa, z dnia 26.10.2021 r. (AO-520-6/16) i odpowiada, czy oceniana rozprawa spełnia warunki określone w Ustawie „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. Nr 65, poz. 595, Dz. U. z 2005 r. Nr 164, poz. 1365, Dz. U. z 2011 r. Nr 84, poz. 455). Analizując treść rozprawy oraz potencjalne aplikacje uważam, że tematyka pracy mieści się w obszarze dyscypliny naukowej górnictwo i geologia inżynierska.

Ocena wartości naukowej pracy

Zgodnie z wymogami Ustawy „O stopniach naukowych i tytule naukowym...” rozprawa doktorska „...ma stanowić oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego oraz wykazać... ogólną wiedzę teoretyczną w danej dyscyplinie naukowej i umiejętność samodzielnego prowadzenia” przez Doktoranta „...pracy naukowej”.

Podjęcie decyzji w przemyśle wydobywczym wymaga rozwiązywania złożonych, problemów obejmujących aspekty geologiczne, techniczne, ekonomiczne, środowiskowe, prawne, społeczne i polityczne. Pod uwagę muszą zostać wzięte rozmaite cele, wymagania interesariuszy oraz ryzyko związane z samą inwestycją, jak również z jej otoczeniem. Działania podejmowane w fazie przedinwestycyjnej nie wymagają istotnych nakładów finansowych, natomiast błędy popełnione, na tym etapie, jak również brak kompleksowego podejścia do planowania inwestycji mogą skutkować nieefektywnością kolejnych etapów procesu inwestycyjnego. Czynniki te powodują, że zapotrzebowanie na narzędzia wspomagające decyzję w przemyśle wydobywczym jest bardzo duże.

Celem rozprawy mgr inż. Dominika Galicy było opracowanie metodyki, prowadzącej do wskazania najlepszego wariantu zagospodarowania i eksploatacji złoża węgla kamiennego z wykorzystaniem rozległej wiedzy na temat jego budowy geologicznej, jakości kopaliny i szeroko rozumianych skutków, jakie spowoduje przyszła eksploatacja. Stopień złożoności tej problematyki wymagał sformułowania kompleksowego, metodycznego podejścia badawczego. Posłużyła temu wielokryterialna metoda wspomaganie decyzji wraz z wariantowymi symulacjami eksploatacji przygotowanymi na podstawie cyfrowego modelu geologicznego złoża. Doktorant dokonał przeglądu literatury w celu zbadania stanu wiedzy w zakresie metod modelowania złóż pokładowych, wykorzystania cyfrowych modeli geologicznych w planowaniu górnictwie oraz zastosowania wielokryterialnych metod wspomaganie decyzji w górnictwie. Wykazał, że jednym ze sposobów poprawy gospodarki złożem może być zastosowanie metod modelowania komputerowego do opisu struktury i jakości złóż oraz do symulacji procesów technologicznych związanych z ich eksploatacją. Badania literaturowe wykazały, że uporządkowane i systematyczne podejście proponowane przez metodę AHP/ANP (Analytic Hierarchy Process / Analytic Network Process) pozwala rozwiązywać złożone problemy decyzyjne w wielu dziedzinach badań, w tym także w górnictwie.

Powyższe spostrzeżenia skłoniły Doktoranta do sformułowania następującej tezy: **„Istnieje możliwość wykorzystania cyfrowego modelu geologicznego złoża do wspomaganie decyzji na różnych etapach działania kopalni. Wybór najbardziej korzystnego wariantu eksploatacji możliwy jest przy wsparciu procesów decyzyjnych metodami wielokryterialnymi.”** Mgr inż. Dominik Galica zaproponował metodykę wyboru najlepszego sposobu zagospodarowania złoża węgla kamiennego łączącą metody wielokryterialne rozwiązywania problemów decyzyjnych z wykorzystaniem wariantowych symulacji eksploatacji, które przygotował na bazie cyfrowego modelu geologicznego złoża. Metodyka procesu badawczego związanego z wyborem sposobu zagospodarowania złoża objęła cztery kluczowe etapy:

- Etap I: Charakterystyka problemu decyzyjnego.
- Etap II: Konstrukcja wariantów zagospodarowania złoża.
- Etap III: Wybór kryteriów oceny.
- Etap IV: Budowa modeli hierarchicznych AHP BOCR oraz ocena i ranking wariantów przy pomocy analizy SWOT.

