

Prof. dr hab. inż. Łukasz Drobiec
Katedra Konstrukcji Budowlanych
Wydział Budownictwa
Politechnika Śląska
Ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice

Gliwice, 12.05.2021 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Leszka Chomackiego

pt. **„Ocena ryzyka powstania uszkodzeń w budynkach murowanych poddanych wpływowi eksploatacji górniczej z zastosowaniem metod inteligencji obliczeniowej”**.

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą opracowania recenzji jest uchwała Rady Naukowej Instytutu Techniki Budowlanej z dnia 25.03.2021 r. (zgodnie z pismem Przewodniczącego Rady Naukowej ITB prof. dr hab. inż. Andrzeja Garbacza z dnia 25.03.2021 r.).

2. Charakterystyka rozprawy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Leszka Chomackiego pt. „Ocena ryzyka powstania uszkodzeń w budynkach murowanych poddanych wpływowi eksploatacji górniczej z zastosowaniem metod inteligencji obliczeniowej”. Praca ma charakter teoretyczno-badawczy i składa się z 8 rozdziałów, bibliografii, streszczenia z języku polskim i angielskim oraz czterech załączników. Bibliografia obejmuje 185 pozycji piśmiennictwa, w tym 8 współautorskich pozycji Doktoranta. Tekst rozprawy liczy 134 strony i zawiera 59 rysunków, 18 tabele oraz 34 wzory. Na początku pracy zamieszczono oświadczenie o samodzielnym przygotowaniu rozprawy, streszczenie pracy w języku angielskim i polskim oraz spis treści.

W rozdziale 1 (Wprowadzenie), omówiono specyfikę budownictwa na terenach górniczych, rodzaje oddziaływań od podziemnej eksploatacji górniczej na powierzchnię, wpływ eksploatacji górniczej na budynki oraz oceny ryzyka powstania uszkodzeń. W rozdziale tym sformułowano cele, tezę i zakres pracy. Jako cele pracy przyjęto:

- ▣ wskazanie najefektywniejszej metodyki pozwalającej na budowę modelu ryzyka powstania uszkodzeń z zastosowaniem notacji probabilistycznej,
- ▣ ustalenie wpływu poszczególnych czynników geometrycznych, konstrukcyjnych i górniczych na proces powstawania uszkodzeń budynków w warunkach oddziaływania niecki górniczej.

W związku ze sformułowanymi celami prac postawiono następującą tezę pracy: 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.

W rozdziale 2 (Analiza źródeł literaturowych) wykonano przegląd aktualnego stanu wiedzy. Opisano najnowsze doświadczenia wynikające z oceny wpływu eksploatacji górniczej na uszkodzenia obiektów; metody oceny możliwości powstania uszkodzeń budynków zlokalizowanych na terenach górniczych, a także doświadczenia ze stosowania rozwiązań bazujących na inteligencji obliczeniowej, wykorzystywanych w budownictwie na terenach górniczych. Na podstawie przeprowadzanych studiów literatury zaproponowano przyjęty dalej w rozprawie schemat postępowania.

W rozdziale 3 (Charakterystyka utworzonej bazy danych) opisano sposób pozyskiwania i gromadzenia danych, scharakteryzowano analizowane budynki, przedstawiono rozkład poszczególnych czynników w grupie badawczej, ze szczególnym uwzględnieniem kategorii uszkodzeń, a także informacje o dokonanej eksploatacji górniczej, która miała wpływ na rozważane budynki. Przeprowadzono przegląd 10 prac badawczo-rozwojowych zrealizowanych w Instytucie Techniki Budowlanej przy współudziale autora rozprawy. Dotyczyły one oceny możliwości prowadzenia eksploatacji górniczej w aspekcie ochrony powierzchni wybranych kopalń GZW w okresie 2011÷2017. W toku przeprowadzonych prac analizą objęto grupę 450 budynków w Bytomiu oraz 350 budynków w Rudzie Śląskiej.

