

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. arch. Szymona Jankowskiego
pod tytułem:

KSZTAŁTOWANIE MODELI RUCHU NOWOCZESNYCH SYSTEMÓW STRUKTURALNYCH Z WYKORZYSTANIEM ROZWIĄZAŃ ARCHITEKTURY RESPANSYWNEJ

wykonanej na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej
pod opieką promotora: dr hab. inż. Waldemara Bobera, prof. PWr
oraz promotora pomocniczego: dr inż. arch. Kajetana Sadowskiego

Podstawa opracowania recenzji

- Uchwała Rady Dyscypliny Wydziału Architektury Politechniki Wrocławskiej z 8 października 2025 roku.
- Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574 z późn. zm.).
- Regulamin Nadawania Stopni Naukowych na Politechnice Wrocławskiej (Uchwała Senatu Politechniki Wrocławskiej nr 22/2/2024-2028 z dnia 24.10.2024 r.).

1. Przedmiot i zakres rozprawy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska o objętości 301 stron, podzielona na 11 rozdziałów. Praca ponadto zawiera streszczenia w języku polskim i angielskim, 18 załączników w formie tablic graficznych oraz dodatkowych plików udostępnionych w formie cyfrowej. W tekście znajduje się 117 ilustracji oraz 31 tabel. Autor powołuje się na około 200 aktualnych pozycji literaturowych. Wszystkie elementy graficzne i tabelaryczne są prawidłowo opisane i opatrzone źródłami.

Rozprawa dotyczy architektury responsywnej, rozumianej jako kształtowanie struktur nośnych zdolnych do aktywnej adaptacji pod wpływem obciążeń zewnętrznych, w celu zwiększenia ich efektywności materiałowej, geometrycznej i użytkowej. Istotą pracy jest

zmiana podejścia opartego na statycznej optymalizacji na rzecz modeli zachowań struktur reagujących w czasie rzeczywistego użytkowania obiektu.

Tytuł rozprawy: „*Kształtowanie modeli ruchu nowoczesnych systemów strukturalnych z wykorzystaniem rozwiązań architektury responsywnej*” jest merytorycznie poprawny, precyzyjny i adekwatny do zakresu pracy, trafnie oddając zarówno jej przedmiot (systemy strukturalne), jak i przyjęte ujęcie metodologiczne (modele ruchu, architektura responsywna).

Struktura pracy ma charakter logiczny i narastający. Po wprowadzeniu teoretycznym i historycznym (rozdział 1) autor formułuje cele i tezy rozprawy (rozdział 2), a następnie przedstawia podstawy logiki modeli zachowań struktur responsywnych (rozdział 3). Kolejne rozdziały poświęcone są analizie efektywności struktur dyskretnych oraz metodom poszukiwania form (rozdział 4), zagadnieniom modelowania elementów i ograniczeniom realizacyjnym (rozdział 9), a także rozwinięciu koncepcji responsywności topologicznej (rozdziały 10 i 11), stanowiącej syntetyczne zwięźczenie wcześniejszych analiz.

2. Cel pracy i problem badawczy

Autor, opierając się na szerokiej analizie literatury przedmiotu, identyfikuje kluczowe problemy badawcze związane z rozwojem architektury responsywnej, w szczególności brak uniwersalnych modeli zachowań struktur responsywnych, nadmierną indywidualizację rozwiązań geometrycznych i wykonawczych oraz ograniczenia klasycznej responsywności geometrycznej opartej głównie na zmienności długości elementów konstrukcyjnych. Zwraca także uwagę na niewystarczające rozpoznanie alternatywnych mechanizmów responsywności oraz brak spójnych metod integrujących sterowanie, bezpieczeństwo i efektywność pracy struktur.

Na tle aktualnego stanu badań autor wskazuje lukę badawczą polegającą na braku kompleksowych, architektonicznych badań porównawczych nad różnymi mechanizmami responsywności struktur nośnych, prowadzonych w ramach jednolitej metodologii modeli zachowań. Dotychczasowe badania koncentrują się najczęściej na pojedynczych rozwiązaniach technicznych, wybranych typach struktur lub wyłącznie na optymalizacji geometrycznej, bez ich integracji w spójny system sterowania. Rozprawa wypełnia tę lukę poprzez rozszerzenie pojęcia responsywności poza zmienność geometryczną oraz wprowadzenie i uporządkowanie nowych mechanizmów adaptacyjnych, takich jak modyfikatory punktowe, węzłowe i preakcje.

