

Recenzja

rozprawy doktorskiej Mgr inż. Kamili Kuzia

pt. „Ocena możliwości wykorzystania laserowego skaningu lotniczego do monitorowania przemieszczeń pionowych terenu na obszarach objętych wpływami eksploatacji górniczej”

Recenzję poniższą opracowano na podstawie pisma Pana Dziekana Wydziału Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej Prof. dr. hab. inż. Franciszka Plewy z dnia 12.03.2019 r. (nr pisma: RGBD/146/18/19), powołującego się na uchwałę Rady Wydziału Górnictwa i Geologii z dnia 26.02.2019 r.

1. Dobór tematyki badawczej

Postęp techniczny w geodezji w ostatnich latach, związany z konstrukcją nowych przyrządów pomiarowych, opartych na innowacyjnych zasadach, zaowocował nowymi metodami obserwacji deformacji powierzchni terenu, w tym wywołanymi eksploatacją górniczą. Do metod tych zalicza się również lotniczy skaningu laserowy. Podjęcie tematu, dotyczącego możliwości wykorzystania tej metody do obserwacji deformacji górniczych, jest więc aktualne. Tematykę tę wprawdzie podejmowano w formie cząstkowych badań, opublikowanych jako artykuły naukowe, brak było jednak opracowań, ujmujących zagadnienie szeroko, w oparciu o zaplanowane eksperymenty badawcze i interpretację ich rezultatów.

Przedstawiona rozprawa doktorska podejmuje więc problem oryginalny, mieszczący się przy tym w tematyce dyscypliny naukowej górnictwo i geologia inżynierska. Wiąże on zagadnienia ochrony terenów górniczych, monitoringu przekształceń powierzchni oraz geologii inżynierskiej (zaznaczony wpływ budowy geologicznej na proces powstawania deformacji); pozytywny rezultat badań wskazuje na możliwość wdrożenia zaproponowanej metodyki w praktyce.

2. Zakres rozprawy

Recenzowana rozprawa liczy 7 rozdziałów merytorycznych, w tym wprowadzenie oraz podsumowanie i wnioski. W tekście umieszczono 83 rysunki i 17 tabel. Bibliografia pracy obejmuje 76 pozycji (w tym 19 obcojęzycznych: 18 w języku angielskim oraz 1 w języku niemieckim), w tym 6 cytowań netograficznych.

Konstrukcja rozprawy jest poprawna: Autorka stawia tezę pracy (omówioną poniżej), a następnie ją uzasadnia. Ze względu na faktyczną dwuczłonowość tezy, w pierwszej kolejności podjęto zagadnienie porównania wyników metody ALS z rezultatami niwelacji precyzyjnej (przyjętymi słusznie za bezbłędne).

Następnie porównano modele powierzchni terenu, otrzymane z obserwacji ALS, z wynikami obliczeń prognostycznych – celem tego zabiegu było stwierdzenie zasadności oparcia prognoz o parametry, uzyskane na podstawie tych modeli. Kończące pracę wnioski mają uzasadniać tezę.

We wprowadzeniu Autorka zwięźle charakteryzuje zawartość pracy, przedstawiając w kilku zdaniach zawartość jej rozdziałów. Teza rozprawy zostaje przedstawiona w rozdz. 2; brzmi ona następująco: **„Metoda ALS [lotniczego skaningu laserowego – Airborne Laser Scanning] rozszerza w sposób istotny możliwości monitoringu przemieszczeń pionowych terenu, a także weryfikacji prognoz obniżenia na obszarach objętych wpływami eksploatacji górniczej”**. Teza jest charakterystyczna dla prac, mających na celu określenie lub sprawdzenie możliwości wykorzystania w praktyce nowych przyrządów lub nowych metodologii pomiarowych; w tym przypadku – określenia możliwości zastosowania metody skaningu lotniczego do badania obniżenia powierzchni terenu poddanego wpływom eksploatacji górniczej. Autorka podaje główną zaletę metody: objęcie obserwacjami całej powierzchni terenu, a nie tylko wybranych punktów (jak to ma miejsce w przypadku linii obserwacyjnych); zaletę tę można przypisać także innym metodom teledetekcyjnym, a zwłaszcza fotogrametrii i interferometrii radarowej. Sugeruję w dalszych badaniach Autorki kompleksowe zajęcie się zagadnieniem porównania tych metod: z punktu widzenia nie tylko dokładności oraz zasięgu pomiarów, lecz również ergonomiczności i ekonomii, ewentualnie łatwości pozyskania rezultatów lub ich opracowania itd.

