



Politechnika Wroclawska

*Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Katedra Inżynierii Materiałów i Procesów Budowlanych*

prof. dr hab. inż. Łukasz Sadowski

Wrocław, 24.05.2024

Politechnika Wroclawska

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Katedra Inżynierii Materiałów i Procesów Budowlanych

Wybrzeże Wyspiańskiego 27

50-370 Wrocław

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Alaa Al-Saedi

pt. „Flexible procedure for ready mix concrete production, delivery, and placement
in different environmental conditions by monitoring and learning”

1. Przedmiot i podstawa opracowania recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Alaa Al-Saedi pt. „Flexible procedure for ready mix concrete production, delivery, and placement in different environmental conditions by monitoring and learning”, opracowana na Wydziale Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Poznańskiej. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Jerzy Paślawski. Przedstawiona rozprawa dotyczy problematyki z zakresu inżynierii przedsięwzięć budowlanych i technologii betonu, więc mieści się w zakresie dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport (dawniej inżynieria lądowa i transport). Przedmiotem oceny, zgodnie z art. 187 ust. 1 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, jest sprawdzenie, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

2. Opis ogólny rozprawy

Rozprawa doktorska została złożona w formie wydruku i liczy 253 strony. Rozprawa datowana jest na luty 2024 r., została napisana w języku angielskim i składa się z 9 rozdziałów. Bibliografia obejmuje 161 pozycji literaturowych. To rozsądna liczba jak na rozprawę doktorską na temat wykorzystania sztucznej inteligencji do monitorowania właściwości mieszanek betonowych. Szkoda, że w spisie literatury nie uwzględniono żadnej z 5 pozycji literaturowych, których współautorem jest autor rozprawy, wymienionych na stronie IX na początku rozprawy, tuż przed wykazem najważniejszych skrótów. Pozycje wymienione na stronie IX to 3 artykuły konferencyjne oraz 2 artykuły będące obecnie w fazie oceny w czasopiśmie naukowym, w tym w renomowanym czasopiśmie Construction and Building Materials. Treść rozprawy poprzedzają streszczenia w języku polskim i angielskim, podziękowania, wykaz publikacji i konferencji, wykaz najważniejszych symboli zastosowanych w pracy oraz spis treści.

Rozdziały 1 i 2 opisują głównie motywację badań i stan teoretyczny. Rozdział 1 zawiera wprowadzenie, opis problemu, cel główny i cele szczegółowe, zakres rozprawy doktorskiej, znaczenie badań, metodologię badań i strukturę rozprawy. Rozdział 2 omawia podstawowe definicje i pojęcia, w tym między innymi ogólne definicje warunków jakościowych i środowiskowych, zarządzanie jakością, zarządzanie komunikacją i interesariuszami a także wprowadza w proces hierarchii analitycznej, problematykę właściwości betonu towarowego oraz sztucznych sieci neuronowych.

Można powiedzieć, że od rozdziału 3 zaczynają się badania własne Autora, które są miejscami poprzeplatane krótkimi wprowadzeniami teoretycznymi. Rozdział 3 wprowadza w proces zarządzania produkcją i krytycznie wskazuje na wady procesu wykorzystując nowoczesne narzędzia takie narzędzie Fishbone, diagram Ishikawy, arkusze kontrolne i analizy w celu zapewnienia jakości. Rozdział 4 to zarządzanie udoskonaleniami w procesie produkcyjnym, w tym zarządzanie interesariuszami, zarządzanie komunikacją i zastosowanie metody AHP (Analytic Hierarchy Process). Rozdział 5 skupia się na zmniejszaniu różnic w jakości surowców i wyborze najlepszego dostawcy, a także na usprawnieniu procesu dostaw cementu i kruszywa. Rozdziały 6 i 7 zawierają rezultaty monitorowania mieszanki betonowej w czasie rzeczywistym. Rozdział 8 to rezultaty tworzenia modelu sztucznej sieci neuronowej.

Rozdział 9 zawiera wnioski, zalecenia i perspektywy na dalsze badania.

Na końcu pracy znajduje się spis literatury oraz spis rysunków i tabel.

Po zapoznaniu się z rozprawą stwierdzam, że ogólny układ i sposób uporządkowania treści przyjęty w rozprawie są jasne i logiczne, rozprawa napisana jest poprawnym językiem, a jej oprawa graficzna nie budzi większych zastrzeżeń. Po przeczytaniu rozprawy uważam, że Autor wykazał się niezbędną ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

3.1. Ocena doboru tematu i postawionych celów

Rozprawa doktorska prezentuje wyniki badań i analiz poświęconych doskonaleniu jakości betonu w różnorodnych warunkach środowiskowych.