Celem głównym pracy jest opracowanie, analiza i ewaluacja modeli zachowań struktur responsywnych, umożliwiających ich aktywną adaptację do zmiennych obciążeń zewnętrznych przy jednoczesnym zwiększeniu efektywności i bezpieczeństwa użytkowania. Szczególny nacisk położono na wykorzystanie algorytmów ewolucyjnych, metod poszukiwania form oraz responsywności topologicznej jako nowego kierunku w architekturze.

Cele szczegółowe obejmują systematyzację pojęć architektury responsywnej, opracowanie i porównanie modeli zachowań struktur, analizę możliwości ich fizycznej realizacji, ocenę ograniczeń wykonawczych i eksploatacyjnych oraz odniesienie wyników do aktualnych badań i tendencji światowych.

3. Tezy pracy

W rozprawie sformułowano trzy zasadnicze tezy badawcze. Po pierwsze, modele zachowań architektury responsywnej mogą być skutecznie oparte na algorytmach ewolucyjnych, pod warunkiem ich współdziałania z deterministycznymi modelami sterowania ruchem, zapewniającymi przewidywalność reakcji i bezpieczeństwo użytkowania struktur. Po drugie, algorytmy ewolucyjne umożliwiają identyfikację tendencji geometrycznych i topologicznych struktur nośnych, które mogą zostać zaimplementowane w predefiniowanych, hybrydowych systemach sterowania łączących różne mechanizmy responsywności. Po trzecie, skuteczna architektura responsywna nie może opierać się na jednym mechanizmie adaptacji, lecz wymaga systemowego podejścia obejmującego współdziałanie responsywności geometrycznej, lokalnej, węzłowej, topologicznej oraz czasowej, uporządkowanych w postaci hierarchii modeli zachowań dostosowanych do zmiennych warunków obciążeniowych. Trzecia teza ma charakter syntetyzujący i wynika bezpośrednio z całości przeprowadzonych badań.

4. Metodyka badań

Metodyka badań opiera się na podejściu teoretyczno-modelowym, ukierunkowanym na analizę i ocenę zachowań struktur responsywnych w warunkach zmiennych obciążeń zewnętrznych. Podstawowym narzędziem badawczym są modele obliczeniowe, uzupełnione walidacją koncepcyjną wybranych rozwiązań, bez pełnej weryfikacji w skali rzeczywistej.

W pracy zastosowano algorytmy ewolucyjne, wykorzystujące losowy dobór parametrów oraz iteracyjną poprawę efektywności struktur, wspierane metodami poszukiwania form, w szczególności dynamiczną relaksacją i minimalizacją naprężeń. Przeprowadzono analizy porównawcze geometrii i topologii struktur oraz szczegółowe analizy wybranych przypadków z wykorzystaniem metody elementów skończonych (MES). Uzupełnieniem badań obliczeniowych jest modelowanie koncepcyjne modułów responsywnych, służące ocenie możliwości ich fizycznej realizacji i identyfikacji ograniczeń wykonawczych.

Zakres badań obejmuje głównie modele dyskretnie (prętowe) oraz struktury reagujące na obciążenia zewnętrzne, bez uwzględniania oddziaływań użytkowych i klimatycznych. Świadomie pominięto zagadnienia pełnej automatyki wykonawczej i eksploatacyjnej, koncentrując się na badaniach modelowych.

5. Osiągnięte wyniki pracy

W rozprawie uzyskano istotne wyniki o charakterze poznawczym, metodologicznym i aplikacyjnym, odnoszące się do różnych mechanizmów architektury responsywnej. Autor wykazał ograniczenia klasycznej responsywności geometrycznej, w szczególności jej energochłonność, wrażliwość na niedokładności wykonawcze oraz ograniczoną skuteczność w wybranych schematach obciążeniowych.

Istotnym osiągnięciem pracy jest opracowanie i porównanie alternatywnych mechanizmów adaptacji struktur, obejmujących lokalną ingerencję w postaci modyfikatorów punktowych w strukturach ciągłych oraz koncepcję węzłów responsywnych w strukturach dyskretnych, umożliwiających skuteczną redystrybucję sił wewnętrznych i poprawę bezpieczeństwa użytkowania.

Ważnym wynikiem o charakterze systemowym jest wprowadzenie pojęcia preakcji jako deterministycznej, natychmiastowej reakcji struktury na zmianę warunków obciążeniowych, uzupełniającej działanie algorytmów ewolucyjnych w ramach hybrydowych systemów sterowania.

