

Dr hab. inż. Jacek Mucha, prof. AGH
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
Katedra Geologii Złóżowej i Górniczej
Al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków

Kraków, 29.V.2016 r

RECENZJA SKORYGOWANEJ I UZUPEŁNIONEJ ROZPRAWY DOKTORSKIEJ pt.:

„Optymalizacja kształtu wyrobiska docelowego oraz szacowanie bogactw złóż polimetalicznych w kontekście zmienności cen metali”

Autor rozprawy: **mgr inż. Mateusz Niedbał**

Promotor rozprawy: **dr hab. inż. Herbert Wirth, prof. nadzw. PWr**

Promotor pomocniczy: **dr inż. Witold Kawalec**

1. PODSTAWA FORMALNA RECENZJI

Podstawą formalną ponownego opracowania recenzji, skorygowanej i uzupełnionej rozprawy doktorskiej mgr. inż. Mateusza Niedbała, było pisemne zlecenie z 26.04.2016 (W6/559/2016) skierowane do mnie przez Dziekana Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej, Pana prof. dr hab. inż. Wojciecha Ciężkowskiego.

2. UKŁAD PRACY

Skorygowana i uzupełniona wersja pracy doktorskiej jest objętościowo większa od wersji pierwotnej przy zmniejszonej o jeden liczbie rozdziałów.

Tekst zasadniczy rozprawy liczący obecnie **87** (w wersji pierwotnej 65) stron składa się z **9** w (wersji pierwotnej 10) rozdziałów w tym: wniosków i podsumowania oraz spisu literatury obejmującego **90** (w wersji pierwotnej 86) - w tym 24 pozycje anglojęzyczne i 3 własne.

Integralną częścią rozprawy są 3 załączniki opisujące:

- **(zał.1)** procedurę oceny (due diligence) geologiczno-złóżowej projektów eksploracyjnych złóż polimetalicznych - **13** (12) str. w tym 13 pozycji literaturowych,
- **(zał. 2)** geologię złóż porfirowych miedzi oraz alkalicznego złoża porfirowego Ajax - 11 str. w tym 8 pozycji literaturowych i
- **(zał. 3)** wykonanie studialnego modelu geologiczno-zasobowego złoża Ajax – 19 (16) str. w tym **10** (8) pozycji literaturowych.

3. UWAGI OGÓLNE

W aktualnej wersji pracy Autor dokonał istotnych poprawek i uzupełnień w tekście pierwotnej pracy zgodnie z sugestiami i uwagami zawartymi w recenzji rozprawy z 22.XII.2015. Przeredagował lub usunął partie tekstu zawierające błędne lub co najmniej kontrowersyjne sformułowania oraz wyjaśnił lub doprecyzował kwestie niedostatecznie naświetlone w pierwotnej wersji pracy.

Do najważniejszych zmian i modyfikacji dokonanych przez Autora, skutkujących podniesieniem poziomu naukowego pracy, zaliczam:

- 1) Zmianę tytułu rozprawy, który w obecnej postaci właściwie charakteryzuje jej zawartość i zakres,
- 2) Wprowadzenie do rozprawy streszczenia w języku angielskim,
- 3) Poszerzenie opisu głównej metody badawczej (teorii zbiorów rozmytych i algorytmu Lechrs'a-Grossmann'a) zastosowanej do rozwiązania postawionego zadania i zrealizowania celu rozprawy,
- 4) Racjonalne ograniczenie rozważań do 36 scenariuszy cenowych skonstruowanych dla optymalizacji wyrobisk docelowych,
- 5) Uzupełnienie danych dotyczących parametrów rozkładu normalnego, kluczowe dla jego transformacji na rozkład możliwości,
- 6) Doprecyzowanie sposobu przypisywania kolejnym scenariuszom stopnia przynależności,
- 7) Skonstruowanie klarownego algorytmu postępowania w ocenie oraz planowaniu eksploatacji odkrywkowego projektu polimetalicznego,
- 8) Ujednolicenie terminologii dotyczącej gęstości objętościowej (przestrzennej),
- 9) Wykonanie procedury krosvalidacji weryfikującej jakość interpolacji z zastosowaniem metody z wagowaniem na odwrotność odległości i metody krigingu,
- 10) Wyjaśnienie kwestii odnoszących się do budowy modelu w oparciu o procedurę krigingu 3D,
- 11) Wykonanie map rozkładu względnego, standardowego błędu krigingu,
- 12) Rozbudowanie rozdziału zawierającego wnioski (wraz z ich wzbogaceniem) i podsumowanie badań.

