

Dr hab. inż. Jan Szybka prof. AGH
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Akademia Górniczo-Hutnicza
30-059 Kraków
Al. Mickiewicza 30

Kraków, 23.11.2021 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr inż. Rafał Polak
nt: Modele symulacyjne w wielokryterialnej analizie procesu transportu
urobku w kopalniach poziomych
(Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią
Polska Akademia Nauk)

1. Informacje wstępne

Recenzję wykonałem na zlecenie Rady Naukowej Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk w Krakowie z dnia 26.10.2021 r. (nr pisma AO-520-11/16).

W dniu 28 października 2021 r. otrzymałem ww. pracę doktorską składającą się z 8 rozdziałów i zawierającą 231 strony maszynopisu w tym:

- wykaz literatury (187 pozycji),
- 121 rysunków i wykresów,
- 17 tabel.

2. Analiza tematyki rozprawy

Problematyka analizy procesu transportu urobku w kopalniach poziomych jest problematyką ważną zarówno z praktycznego jak i teoretycznego punktu widzenia. Problematykę tę można rozpatrywać z wielu punktów widzenia na przykład ze względu na:

- minimalizację kosztów eksploatacji,
- maksymalizację efektów funkcjonowania,
- utrzymanie wysokiego wskaźnika gotowości,
- modernizację sposobów funkcjonowania,
- podtrzymywanie wysokiej niezawodności eksploatacyjnej systemów technicznych itd.

Autor podjął się odpowiedzialnego zadania opracowania modeli symulacyjnych wspomagających procesy decyzyjne w projektowaniu i zarządzaniu systemem transportu urobku w kopalniach podziemnych z uwzględnieniem losowego charakteru procesu dostawy. Analizował ten problem z zastosowaniem wielokryterialnej oceny procesu transportowego. Wykorzystywane w rozwiązywaniu problemu, modele symulacyjne, Rekurencyjny Model

Symulacyjny (RMS) i Interakcyjny Model Symulacyjny (IMS), które opracował i weryfikował na przykładzie rzeczywistych danych uzyskanych z funkcjonujących kopalń (przede wszystkim węgla kamiennego), dodając czynniki losowe w celu uniemożliwienia ujawnienia danych zastrzeżonych dla przedsiębiorstw. Z tego względu zagregowane dane, zestawienia, założenia operacyjne i plany produkcyjne kopalń nie zostały przedstawione, ale nie ma to wpływu na wyniki przeprowadzonych analiz w pracy.

Po wprowadzeniu (rozd. 1), przedstawił w rozdziale 2 bardzo obszerną i wnikliwą analizę literaturową badanego zagadnienia zwracając szczególną uwagę na opracowania z zakresu modeli symulacyjnych stosowanych w analizie procesów transportu urobku w górnictwie w latach od 1965 r. do 2019 r. Wyniki studium literaturowego przedstawił w formie kilku tabel z własnym ustosunkowaniem się odnośnie stosowanych środków transportowych, wykorzystywanych narzędzi informatycznych, miejsca zastosowania, wyróżnił techniki symulacji i określił stosowane w tych pracach kryteria analityczne. Tabele porządkują stan wiedzy z zakresu badań symulacyjnych stosowanych w zarządzaniu procesami transportu urobku. Wśród kryteriów oceny wyróżnił niezawodność co świadczy o słusznym dowartościowaniu losowego przebiegu procesów transportowych. Studium literaturowe uzupełnił o pozycje dotyczące modeli symulacyjnych stosowanych poza górnictwem podziemnym. Powyżej scharakteryzowane podejście do analizy literaturowej wpłynęło na sposób opracowania pracy doktorskiej i modeli symulacyjnych zastosowanych w wielokryterialnej ocenie procesów transportu urobku. Bogaty dorobek naukowy z tego zakresu został przez Autora czytelnie i w sposób kompleksowy przedstawiony w pracy.

Kolejnym elementem pracy, poprzedzającym sformułowanie celu i tezy pracy, jest identyfikacja zastosowań modeli symulacyjnych w górnictwie i sformułowanie kryteriów użytecznych w ocenie procesów transportu urobku w kopalniach podziemnych.

Znaczną część pracy Autor poświęcił na charakterystykę procesu transportu urobku w kopalniach obejmującą techniczne środki nadawy i urządzenia transportowe (rozdział 3).

Tematyka rozdziału 4 dotyczy technik symulacyjnych wykorzystywanych w modelowaniu procesów transportu stosowanego w górnictwie w celu opracowania, weryfikacji i walidacji wybranych modeli symulacji.