Kulminacją badań jest opracowanie koncepcji responsywności topologicznej jako alternatywnej formy adaptacji struktur nośnych, pozwalającej na podniesienie efektywności pracy konstrukcji, szczególnie w odniesieniu do obciążeń poziomych. W ujęciu syntetycznym kluczowym rezultatem rozprawy jest uporządkowanie różnych mechanizmów responsywności w postaci spójnego systemu modeli zachowań struktur nośnych, stanowiącego podstawę do dalszych badań i potencjalnych zastosowań projektowych.

6. Logika budowania treści i innowacyjność rozwiązań

Rozprawa została zbudowana w sposób konsekwentny i logicznie narastający, prowadząc czytelnika od zagadnień ogólnych do coraz bardziej złożonych, systemowych ujęć badawczych. Konstrukcja pracy opiera się na rozwoju modeli zachowań struktur, które są stopniowo modyfikowane i konfrontowane z kolejnymi ograniczeniami projektowymi oraz obliczeniowymi, dzięki czemu kolejne rozdziały tworzą spójny ciąg problemowy.

Punktem wyjścia jest klasyczna adaptacja geometryczna struktur dyskretnych, traktowana jako model referencyjny. Autor wykorzystuje ją do identyfikacji ograniczeń istniejących podejść, w szczególności w zakresie energochłonności, wrażliwości na niedokładności wykonawcze oraz ograniczonej sterowalności w czasie rzeczywistym. W dalszej części pracy następuje przejście od rozwiązań o charakterze globalnym do lokalnych ingerencji w zachowanie struktury, a następnie do ujęć systemowych, obejmujących modyfikatory punktowe, węzły aktywne oraz mechanizmy sterowania czasowego.

Wyraźnym elementem innowacyjności jest odejście od redukowania adaptacji struktur wyłącznie do zagadnień geometrycznych. Autor rozszerza to pojęcie o mechanizmy lokalne, węzłowe i czasowe, proponując ujęcie architektury responsywnej jako systemu sterowanych zachowań. W tym kontekście na szczególne podkreślenie zasługuje wprowadzenie pojęcia

reakcji, rozumianej jako deterministycznej, natychmiastowej reakcji struktury, uzupełniającej działanie algorytmów optymalizacyjnych i zwiększającej bezpieczeństwo systemu.

Kulminacją rozważań jest koncepcja adaptacji topologicznej, potraktowana jako logiczna konsekwencja wcześniejszych analiz, a nie autonomiczny zabieg formalny. Autor wykazuje, że w określonych warunkach zmiana topologii struktury może stanowić bardziej efektywny mechanizm adaptacji niż dalsza modyfikacja geometrii czy parametrów lokalnych. W ujęciu całościowym innowacyjność rozprawy ma charakter metodologiczno-systemowy i polega na uporządkowaniu oraz integracji różnych mechanizmów adaptacji w spójny system modeli zachowań struktur nośnych.

7. Zaawansowanie badań i znaczenie modeli fizycznych

Istotnym elementem świadczącym o wysokim stopniu zaawansowania badań prowadzonych w rozprawie jest wykonanie fizycznych modeli doświadczalnych, stanowiących konsekwentne rozwinięcie wcześniejszych analiz teoretycznych i numerycznych. Modele te nie mają charakteru ilustracyjnego ani pogładowego, lecz pełnią funkcję narzędzi badawczych, służących weryfikacji założeń przyjętych na etapie modelowania obliczeniowego oraz identyfikacji ograniczeń niemożliwych do uchwycenia wyłącznie za pomocą analiz numerycznych.

Autor wykorzystuje modele fizyczne jako etap pośredni pomiędzy symulacją a potencjalną implementacją rzeczywistą, co świadczy o dojrzałym i inżyniersko świadomym podejściu do zagadnień architektury responsywnej. Wykonane modele pozwalają na empiryczną obserwację zachowań struktur w warunkach kontrolowanych, w szczególności w zakresie pracy węzłów, tolerancji wykonawczych, luzów montażowych oraz rzeczywistej podatności elementów aktywnych. Aspekty te są trudne do jednoznacznego odwzorowania w modelach obliczeniowych, a jednocześnie kluczowe z punktu widzenia bezpieczeństwa i sterowalności struktur responsywnych.

Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że modele fizyczne nie są oderwanymi eksperymentami, lecz wynikają bezpośrednio z logicznego ciągu rozumowania autora. Stanowią one materializację wcześniej opracowanych koncepcji, takich jak modyfikatory punktowe, węzły responsywne czy rozwiązania topologicznie zmienne, i służą sprawdzeniu ich funkcjonowania w warunkach zbliżonych do rzeczywistych ograniczeń konstrukcyjnych. Tym samym autor przechodzi od poziomu abstrakcyjnych modeli zachowań do realnych problemów wykonawczych, co znacząco podnosi wartość poznawczą i aplikacyjną pracy.

Włączenie badań eksperymentalnych w postaci modeli fizycznych wzmacnia wiarygodność uzyskanych wyników i potwierdza, że proponowane rozwiązania nie pozostają wyłącznie w sferze koncepcji formalnych. Świadczy to o wysokim stopniu samodzielności badawczej autora oraz o jego zdolności do łączenia refleksji teoretycznej, narzędzi obliczeniowych i eksperymentu, co jest cechą dojrzałych prac doktorskich o wyraźnym potencjale rozwojowym.

8. Ograniczenia badań i sposób ich identyfikacji

Autor konsekwentnie identyfikuje ograniczenia prowadzonych badań, traktując je jako istotny element procesu badawczego, a nie jako słabość pracy. Ograniczenia te są następnie jasno lokalizowane i odnoszone do przyjętej metodyki, co świadczy o dojrzałym podejściu naukowym i wysokim stopniu samokrytycyzmu badawczego.

Jednym z podstawowych ograniczeń jest modelowy charakter analiz, prowadzonych głównie na poziomie modeli obliczeniowych i koncepcyjnych, bez pełnej walidacji w skali rzeczywistej. Ograniczenie to zostało świadomie przyjęte i częściowo skompensowane poprzez wykonanie modeli fizycznych.

W dalszej części pracy wskazano wysoką wrażliwość struktur adaptacyjnych na niedokładności wykonawcze, luzy w węzłach i odchyłki geometryczne, które mogą prowadzić do utraty przewidywalności zachowania konstrukcji. Ograniczenia te zostały zlokalizowane na poziomie konkretnych elementów konstrukcyjnych, a autor formułuje zalecenia dotyczące stosowania rozwiązań modułowych, redundancji oraz predefiniowanych zakresów ruchu jako sposobów ograniczania ryzyk.

Istotnym ograniczeniem pozostaje również czasochłonność i nieprzewidywalność algorytmów ewolucyjnych w kontekście sterowania strukturami w czasie rzeczywistym. Autor wskazuje obszary, w których algorytmy te nie powinny być stosowane bezpośrednio, proponując wprowadzenie koncepcji preakcji jako mechanizmu zabezpieczającego system przed opóźnioną reakcją.

Zidentyfikowano także ograniczenia związane ze skalowalnością proponowanych rozwiązań, wynikające z uwarunkowań technicznych, energetycznych i ekonomicznych. Autor unika nadmiernych uogólnień, wskazując potencjalne kierunki dalszych badań, w tym rozwój materiałów aktywnych, uproszczenie mechanizmów sterowania oraz integrację rozwiązań adaptacyjnych z pasywnymi systemami konstrukcyjnymi.

Ograniczenia te nie zamykają prowadzonych badań, lecz stanowią punkt wyjścia do dalszego rozwoju zaproponowanych koncepcji, wzmacniając wiarygodność uzyskanych wyników i świadcząc o wysokim poziomie odpowiedzialności badawczej autora.

9. Uwagi merytoryczne do pracy

Rozprawa obejmuje spektrum mechanizmów responsywności, co stanowi jej istotną wartość poznawczą i świadczy o dojrzałej ambicji badawczej autora. Jednocześnie tak rozległy zakres tematyczny wymaga od czytelnika uważnego śledzenia logiki przejść pomiędzy kolejnymi etapami analiz, zwłaszcza w momentach, w których autor przechodzi od rozważań o charakterze lokalnym do ujęć systemowych. Dominują w niej analizy obliczeniowe i koncepcyjne, jednak ich wiarygodność została wzmocniona poprzez wykonanie modeli fizycznych, które pozwalają na konfrontację założeń teoretycznych z rzeczywistymi ograniczeniami konstrukcyjnymi. Autor świadomie identyfikuje brak pełnej

walidacji w skali rzeczywistej, traktując go nie jako niedostatek pracy, lecz jako naturalne ograniczenie przyjętej metodyki i jednocześnie istotny kierunek dalszych badań.