Reasumując, Autor uwzględnił w zmodyfikowanej rozprawie zdecydowaną większość zarzutów i uwag krytycznych (w tym wszystkie istotne) zawartych w recenzji pierwotnej i dokonał znaczącego ulepszenia pracy w zakresie merytorycznym jak i stylistycznym.

4. UWAGI SZCZEGÓŁOWE

W skorygowanej rozprawie doktorskiej Doktorant nie ustrzegł się jednak drobnych błędów i pomyłek. Usterki te, przytoczone poniżej, mają jednak znaczenie drugorzędne i nie wpływają na końcową ocenę pracy. Ich wyeliminowanie jest konieczne przed opublikowaniem rozprawy lub jej wybranych wątków.

Str. 23 – „Czym więcej...” tę błędną konstrukcję proponuje zastąpić „Im więcej...” ,

Str. 25 – Tab. 4.1 – w tytule konsekwentnie należy podać rozwinięcie akronimu PFS,

Str. 31- „model litologiczno oraz ...” – czy chodzi tu o model litologiczny?,

Str. 35 – liczba analizowanych scenariuszy (base, copper, gold) nie tworzy w sumie postulowanej liczby 36 scenariuszy (potwierdzonej w tab. 7.2.1),

Str. 36 – użyto niefortunnego sformułowania prowadzącego finalnie do „przewidywania prognoz”,

Str. 37 – niepoprawne jest sformułowanie: „tzn., że 95% analizowanych danych posiada rozkład zbliżony do normalnego” – chodzi tu zapewne o to, że „dla poziomu prawdopodobieństwa 95% brak jest podstaw do odrzucenia hipotezy o normalności rozkładu”,

Str. 39 – objaśnienia do wzoru (6) są enigmatyczne; co oznacza „prawdopodobieństwo obliczone z rozkładu Gaussa” (prawdopodobieństwo czego?)

Str. 46 – niejasne jest pochodzenie równania $Y = -0.0028 + 3,5421x$ (koszty górnicze jako funkcja rzędnej wysokości poziomu eksploatacji) – **proszę o wyjaśnienie w trakcie obrony, w jaki sposób funkcja ta została skonstruowana,**

Str. 57 – Rys. 7.7.2 oś odciętych: błędny zapis „mln USD” (masa bogactw),

Str. 73 – zdanie wadliwe gramatycznie: „... zgodnie z definicją przedstawia w rozdziale drugim posiadają...”

Zal. 2,

str. 2, str. 4 – (Sinclair, 2007) – w wykazie literatury jest Sinclair,

Zal. 3,

str. 11 – Rys. 6 – brak jednostki na osi odciętych (Distance[?]),

Str. 12 – Tab. 6 – podana wartość wariancji cząstkowej dla Cu jest błędna

Str. 13- „... jako główną metodę.” –winno być „jako głównej metody..”

Str. 14 – **Proszę o wyjaśnienie w trakcie obrony, dlaczego metoda walidacji krzyżowej wskazuje metodę odwrotnych odległości jako minimalnie lepszą od metody krigingu? –**

jest to sformułowanie kontrowersyjne ze względu na podane wartości współczynników korelacji i regresji,

Str. 15 - tab. 8 i 9 - Wartości w 2 skrajnych, prawych kolumnach w ostatnim rzędzie (suma) – są błędne,

Str. 17 – sformułowanie: „, błędy oszacowania tylko w wyjątkowych przypadkach przekraczają 40% „(Rys. 11) – jest zbyt optymistyczne,

Str. 18 – należałoby wzmocnić twierdzenie o silnej współzależności zawartości Cu i Au podając wartości współczynników korelacji.

5. OCENA MERYTORYCZNA PRACY

Podjęte przez Doktoranta w ramach rozprawy doktorskiej zagadnienie optymalizacji kształtu wyrobiska docelowego oraz szacowania bogactw złóż polimetalicznych odniesione do zmienności cen metali należy do trudnych i wymagających dużej biegłości w zakresie geologii stosowanej i nauk stycznych. Poza dyskusją pozostaje ważkość tego zagadnienia i jego znaczenie dla poprawności oszacowania bogactw mineralnych warunkujących (oprócz innych czynników) podjęcie właściwej decyzji o eksploatacji złoża jak również precyzyjne planowanie i harmonogramowanie produkcji. Zrealizowanie założonych celów i zweryfikowanie tezy rozprawy wymagało od Doktoranta znajomości i umiejętnego zastosowania różnych instrumentów matematycznych (algorytmów teorii zbiorów rozmytych) oraz metod interpolacyjnych, statystycznych i geostatystycznych.