Następnie podjęto decyzję o przyjęciu do badań grupy budynków, w stosunku do których przeprowadzone były co najmniej dwie oceny stanu uszkodzeń, pomiędzy którymi prowadzona była eksploatacja górnicza oddziałująca na wyodrębnioną zabudowę. Na tej podstawie ostatecznie wyselekcjonowano docelowo grupę 207 budynków spełniających powyższy warunek.

W rozdziale 4 (Charakterystyka metod inteligencji obliczeniowej) zamieszczono przegląd wyselekcjonowanych, a w późniejszej części pracy zastosowanych metod analizy danych z wykorzystaniem inteligencji obliczeniowej. 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).

Rozdział 5 (Ustalenie optymalnej metody budowy modelu oceny ryzyka) dotyczy wieloetapowej procedury wyłaniania optymalnej metody budowy modelu oceny ryzyka. Doktorant opisuje 2 nim autorski sposób interpretacji i weryfikacji uzyskanych wyników. W rozdziale zaprezentowano wyniki analiz z wykorzystaniem wytypowanych metod bazujących na inteligencji obliczeniowej. Dokonano oceny wyników tych metod pod kątem predykcji i generalizacji, co pozwoliło na ustalenie optymalnej metody.

Rozdział 6 (Model oceny ryzyka powstania uszkodzeń jako sieć BBN) zawiera utworzony przez Doktoranta model oceny ryzyka powstania uszkodzeń w postaci sieci BBN. Przeanalizowano otrzymaną strukturę sieci. Przeprowadzono analizę wpływu zmiennych wejściowych na prognozowanie powstania uszkodzeń danej intensywności.

W rozdziale 7 (Warianty wykorzystania utworzonego modelu oceny ryzyka powstania uszkodzeń w budownictwie na terenach górniczych) opisano możliwe sposoby wykorzystania utworzonego modelu oceny ryzyka uszkodzeń w praktyce. Zaprezentowano symulację działania modelu dla czterech przykładowych budynków murowanych. Przedstawiono wykorzystanie sieci w przypadku diagnozy przyczyn uszkodzeń, a także w przypadku występowania niepełnych informacji na temat poszczególnych zmiennych.

Rozdział 8 zawiera podsumowanie i wnioski. Sformułowano wnioski wynikające z przeprowadzonych badań w odniesieniu do przyjętej w pracy tezy oraz wskazano propozycję kierunków dalszych badań.

Do pracy załączono 4 załączniki. W załączniku nr 1 zamieszczono zestawienie danych z podziałem na zmienne, ich stany i licznosci w zbiorach. Załącznik nr 2 zawiera wyniki uzyskane dla metody NBC i czterech wybranych pakietów, natomiast Załącznik nr 3 wyniki uzyskane dla metody BBN i różnych metod uczenia sieci. W załączniku nr 4 zamieszczono tablice prawdopodobieństw warunkowych (CPT) dla sieci BBN i metody uczenia TAN-CL.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

3.1. Ocena doboru tematu i postawionych celów rozprawy

Metody inteligencji obliczeniowej są obecnie w świecie szeroko rozwijane, a ich zastosowanie w inżynierii lądowej coraz liczniejsze. Z drugiej strony sposoby prognozowania występowania uszkodzeń oraz wielkości uszkodzeń budynków na skutek wpływów od podziemnej eksploatacji górniczej wymagają wciąż dalszego rozwijania. Predykcja uszkodzeń z wykorzystaniem inteligencji obliczeniowej wydaje się być zatem dobrym rozwiązaniem problemu. Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że podjęty przez Doktoranta temat rozprawy jest oryginalny i aktualny, oraz zasadny i ważny tak z naukowego, jak i z praktycznego punktu widzenia.