Dalsze wywody pracy zmierzają do wykazania dokładności metody ALS oraz określenia jej przydatności do uściślenia parametrów prognozowania obniżenia. Opisowi technologii lotniczego skanowania laserowego poświęcono rozdz. 3. Omówiono tu zasady pomiaru, architekturę systemu, a także przedstawiono szereg wzorów, wiążących ze sobą parametry użytkowe ALS. Wzory te zaczerpnięto z literatury, której jednak nie wymieniono (zapewne chodzi o podręcznik Z. Kurczyńskiego, wspomniany we wstępnym akapicie podrozdziału; należało jednak zaznaczyć ten fakt). Na wspomniany podręcznik Autorka powołuje się również przy opracowaniu (własnym) tabelarycznego zestawienia dokładności dalmierzy w skanerach laserowych; trzeba jednak zwrócić uwagę, że pojęcie „dokładności” należy doprecyzować (czy chodzi np. o nominalną wartość odczytu, czy o błąd średni lub graniczny; w większości dalmierzy błędy pomiaru są zależne od długości, czego w zestawieniu nie uwzględniono). Trudno również zgodzić się z twierdzeniem, że „każdy pomiar geodezyjny jest obciążony pewnym błędem systematycznym” (str. 23); konieczność wyrównania spostrzeżeń wiąże się z błędami przypadkowymi – błędy systematyczne należy wcześniej wyeliminować.

Rozdział 4 przedstawia rejony badawcze, z omówieniem ukształtowania powierzchni i pokrycia terenu, budową geologiczną oraz charakterystyką dokonanej eksploatacji górniczej. Z treści rozdziału można wnioskować, że oba rozpatrywane rejony charakteryzują się znaczną zmiennością warunków geologicznych oraz występowaniem intensywnej eksploatacji.

Rozdział 5 otwiera właściwą część rozprawy, przedstawiającą własne dokonania Autorki. Przeprowadzono w nim analizę jakościową i ilościową wyników obserwacji obniżenia (przemieszczeń

panionowych) uzyskanych za pomocą ALS oraz metodą niwelacji precyzyjnej. Na początku rozdziału zamieszczono tabelę, zawierającą „najważniejsze informacje dotyczące wykonanych pomiarów ALS”, w tym wartości błędów średnich sytuacyjnych i wysokościowych dla poszczególnych nalotów, a także błędy wpasowania bloku w osnowę przy aerotriangulacji. Nie jest jednak jasne, jak wyznaczano te wartości. Wyniki analizy jakościowej (pokrywanie się niecek, stwierdzonych pomiarami ALS, z konturami eksploatacji) dowodzą zgodności wizualnej (z wyjątkami, które Autorka przypisuje m.in. aktywacji starych zrobów). Należy jednak zwrócić uwagę na brak opisu izokatabaz i słabą czytelność niektórych rysunków.

Warto podkreślić, że przed przystąpieniem do analizy ilościowej Autorka dokonała korekty wielkości obniżen z względu na różnicę między datami nalotu ALS a realizacją niwelacji precyzyjnej. Dzięki temu zabiegowi (opisanemu przez odwołanie się do programu komputerowego) wyeliminowano jedno z ewentualnych źródeł różnic między rezultatami obu metod obserwacyjnych.

Kolejną czynnością, podjętą przez Autorkę, była eliminacja „błędów grubych”; pod tym pojęciem Autorka rozumie występowanie obserwacji „odskakujących” od ogólnego trendu (w geodezji pojęcie błędu grubego ma nieco inne znaczenie – dowodzi popełnienia błędu o dużej wartości wskutek pomyłki pomiarowej; obserwacje odskakujące mogą mieć natomiast źródło np. w złym odfiltrowaniu roślinności i innych przeszkód przy opracowaniu zdjęć ALS). Otóż w geodezji jest wiele metod wykrywania błędów grubych (np. Baardy, Pope’a, Chena-Kavourasa-Chrzanowskiego, Crossa-Price’a, Dinga-Colemana, rzędów koegzystencji, duńska); niemal wszystkie wymagają wyników wyrównania sieci i znajomości macierzy kowariancji. Również najprostsza metoda wnioskowania na podstawie wielkości błędu jednostkowego wyrównania wymaga jego realizacji. Autorka wybrała inną metodykę postępowania, podejmując ocenę występowania błędów grubych na podstawie testu „trzech sigm” – czyli oceny przedziałowej. Należy przy tym zauważyć, że założenie normalności rozkładu różnic wysokości nie musi być prawdziwe (można je łatwo sprawdzić budując histogram różnic). W ocenie tej określano przedział ufności dla wartości średnich różnic wysokości (otrzymanych z dwóch metod) i odchylenia standardowego tych różnic przy założeniu przedziału 3σ . Jest to postępowanie nieco ryzykowne – zarówno ze względu na nieznaną rozkład danych, jak i fakt, że średnia różnica wysokości ma w tym przypadku charakter błędu systematycznego. Nie podano w pracy, jakie otrzymano wielkości kryterialne dla eliminacji pomiarów odskakujących, ani też - ile punktów wyeliminowano na podstawie analizy błędów grubych (pośrednio tylko można o tym wnioskować na podstawie informacji dla jednego z rejonów badań – na 122 punkty do analizy przyjęto 82, przy czym część odrzucono ze względu na brak pomiaru).

