

Dr hab. inż. Krzysztof Tajduś, prof. Instytutu
Instytut Mechaniki Górotworu
Polskiej Akademii Nauk
ul. Reymonta 27 30-059 Kraków

Kraków, 10.05.2021

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej **mgr inż. Leszka Chomackiego**

p.t.:

„OCENA RYZYKA POWSTANIA USZKODZEŃ W BUDYNKACH MUROWANYCH PODDANYCH WPLYWOM EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ Z ZASTOSOWANIEM METOD INTELIGENCJI OBLICZENIOWEJ”

Recenzję niniejszej pracy wykonano na zlecenie Rady Naukowej Instytutu Techniki Budowlanej przesłanego w piśmie z dnia 25 marca 2021 stosownie do wymagań Ustawy z dnia 14 marca 2003r¹.

1. Ocena wyboru tematu pracy:

Doktorant w swojej pracy przeprowadził studium oceny ryzyka powstania uszkodzeń w budynkach murowanych rozumianego, jako łączny rozkład prawdopodobieństwa, gdzie podstawowym kryterium było uzyskanie jak najlepszej zgodności modelowanego rozkładu ze zbiorem danych uczących. Do tego celu posłużył się następującymi metodami inteligencji obliczeniowej (Machine Learning): Probabilistycznymi Sieciami Neuronowymi (PNN), Metodą Wektorów Podtrzymujących (SVM), Naiwnym Klasyfikatorem Bayesowsa (NBC) oraz Sieciami Przekonań Bayesa (BBN).

W opinii recenzenta wybór tematu pracy jest bardzo interesujący. Wykorzystanie nowoczesnych metod obliczeniowych oraz metod analiz pozwala poszerzyć wiedzę w zakresie ryzyka powstania uszkodzeń obiektów budowlanych na terenach zagrożonych deformacjami górnictwami.

¹ Ustawa z dnia 14 marca 2003r o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U Nr 65, poz. 595, z późniejszymi zmianami wprowadzone ustawą 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 brzmieniu obowiązującym od dnia 1 października 2011r.

2. Ogólna charakterystyka konstrukcji i treści rozprawy:

Recenzowana praca doktorska, której promotorem jest dr hab. inż. Janusz Rusek, profesor Akademii Górniczo-Hutniczej, zawiera 93 strony tekstu zredagowanego w 8 rozdziałach, wraz ze spisem 182 pozycji literatury oraz wykorzystanych materiałów źródłowych. Dodatkowo na końcu pracy Doktorant zamieścił 4 załączniki na 39 stronach zawierające 39 tabel opisujących zestawienie danych z podziałem na zmienne i ich stany oraz licznosci w zbiorach, wyniki uzyskane dla metody NBC i czterech wybranych pakietów, wyniki uzyskane dla metody BBN i różnych metod uczenia sieci oraz tablice prawdopodobieństw warunkowych (CPT) dla sieci BBN i metody uczenia TAN-CL.

W rozdziale pierwszym Doktorant omówił zarys problemu badawczego przedstawiając ogólne problemy budownictwa na terenach górniczych, w tym rodzaje oddziaływań eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu, wpływu eksploatacji górniczej na budynki oraz metody oceny ryzyka powstania uszkodzeń. W tym rozdziale tym Autor przedstawia również cel i tezę pracy o następującej treści:

„Metody inteligencji obliczeniowej pozwalają na budowę modelu oceny ryzyka powstania uszkodzeń w budynkach murowanych poddanych wpływom eksploatacji górniczej, który uwzględnia wiele zmiennych i jest metodycznie zgodny z obowiązującą w budownictwie probabilistyczną notacją ilościową ryzyka.”.

Dodatkowo rozdział ten zawiera zakres przeprowadzonych badań wraz ze skróconym opisem zawartości pracy.