Zastosowane algorytmy ewolucyjne pełnią w rozprawie funkcję narzędzia eksploracyjnego, umożliwiającego rozpoznanie tendencji geometrycznych i topologicznych struktur nośnych. Autor trafnie zauważa jednak, że ich użycie w kontekście sterowania strukturami w czasie rzeczywistym napotyka istotne ograniczenia, wynikające z czasu obliczeń i braku gwarancji natychmiastowej reakcji. Refleksja ta prowadzi do uzasadnionej potrzeby stosowania rozwiązań hybrydowych, w których algorytmy optymalizacyjne są wspierane przez deterministyczne mechanizmy sterowania, w tym przez zaproponowaną koncepcję preakcji. Zaprezentowane modele wykazują wyraźny potencjał badawczy, jednak autor nie unika wskazania, że ich implementacja w większej skali wiąże się z poważnymi wyzwaniami technicznymi i organizacyjnymi, wymagającymi dalszych badań, zarówno od strony konstrukcyjnej, jak i systemowej.

Naturalną konsekwencją powyższych uwag są pytania, które mogą zostać rozwinięte w trakcie obrony rozprawy, dotyczące kryteriów doboru i hierarchizacji analizowanych mechanizmów responsywności, roli modeli fizycznych w procesie weryfikacji wyników numerycznych, znaczenia preakcji dla bezpieczeństwa struktur oraz warunków, jakie musiałyby zostać spełnione, aby responsywność topologiczna mogła znaleźć zastosowanie w praktyce projektowej. W tym kontekście interesujące jest również, który z zaproponowanych kierunków autor uznaje za najbardziej perspektywiczny z punktu widzenia dalszego rozwoju badań nad architekturą responsywną.

10.Strona formalna i redakcyjna

Rozprawa została napisana językiem wyraźnie specjalistycznym, właściwym dla badań prowadzonych na styku architektury, inżynierii konstrukcji oraz metod obliczeniowych. Autor wykazuje bardzo dobrą znajomość terminologii naukowej i posługuje się nią konsekwentnie oraz poprawnie. Jednocześnie sposób formułowania wypowiedzi w niektórych fragmentach może utrudniać odbiór treści, ponieważ zdania są często wielokrotnie złożone, rozbudowane i zawierają liczne wtrącenia, co wymaga od czytelnika dużej koncentracji i uważnego śledzenia toku wywodu.

Akapity bywają długie i pozbawione wyraźnych podziałów wewnętrznych, przez co struktura tekstu nie zawsze wspiera percepcję nawet wtedy, gdy sam tok rozumowania pozostaje poprawny i logiczny. W szczególności w partiach poświęconych opisowi modeli badawczych oraz interpretacji wyników obliczeniowych można odnieść wrażenie nadmiernego zagęszczenia informacji w pojedynczych fragmentach tekstu.

Należy jednak podkreślić, że trudność językowa pracy nie wynika z nieprecyzyjności ani braku kompetencji autora, lecz z dążenia do możliwie pełnego i ścisłego opisu złożonych zagadnień badawczych. Język rozprawy pozostaje poprawny pod względem gramatycznym i terminologicznym, a wskazane trudności mają charakter stylistyczno-redakcyjny, a nie merytoryczny.

Na sposób odbioru pracy wpływa również jej bardzo obszerny zakres, obejmujący ponad 300 stron tekstu, co wyraźnie wyróżnia ją na tle standardowych rozpraw doktorskich. Tak znaczna objętość jest konsekwencją szeroko zakrojonych badań oraz ambicji autora, który podejmuje próbę całościowego ujęcia złożonego zagadnienia architektury responsywnej. Rozległość materiału świadczy o dużym nakładzie pracy oraz wysokim stopniu samodzielności badawczej.

W strukturze rozprawy zauważalne jest, że autor w niektórych miejscach traktuje poszczególne rozdziały w sposób zbliżony do samodzielnych artykułów naukowych, budowanych według pełnego schematu obejmującego wprowadzenie, opis zastosowanych metod, prezentację wyników oraz wnioski częściowe. Takie podejście wzmacnia autonomię poszczególnych części i ułatwia ich odrębne odczytanie, jednak w skali całej dysertacji prowadzi do powtarzania fragmentów o charakterze wprowadzającym oraz metodologicznym.