Podstawowy fragment pracy został przedstawiony w rozdziale 5. Autor zilustrował w nim opracowane modele rekurencyjne (RMS) i interakcyjne (IMS) proponowane do zastosowania, by zrealizować cel pracy i zweryfikować tezę pracy.

Metodykę badań i analizę wielokryterialną opisał w rozdziale 6. Rozdział ten ma na celu uzasadnić aplikacyjny aspekt pracy zastosowania opracowanych modeli symulacyjnych (RMS) i (IMS) w zakresie decyzyjnego wsparcia planowania i realizacji procesów transportowych.

Rozdział 7 dotyczy walidacji opracowanych modeli symulacyjnych. W tym celu wykorzystano w większości rzeczywiste dane otrzymane z kopalń z zastrzeżeniem, o którym wspomniano na początku rozdziału 2 niniejszej recenzji. Wyniki walidacji i analizy wielokryterialnej zamieszczono w formie zbiorczej w tabeli. Przedstawiono w niej wyniki badań wydajności i efektywności, niezawodności oraz technologicznych właściwości procesu transportowego.

Zakończeniem pracy jest rozdział 8 będący podsumowaniem i wnioskami wynikającymi z przeprowadzonych analiz.

Po rozeznaniu literaturowym i scharakteryzowaniu zalet i wad stosowanych w praktyce modeli Autor sformułował cel i zakres rozprawy doktorskiej.

3. Merytoryczna ocena pracy

Autor sprecyzował w rozprawie następujący **cel pracy**:

„ Opracowanie modeli symulacyjnych kopalni, pozwalających na wielokryterialną ocenę procesów transportu urobku ”.

Sformułował cele cząstkowe obejmujące:

- „właściwe kryteria analityczne i zakres użycia poszczególnych modeli symulacyjnych”,
- „metodykę realizacji badań symulacyjnych procesów transportowych w kopalni podziemnej uwzględniającą zakres użycia i współpracy opracowanych modeli”.

Hipotezę badawczą przedstawił następująco:

„istnieje możliwość opracowania i zastosowania modeli symulacyjnych dla potrzeb wielokryterialnej analizy procesów transportu urobku, co będzie stanowić nowy, istotny element wsparcia decyzyjnego w zakresie oceny warunków funkcjonowania i doskonalenia istniejących oraz projektowanych systemów jego odstawy w kopalni podziemnej”.

Zakres rozprawy wynikał z celów pracy i sformułowanej hipotezy, które sprowadzały się do przyjęcia założeń, budowy modeli symulacyjnych, weryfikacji i walidacji tych modeli w ujęciu wielokryterialnej oceny procesów transportu urobku oraz opracowania wniosków.

Przyjęte założenia do budowy modeli symulacyjnych podzielone są na następujące grupy tematyczne i dotyczą:

- charakterystyk procesów transportu urobku w kopalniach podziemnych,
- analizy modeli symulacyjnych procesów transportowych,
- metodyk badań i przeprowadzenia analizy wielokryterialnej,
- oceny wielokryterialnej wyników przeprowadzonych symulacji.

Oceniając ich wartość merytoryczną stwierdzam, że przyjęte **założenia i przeprowadzone analizy spełniają stosowane w tego typu badaniach standardy, struktura treści pracy jest logicznie uporządkowana, a zamieszczone opisy są obszernie i stanowią czytelne i wyczerpujące prezentacje problemów przedstawionych przez Autora.**

Obszerność i zarazem szczegółowość treści pracy (231 stron) ma swoje zalety ale prowadzi do rozmycia idei przewodniej. Nadanie współczynników wagi przedstawianym problemom odbywa się przez wprowadzanie zróżnicowanego stopnia uogólnienia zamieszczanych treści, ale takie podejście trudno zauważyć w pracy.

W tej pracy, każdy fragment analizowanego problemu jest dokładnie opisany, co świadczy o znaczącym, merytorycznym zaangażowaniu Autora i dużym wkładzie pracy w jej opracowanie.

Zasadniczy zarzut jaki stawia Autor dotychczasowym opracowaniom dotyczącym systemów transportowych jest ich wybiórczość i koncentracja na wybranych aspektach oceny efektywności funkcjonowania, a równocześnie braku zagregowanych, wielokryterialnych ocen tych procesów. Zakłada, że niniejsza praca wypełni tę lukę. Stwierdzenie to jest słuszne ale można zadać pytanie czy istnieją inne możliwości wielokryterialnych ocen procesów transportowych. Sam wspomina na 211 stronie pracy o metodach rankingowych AHP, ANP, ELECTRE III, PROMETHEE II (i inne) ale nie ocenia ich użyteczności w zakresie rozwiązywanego problemu.