Rozdział drugi dotyczy analizy źródeł literaturowych. Autor przeprowadził badania literaturowe w zakresie doświadczeń wynikających z oceny wpływu eksploatacji górniczej na obiekty budowlane, zaprezentował stosowane oceny możliwości powstania uszkodzeń budynków zlokalizowanych na terenach górniczych, a także opisał aktualne doświadczenia stosowania rozwiązań bazujących na Machine Learning'u, wykorzystywanych w budownictwie na terenach górniczych. Następnie zaproponował schemat postępowania w ramach planowanych badań.

W rozdziale trzecim Doktorant przedstawił charakterystykę utworzonej bazy danych. Opisał zabudowę analizowanego terenu wraz z rozkładem poszczególnych czynników w grupie badawczej, ze szczególnym uwzględnieniem kategorii uszkodzeń, a także informacje o dokonanej eksploatacji górniczej, która miała wpływ na przedmiotowe budynki.

Rozdział czwarty poświęcony jest przeglądowi i opisowi wybranych metod analizy danych z wykorzystaniem inteligencji obliczeniowej (Machine Learning). Opisano w nim podstawy matematyczne i własności następujących metod: Probabilistycznej Sieci Neuronowej (PNN), Metody Wektorów Podtrzymujących (SVM), Naiwnego Klasyfikatora Bayesa (NBC), Sieci Przekonań Bayesa (BBN).

W rozdziale piątym Autor zaprezentował wieloetapową procedurę wyłaniania optymalnej metody budowy modelu oceny ryzyka powstania uszkodzeń. Zaprezentował proces statystycznego przygotowania zebranych danych do analizy, a następnie przedstawił autorski sposób interpretacji i weryfikacji wyników. Następnie zaprezentował wyniki analiz z wykorzystaniem wytypowanych metod bazujących na inteligencji obliczeniowej oraz dokonał ich oceny pod kątem predykcji i generalizacji. Analizy te umożliwiły Doktorantowi ustalenie optymalnej metody badawczej, którą wdrożył do ostatniego etapu prac.

Rozdział szósty przedstawia zbudowany model oceny ryzyka powstania uszkodzeń w postaci Sieci Przekonań Bayesa. Autor przeanalizował otrzymaną strukturę sieci a następnie przeprowadził analizę wpływu zmiennych wejściowych na prognozowanie powstania uszkodzeń danej intensywności.

W rozdziale siódmym Doktorant przedstawił zakres praktycznej stosowalności utworzonego modelu oceny ryzyka uszkodzeń, by następnie przeprowadzić symulację działania modelu dla czterech przykładowych budynków murowanych. Zaprezentowano tutaj wykorzystanie sieci BBN zarówno dla przypadków diagnozy przyczyn uszkodzeń, jak i również dla sytuacji występowania niepełnych informacji na temat poszczególnych zmiennych.

Rozdział ósmy zawiera podsumowanie rozprawy doktorskiej. Autor sformułował wnioski wynikające z przeprowadzonych badań w odniesieniu do przyjętej w pracy tezy oraz wskazał propozycję kierunków dalszych badań.

3. Ocena merytoryczna pracy.

Podjęty przez mgr inż. Leszka Chomackiego temat „*Ocena ryzyka powstania uszkodzeń w budynkach murowanych poddanych wpływom eksploatacji górniczej z zastosowaniem metod inteligencji obliczeniowej*” jest problemem złożonym i trudnym.

Według recenzenta analiza problemu została przez Autora podjęta kompleksowo i ma charakter badawczo-utilitytarny.

Doktorant przeprowadził rzeczową analizę problemu uwzględniając różne metody inteligencji obliczeniowej (Machine Learning) w rozwiązaniu problemu oceny ryzyka powstania uszkodzeń. Następnie bazując na dokonanych analizach Autor wybrał metodę ostateczną, którą uznał za najodpowiedniejszą. Wybór padł na metodę Sieci Przekonań Bayesa.

Na szczególną uwagę zasługuje zastosowany wachlarz nowoczesnych metod analizy rzadko do tej pory stosowany w zagadnieniach oceny uszkodzeń obiektów budowlanych.