W konsekwencji czytelność wywodu w niektórych partiach pracy ulega osłabieniu, a pełna logika dysertacji staje się wyraźna dopiero po całościowej, pogłębionej analizie tekstu. Można rozważyć, czy ograniczenie powtarzających się fragmentów, zwłaszcza w częściach wprowadzających do kolejnych rozdziałów, nie poprawiłoby spójności i płynności narracji. Z perspektywy redakcyjnej warto również zauważyć, że bardziej syntetyczne wprowadzenie do całej rozprawy oraz wyraźne, przekrojowe podsumowanie końcowe ułatwiłyby czytelnikowi uchwycenie nadrzędnej idei pracy oraz relacji pomiędzy poszczególnymi wątkami badawczymi.

Uwagi te mają charakter redakcyjny i stylistyczny i nie podważają merytorycznej wartości rozprawy, wskazując jedynie potencjalne kierunki jej dalszego dopracowania.

11. Ocena końcowa rozprawy i konkluzja

Po dogłębnym zapoznaniu się z rozprawą doktorską pt. „Kształtowanie modeli ruchu nowoczesnych systemów strukturalnych z wykorzystaniem rozwiązań architektury responsywnej” mogę stwierdzić, że autor w sposób dojrzały i konsekwentny przeanalizował przedmiot swoich badań, odnosząc go do aktualnego stanu wiedzy oraz współczesnych kierunków rozwoju architektury responsywnej. W pracy jasno zdefiniowano problem badawczy, wskazano istotną lukę badawczą oraz sformułowano cele i tezy rozprawy, które następnie zostały przełożone na spójną metodykę badań opartą na podejściu teoretyczno-modelowym, uzupełnionym walidacją koncepcyjną i elementami weryfikacji eksperymentalnej.

Badania przeprowadzono wszechstronnie, z wykorzystaniem nowoczesnego aparatu naukowego obejmującego algorytmy ewolucyjne, metody poszukiwania form (w tym dynamiczną relaksację), analizy porównawcze geometrii i topologii oraz analizy numeryczne z zastosowaniem metody elementów skończonych. Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że autor nie ograniczył się do pojedynczego mechanizmu adaptacji, lecz przeprowadził porównawcze studium różnych klas mechanizmów aktywnej adaptacji struktur (geometrycznych, lokalnych, węzłowych, topologicznych i czasowych), a następnie

zintegrował je w postaci spójnego systemu modeli zachowań struktur nośnych. Dyskusja wyników oraz wnioski końcowe pozostają zgodne z postawionymi celami i тезami, a jednocześnie autor w sposób odpowiedzialny wskazuje ograniczenia badań oraz obszary wymagające dalszego rozwinięcia, w szczególności w zakresie skalowania rozwiązań i pełnej walidacji w warunkach rzeczywistych.

W podsumowaniu stwierdzam, że doktorant, mgr inż. arch. Szymon Jankowski:

- wykazuje bardzo dobry poziom wiedzy w zakresie podejmowanej problematyki, obejmującej architekturę responsywną, mechanikę konstrukcji oraz metody obliczeniowe i algorytmiczne wspierające projektowanie struktur adaptacyjnych,
- posiada gruntowne przygotowanie naukowe do samodzielnego prowadzenia badań, co potwierdza konsekwentnie zrealizowana metodologia, umiejętność krytycznej analizy wyników oraz świadome identyfikowanie ograniczeń i ryzyk implementacyjnych,
- zrealizował cele rozprawy, która stanowi spójne, samodzielne opracowanie badawcze o wyraźnych walorach naukowych i metodologicznych, wnoszące istotny wkład w rozwój badań nad strukturami adaptacyjnymi w architekturze,
- przedstawił rozwiązania o potencjale rozwojowym i aplikacyjnym, w szczególności w obszarze projektowania hybrydowych systemów sterowania oraz konceptu preakcji jako mechanizmu bezpieczeństwa i sterowalności struktur responsywnych.

Mając na uwadze kompleksowość i oryginalność przeprowadzonych badań, wysoki stopień samodzielności autora oraz istotny wkład rozprawy w rozwój badań nad architekturą responsywną, uważam, że praca spełnia kryteria rozprawy wyróżniającej się i w ocenie recenzenta zasługuje na wyróżnienie.

Wobec powyższego stwierdzam, że rozprawa doktorska spełnia wymagania Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. 2024 poz. 1571). Na tej podstawie wnioskuję do Rady Dyscypliny Naukowej Architektura i Urbanistyka Politechniki Wrocławskiej o dopuszczenie doktoranta mgr inż. arch. Szymona Jankowskiego do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.