Kolejna wątpliwość sformułowana przez Autora to braki w zakresie wykorzystania modeli symulacyjnych jako narzędzi ciągłego wsparcia decyzyjnego w zarządzaniu procesami transportu urobku.

Również z tego względu w niniejszej pracy doktorskiej opracowano symulacyjne metody wspomaganie decyzji RMS i IMS, które mogą stanowić elementy nowości i być przyczynkiem w rozwoju metod symulacji stosowanych w górnictwie podziemnym.

Przed sformułowaniem podstawowego i częściowych celów pracy oraz hipotezy Autor wyszczególnił jeszcze inne przesłanki, które miały wpływ na powstanie i kształt niniejszej pracy doktorskiej. Czynnikiem tych jest więcej ale moim zdaniem wyżej wymienione cele są wystarczające by uznać, że praca zawiera elementy nowości i wnosi wkład w rozwój metod symulacyjnych wspomaganie decyzji w wielokryterialnej ocenie procesów transportu urobku.

Na etapie pragmatycznego wykorzystania metod opracowanych w pracy Autor mógł wykazać jak zmiana parametrów wejściowych wpływa na końcowe wyniki analizy wielokryterialnej (przeprowadzić tzw. ocenę wrażliwości modelu).

Autor w tabeli 7.3 przedstawił wyniki przeprowadzonej analizy wielokryterialnej. Między innymi zamieścił wyniki badań niezawodnościowych. Wielokrotnie wspomina w pracy o niezawodności jako jednym z głównych kryteriów ocen procesów transportowych, jednak nie zamieścił informacji jak interpretuje tę niezawodność. Nie opisuje jakie charakterystyki niezawodnościowe wykorzystuje w pracy i jak wyznacza ich wartości. Przykładem są wykresy dystrybucji na rysunkach 3.15, 3.16, 3.32, 3.33, 3.37, 3.42 i 3.45. Na tych wykresach dystrybuanty przyjmują wartości równe 1, a jak wiadomo w badaniach niezawodnościowych tak przeprowadza się obliczenia, by dystrybuanty zmierzały asymptotycznie do tej wartości i nie były równe 1. Na rysunku 3.24 przedstawił zależności korelacyjne wypełnienia zbiorników bez podania zależności według, której przeprowadzono obliczenia. Nie wyjaśnił dlaczego dla wydobywania w przypadku awarii dowolnego obiektu ($t_{obs}=18000s$) [Mg] dwukrotnie zamieścił wyniki w tabeli, które różnią się między sobą w poszczególnych wariantach pomimo, że dotyczą tak samo oznaczonego przypadku. Identyczna uwaga dotyczy kryterium wstrzymania odbioru w wyżej wymienionej tabeli.

Problem przestrzegania zasad poprawności terminologicznej obowiązuje w analizach naukowych, a szczególnie jest wymagany w rozprawach doktorskich. Autor w pracy wielokrotnie nadużywa znaczenia terminu procesy stochastyczne, które wprowadza jako określenie losowego charakteru zjawisk. Znane są różne procesy stochastyczne i stosując ten termin należy te procesy zdefiniować.

Ze względów merytorycznych budowane modele nie budzą zastrzeżeń, ale niektóre wykresy na rysunkach powinny być uzupełnione zależnościami analitycznymi wyznaczającymi przebieg zmiennych.

Reasumując uwagi należy podkreślić, że Autor zrealizował zaplanowane zadania i osiągnął zamierzone cele pracy nie popełniając znaczących błędów merytorycznych mających wpływ na uzyskane w pracy doktorskiej wyniki.

W rozprawie wykazał się dobrą znajomością modelowania symulacyjnego procesów transportowych w górnictwie. Wnikliwa analiza literaturowa obejmująca nowsze i starsze ale wartościowe pozycje krajowe i zagraniczne, potwierdza umiejętności poszukiwania źródeł informacji, tak ważnej cechy w przeprowadzaniu analiz naukowych. Również obszerna dyskusja uzyskanych wyników świadczy o dobrym przygotowaniu Autora do prowadzenia samodzielnej pracy naukowej.