Oceniając wybór tematu i założone cele, pragnę podkreślić, że tematyka poruszana w recenzowanej rozprawie doktorskiej jest ważna i aktualna. Nie ulega wątpliwości, że skuteczne zarządzanie produkcją, transportem, układaniem i wiązaniem betonu w zmiennych warunkach środowiskowych, temperaturach mieszanki, poziomach wilgotności i terminach dostaw wymaga pełnego zrozumienia, w jaki sposób te czynniki oddziałują na siebie i wpływają na właściwości betonu. Głównym celem jest osiągnięcie pożądanego poziomu jakości betonu towarowego, szczególnie pod względem wytrzymałości betonu na ściskanie, tak aby spełnić oczekiwania klienta. Tytuł rozprawy, pomimo moich drobnych uwag sformułowanych w punkcie 4 niniejszej recenzji, a mimo to jest zbyt ogólny, jest jednoznaczny i zrozumiały oraz dobrze oddaje problem naukowy przedstawiony w rozprawie. Temat jest aktualny i ważny, dlatego też ciągle poszerzanie wiedzy w tym zakresie oraz wysiłki naukowców i praktyków w poszukiwaniu skutecznych metod poprawy jakości betonu zasługują na najwyższe uznanie.

Mając powyższe na uwadze, uważam, że tematyka podjęta przez Autora rozprawy jest aktualna i ciekawa zarówno z poznawczego, jak i praktycznego punktu widzenia. To samo tyczy się celu rozprawy, który jest oryginalny. Podsumowując ten fragment recenzji, uważam, że zarówno ocena wyboru tematu jak i postawionego celu zasługują na ocenę pozytywną.

3.2. Ocena wartości naukowej rozprawy

Pomimo kilku niedociągnięć, badania przeprowadzone przez Autora rozprawy zostały zaplanowane i przeprowadzone prawidłowo i nie mam większych zastrzeżeń do metodologii przeprowadzonych badań, która została dostatecznie opisana i udokumentowana. Moim zdaniem, z nielicznymi wyjątkami, na podstawie interpretacji uzyskanych wyników dokonano krytycznej analizy, z której Autor wyciągnął cenne wnioski.

Uważam, że głównym osiągnięciem tej rozprawy jest poprawa parametrów betonu towarowego w zakładzie produkcyjnym i na miejscu, poprzez obniżenie jego temperatury, zmniejszenie szybkości parowania, poprawę urabialności, zmniejszenie zawartości powietrza, zmniejszenie porowatości, zwiększenie gęstości i zwiększenie wytrzymałości na ściskanie i przewidywanie tych parametrów za pomocą sztucznych sieci neuronowych.

Podsumowując ten fragment recenzji pod względem merytorycznym wartość naukowa rozprawy oceniam wysoko.

4. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Recenzowana rozprawa doktorska jest cenną inicjatywą, ponieważ nie tylko porządkuje istniejącą wiedzę z pogranicza inżynierii projektów budowlanych i technologii betonu, ale przede wszystkim dostarcza cennych wyników dla krajowego i międzynarodowego środowiska naukowo-inżynierskiego. Czytając jednak rozprawę, naszyły mnie następujące wątpliwości, uwagi krytyczne, uwagi do dyskusji, sugestie i pytania do Autora rozprawy:

- 1) Tytuł rozprawy jest zbyt ogólny. Moim zdaniem po zapoznaniu się z nim nie jest jasne sedno sprawy, jakie metody zostały wykorzystane w modelu sztucznej inteligencji. Dopiero po wnikliwej lekturze rozprawy można zrozumieć, że metodą tą są sztuczne sieci neuronowe.
- 2) Należy docenić wysiłek Autora rozprawy w umieszczenie na początku rozprawy wykazu najważniejszych skrótów stosowanych w rozprawie. Jednak niektóre z nich nie zostały przedstawione w sposób jednoznacznie prawidłowy. Przykładowo nie jest dla recenzenta zrozumiałe dlaczego w wykazie skrótów oznaczenie współczynnika determinacji R^2 zostało przez Autora nazwane jako „the correlation coefficient squared”? Ponadto ubolewam nad faktem, że skrót SO_3 został przez Autora oznaczony jako „cement sulfate” (siarczan cementu?) podczas gdy zwyczajowo SO_3 oznacza tritlenek siarki.
- 3) Po lekturze pracy odnosi się wrażenie, że rozpoznanie literaturowe, choć oparte o liczne pozycje literaturowe, w wielu miejscach jest zbyt ogólne. Moim zdaniem kilka prac z tego zakresu mogłoby zostać omówione, np. brakuje mi w zestawieniu literatury pracy „Li, C., Zheng, P., Yin, Y., Wang, B., & Wang, L. (2023). Deep reinforcement learning in smart manufacturing: A review and prospects. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 40, 75-101”. Szkoda, że pozycje literaturowe w bibliografii nie zostały umieszczone w kolejności alfabetycznej, co zdaniem recenzenta ułatwiłoby lekturę rozprawy.
- 4) Bardzo ważny punkt jakim jest p. 1.6 („Previous studies) został potraktowany moim zdaniem zbyt po macoszemu. W tym punkcie należałoby bardziej dogłębnie przedstawić wcześniejsze prace innych badaczy w tym zakresie. Liczę, że ten punkt zostanie istotnie rozwinięty przez Autora podczas publicznej obrony rozprawy doktorskiej.
- 5) Część graficzna budzi moje lekkie zastrzeżenia, bo nie została przygotowana w sposób jednolity. Zawiera ona wiele rysunków zaczerpniętych z literatury i nie obyła się bez błędów. Przykładowo podpis pod rys. 1.2 jest nieodpowiedni, bo trudno się dopatrzeć na tym rysunku „Single layer network”. Rysunek ten prezentuje bowiem opis uszkodzeń w zrekonstruowanych przekrojach 2D z różnych etapów obciążenia. Ponadto rys. 1.2