Ocenę dokładności metody ALS przeprowadzono w kolejnych partiach pracy na podstawie porównania wysokości zmierzonych w liniach obserwacyjnych metodą niwelacji precyzyjnej (przyjętych, słusznie, za praktycznie bezbłędne) z wysokościami, określonymi w profilach modelu ALS, pokrywających się z liniami. Jak stwierdzono w pracy, „za miarę ogólnej ilościowej oceny dokładności przyjęto średnią różnicę pomierzonych obniżen obiema metodami ... oraz odchylenie standardowe różnic ...” Takie podejście jest jednak wątpliwe. Sądząc z wykresów, różnice między metodami mają – jak stwierdzono wyżej – charakter

błędu systematycznego, nie można więc ich traktować jako błędów przypadkowych. W zdecydowanej większości linii wartości obniżeń, wynikające z modelu ALS, są w rejonie KWK Centrum większe od zmierzonych niwelacją precyzyjną, w rejonie KWK Pniówek – mniejsze lub równe wynikom tej niwelacji. Jest niewątpliwie wyzwaniem badawczym poszukiwanie przyczyn tego stanu rzeczy (mogą one wynikać np. z różnicy między posadowieniem reperów linii obserwacyjnych na pewnej wysokości na terenie, a wysokościami odczytanymi z profilu modelu ALS). Można jednak było zastosować prostą ocenę przedziałową lub dowolny test statystyczny dla stwierdzenia, czy wyniki obu pomiarów mieszczą się w tym samym przedziale. W każdym razie tak określone różnice nie wykazują klasycznego rozkładu normalnego, choć w łatwy sposób można je znormalizować (przez uwzględnienie średniej jako błędu systematycznego i przesunięcie krzywej rozkładu, a więc odjęcie od poszczególnych różnic wartości średniej; pozostające wartości stanowiłyby miarę błędu przypadkowego).

Sporządzone wykresy nie zawsze – wskutek różnej skali – dają możliwość porównań wysokości punktów i ich różnic; należy także zauważyć, że na wykresach tych odległości między punktami są stałe, podczas gdy w rzeczywistości różnią się między sobą (nie ma to jednak zasadniczego znaczenia dla otrzymanych wyników). Zamiast tab. 13 bardziej efektywne byłoby przedstawienie histogramu rozkładu różnic obniżeń (wykazałby on charakter rozkładu, co ewentualnie, przy uzyskaniu odpowiednich rezultatów, uzasadniałoby przyjęcie a priori rozkładu normalnego).

W rozdz. 6 Autorka uzasadnia drugą część swej tezy – przydatność metody ALS do weryfikacji prognoz obniżeń wywołanych eksploatacją górnictw. Po omówieniu teorii prognozowania wpływów eksploatacji górnictw, ze szczególnym uwzględnieniem teorii Budryka-Knothe'go i jej rozszerzenia przez J. Białka (wraz z programami komputerowymi Jego autorstwa) Autorka wyznacza parametry górotworu, które mają posłużyć do prognozowania wielkości obniżeń w badanych rejonach (obserwowanych za pomocą metody ALS). Parametry te przyjęto dla trzech wariantów: zgodnie z informacjami kopalni, na podstawie pomiarów niwelacyjnych oraz na podstawie modelu ALS. Parametry te zestawiono w tab. 15, 16 (dla KWK Centrum) i 17 (dla KWK Pniówek). Niestety nie wszystkie pozycje w tabelach zostały objaśnione; nie jest jasne, do czego odnoszą się wartości odchylenia standardowego oraz współczynnika korelacji (czego z czym?); należy się domyślać, że dotyczy to dopasowania prognozy i wyników z modelu ALS; warto przy tym pamiętać, że obliczanie współczynnika korelacji liniowej wymaga rozkładu normalnego porównywanych zbiorów, lub znormalizowania ich). Dla modelu ALS przyjęto dwa warianty obliczeń: według linii pomiarowych (poprawniej, po prostu: linii profilowych lub profili terenu) oraz według regularnej siatki punktów. Brak jest uzasadnienia dla przyjęcia zróżnicowanych wartości współczynnika eksploatacji w przypadku doboru parametrów na podstawie wyników niwelacji precyzyjnej, a ich zrównania (do wartości 1,0) w przypadku obliczenia parametrów z uwzględnieniem modelu terenu wynikającego z obserwacji ALS.

