

RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgr. inż. Jarosława Wajsa
pt. "Modelowanie zmian powierzchniowych środowiska spowodowanych odkrywkową eksploatacją górniczą"

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pt. "Modelowanie zmian powierzchniowych środowiska spowodowanych odkrywkową eksploatacją górniczą". Autorem rozprawy jest mgr inż. Jarosław Wajs ubiegający się o uzyskanie stopnia naukowego doktora na Wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej. Promotorem recenzowanej rozprawy jest dr hab. inż. Joanna Bac-Bronowicz, prof. PWr, a promotorem pomocniczym dr inż. Piotr Grzempowski.

Recenzja została wykonana na zlecenie Dziekana Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej prof. dr hab. inż. Moniki Hardygóry z dnia 12.07.2018 r.

1. Charakterystyka formalna rozprawy

Przedłożona do recenzji praca doktorska liczy 141 stron, w tym 8 załączników, 8 tablic, 85 rysunków, wykaz stosowanych skrótów oraz wzorów i 183 pozycji bibliograficznych obejmujących prace publikowane i inne wykorzystane opracowania.

Całość rozprawy podzielono na 7 rozdziałów, w których kolejno:

- przedstawiono zagadnienie monitorowania kopalń, a w szczególności monitorowania zmian powierzchniowych środowiska (topografii terenu) pod wpływem działalności górnictwa odkrywkowego; w rozdziale przedstawiono również tezę pracy, jej cel i zakres oraz scharakteryzowano obiekt badawczy, którym była PGE GiEK S.A. Kopalnia Węgla Brunatnego Bełchatów (rozdział 1),
- scharakteryzowano problematykę modelowania zmian powierzchniowych środowiska przy pomocy danych satelitarnych oraz istniejący w tym zakresie stan wiedzy; dokonano przeglądu algorytmów detekcji zmian pokrycia terenu sensorami teledetekcji optycznej

(pasywnej) oraz algorytmów służących do przetwarzania danych radarowych o wysokiej rozdzielczości SAR (teledetekcja aktywna) do detekcji ruchów pseudo-pionowych na terenach górniczych (rozdział 2),

- przedstawiono opracowaną metodykę integracji danych teledetekcji aktywnej (danych radarowych SAR) i pasywnej (danych optycznych) oraz obszar badań szczegółowych tj. zwałowisko zewnętrzne odkrywki Szczerców (rozdział 3),
- dokonano analizy zastosowania i trybów przetwarzania danych pochodzących z sensorów teledetekcji aktywnej SAR do monitorowania zmian pseudo-pionowych; przedstawiono wyniki modelowania danych SAR w postaci map przemieszczeń pseudo-pionowych rejonu KWB Bełchatów (rozdział 4),
- przedstawiono zobrażenia satelitarne dla terenu górniczego KWB Bełchatów oraz wyniki modelowania danych optycznych w różnych kompozycjach barwnych, przy wykorzystaniu opracowanego indeksu wegetacyjnego BSI, które umożliwiły identyfikację terenów niepokrytych roślinnością; zaprezentowano wyniki zobrażeń wysokorozdzielczych, w celu identyfikacji obiektów na terenie kopalni i detekcji zmian pokrycia terenu na obszarze zwałowiska zewnętrznego Szczerców (rozdział 5),
- zgodnie z opracowaną metodą integracji danych teledetekcji aktywnej i pasywnej BSI-SBAS zaprezentowano wyniki przemieszczeń pseudo-pionowych w integracji z danymi optycznymi dla obszarów nie porośniętych roślinnością, wyniki przemieszczeń pseudo-pionowych uwzględniające szum pomiarowy wywołany zwałowaniem nadkładu na zwałowisku zewnętrznym odkrywki Szczerców oraz skumulowane osiadania pseudo-pionowe dla zwałowiska zewnętrznego Szczerców (rozdział 6),
- podsumowano wykonane badania oraz przedstawiono wnioski wynikające z przeprowadzonych analiz i prognoz (rozdział 7).

Konstrukcja rozprawy ma właściwie zachowane proporcje. Jest poprawnie opracowana pod względem graficznym, a wyniki prac badawczych przedstawiono w postaci tabel, map i wykresów zamieszczonych w tekście oraz na załączonej do tekstu płycie CD.

