

Prof. dr hab. inż. Waldemar Kamiński
Katedra Geodezji
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
Politechnika Gdańska
ul. Gabriela Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk

Olsztyn 3.03.2019 r.

RECENZJA

Pracy doktorskiej mgr inż. Bartłomieja Ćmielewskiego pt. „Ocena metod pozyskiwania danych geometrycznych dla potrzeb wczesnego ostrzegania przed zagrożeniami osuwiskowymi”.

1. *Podstawa opracowania.*

Niniejsza ocena została opracowana na zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, nr IDDD0000.4000.23.2019 z dnia 28.01.2019 r.

2. *Ogólna charakterystyka rozprawy.*

Recenzowana praca doktorska przedstawiona jest na 196 stronach.

W rozdziale 1. mgr inż. Bartłomiej Ćmielewski wprowadza czytelnika w problematykę pracy doktorskiej, przedstawiając: cel, tezę i zakres pracy, a także jej strukturę. W rozdziale 2. Doktorant w oparciu o literaturę przedmiotu przybliżył zagadnienie ruchów masowych i przedstawił wykorzystywaną w dalszej części pracy klasyfikację ruchów masowych, przepisy prawne dotyczące tej problematyki, dokonał teoretycznej analizy stateczności zboczy oraz charakterystyki współczesnych metod pomiaru osuwisk. Współczesne metody pomiaru osuwisk podzielił na:

- geodezyjne, a wśród nich pomiary: tachimetryczne, niwelacyjne, GNSS,
- teledetekcyjne wykorzystujące techniki: fotogrametryczne, skanowanie laserowe, bezzałogowe statki latające, interferometrię radarową,
- fizyczne wykorzystujące: szczelinomierze, pochyłomierze, klinometry, ekstensometry, inklinometry, kable DTR,
- geofizyczne, a wśród nich wyróżnił: tomografię elektrooporową, profilowanie georadarowe, płytką sejsmikię refrakcyjną,
- geotechniczne, do których zaliczył odwierty in-situ, pomiary piezometrami.

W rozdziale 2. Doktorant opisał także założenia systemów monitoringu oraz wczesnego ostrzegania. Zwrócił uwagę na możliwości wykorzystania danych pozyskanych lotniczym skanowaniem laserowym, wykonanym w ramach projektu Informatyczny System Osłony Kraju do tworzenia numerycznego modelu terenu obszarów zagrożonych. Wspomniał także o Systemie Osłony Przeciwoświsowej, projekcie, którego celem jest inwentaryzacja wszystkich osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w Polsce.

Rozdział 3. to szczegółowa charakterystyka obiektu badawczego, osuwiska w Janowcu k. Barda. Badania i opracowanie rezultatów obserwacji stanowią treść rozdziału 4. Na obszarze badanego obiektu Doktorant zaprojektował sieć kontrolo – pomiarową i wykonał jej pomiar. Współuczestniczył w bezpośrednich pomiarach powierzchni osuwiska technologiami: GPS – RTK, niwelacją precyzyjną, naziemnym skanowaniem laserowym, a także przy użyciu bezzałogowego statku latającego. Pozyskał również obejmującą obszar osuwiska chmurę punktów pomierzoną lotniczym skanowaniem laserowym w ramach projektu Informatyczny System Osłony Kraju. W oparciu o uzyskane wyniki obserwacji opracował modele 3D rzeźby terenu oraz wyznaczył parametry morfometryczne obiektu badawczego. Jak podał Doktorant część analiz wyników obserwacji była już przedstawiona w pracy Ćmielewski i inni 2018. Celem wyznaczenia przemieszczeń do badania stałości układu odniesienia wykorzystał technologię pomiarów statycznych GNSS. Przemieszczenia poziome wyznaczył w oparciu o pomiary tachymetryczne. Do wyznaczenia przemieszczeń pionowych wykorzystał wyniki uzyskane metodą niwelacji precyzyjnej. Testował również możliwość wykorzystania technologii GPS – RTK do określania przemieszczeń pionowych wykorzystując modele terenu opracowane w postaci nieregularnej siatki trójkątów TIN. Po przeprowadzonych analizach Doktorant stwierdził, że wykorzystując standardowe oprogramowanie, taki sposób wyznaczania przemieszczeń w przypadku badanego – charakteryzującego się wolną dynamiką – osuwiska nie daje zadowalających wyników. Mgr inż. Bartłomiej Ćmielewski wykonał także analizy wyników obserwacji czoła osuwiska pomierzonego naziemnym skanerem laserowym. Celem opracowania rezultatów pomiarów wykonał numeryczne modele terenu, a następnie utworzył modele różnicowe. Część zamieszczonych w pracy doktorskiej wyników była już publikowana w pracy Dąbek i inni 2018. W szczegółowych analizach wykorzystał także pomiary wgłębne wykonane sondą inklinometryczną. Interpretując wyniki zwrócił uwagę na możliwość niepoprawnego zakotwienia rury inklinometrycznej w podłożu i dokonał korekt w obliczeniach. W ramach pracy doktorskiej analizował dane meteorologiczne, w tym głównie wpływ opadów na dynamikę osuwiska. W rozdziale 5. Doktorant przedstawił własną koncepcję dwóch urządzeń kontrolno – pomiarowych umożliwiających wykrywanie inicjalnych ruchów wgłębnych osuwiska, które można wykorzystać w systemach wczesnego ostrzegania. Uogólniając, można powiedzieć, że oba czujniki nazwane Alfa i Beta różnią się od siebie uzyskiwanymi dokładnościami pomiarowymi, a tym samym i kosztami wytworzenia. W badaniach testowych obu przyrządów wykorzystał zasady opracowania statystycznego podane w normie ISO 5725:2002. Na podstawie przeprowadzonych analiz laboratoryjnych Doktorant wyznaczył błędy średnie pomiaru kąta odpowiednio czujnikiem Alfa 21^{cc} (0.03 mm/m) i Beta 22^{cc} 04^{cc} (0.4 mm/m). Wykorzystując oba urządzenia mgr inż. Bartłomiej Ćmielewski wykonał także pomiary testowe w otworze