Recenzent zwraca uwagę na szeroki warsztat Doktoranta zarówno praktyczny, jak i teoretyczny umożliwiający mu właściwe budowanie modeli ryzyka, analizy uzyskiwanych wyników oraz sprawne wnioskowanie.

Uważam, że wachlarz prac przeprowadzonych przez Doktoranta jest istotny i świadczy o dogłębnej analizie problemu, a recenzowana praca zawiera wszystkie niezbędne elementy świadczące o umiejętności projektowania i realizowania pracy naukowej przez Doktoranta, przy wykorzystaniu dostępnych metod oraz programów.

Praca doktorska **mgr inż. Leszka Chomackiego** cechuje się prawidłową konstrukcją, układ tekstu jest przejrzysty, a ilustracje, wykresy i tabele w sposób właściwy prezentują wyniki przeprowadzonych obliczeń i analiz.

Uwagi do pracy

Podczas lektury pracy doktorskiej nasunęło się kilka uwag oraz pytań, które zamieszczam poniżej.

- [1]. Dlaczego w zbiorze przypadków jest tak mało budynków z lat 60-tych i 80-tych? I czy z uwagi na to model prawidłowo przewiduje ich kategorie uszkodzeń?
- [2]. Czy Doktorant przeprowadził oceny kategorii uszkodzeń budynków z wykorzystaniem metod opisanych w rozdziale 2.2? Jeżeli tak to, jakie uzyskał wyniki ?
- [3]. Czy wg Doktoranta możliwe jest powiązanie uzyskanego wyniku z metodą punktową oceny uciążliwości? Jak w takiej sytuacji Autor przyjąłby kategorie uszkodzeń?
- [4]. Czy w analizowanej grupie budynków obciążenia inne niż górnicze mogły spowodować zmianę kategorii uszkodzeń?
- [5]. Czy duże odstępstwo od założonych proporcji 80:20 w przypadku zmiennej „Zabezpieczenia uzupełniające dotyczące kotwienia” (tablica Z1.1), ma wpływ na uzyskane w punkcie 6.2 wyniki?
- [6]. Dlaczego zmienna KTG nie jest połączona ze strukturą sieci BBN i metodą uczenia HC (rys. Z3.1)?
- [7]. Str. 43; „Liczba budynków, na które oddziaływały odkształcenia poziome o charakterze rozciągania $\mathcal{E}^{(+)}$, wraz z podaniem ich wartości z dokładnością do 0,5mm/m, została przedstawiona na rys. 3.23. Natomiast liczba budynków, na które oddziaływały odkształcenia poziome o charakterze ściskania $\mathcal{E}^{(-)}$ została przedstawiona na rys. 3.24”. Czy Doktorant uwzględnił jedynie maksymalne wartości odkształceń podłoża? Co z obiektami które poddane były zarówno odkształceniom o charakterze ściskania jak i rozciągania? Które odkształcenia poziome wg Doktoranta są bardziej szkodliwe dla budynków?
- [8]. Czy brak w grupie budynków charakteryzujących się właściwie wykonaną dylatacją wpływa na uzyskane wyniki?
- [9]. Analiza wykazała, że zmienna Rem (Współczynnik remontowy) jest jedną ze zmiennych najistotniejszych w strukturze zbudowanego modelu. Czy zmienna ta nie powinna zostać pominięta lub odpowiednio przez Doktoranta skomentowana ponieważ zgodnie z tabelą Z.1.1. opisana jest ona „zero-jedynkowo” (tak, nie) a cecha ta jest dyskusyjna z uwagi na sposób, zakres, oraz technologię wykonania remontów?

Uwagi drobne:

- [1]. Co oznacza dla Doktoranta stwierdzenie „akceptowalnych” (str. 7 wiersz 15). I czy to stwierdzenie nie jest zbyt optymistyczne z uwagi na fakt, że skutki podziemnej eksploatacji górniczej zależą zarówno od oceny odporności obiektów budowlanych, jak i od określonej kategorii terenu górniczego.