2. Charakterystyka merytoryczna rozprawy

Podjęta przez mgr. inż. Jarosława Wajsa tematyka dotyczy istotnego problemu monitorowania zmian powierzchniowych środowiska w rejonie kopalń odkrywkowych przy wykorzystaniu metod teledetekcji aktywnej i pasywnej. Głównym celem pracy było

opracowanie metodyki wykorzystania wysokorozdzielczych danych pochodzących z sensorów teledetekcji aktywnej (danych radarowych SAR) i teledetekcji pasywnej (danych optycznych) do modelowania zmian powierzchniowych środowiska spowodowanych eksploatacją odkrywkową.

Obiektem badawczym była PGE GiEK S.A. Kopalnia Węgla Brunatnego Bełchatów, a obiektem analiz teren górniczy KWB Bełchatów o powierzchni 700 km² wraz z odkrywkami Bełchatów i Szczerców i ich zwałowiskami. Obecne obserwacje geodezyjne na obiekcie KWB Bełchatów prowadzone są przy użyciu klasycznych technik geodezyjnych z włączeniem pomiarów fotogrametrycznych, w celu trójwymiarowego modelowania i inwentaryzacji stanu wyrobisk.

W pracy przedstawiono bogaty przegląd literatury dotyczącej modelowania zmian powierzchniowych środowiska na terenach górniczych, w szczególności górnictwa odkrywkowego. Dokonano przeglądu algorytmów detekcji zmian dla sensorów teledetekcji pasywnej wykorzystującej zobrazowania optyczne oraz procedur detekcji ruchów pseudo-pionowych przy użyciu techniki zobrazowań radarowych o wysokiej rozdzielczości SAR. Jako główny element użyteczności danych radarowych w monitorowaniu środowiska, wskazano ich niezależność od wpływu warunków atmosferycznych. W wyniku analiz dostępności sensorów zarówno optycznych jak i radaru o wysokiej rozdzielczości, wybrana została rodzina Satelitów SENTINEL, której dane zostały zastosowane do obiektu kopalni odkrywkowej.

Zaproponowana została metodyka integracji danych optycznych oraz danych radarowych, która bazując na indeksie obszarów niepokrytych roślinnością BSI oraz klasyfikacji spektralnej umożliwi analizę przemieszczeń pseudo-pionowych z uwzględnieniem zmian w pokryciu terenu oraz postępu zwałowania. Identyfikacje zmian pseudo-pionowych uzyskano w wyniku przetwarzania danych radarowych SAR z satelitów Sentinel 1A i Sentinel 1B dla okresu 2014-2016, natomiast zmiany pokrycia terenu określono przy wykorzystaniu teledetekcji pasywnej (danych optycznych) wykonanej satelitami Sentinel 2A i Sentinel 2B dla okresu 2016-2017. Obszarem badań szczegółowych, dla którego podjęta została próba detekcji zmian powierzchniowych topografii terenu było zwałowisko zewnętrzne odkrywki Szczerców.

W ramach pracy dokonano analizy zastosowania i przetwarzania danych pochodzących z sensorów teledetekcji aktywnej SAR do monitorowania zmian pseudo-pionowych dla KWB Bełchatów z wykorzystaniem: metody przestrzennego satelitarnego modelu 3D, metod

detekcji powolnych zmian osiadań lub wypiętrzeń terenu - DInSAR i PSInSAR oraz metody algorytmu szeregów czasowych SBAS. Za najlepszą dla wybranego obiektu uznano metodę SBAS. Wykorzystanie danych z satelitów Sentinel 1A/1B umożliwiło zwiększenie rozdzielczości czasowej do 6 dni. Wyniki modelowania danych SAR przedstawiono w postaci map przemieszczeń pseudo-pionowych rejonu KWB Bełchatów dla okresu od 10.2014 do 12.2016 r.