Weryfikacja opracowanej przez Doktoranta metodyki obejmowała analizę możliwości zagospodarowania perspektywicznego złoża węgla kamiennego położonego w sąsiedztwie istniejącej kopalni. Mgr inż. Dominik Galica opracował cyfrowy model wielopokładowego złoża węgla kamiennego oraz skonstruował siedem wariantów jego zagospodarowania na podstawie przyjętych kryteriów środowiskowych oraz geologiczno-technicznych. Następnie określił spójną rodzinę kryteriów oceny analizowanych wariantów zagospodarowania złoża. Zgodnie z przyjętą metodą

Doktorant opracował cztery modele hierarchiczne korzyści (B), szans (O), kosztów (C) oraz ryzyk (R). Dla ustalenia pozycji oraz rozpoznania typów strategii rozwojowych analizowanych wariantów eksploatacji zastosował punktową analizę SWOT, w której czynniki odpowiednio odpowiadają skwantyfikowanym czynnikom analizy BOCR. Rezultatem przeprowadzonych badań był ranking analizowanych wariantów zagospodarowania złoża ze wskazaniem najbardziej atrakcyjnych.

Moim zdaniem, cel pracy został prawidłowo sformułowany i uważam, że został osiągnięty. Pozytywnie oceniam również przedstawienie przez Doktoranta modelu procesu badawczego, charakteryzującego jego poszczególne etapy i wybrane metody badawcze. Świadczy to o umiejętności prowadzenia pracy naukowej.

Po analizie rozprawy mogę stwierdzić, że jej Autor konsekwentnie realizował zadania badawcze i zmierzał do osiągnięcia celu. Moim zdaniem, opracowanie metodyki wyboru sposobu zagospodarowania złoża węgla kamiennego łączącą metody wielokryterialne rozwiązywania problemów decyzyjnych z wykorzystaniem wariantowych symulacji eksploatacji, które wykonane są na bazie cyfrowego modelu geologicznego złoża i jej zweryfikowanie na perspektywicznym złożu węgla kamiennego można uznać za wkład Autora pracy w rozwój dyscypliny naukowej Górnictwo i Geologia Inżynierska.

Podsumowując tę część recenzji stwierdzam, że praca doktorska mgr inż. Dominika Galicy zasługuje na pozytywną ocenę pod względem wartości naukowej. Uważam, że Autor w sposób prawidłowy, na podstawie badań wstępnych, sformułował problem badawczy, a następnie - dla jego rozwiązania - przyjął odpowiedni cel i tezę badawczą. Ponadto, w sposób prawidłowy przedstawił model procesu badawczego. Według mnie, realizacja poszczególnych etapów procesu badawczego, z wykorzystaniem opracowanej metody, doprowadziła Doktoranta do osiągnięcia celu pracy. Autor pracy wykazał się także umiejętnością syntetycznego podsumowania odnosząc się do celu pracy i postawionej tezy.

W mojej opinii, podjęty problem badawczy jest aktualny, przedstawione wyniki pracy są oryginalne i stanowią wkład ich Autora w rozwój dyscypliny naukowej Górnictwo i Geologia Inżynierska. Ponadto mają one istotne znaczenie dla badaczy, projektantów i praktyków w kopalniach oraz w przedsiębiorstwach górniczych.

W nawiązaniu do rozważań naukowych zawartych w pracy, proszę jej Autora o odniesienie się do następujących pytań:

- Jak w opracowanej metodzie określana jest wielkość próby i reprezentatywność ekspertów w poszczególnych dziedzinach (górnictwo, geologia, ekonomia, inżynieria środowiska i in.) do badań ankietowych?
- Czy w przeprowadzonych badaniach ankietowych pominięcie ekspertów z przemysłu wydobywczego mogło mieć wpływ na obliczone priorytety (wagi) dla kryteriów i ich rozwinięcia dla każdego z modeli?

- Czy opracowana w rozprawie metodyka wspomagania decyzji może być wykorzystana w strategii działania kopalń operujących na złożach stratoidalnych ?