- [2]. Recenzent uważa również, że Doktorant mógłby pominąć rozdział 2.1 w swojej pracy doktorskiej. Rozdział ten nie wnosi żadnych istotnych wiadomości do prowadzonych badań. A niestety Autor zawarł w nim kilka informacji nieścisłych lub dyskusyjnych m.in.:
- a) Str. 21, wiersz 11: „Rozpoznano warunki gruntowe i przeprowadzono badania modelowe, które z dużą dokładnością pokazały, że przyczyną tego zdarzenia była warstwa piaskowca o zmiennej miąższości.” Brak tu informacji co doprowadziło do powstania deformacji nieciągłej: przekroczenie wytrzymałości warstw stropowych i pęknięcie piaskowca, źle dobrana obudowa górnicza, dopływ wody itp.?
 - b) Str. 23, wiersz 5: „Ciekawy przykład zminimalizowania negatywnego wpływu eksploatacji górniczej na ważne obiekty budowlane opisano w (Białek i in., 2014), gdzie zaproponowano szereg działań o charakterze górniczym.”. Przytoczona praca opisuje jeden z możliwych przykładów minimalizacji deformacji podłoża, czyli ograniczenie prędkości eksploatacji <5m/dobę tak aby przyrosty osiadań były < 15 mm/dobę. Natomiast w literaturze występują również inne metody minimalizacji wpływów.
- [3]. Zbyt krótkie opisy wybranych metod inteligencji obliczeniowej (punkt 4), brak wskazania ich wad
- [4]. Brakuje załącznika dotyczącego szczegółowego opisu bazy danych, wykorzystanej w badaniach
- [5]. Brak wyraźnego rozróżnienia między podejściem „częstotliwościowym” a Bayesowskim – w odniesieniu do problemu „niepewności” podejmowania decyzji
- [6]. W pracy szczególnie istotne wydawać by się mogło odniesienie do metody niezawodnościowej „*fault tree*”, które jest zaakcentowane ale dość mało wyraźnie.
- [7]. W podsumowaniu powinno się znaleźć szersze odniesienie do planowanych przyszłych badań na podstawie uzyskanych rezultatów

4. Wniosek końcowy

Recenzowana praca doktorska, pomimo kilku uwag, jest oryginalnym rozwiązaniem zaprezentowanego w niej ciekawego zagadnienia naukowego i ma istotne znaczenie zarówno z punktu widzenia poznawczego, jak i praktycznego.

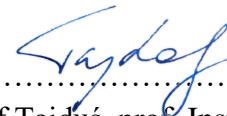
Doktorant wykazał się kompetencją w obszarze analizy zagadnień inżynierii lądowej oraz oceny ryzyka powstania uszkodzeń w obiektach budowlanych.

W zakresie merytorycznym, praktycznym i narzędziowym, Doktorant wykazał szeroką wiedzę i zrozumienie zagadnień, zarówno w zakresie statystyki, metod uczenia maszynowego, oraz zagadnień konstrukcyjnych budynków zlokalizowanych na terenach górniczych.

Z tego powodu po przeprowadzeniu merytorycznej analizy i oceny pracy stwierdzam, że **mgr inż. Leszek Chomacki** posiada umiejętność prowadzenia badań naukowych i rozwiązywania problemów ze szczególnym uwzględnieniem aspektów praktycznych efektów swoich dociekań. Zrealizował kolejny krok w kierunku oceny ryzyka powstania uszkodzeń w obiektach budowlanych na terenach górniczych.

W podsumowaniu stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji praca doktorska w pełni spełnia wymagania obowiązującej ustawy „*O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*” z dnia 14 marca 2003 roku.

Wnioskuje do Rady Naukowej Instytutu Techniki Budowlanej w Warszawie o przyjęcie tej pracy jako pracy doktorskiej i dopuszczenie jej do publicznej obrony.



.....
Dr hab. inż. Krzysztof Tajduś, prof. Instytutu