Obliczenia wykonane na podstawie parametrów, przyjmowanych w kopalniach, wykazują wystąpienie różnic między prognozą a modelem ALS, dochodzących do przeszło 0,8 m; również wizualne porównanie kształtu niecek prognozowanych i rzeczywistych (z modelu ALS) wskazuje na pokrywanie się

tych niecek w małym stopniu. Niepokojący jest przy tym fakt (podkreślony zresztą przez Autorkę), że w większości przypadków wielkości prognozowane są mniejsze (nawet znacznie) od obserwowanych; dowodzi to bowiem niespełnienia przez prognozę funkcji profilaktycznych (możliwość zabezpieczenia obiektów, wyznaczenie granic kategorii terenu górniczego).

Prognoza wykonana według parametrów, wyznaczonych w oparciu o wyniki niwelacji precyzyjnej, dotyczy (z przyczyn, wyjaśnionych w tekście pracy) jedynie KWK Centrum. Różnice osiągają tu prawie 0,6 m, przy czym ponownie wartości prognozowane są mniejsze od obserwowanych. Wizualne porównanie kształtu niecek wskazuje na lepsze ich dopasowanie.

Dobre dopasowanie prognozy i obserwacji wykazują rezultaty obliczeń dla parametrów, wynikających z modelu ALS (czego zresztą należało oczekiwać). Również kształty niecek obniżeniowych w większym stopniu pokrywają się ze sobą. Jednak i w tym przypadku występuje – szczególnie na terenie KWK Centrum – przewaga obniżeń obserwowanych nad prognozowanymi. Warto przy tym zauważyć, że wykresy różnic między prognozą a obserwacjami przypominają wykresy różnic między rezultatami obserwacji metodą niwelacji precyzyjnej a modelem ALS (choć nie w zakresie wielkości różnic).

Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że prognozy wykonane na podstawie wyników obserwacji obniżeń, są prognozami „a posteriori”, przede wszystkim służącymi do korekty parametrów dla przyszłych prognoz na obszarach przyległych lub wykazujących podobne warunki geologiczno-górnicze. Autorka słusznie zresztą zauważa, że prognozowanie uśrednia zmienne wartości parametrów w poszczególnych rejonach.

Ostatni rozdział pracy stanowią wnioski oraz podsumowanie. Zamieszczone wyżej uwagi krytyczne wymagają częściowego skorygowania wniosków, dotyczących dokładności metody ALS. Pozostałe wnioski są podsumowaniem wyników obliczeń, zamieszczonych w tekście pracy i nie budzą zastrzeżeń.

3. Ocena rozprawy

Wyniki pracy świadczą o zasadności zastosowania metody ALS do monitoringu obniżeń powierzchni, powstających pod wpływem eksploatacji górniczej; mogą także z powodzeniem służyć do weryfikacji parametrów teorii prognozowania wpływów eksploatacji górniczej (podobnie, jak inne metody pomiaru deformacji górniczych). Pod tym względem teza pracy została wykazana. Stwierdzono przydatność metody z punktu widzenia zasięgu pomiaru i szczegółowości otrzymanych rezultatów nad metodami, wykorzystującymi dane punktowe (linie obserwacyjne, punkty rozproszone). Należy podkreślić, że wyniki pracy wskazują na duże możliwości dalszego rozwoju metody ALS w omawianym zakresie. Dysertacja nie zamyka więc tematu, lecz przeciwnie – otwiera pole do dalszych badań w jego zakresie. W szczególności zachodzi potrzeba kontynuowania badań nad dokładnością metody, w tym nad wyjaśnieniem występujących różnic między modelem ALS a precyzyjnymi sposobami pomiaru i prognozami. Dodatkowym aspektem badań winna stać się analiza ergonomiczna i ekonomiczna metody, a także porównanie jej z innymi metodami teledetekcyjnymi, zwłaszcza fotogrametrią i interferometrią radarową.