4. Uwagi ogólne

Analizując niniejszą rozprawę można zauważyć, że ze względu na obszerne objaśnienia Autor niekiedy bez uzasadnienia wprowadzał terminologię lub stwierdzenia, które nie została właściwie dostosowana do opisywanych zjawisk. Dotyczy to takich pojęć jak ujęcie holistyczne (str.12, 7w.d.), silnie stochastyczna natura procesu (str. 17, 4w.d.), wielokrotnie stosował określenie ilość zamiast liczba (dla zbiorów przeliczalnych), niezawodność szacowana jako dostępność i wydajność, zamieścił stwierdzenie naruszające zasady gospodarowania Oskara Lange „... proces transportowy powinien być realizowany przy jak najwyższej niezawodności ... przy jednoczesnym jak najmniejszym koszcie własnym.” (str. 43, 8w.g.), stwierdzenie na rysunku 3.29 o wzajemnej korelacji parametrów, gdzie prezentowane są średnie wydobywania (bez pokazania sposobu wyliczenia korelacji), określenie typu zdarzenia dyskretne o czysto stochastycznej naturze (str. 76, 12 w.d.), czy też rozkłady stochastyczne wydobywania (rys.3.32) oraz inne, podobnie nieprecyzyjne określenia.

Biorąc pod uwagę, że praca ma 231 stron to tych „potknięć” terminologicznych nie jest zbyt dużo, ale niewątpliwie każdy Autor zobowiązany jest do zachowania poprawności terminologicznej i precyzji słowa, nawet przy korzystaniu ze źródeł informacji opracowanych przez innych autorów.

5. Uwagi edytorskie

Autor w treści pracy stosuje między innymi wyżej wymienione określenia, które nie są poprawne w terminologii z zakresu procesów stochastycznych. Przed opublikowaniem fragmentów pracy te określenia powinny być poprawione zgodnie z obowiązującą terminologią.

Uwagi te dotyczą treści prezentowanych na następujących stronach maszynopisu:

str.9 wiersz od góry 13, str.17, w. od dołu 5, str. 76, w. od d. 12, str. 80, w. od d. 11, str.136, w. od d. 2, str. 148, w. od d. 20, str. 162, w. od g. 11, str. 169 , w. od d. 13 i 14, str. 170 , w. od g. 9, str. 171 , w. od d. 4, str. 186 , w. od d. 12, str. 188 , w. od d. 6 i 8, str. 189 , w. od g. 3, str. 204 , w. od d. 1, str. 206 , w. od g. 1, str. 209 , w. od g. 7, str. 214 , w. od d. 4 i 14, str. 219 , w. od d. 19.

Nadużywany wielokrotnie jest termin holistycznie: str. 12 , w. od d. 7, str. 30 , w. od d. 14, str. 141 , w. od d. 11 i 22, str. 163 , w. od d. 5, str. 170 , w. od d. 11, str. 194 , w. od d. 2, str. 217 , w. od d. 6.

Inne uwagi:

- podpisy po rysunkami nie powinny być zakończone kropką.
- brak opisów oznaczeń w niektórych rysunkach: 5.7, 5.8 i 6.1.
- w schematach blokowych powinny być zaznaczone wejścia i wyjścia z układu np.: rysunek 6.3, 6.4, 6.5, 6.7,6.8, 6.10, 6.11, 8.3 i 8.4.
- strona 148, w. od g. 4, 5, 6 i 7 – intensywność nie jest prawdopodobieństwem.
- strona 179 , w. od g. 3 i 4 – powinno być kwantyl zamiast kwartył,
- liczbą, a nie ilością określa się przeliczalne zbiory.

Pozostałe drobne niedociągnięcia zaznaczono w pracy i zostaną przekazane bezpośrednio Autorowi.

6. Podsumowanie

Mgr inż. Rafał Polak w przedstawionej rozprawie poprawnie **zrealizował cel sformułowany w pracy** i wykazał się umiejętnościami prowadzenia badań, krytycznie ocenił istniejący stan wiedzy, dobrał właściwe metody rozwiązania problemu, poprawnie opracował modele symulacyjne, czytelnie przedstawił wyniki badań i wyciągnął poprawne wnioski.

Przedstawione uwagi krytyczne, ogólne i edytorskie nie umniejszają wartości naukowej pracy.

7. Konkluzja

Rozprawa spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim określonym w ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z 14.03.2003 r.), oraz w art.179 ust.1. ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. (Dz.U. z 2018 r. poz.1669) i w związku z tym wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Rafała Polaka do publicznej obrony.

Proponuję dyscyplinę naukową: górnictwo i geologia inżynierska.

8. Wniosek o wyróżnienie pracy

Ze względu na wartość naukową pracy , sposób rozwiązania problemu sformułowanego w temacie rozprawy i jej znaczenie użyteczne proponuję wyróżnić pracę doktorską.

Jan Szybka