3.2. Cel i sposób jego realizacji

Celem pracy było wskazanie najefektywniejszej metodyki pozwalającej na budowę modelu ryzyka powstania uszkodzeń z zastosowaniem notacji probabilistycznej oraz ustalenie wpływu poszczególnych czynników geometrycznych, konstrukcyjnych i górniczych na proces powstawania uszkodzeń budynków w warunkach oddziaływania niecki górniczej. Doktorant wykonał badania i przeanalizował wyniki z kilkuset obiektów i wytypował docelową grupę 207 budynków. Następnie Doktorant wykonał analizy danych wykorzystując 4 metody inteligencji obliczeniowej i zaproponował autorską modyfikację metody Sieci Przekonań Bayesa (BBN). Dalej Doktorant przeprowadził symulację wykorzystania utworzonego modelu w trzech

wariantach: prognozie powstania uszkodzeń w budynku, diagnozowaniu przyczyn uszkodzeń oraz przypadku dysponowania niepełną bazy danych.

Sformułowana metodologia została poddana walidacji na czterech przykładowych budynkach. Analizowane przypadki potwierdzają skuteczność zaproponowanej metody i dowodzą, że cel rozprawy został osiągnięty.

3.3. Ocena naukowej wartości rozprawy

Za najważniejsze oryginalne osiągnięcia naukowe Autora uznaję:

- Przeprowadzenie badań kilkuset budynków z terenu Górnego Śląska, sklasyfikowanie obiektów i wybranie do analizy ponad dwustu budynków.
- Przeprowadzenie analizy danych z wykorzystaniem 4 metod inteligencji obliczeniowej: Probabilistycznej Sieci Neuronowej (PNN), Metody Wektorów Podtrzymujących (SVM), Naiwnego Klasyfikatora Bayesowskiego (NBC), Sieci Przekonań Bayesa (BBN).
- Ustalenie optymalnej metody budowy modelu oceny ryzyka. Doktorant zaproponował autorski sposób interpretacji i weryfikacji uzyskanych wyników. Przeprowadził symulację wykorzystania utworzonego modelu w trzech wariantach: prognozie powstania uszkodzeń w budynku, diagnozowaniu przyczyn uszkodzeń oraz przypadku dysponowania niepełną bazy danych.
- Walidacja zaproponowanej metody.

4. Uwagi krytyczne

Jak każda praca, taki i recenzowana rozprawa nie jest wolna od drobnych błędów, niedopowiedzeń czy niedociągnięć. Uwagi do pracy recenzent podzielił na ogólne oraz na uwagi szczegółowe.

4.1. Uwagi ogólne

Uwaga dotycząca uzyskanych wyników

W zaproponowanej metodzie wykorzystuje się 25 zmiennych. Analizy wykazały, że Najistotniejsze są zmienne: Współczynnik remontowy (Rem) i Kategoria stanu uszkodzeń przed wpływami (KsuPrz). Doktorant stwierdza, że istotne są również następujące zmienne: Zużycie naturalne (ZuNat), Kategoria terenu górniczego (KTG), Materiał ścian parteru i wyżej (Mspiw), Liczba kondygnacji nadziemnych (LiKon) i Powierzchnia zabudowy (Powi). Zmienne o niewielkiej istotności w modelu to Szerokość (Szer), Sposób dylatowania (Dylat), Kształt bryły budynku (Kszta), Podpiwniczenie (Podpi), Zmienny poziom posadowienia (ZmPos), Zmienna wysokość budynku (ZmWys), Rodzaj fundamentu (RoFun), Materiał ścian piwnic (Msp), Strop nad parterem i wyżej (Snpiw), Zabezpieczenia na wpływy górnicze (Zabez), Zabezpieczenia - dane uzupełniające dotyczące kotwienia (ZabUz), Rok budowy (Rok). Recenzenta zaskakuje tu szczególnie niewielka istotność zmiennych: Rodzaj fundamentu (RoFun) i Materiał ścian piwnic (Msp) oraz Zabezpieczenia na wpływy górnicze (Zabez). Te parametry powinny mieć przecież istotne znaczenie. Recenzent prosi o stosowne wyjaśnienie podczas obrony.