Główne źródło danych o pokryciu terenu stanowiły zobrazowania satelitarne wykonane satelitami Sentinel 2A i Sentinel 2B dla terenu górniczego KWB Bełchatów o powierzchni 700 km² na stan 23.05.2016 i 06.03.2017 r. Na podstawie przetworzenia informacji uzyskanych w wyniku teledetekcji pasywnej i opracowanego indeksu wegetacyjnego BSI, zidentyfikowano obszary porośnięte roślinnością, które charakteryzują się mniejszą dokładnością analiz. W formie map przedstawiono wyniki pokrycia terenu roślinnością, umożliwiające zlokalizowanie obszarów, które w obrębie terenu górniczego mogą stanowić źródło potencjalnych zakłóceń estymacji wartości pseudo-przemieszczeń. Ponadto, na potrzeby niniejszej rozprawy wykorzystane zostały również zobrazowania wysokorozdzielcze pochodzące z satelitów położonych na niskich orbitach, które pozwalają na wykrywanie i identyfikację pojedynczych obiektów na terenie kopalni odkrywkowej. Na podstawie „ruchu przenośników” umożliwiły one zobrazowanie zmian zachodzących na zwałowisku zewnętrznym odkrywki Szczerców.

W wyniku przeprowadzonych przez autora analiz określono: 1. przemieszczenia pseudo-pionowe dla terenu górniczego KWB Bełchatów, jako rezultat przetwarzania danych SAR algorytmem SBAS, dla okresu od 10.2014 do 12.2016 r., 2. przemieszczenia pseudo-pionowe w integracji z danymi optycznymi dla rejonu zwałowiska zewnętrznego Szczerców, przy wykorzystaniu indeksu spektralnego BSI, zgodnie z opracowaną w pracy doktorskiej metodyką integracji danych teledetekcji aktywnej i pasywnej (metoda BSI-SBAS), 3. przemieszczenia pseudo-pionowe uwzględniające szum pomiarowy wywołany zwałowaniem nadkładu na zwałowisku zewnętrznym odkrywki Szczerców dla podokresu 06.04.2016 – 23.07.2016, 4. skumulowane osiadania pseudo-pionowe dla okresu 10.2014 – 12.2016 dla zwałowiska zewnętrznego Szczerców. Ponadto przeanalizowano wpływ wahań zwierciadła wód podziemnych w rejonie zwałowiska Szczerców na przemieszczenia pseudo-pionowe i stwierdzono brak takiego oddziaływania. W wyniku opracowania skonstruowano wykres liniowy skumulowanych osiadań pseudo-pionowych dla zwałowiska Szczerców i dla 2-

letniego okresu badań określono maksymalne osiadanie terenu w rejonie zwałowiska Szczerców, które wyniosło 50 cm.

3. Uwagi krytyczne oraz dyskusja założeń i wyników

Mgr inż. Wajs podjął tematykę badawczą niezmiernie aktualną, a związaną z monitorowaniem zmian powierzchniowych środowiska spowodowanych odkrywczą eksploatacją górniczą. Narzędziem badawczym, jakim posłużył się dla osiągnięcia celu było modelowanie zmian powierzchniowych środowiska przy pomocy danych satelitarnych uzyskanych z sensorów teledetekcji aktywnej SAR oraz sensorów teledetekcji pasywnej, optycznej.

W oparciu o pozyskane dane satelitarne autor dokonał analizy zmian powierzchniowych na terenie górniczym PGE GiEK SA KWB Bełchatów. Niestety, w pracy najczęściej używane jest błędne określenie „obszar terenu górniczego”. Brakuje definicji terenu górniczego i obszaru górniczego, który jest niewłaściwie przedstawiony na rysunku 3.2. Ponadto, w rozdziale 1.2, wbrew jego tytułowi nie przedstawiono definicji zmian powierzchniowych środowiska, odnosząc się do pojęcia topografii terenu i wybranych komponentów środowiska terenu górniczego.

Teza i cel pracy zostały poprawnie sformułowane, choć podział celu pracy na dwie składowe wydaje się niepotrzebny i niejednoznaczny, również z powodu zawartych w nich niejasnych sformułowań.

Autor obszernie przedstawia w pracy stan wiedzy o teledetekcji zmian powierzchniowych, tym niemniej informacje te pojawiają się w różnych rozdziałach, co utrudnia czytelnikowi kompleksową ocenę obecnego stanu wiedzy w tym zakresie.

W podrozdziale 1.6 dotyczącym obiektu badawczego tj. KWB Bełchatów, oprócz oczywistych pomyłek, które zostały wskazane na końcu recenzji, zabrakło informacji na temat harmonogramu robót górniczych w odkrywce Szczerców, zasadniczej z punktu widzenia przeprowadzonych badań.