nie pochodzi z pracy [102] jak zostało to wymienione w podpisie, a z pracy [18]. Również rysunki przygotowane przez Autora rozprawy nie są jednolite, co czyni raport trudnym w odbiorze (np. podpis „ordnary water” na rys. 5.2 na stronie 51 nie dość, że jest literówką, to dodatkowo jest niezgodny ze spisem skrótów umieszczonym na początku rozprawy; podobnie razi słowo „Comprassive Strength” na rys. 6.23). Ponadto niektóre rysunki nie są konieczne w rozprawie (np. nie wiem jaką wartość dodaną daje wprowadzenie fotografii stożka testowego i narzędzia testowego – rys. 6.60). Mocno ubolewam, ale niektóre rysunki są mocno nieczytelne (jka np. rys. 8.6 i 8.7 przedstawiające strukturę sieci neuronowej).

- 6) Podobne uwagi jak wyżej w p. 5 dotyczą również tabel (np. Table 8.15 „Case Process Summery”).
- 7) Umieszczone na początku rozprawy streszczenie jest zdecydowanie za długie i zawiera sporą ilość zbyt dokładnych i niepotrzebnych informacji, które lepiej pasują do wprowadzenia (np. zdanie „RMSE dla wytrzymałości na ściskanie RMC jest różny i wynosi od 0,3662 do 1,534”), a często nawet kompletnie trywialnych zdań (np. „Układanie betonu towarowego w warunkach wysokiej temperatury otoczenia stwarza znaczące wyzwania zarówno w procesie budowy, jak i jakości ostatecznego produktu). Trudno zatem w streszczeniu wyeksponować to, co naprawdę istotne, czyli nowo uzyskane wyniki i wnioski. Moim zdaniem w podsumowaniu nie należy pisać, co i jak badano, ale konkretnie, do jakich wniosków doszedł Autor.
- 8) Rozprawa zawiera liczne niedopatrzenia natury edytorskiej (np. „where [17]: -,” na stronie 2), co wpływa niekorzystnie na odbiór rozprawy.
- 9) Tab. 5.6. Dlaczego cenę cementu podano za jednostkę masy (tona), a cenę kruszyw za jednostkę objętości? Czy nie wpływa to na jakość przedstawionych analiz kosztowych?
- 10) Brakuje mi w rozprawie danych materiałowych cementu i kruszyw (np. skład chemiczny, krzywe przesiewu). Tego typu dane są niezbędne dla innych badaczy, aby móc bez przeszkód powtórzyć eksperyment w przyszłości.
- 11) Ubolewam nad faktem, że rozprawa pozbawiona jest kompleksowej analizy statystycznej otrzymanych wyników pod kątem budowania modeli sztucznej inteligencji. Podobnie część analityczna jest tego typu analizy pozbawiona. Stąd nie mamy 100% pewności, czy liczba prób badawczych jest wystarczająca z punktu widzenia uzyskania odpowiednich rezultatów na wystarczającym poziomie istotności. Również wszelkie wykresy kolumnowe zawarte w rozprawie pozbawione są chociaż słupków błędów, które pozwoliłyby w sposób podstawowy zwizualizować rozrzut uzyskiwanych wyników.