Za zaletę i oryginalność rozprawy, pionierskiej w odniesieniu do złóż polimetalicznych, należy uznać jej interdyscyplinarny i kompleksowy charakter. Za nowatorską należy uznać autorską propozycję algorytmu postępowania w ocenie oraz planowaniu eksploatacji odkrywkowego projektu polimetalicznego. Do rozwiązania postawionego zadania oprócz wymienionych instrumentów matematycznych Doktorant zastosował metody ekonomii, geologii złożowej, geologii górniczej, geologii gospodarczej oraz górnictwa. W ujęciu szczegółowym nowe podejście polega na sposobie określania funkcji przynależności w oparciu o funkcję gęstości prawdopodobieństwa rozkładu normalnego dla założonych scenariuszy różnych poziomów cen miedzi i złota i w dalszej kolejności zastosowaniu operacji na zbiorach rozmytych oraz algorytmu Lerchs'a-Grosmann'a dla optymalizacji kształtu wyrobiska docelowego kopalni odkrywkowej. Swoje przemyślenia i propozycje Autor zastosował w studium przypadku do optymalizacji wyrobisk docelowych alkalicznego złoża porfirowego miedzi i złota Ajax w Kanadzie (Kolumbia Brytyjska). W procedurach

obliczeniowych, których zastosowanie było konieczne do rozwiązania zagadnienia i jego zilustrowania za pomocą licznych rysunków Doktorant wykazał się znajomością kilku programów komputerowych .

Pełna weryfikacja tezy Doktoranta sformułowana w rozdz. 4 była możliwa dzięki wprowadzeniu dodatkowego podrozdziału „Analiza harmonogramów eksploatacji z wykorzystaniem wybranych wyrobisk docelowych” (rozdz. 7.10).

Zaprezentowana metodyka badań ma także znaczenie użytkowe. Informacje o ilości oszacowanych bogactw dla rozpatrywanych scenariuszy cenowych mogą być przedmiotem zainteresowania potencjalnych inwestorów rozważających nabycie projektu mineralnego. Powinna ona także umożliwić elastyczną modyfikację projektu postępów wyrobiska w przypadku istotnych zmian warunków ekonomicznych.

Należy ponadto zwrócić uwagę na fakt, że rozprawa dotyczy w zasadzie złóż polimetalicznych eksploatowanych wyłącznie odkrywkowo. W zmodyfikowanej wersji pracy Doktorant odniósł się również do optymalizacji wyrobisk górniczych złóż przewidzianych do eksploatacji metodą podziemną wymieniając czynniki, które powinny być przedmiotem analizy z wykorzystaniem teorii zbiorów rozmytych. Ten wątek badań powinien być przez Autora kontynuowany.

4. WNIOSKI KOŃCOWE

Podsumowując moje uwagi na temat rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Mateusza Niedbała stwierdzam, że:

- dotyczy ona bez wątplenia dyscypliny naukowej: Górnictwo i geologia inżynierska,
- świadczy dostatecznie o ogólnej wiedzy teoretycznej kandydata i umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej,
- rozprawa zawiera oryginalne rozwiązanie przez Doktoranta problemu naukowego.

Stwierdzam ponadto, że Autor rzetelnie potraktował uwagi krytyczne zawarte w recenzji pierwotnej z 22.XII.2015 i w znaczącym stopniu ulepszył i zmodyfikował rozprawę, realizując z sukcesem założone cele i weryfikując postawioną tezę. Doktorant wykazał się przy tym odpowiednią wiedzą w dyscyplinie Górnictwo i geologia inżynierska oraz umiejętnością prowadzenia badań naukowych.

W obecnej postaci rozprawa pt. „Optymalizacja kształtu wyrobiska docelowego oraz szacowanie bogactw złóż polimetalicznych w kontekście zmienności cen metali” spełnia

wymagania Ustawy z dnia 18 marca 2011r o zmianie ustawy - Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw (Dz.U. nr 84 poz. 455).

W zawiązku z powyższym stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Pana mgr. inż. Mateusza Niedbała do jej publicznej obrony oraz dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jacek Mucha