Opracowując recenzowaną dysertację Autorka wykazała się umiejętnościami związanymi z opracowaniem wyników obserwacji skaningowych, ich wizualizacją, oraz zastosowaniem programów komputerowych dotyczących prognozowania wpływów eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu. Świadczy to o wysokim poziomie Jej wiedzy i umiejętnościach badawczych.

Do wymiernych osiągnięć Autorki dysertacji należy:

- podjęcie w sposób całościowy problematyki zastosowania ALS dla celów, związanych z monitoringiem obniżeń terenu wskutek eksploatacji górniczej;
- zaproponowanie metodyki analizy wyników obserwacji ALS na tle prognoz obniżeń;
- uzyskanie rezultatów, umożliwiających podjęcie dalszych badań z zakresu zastosowań ALS.

Pewnym brakiem rozprawy jest niezbyt wnikliwe potraktowanie problemu dokładności modelu ALS i stosowanie nie zawsze właściwej terminologii w tym zakresie. Nie rozwinięto również niektórych wątków, mających znaczenie np. dla wyjaśnienia występujących różnic (wspomnianych wyżej).

Powyzsze uwagi nie są sprzeczne z ogólnie pozytywną oceną pracy; mają tu charakter sugestii dla Autorki przy dalszym rozwinięciu tematu, będącego – jak zaznaczono – otwarciem dla dalszych badań.

4. Uwagi szczegółowe

Treść pracy nie stanowi zaprzeczenia tezy o zaniku poprawnego języka polskiego, także w pracach naukowych: na większości stron znaleźć można po kilka usterek literowych, stylistycznych, gramatycznych lub nieporadności językowych (o interpunkcji już nie wspominając). Nie sposób wymienić zanotowane w tym zakresie usterki; ograniczam się do niektórych (zwłaszcza powtarzających się):

- Naprzemienne stosowanie akronimu GNSS (poprawnego) i GNNS (niepoprawnego);
- Używanie słowa „ilość” przy określaniu podmiotów policzalnych; jest to wprawdzie dopuszczalne w potocznym języku polskim, lecz rygory języka naukowego są przy tym surowsze;
- Już za czasów Einsteina atomy nie były traktowane jako najmniejsze cząsteczki (?) materii (str. 9); strukturę atomu określono w 1897 r. (Thomson) i uzupełniono w 1909 r. (Rutherford);
- Przy omawianiu pomiarów fazowych laserem zapomniano o konieczności wyznaczenia całkowitej liczby fal (str. 11);
- Wpływy dalekie nie są jednoznaczne z aktywacją starych zrobów (str. 43);
- Określenie „kształt rzeźby terenu” (str. 55, 57) – podczas gdy chodzi o profil;
- Częste używanie słowa „jednakże”, nie zawsze zgodnie z kontekstem zdania.

Usterki te nie przesądzają o ocenie całości pracy, która to ocena pozostaje – jak zaznaczono wyżej – pozytywna.

5. Wniosek końcowy

Autorka podjęła temat aktualny, związany z testowaniem przydatności nowoczesnych technologii w praktyce, w zakresie dyscypliny górnictwo i geologia inżynierska. Praca stanowi samodzielne (częściowe)

rozwiązanie oryginalnego, interesującego problemu badawczego. Wyniki pracy mają znaczenie użytkowe, a równocześnie – co warto podkreślić – pozostawiając pewien niedosyt, otwierają pole dla dalszych badań (stąd wzmianka o częściowym rozwiązaniu problemu, nie umniejszająca wagi samej rozprawy). Autorka wykazała się znajomością problematyki obserwacji skaningowych oraz prognozowania wpływów eksploatacji górniczych; uwagi krytyczne dotyczą szczegółowych zastosowań statystyki i teorii błędów. Opracowana dysertacja wskazuje na posiadanie przez Autorkę cech badacza.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Mgr inż. Kamili Kuzia pt. „Ocena możliwości wykorzystania laserowego skaningu lotniczego do monitorowania przemieszczeń pionowych terenu na obszarach objętych wpływami eksploatacji górniczej” spełnia warunki, określone w Ustawie z dnia 14.03.2003 r. „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w dziedzinie sztuki” (Dz. U. z 2003 r., nr 65, poz. 595, Dz. U. z 2005 r., nr 164, poz. 1365, Dz. U. z 2011 r., nr 84, poz. 455). W związku z tym stawiam wniosek do Rady Wydziału Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony.



Jacek Szewczyk