- 12) Proszę o podanie danych technicznych urządzenia użytego do wykonania fotografii wykorzystanych do przeprowadzenia analizy mikrostrukturalnej próbek wyciętych z betonu towarowego i przedstawionych na stronach 129-131 i 178-181. Mam spore wątpliwości, czy zastosowanie aparatu o rozdzielności jedynie 1 mm umożliwia zaobserwowanie porów kapilarnych i żelowych w betonie.
- 13) Choć idea wydaje się ciekawa, to interesuje mnie jaki wydatek energetyczny w krajach o bardzo ciepłym klimacie musi być poświęcony na przygotowanie lodu i jego pokruszenie aby zmniejszać temperaturę mieszanki. Czy to jest adekwatne do korzyści jakie można mieć z tego tytułu?
- 14) Moim zdaniem odbiór analizy wyników badań poprawiłoby udostępnienie kompletnej bazy danych jaką Autor wykorzystał do zbudowania modelu sztucznej sieci neuronowej. Szkoda, że to nie nastąpiło, bo byłoby to z korzyścią dla czytelnika i innych badaczy którzy mogliby wtedy taką bazę danych pobrać i walidować innymi narzędziami i algorytmami sztucznej inteligencji.
- 15) W rozprawie brakuje mi wykresu uczenia sztucznej sieci neuronowej. Nie wiadomo ile epok było potrzebnych, żeby poprawnie nauczyć sieć. Nie wiadomo, czy sieć nie została przeuczona, co mogło nastąpić zważywszy na nieliczną bazę i znaczną liczbę zmiennych wejściowych.
- 16) Uważam, że przedstawienie w rozprawie jedynie uproszczonej analizy kosztowej jest zbyt uogólnieniem dyskusji o koszcie. Gdy analizuje się czynniki środowiskowe niezbędnym jest pełna analiza produktu za pomocą bardziej wyrafinowanych metod jak na przykład analizy kosztów w całym cyklu życia produktu. Po lekturze rozprawy odczuwam lekki niedosyt, że tego typu analiza nie znalazła się w recenzowanej rozprawie.
- 17) Nie odnalazłem w rozprawie żadnego statystycznego udowodnienia, że baza danych jest odpowiednio liczna do przeprowadzenia poprawnych analiz za pomocą sztucznej inteligencji. Uważam, że należałoby ten element uzupełnić podczas publicznej obrony.
- 18) Niektóre części rozprawy powielają wcześniej podaną treść i bardzo często dotyczą niemal tego samego (np. rozdział 8 niepotrzebnie zaczyna się od omówienia czym jest sztuczna sieć neuronowa, co zostało przecież omówione wcześniej w części teoretycznej w rozdziałach 1-3).
- 19) Sformułowane w rozdziale 9 konkluzje są zbyt rozdrobnione i za bardzo szczegółowe. Uważam, że w tej formie są mało czytelne i należałoby je pogrupować w kilka mocniejszych wniosków o większej wadze.

Przedstawione powyżej uwagi nie wpływają na moją pozytywną ocenę merytoryczną.

W mojej ocenie rozprawa doktorska ma spory potencjał do publikacji w formie monografii naukowej lub cyklu artykułów, co będzie korzystne dla dalszego rozwoju naukowego Autora.

5. Wnioski końcowe

Recenzowana rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Alaa Al-Saedi pt. „Flexible procedure for ready mix concrete production, delivery, and placement in different environmental conditions by monitoring and learning” rozwiązuje postawione zadanie naukowe dotyczące doskonaleniu jakości betonu w różnorodnych warunkach środowiskowych. Stwierdzam, że sformułowane w rozprawie cele są zasadne, oryginalne i zostały osiągnięte.

W tym miejscu pragnę również zaznaczyć, że uwagi krytyczne zawarte w punkcie 4 recenzji nie umniejszają wartości merytorycznej rozprawy. Zostały one przekazane w celu dyskusji i uporządkowania prezentowanych treści, z nadzieją, że w przyszłości zostaną one uwzględnione przez Autora przy przygotowywaniu monografii i artykułów naukowych do czasopism naukowych na ten temat. Biorąc powyższe pod uwagę, rozprawę można uznać za przygotowaną na odpowiednim poziomie. W mojej ocenie Autor rozprawy wykazał się wystarczającą znajomością aktualnego stanu wiedzy z zakresu objętego tematem, a także bardzo dobrymi umiejętnościami programowania i prowadzenia badań eksperymentalnych.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Autora oraz potwierdza jego umiejętność do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Stwierdzam, że rozprawa doktorska spełnia obecnie obowiązujące wymagania ustawowe stawiane rozprawom doktorskim. Na tej podstawie wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

prof. dr hab. inż. Łukasz Sadowski
Politechnika Wrocławska
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Katedra Inżynierii Materiałów i Procesów
Budowlanych
/Podpisano elektronicznie/