Ocena merytoryczna i formalna rozprawy

Pozytywnie oceniam układ pracy, którego kompozycja jest logiczna. W pracy obejmującej łącznie 200 stron, znajdują się: strona tytułowa, streszczenie w języku angielskim, spis treści, wykaz skrótów i symboli, 8 rozdziałów z wprowadzeniem oraz podsumowaniem i wnioskami, spisy: literatury, tabel, rysunków. Uważam, że poszczególne części rozprawy, mają odpowiednie proporcje (objętość) i - co najważniejsze - tworzą zwartą całość odnoszącą się do treści wyrażonej w tytule pracy, a także do jej celu i przedstawionego modelu procesu badawczego.

Wprowadzenie przedstawia przesłanki do podjęcia badań, a także krótki opis zawartości pracy.

W rozdziale 2, Autor zdefiniował problem badawczy polegający na wyborze najlepszego wariantu zagospodarowania złoża węgla kamiennego, z wykorzystaniem pełnej wiedzy geologicznej zgromadzonej w cyfrowym modelu złoża. Przedstawił cel rozprawy i sformułował tezę badawczą: „Istnieje możliwość wykorzystania cyfrowego modelu geologicznego złoża do wspomagania decyzji na różnych etapach strategii działania kopalni. Wybór najbardziej korzystnego wariantu eksploatacji możliwy jest przy wsparciu procesów decyzyjnych metodami wielokryterialnymi.

Rozdziały 3,4 i 5 to przegląd literatury. Rozdział 3 wskazuje na istotną rolę jaką odgrywa cyfrowe modelowanie geologiczne w dokumentowaniu budowy geologicznej złóż oraz określeniu ilości i jakości zasobów kopaliny. Modelowanie złóż jest standardem wymaganym przez instytucje finansowe celem określenia wykonalności i oceny ekonomicznej projektów geologiczno-górnich. Stopniowo staje się również narzędziem wspomagającym prowadzenie dokumentacji geologicznej oraz tworzenie operacyjnych i strategicznych planów w zakładach górniczych. Autor syntetycznie przedstawia w nim podział cyfrowych modeli geologicznych złóż, etapy geologicznego modelowania złóż oraz cyfrowe modelowanie złóż węgla kamiennego z uwzględnieniem warunków zalegania złóż w Polsce. Akcentuje, że w warunkach zalegania polskich kopalń węgla kamiennego modele koncentrują się na modelowaniu pokładów za pomocą modeli siatkowych. Rozdział 4 przedstawia opis planów działalności górniczej w zależności od hierarchii ważności, poziomu szczegółowości analizy oraz zakresu czasowego. Do oceny planów działalności górniczej stosowane są różnego rodzaju kryteria ekonomiczne, w tym najczęściej kryteria dynamiczne. Zaprezentowane przykłady wskazują, że symulacje opracowane przy wykorzystaniu cyfrowego modelu złoża pozwalają na różnych etapach procesu eksploatacji, w sposób spójny i szczegółowy, tworzyć i charakteryzować

warianty przyszłego działania. Warianty te są podstawą do oceny wariantów według wybranej metody wielokryterialnej wspomaganie decyzji.

Rozdział 5 stanowi przegląd metod wielokryterialnych rozwiązywania problemów decyzyjnych w działalności górniczej. Przedstawia charakterystykę wybranej metody hierarchicznej analizy problemu decyzyjnego AHP i wskazuje, że jest ona najczęściej używana, gdyż pozwala rozwiązywać problemy wielokryterialne poprzez ich redukcję do serii porównań parami, które wykonywane są przez ekspertów. Z kolei analiza SWOT z wykorzystaniem modelu BOCR (korzyści, koszty, szanse, ryzyko) opartej na metodzie AHP pozwala wskazać pozytywne i negatywne aspekty poszczególnych wariantów oraz określić ich pozycję strategiczną i wskaźnik prawdopodobieństwa sukcesu strategicznego.

Rozdział 6 przedstawia metodykę wyboru najlepszego sposobu zagospodarowania złoża węgla kamiennego za pomocą wielokryterialnych metod wspomaganie decyzji z wykorzystaniem wariantowych symulacji eksploatacji, przygotowanych na podstawie cyfrowego modelu geologicznego złoża. Obejmuje ona cztery główne etapy:

- rozpoznanie istotnych cech problemu decyzyjnego oraz zjawisk towarzyszących,
- konstrukcję wariantów zagospodarowania złoża z wykorzystaniem modelu złoża i przeprowadzenie symulacji eksploatacji wraz z oceną ekonomiczną i oceną wpływu na środowisko,
- określenie kryteriów oceny analizowanych wariantów zagospodarowania złoża,
- oceny wariantów przy pomocy analizy SWOT z wykorzystaniem modelu AHP złożonego z czterech modeli hierarchicznych dla analizy korzyści (B), możliwości (O), kosztów (C) oraz ryzyka (R). Obliczone zostają, przy udziale ekspertów, priorytety (wagi) dla kryteriów i ich rozwinięć dla każdego z modeli. Następnie warianty porównywane są parami względem poszczególnych kryteriów i szeregowane według wartości współczynnika uzyskanego na podstawie formuły multiplikatywnej (BO/CR). Wariant, dla którego stosunek iloczynu wartości grup pozytywnych do iloczynu grup negatywnych ma największą wartość, uznawany jest za najlepszy. Modele B, C, O i R wykorzystane są również w analizie SWOT, stanowiącej podstawę do określenia pozycji strategicznej i identyfikacji typów strategii rozwojowych.

Rozdział 7 przedstawia zastosowanie opracowanej metodyki do rozwiązania problemu decyzyjnego związanego z wyborem optymalnego sposobu zagospodarowania perspektywicznego złoża węgla kamiennego położonego w sąsiedztwie istniejącej kopalni. Rezultatem przeprowadzonych badań był ranking analizowanych siedmiu wariantów zagospodarowania złoża.

Ostatni rozdział 8 rozprawy zawiera krótkie podsumowanie i zestawienie osiągniętych wyników badań w postaci wniosków, odnoszących się do celu pracy, a także rekomendacje odnoszące się do wykorzystania opracowanej metodyki wyboru najlepszego sposobu zagospodarowania złoża.

Rozprawa została starannie zredagowana. Język pracy spełnia wymogi naukowości, m.in. jest fachowy i zawiera odwołania do wyników badań zawartych w literaturze przedmiotu. Bardzo pozytywnie oceniam stronę ilustracyjną rozprawy. Uważam, że rysunki i tabele są czytelne, prawidłowo opracowane i wspomagają interpretację przedstawionych wyników. Znajdują się w niej jedynie nieliczne błędy literowe i interpunkcyjne.

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa posiada poprawny układ formalny. Zawiera wszystkie niezbędne elementy swojej struktury przynależne pracom naukowym.

Wnioski końcowe

Pozytywna ocena wartości naukowej oraz strony formalnej pozwala mi na stwierdzenie, że rozprawa doktorska mgr inż. Dominika Galicy: „Cyfrowy model geologiczny złoża jako narzędzie wspomagania decyzji w działalności kopalni węgla kamiennego ” odpowiada warunkom określonym w art. 13 ust.1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, w związku z art. 179 ust. 2 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym.

Stwierdzam, że mgr inż. Dominik Galica wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie naukowej Górnictwo i Geologia Inżynierska, a także umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Na podstawie przeprowadzonych badań wstępnych, prawidłowo sformułował problem naukowy, wyznaczył cel pracy oraz tezę badawczą dla jego osiągnięcia. Dla rozwiązania problemu badawczego, przedstawił model procesu badawczego, charakteryzując jego poszczególne etapy oraz przyjęte metody badawcze. Na tej podstawie zrealizował cały proces badawczy, a uzyskane w jego toku wyniki pozwoliły mu na sformułowanie wniosków oraz rekomendacji. Opracowana metodyka wykorzystująca cyfrowy model geologiczny złoża jako narzędzie wspomagania decyzji ma również dużą znaczenie aplikacyjne, gdyż istnieje możliwość jej wykorzystania w planowaniu produkcji w kopalniach oraz procesach zarządczych przedsiębiorstw górniczych.

Recenzowana praca doktorska spełnia także wymagania formalne. Ma właściwy, logiczny układ, jest starannie zredagowana i napisana językiem dyskursu naukowego. Ponadto ma poprawnie opracowany materiał ilustracyjny, a także prawidłowo dobraną literaturę i materiały źródłowe.

Doktorant spełnia ustawowe wymogi uzasadniające nadanie Mu stopnia doktora nauk technicznych, toteż wnoszę do Rady Naukowej Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN przyjęcie recenzowanej pracy doktorskiej i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Uważam, że recenzowana praca doktorska stanowi oryginalne i istotne osiągnięcie naukowe mgr inż. Dominika Galicy oraz posiada duże możliwości aplikacyjne, w związku z tym, wnioskuję o jej wyróżnienie.