W rozdziale 3 przedstawiającym metodykę pracy wskazane byłoby wyjaśnienie, jakie znaczenie dla realizacji pracy miało wykorzystanie danych z lotniczego skanowania laserowego kraju oraz danych wektorowych harmonogramu pracy koparek dla odkrywki Szczerców (załącznik 1).

W tabeli 5.1 autor przedstawia dokładność klasyfikacji danych optycznych metodą SAM, nie wspominając wcześniej o tej metodzie. Czy fakt, iż najniższy parametr dokładnościowy w tej klasyfikacji uzyskały rejonry zwałowiska i wyrobiska oznacza, że dokładność wyników modelowania danych optycznych w tych rejonach jest najniższa? Niepełne są również opisy dotyczące rysunku 5.10, między innymi informacji czy przedstawione w kolorze czerwonym złożę może stanowić potencjalne zagrożenie zakłóceniami i jakiego rodzaju pokrycie terenu symbolizuje kolor czarny. Ponadto, nie jest dla mnie jasne dlaczego lasy oznaczone kolorem zielonym na rys. 5.7 występują na znacznie większym obszarze, aniżeli na rys. 5.10, na którym lasy oznaczone są na niebiesko.

W rozdziale 5.5 przedstawiona została kwestia detekcji zmian pokrycia terenu na obszarze zwałowiska zewnętrznego odkrywki Szczerców, na którym zwałowany jest nadkład. Czy rzeczywiście celem była analiza detekcji zmian pokrycia terenu zwałowiska roślinnością skoro z wcześniejszych analiz wynika, że brak jest na nim roślinności.

W rozdziale 6.1 doktorant stwierdza na stronie 82, że otrzymane wartości odprężenia i konsolidowania terenu odpowiadają zmianom o charakterze naturalnym. Czy to oznacza, że brak jest wpływu kopalni ?

O ile w rozdziałach 6.2 i 6.3 przedstawiono sposób eliminacji szumów pochodzących z obszarów porośniętych roślinnością (rys. 6.7) oraz ruchu przenośników (rys. 6.9), to autor nie odnosi się w pracy do możliwości usuwania szumów związanych z eksploatacją odkrywkową. Rozdział 6.3 dotyczy raczej analizy wpływu zwałowania, a nie eksploatacji górniczej na rejestrowane zmiany pseudo-pionowe. Zabrakło również informacji jaki wpływ na wyniki badań mogą mieć różne okresy pozyskiwania danych w ramach teledetekcji pasywnej i aktywnej.

Przedstawiona w rozdziale 6.4 interpretacja wyników osiadań w nawiązaniu do wahań zwierciadła wody wzbudza duże wątpliwości, co potwierdza przedstawiony na rys. 6.14 „szkic zmian zasięgu leja depresji dla analizowanego zwałowiska Szczerców dla okresu 2014 - 2016”. Na rysunku brak jest zasięgu leja depresji, który nie jest związany z funkcjonowaniem zwałowiska, ale pracą systemu odwadniania kopalni. Także na przedstawionym w załączniku 7 szkicu rozmieszczenia otworów piezometrycznych dla zwałowiska Szczerców brak jest czytelnie przedstawionych informacji o rzeczywistych zmianach poziomu zwierciadła wód podziemnych. Podsumowując, uważam że wykonana dla okresu 3 lat analiza „wypadkowego obniżenia wody”, szczególnie w kontekście niewielkiej

regresji zwierciadła wód podziemnych wnosi niewiele dla oceny wpływu obniżonego zwierciadła wody na osiadanie terenu.

Oprócz przedłożonych wyżej pytań i uwag dyskusyjnych o charakterze ogólnym czuję się w obowiązku wytknięcie pomyłek i błędów, których w wersji przeznaczonej do publikacji należy unikać:

- s.3,4 i inne – określenia „teren górniczy”, „obszar górniczy”, "zwałowisko Szczerców" są pisane raz z małej, a raz z dużej litery,
- s. 3 - teren górniczy nie jest udostępniany przez Państwowy Instytut Geologiczny w ramach serwisu MIDAS, a tylko jego granice,
- s.10 – profesor Gładysiewicz wskazany jest jako autor tezy pracy doktorskiej,
- s.10 – celem pracy jest opracowanie metodyki, brak jednak dookreślenia czego dotyczącej,
- s. 11 – w Polsce nie ma kopalni odkrywkowej węgla brunatnego Bogatynia,
- s. 12 – opisy dotyczące obszaru i terenu górniczego KWB Bełchatów powinny zostać zweryfikowane, na przykład zwałowisko zewnętrzne odkrywki Szczerców znajduje w obszarze górniczym, natomiast zwałowisko zewnętrzne odkrywki Bełchatów poza obszarem górniczym,
- s. 12 – przedstawione dla każdego pola węglowego KWB Bełchatów wartości - prawdopodobnie zasobów węgla brunatnego - powinny zostać jasno sprecyzowane,
- s. 13 – rzeki Krasówka i Struga Żłobnicka nie są dopływami Warty, ale Widawki,
- s. 13 – według obecnego podziału stratygraficznego określenie trzeciorzęd nie istnieje, powinno się używać określeń paleogen i neogen,
- s. 14 – w tekście pracy występują liczne kolokwializmy np. „proponowane w literaturze podejścia”, „przegląd literatury ukazuje” itp.,
- s.15 – SLOPES nie jest projektem Euracoal, ale projektem współfinansowanym przez Komisję Europejską,
- s.22 – w przypadku kopalń odkrywkowych na zwałowiskach nie występują odpady, lecz masy ziemne lub skalne przemieszczane lub usuwane w związku z realizacją inwestycji,
- s. 61 – rys. 4.24 i inne przekroje przemieszczeń pseudo-pionowych zyskałyby na czytelności, gdyby skala pozioma była taka sama na mapie jak i na przekroju,
- s. 70 – niektóre rysunki wymagają uzupełnienia o legendę na przykład rys. 5.6, 5.10,
- s. 84 – brak opisu na rysunku 6.3 dotyczącego wersji a) i b),
- s. 86 – takie same opisy pod rysunkami 6.5 i 6.6,
- s. 92 – proponuję unikać określeń: wody czwartorzędowe, trzeciorzędowe, mezozoiczne w kontekście odwodnienia kopalni,
- rys. 4.24, 6.6, 6.9, 6.10, 6.15 – przekroje prezentowane na rysunkach przebiegają w różnych kierunkach i powinny mieć różne oznaczenia (np. A-A', B-B' itd.),

- s. 95, 96 – strony tekstu powinny być ułożone we właściwym porządku,
- s. 97 – zapis, iż „produkt finalny w opracowanej metodologii BSI-BAS pozwala na identyfikacje rejonów, które stanowią obszary niepokryte roślinnością” powinien zostać zweryfikowany,
- w pracy występują błędy językowe.

Reasumując swoją ocenę rozprawy doktorskiej mgr. inż. Jarosława Wajsa, za najbardziej istotne i oryginalne osiągnięcie naukowe uważam opracowanie metodyki integracji danych teledetekcji aktywnej i pasywnej BSI-SBAS. Zaproponowane przez autora techniki pomiarowe, sensory oraz algorytmy przetwarzania danych pozwalają na identyfikacje rejonów, dla których jest możliwe interpretowanie zmian pseudo-pionowych w rejonie oddziaływania górnictwa odkrywkowego. Uzyskane w ramach przeprowadzonych badań wyniki wskazują, że metody teledetekcyjne są pełnoprawnym narzędziem pomiarowym w miernictwie górnictwym i powinny być wdrażane w górnictwie odkrywkowym.

Sposób realizacji postawionego celu i aplikacyjność osiągniętych rezultatów upoważniają mnie do stwierdzenia, że doktorant potrafi samodzielnie formułować i rozwiązywać problemy badawcze. Niestety, ogólną ocenę pracy obniża jej styl i błędy językowe.

4. Wniosek końcowy

Przedstawiona do zrecenzowania rozprawa doktorska mgr. inż. Jarosława Wajsa spełnia warunki określone w Ustawie o z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 Nr 65 poz. 595) z późniejszymi zmianami.

Wnoszę zatem o dopuszczenie mgr inż. Jarosława Wajsa do kolejnych etapów zmierzających do nadania Mu stopnia naukowego doktora.

Wrocław, 10 września 2018 r.

 J. Szepiński