W analizach stwierdzono ponadto, że w strukturze modelu występuje sześć zmiennych Strop nad piwnicą (Snp), Nadproża (Nadpr), Kubatura (Kubat), Długość (Dlug), Długość ciągu zabudowy zwartej (DluCi), Kategoria odporności statycznej (deformacyjnej) (KOS), których eliminacja poprawia miary porównania wyników, takie jak: dokładność klasyfikacji (ACC), precyzję (PPV) oraz czułość (TPR) dla zbioru testowego. Na szczęście Doktorant nie zrezygnował z wykorzystywania tych zmiennych. Recenzent prosi jednak o komentarz, dlaczego zdaniem Doktoranta uzyskiwano poprawę wyników po wyeliminowaniu tych zmiennych.

Uwaga dotycząca wpływu dokonanej eksploatacji

Doktorant wykonał analizy 450 budynków w Bytomiu oraz 350 budynków w Rudzie Śląskiej. Następnie do dalszych analiz wybrał 207 budynków mieszkalnych wielorodzinnych. Obiekty te wzniesione zostały w okresie od końca XIX wieku do lat 40-tych XX wieku. Analizie poddano uszkodzenia, które wystąpiły na skutek eksploatacji w latach 2011÷2017 (eksploatowane

pokłady 503 i 510wg). Analizowane Budynki są jednak znacznie starsze niż 2011 r. i wcześniej były już wielokrotnie poddane wpływom od eksploatacji. Doktorant wprowadził do swojego modelu zmienne dotyczące zużycia naturalnego (ZuNat) i współczynnika remontowego (Rem) oraz stanu uszkodzeń przed wpływami (KsuPrz). Należy jednak zauważyć, że każda eksploatacja dokonana w bezpośredniej bliskości analizowanego budynku powoduje powstanie mikro i makrouszkodzeń, które mają wpływ na sztywność przestrzenną obiektu. Wpływ ten może być trudny do uchwycenia i różny w różnych obiektach. Wydaje się, że do modelu dobrze byłoby dodać zmienną związaną z historią oddziaływania wpływów na budynek. Recenzent widzi tu znaczne pole do dalszych badań i rozwoju modelu.

4.2. Uwagi szczegółowe

Uwagi szczegółowe dotyczą głównie znalezionych przez Recenzenta w tekście pewnych kontrowersyjnych zapisów. Recenzent nie ma uwag do wyglądu i układu pracy, który ocenia bardzo wysoko.

Poniżej podano miejsca znalezionych błędów i kontrowersji:

Str. 11, 1 wiersz od góry: *„Przy prowadzonej obecnie eksploatacji górniczej, z uwagi na jej znaczne głębokości, wpływ krzywizny terenu jest coraz mniej wyraźny, rośnie natomiast znaczenie poziomych odkształceń terenu (Borecki i in., 1977)”*. Pisząc „obecnie” Doktorant powołuje się na publikację z 1977 r.

Str. 18, 11 wiersz od dołu: *„Rozdział 1 jest ogólnym omówieniem dziedziny budownictwa na terenach górniczych”* – dość niefortunne sformułowanie, lepiej byłoby: *W rozdziale omówiono problematykę budownictwa na terenach górniczych.*

Str. 21, 14 wiersz od dołu: *„Tematyka wpływu eksploatacji górniczej na uszkodzenia budynków murowanych jest zdecydowanie bardziej popularna wśród rodzimych autorów, aniżeli wśród autorów zagranicznych”*. Jest to dość kontrowersyjne stwierdzenie. Na świecie wciąż eksploatuje się wiele złóż i prowadzi się związane z tym badania naukowe. Zresztą stwierdzenie powyższe kluczy się z przeprowadzonym przez Doktoranta przeglądem stanu

wiedzy, gdzie w punkcie 2.2 opisano osiem zagranicznych metod oceny możliwości powstania uszkodzeń budynków na terenach górniczych i tylko jedną krajową.