inklinometrycznym na osuwisku Janowiec – Bardo. Jak stwierdza w swojej pracy uzyskane rezultaty są zgodne z wynikami testów laboratoryjnych. Ten rozdział pracy oceniam bardzo wysoko. Zaproponowana w nim koncepcja urządzeń pomiarowych z modułami: transmisji, akcelerometru i termometru, umożliwi wykonanie pomiarów wewnątrz badanego obiektu (tutaj osuwiska), a tym samym wychwycenie przemieszczeń inicjalnych uruchamiających proces ruchów gruntu, przynajmniej w klasie 6 i 7 przedstawianej w rozdziale 2. klasyfikacji ruchów masowych. Taka konstrukcja umożliwia rozpoczęcie procedury szybkiego reagowania na potencjalne zagrożenia spowodowane przez osuwisko. W rozdziale 6. Doktorant dokonał uogólnionej charakterystyki i oceny dokładności metod pomiarowych, a także podał orientacyjne koszty wykonania pomiarów na potrzeby badania przemieszczeń osuwisk. Zdaniem recenzenta przedstawiona w rozdziale 6. analiza może ułatwić decyzje dotyczące zakupów sprzętu i zastosowania odpowiedniej technologii (pomiarów ciągłe lub kontrolne w wybranych okresach czasu) dedykowanej do wykonania pomiarów przemieszczeń innych osuwisk. Mgr inż. Bartłomiej Ćmielewski zaproponował także korektę wspomnianej wyżej klasyfikacji osuwisk ze względu na prędkość ruchów. Biorąc pod uwagę odpowiedni dobór technik pomiarowych w systemach wczesnego ostrzegania oraz prędkości ruchów masowych w przeliczeniu na dzień, podzielił osuwiska na 4 klasy. Jak napisał Doktorant taki podział „umożliwi dogodniejszy dobór technik pomiarowych do analiz zmian geometrii zachodzących na obszarach ruchów masowych oraz zasilania danymi systemu wczesnego ostrzegania”. Mgr inż. Bartłomiej Ćmielewski w rozdziale 7. przedstawił plany swoich dalszych prac badawczych. Podsumowanie i wnioski końcowe są treścią rozdziału 8. Rozdział 9. to zawierający 224 pozycje wykaz literatury, z tego 175 w języku angielskim. Liczba cytowanych prac świadczy o bardzo dobrej znajomości literatury zarówno krajowej i zagranicznej Doktoranta w tym zakresie. Około 30% tego wykazu stanowią prace, które ukazały się w latach 2010 – 2018. Świadczy to zdaniem recenzenta o aktualności problematyki prezentowanej w recenzowanej pracy doktorskiej. Spis tabel jest treścią rozdziału 10. Pracę doktorską kończy rozdział 11. – Spis rysunków.

3. *Cel rozprawy oraz wartość naukowa.*

Przedstawiony przez mgr inż. Bartłomieja Ćmielewskiego w rozdziale pierwszym cel rozprawy dotyczy oceny współczesnych metod monitorowania osuwisk oraz wykrywania ich ruchów inicjalnych z wykorzystaniem współczesnych technologii pomiarowych i możliwości wykorzystania w systemach wczesnego ostrzegania.

Zdaniem recenzenta podjęta w pracy doktorskiej problematyka jest aktualna i istotna także z punktu bezpieczeństwa użytkownika budowli posadowionych w pobliżu osuwisk, jak również życia ludzkiego. O aktualności poruszanej problematyki świadczy między innymi bardzo licznie, zamieszczona przez

Doktoranta literatura przedmiotu. Warto w tym miejscu wspomnieć o osuwających się polskich wybrzeżach klifowych między innymi na Wyspie Wolin, w Koszalinie, Gdyni oraz Jastrzębiej Górze, gdzie doszło już do katastrofy budowlanej, a kilka obiektów jest zagrożonych taką katastrofą. Za najważniejsze osiągnięcia naukowe ocenianej rozprawy uznaję:

1. Opracowanie w ramach pracy doktorskiej dwóch urządzeń kontrolno – pomiarowych możliwych do wykorzystania w systemach wczesnego ostrzegania oznaczonych odpowiedni Alfa i Beta.
2. Przeprowadzenie testów laboratoryjnych i dokonanie oceny dokładności pomiarów obu przyrządów.
3. Praktyczną weryfikację dokładności obu czujników na rzeczywistym obiekcie testowym – osuwisku w Janowcu k. Barda.
4. Wykorzystanie w analizach przemieszczeń bezzałogowego statku latającego.
5. Szczegółowe analizy metod pomiaru przemieszczeń osuwisk przeprowadzone w kontekście szybkości ruchów masowych.
6. Propozycję korekty w klasyfikacji ruchów masowych z uwzględnieniem szybkości ich występowania połączonej z możliwościami rejestracji danych współczesnymi technologiami pomiarowymi.

4. *Uwagi dotyczące strony merytorycznej.*

Moje uwagi dotyczące tej części są następujące:

1. Doktorant wyznaczył wartości przemieszczeń badanego obiektu przy pomocy: GPS RTK, precyzyjnej niwelacji geometrycznej, pomiarami tachimetrycznymi. Nie dokonał jednak analizy dokładności uzyskanych wielkości i oceny istotności otrzymanych wartości przemieszczeń. Nie wiadomo, które przemieszczenia są istotne, a które różnice w wynikach spowodowane są błędami pomiarów. Bardzo proszę o komentarz dotyczący tej uwagi.

2. Podobna uwaga dotyczy wyznaczania przemieszczeń otrzymanych jako różnice powierzchni uzyskanych technologiami: naziemnego i lotniczego skanowania laserowego oraz z wykorzystaniem bezzałogowych obiektów latających. Wymienionymi wyżej technologiami uzyskujemy zbiory danych o różnych dokładnościach pomiaru. Utworzone, zatem w oparciu o te wyniki, numeryczne modele terenu wyznaczone są z różną dokładnością. Tworząc powierzchnie różnicowe ze zbiorów wyników o innych dokładnościach pomiaru trudno jest jednoznacznie stwierdzić, że uzyskane w ten sposób różnicowe NMT są deformacjami (przemieszczeniami), a nie rozbieżnościami wynikającymi z innych dokładności obserwacji zastosowanych technologii pomiarowych. W moim przekonaniu Doktorant powinien dokonać analizy dokładności uzyskanych wyników, a następnie przeprowadzić analizę istotności otrzymanych wartości przemieszczeń. Bardzo proszę o komentarz do tej uwagi.

3. W kontekście uwagi nr 2, moim zdaniem, w wyznaczaniu przemieszczeń obiektu (osuwiska) pozyskanych taką samą technologią pomiarową Doktorant powinien wykorzystać stosowane w takich sytuacjach tradycyjne parametry lub zaproponować nowe współczynniki. Bardzo proszę o komentarz do tej uwagi.

4. Uwagi edytorskie

1. Str. 21. Doktorant napisał w drugim wierszu od góry „... kąta nachylenia stoku ϕ zgodnie z zależnością (5)”. W zależności (5) nie ma natomiast kąta ϕ .
2. Str. 21. W zależności (8) występuje tangens iloczynu dwóch kątów (kąta tarcia wewnętrznego ziaren w gruncie Φ i granicznego kąta nachylenia stoku ϕ).
3. Str. 24. Błędnie zapisana zależność (11).
4. Str. 31. Błędne zapisy w tabeli 4 np.: wzory na obliczenie przewyższeń w niwelacji technicznej i precyzyjnej, w niwelacji trygonometrycznej wysokość celu oznaczona „s”, a we wzorze „t”?
5. Str. 50. Rysunek 28 jest nieczytelny.

5. Wnioski końcowe.

Reasumując stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Bartłomieja Ćmielewskiego stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, jak również wykazuje ogólną wiedzę kandydata w dyscyplinie geodezja i kartografia oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej (zgodnie z ustawą z dnia 14 marca 2003 roku, Dz. Ustaw Nr. 65, poz. 595, wraz z późniejszymi zmianami). Spełnia zatem wymagania stawiane pracom doktorskim. W związku z powyższym uzasadnieniem stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie mgr inż. Bartłomieja Ćmielewskiego do publicznej obrony.

Prof. dr hab. inż. Waldemar Kamiński