Str. 35, 15: *„Najbardziej istotnym czynnikiem były zaobserwowane uszkodzenia w budynkach przed podjęciem eksploatacji górniczej i aktualizacja uszkodzeń po jej zakończeniu. Pozwoliło to na przeprowadzenie oceny, czy powstały nowe uszkodzenia lub czy zinwentaryzowane wcześniej uszkodzenia nie uległy powiększeniu (intensyfikacji)”. Istnieje wiele metod określania czasu powstania uszkodzeń (np. zarysowań). Można do tego wykorzystać mikroskop i zbadać czy krawędzie rys są ostre, a wewnątrz rys czyste.*

Str. 36, rys. 3.1. Doktorant z pośród 450 budynków w Bytomiu oraz 350 budynków w Rudzie Śląskiej do analiz wybrał 207 budynków. W pracy Recenzent nie znalazł informacji, gdzie zlokalizowane są te budynki. Na rys. 3.1. pokazano mapę, ale i tu nie ma informacji co to za miasto.

5. Wnioski końcowe

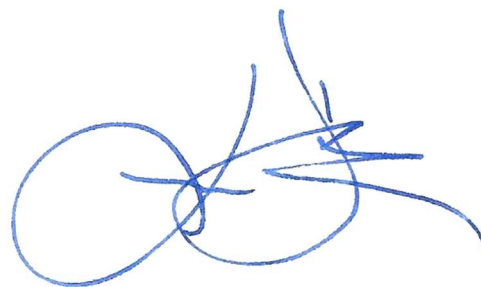
W recenzowanej pracy doktorskiej mgr inż. Leszek Chomacki rozwiązał oryginalne zadanie naukowe, polegające na ustaleniu optymalnej metody budowy modelu oceny ryzyka poprzez propozycję modyfikacji metody Sieci Przekonań Bayesa (BBN). Stwierdzam, że główny cel rozprawy doktorskiej został osiągnięty. Doktorant wykazał się dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy w zakresie objętym tematem oraz umiejętnościami rozwiązywania problemów teoretycznych. Zaproponował metodę oceny ryzyka powstania uszkodzeń w budynkach murowanych poddanych wpływom eksploatacji górniczej przy wykorzystaniu metody inteligencji obliczeniowej i przeprowadził jej walidację. Uzyskał oryginalne wyniki i wykazał, że potrafi analizować i krytycznie oceniać uzyskane rezultaty oraz formułować poprawne wnioski poznawcze. Widzi również kierunki dalszych badań. Świadczy to o Jego odpowiednim przygotowaniu i predyspozycjach do samodzielnego prowadzenia prac naukowo-badawczych.

Uwagi krytyczne wymienione w punkcie 4 nie obniżają bardzo dobrego, moim zdaniem, poziomu merytorycznego i ogólnej wysokiej oceny dysertacji. Uwagi mają charakter

porządkowy lub dyskusyjny i mam nadzieję, że przynajmniej w części będą pomocne Autorowi podczas dalszej pracy naukowej i przygotowywania artykułów do czasopism naukowych.

Oceniam, że rozprawa stanowi rozwiązanie oryginalnego zagadnienia naukowego oraz potwierdzam, że Doktorant posiada ogólną wiedzę teoretyczną i umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Rozprawa jest opracowana na dobrym poziomie naukowym i redakcyjnym oraz wnosi wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Leszka Chomackiego pt. „Ocena ryzyka powstania uszkodzeń w budynkach murowanych poddanych wpływom eksploatacji górniczej z zastosowaniem metod inteligencji obliczeniowej” spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 14.03.2003 roku „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz. U. z 2003 r., Nr 65, poz. 595, z późniejszymi zmianami) oraz w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668). W związku z tym stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke extending to the right.