

dr hab. inż. arch. Michał Stangel  
Katedra Urbanistyki i Planowania Przestrzennego  
Wydział Architektury Politechniki Śląskiej  
ul. Akademicka 7  
44-100 Gliwice

RPW/6351/2025 N  
Data: 2025-02-05

Gliwice, dn. 9.01.2025 r.

## **RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**

**Narzędzia projektowania hiperparametrycznego. Analiza kontekstów kompozycyjnych przy pomocy sieci neuronowych.**

**Autor: mgr inż. arch. Tomasz Dzieduszyński**

**Promotor: dr hab. inż. arch. Maciej Lasocki**

**Dyscyplina naukowa: Architektura i Urbanistyka**

### **1. Podstawa opracowania recenzji**

Recenzja została sporządzona na podstawie zlecenia Przewodniczącej Rady Dyscypliny Naukowej Architektura i Urbanistyka Politechniki Warszawskiej, prof. dr hab. inż. arch. Krystyny Solarek z dnia 8 listopada 2024 r. Przy jej opracowaniu kierowano się także opisem wymogów jakie spełniać winna rozprawa doktorska, zawartymi w Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

### **2. Forma i struktura pracy**

Rozprawa doktorska pana mgr inż. arch. Tomasza Dzieduszyńskiego jest jednotomowym opracowaniem w formacie A4. Rozprawa zawiera 277 stron. Praca skomponowana jest w sposób czytelny. Składa się z 4 rozdziałów z klarownym podziałem na podrozdziały, tematycznie związane z poszczególnymi problemami. W podsumowaniu przedstawiono wnioski sformułowane na podstawie badań oraz dyskusję i perspektywę rozwoju zagadnienia projektowania hiperparametrycznego w przyszłości. Uzupełnieniem pracy jest obszerna bibliografia licząca ok. 200 nienumerowanych pozycji literaturowych.

Przyjęta struktura pracy jest logiczna i konsekwentna; odpowiada swoją treścią określonej w założeniach problematyce. Struktura pracy obejmuje zarówno sformułowanie celu badań i ich metodologii, obecnego stanu wiedzy z dziedziny stanowiącej przedmiot pracy jak i szczegółowe rozważania związane z postawionym problemem naukowym oraz

opis własnych badań. Wywód prowadzony jest w sposób spójny i metodyczny. Kolejne partie tekstu są ze sobą powiązane i stanowią zamknięte całości. Wyposażenie pracy w odnośniki literaturowe pozwala na odesłanie zainteresowanego czytelnika do szerszej literatury przedmiotu. Jednocześnie w części podsumowującej przedstawiono wnioski potwierdzające postawione tezy i cele pracy. Autor uczynił to w sposób wyczerpujący. Rozprawa w pełni odpowiada przyjętemu tematowi i spełnia cechy rozprawy doktorskiej.

Tytuł pracy jest adekwatny do jej zawartości. Nie budzi wątpliwości dobór tytułów kolejnych rozdziałów i podrozdziałów.

### **3. Temat, cel, tezy i metoda pracy**

Tematem pracy jest badanie możliwości i ograniczeń wykorzystania sieci neuronowych w architekturze i urbanistyce, ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień przetwarzania kompozycji przestrzennych oraz rozpoznawania i analizy głównych punktów kompozycyjnych w przestrzeni miejskiej. Podejmowana tematyka jest aktualna i istotna wobec wyzwań współczesnej urbanistyki i warsztatu projektowego; łączący urbanistykę i najnowsze osiągnięcia technologii przetwarzania informacji; i wydaje się istotna wobec wyzwań kształtowania środowiska zbudowanego, także w kontekście jego optymalizacji w kontekście wyzwań zrównoważonego rozwoju.

Punktem wyjścia rozważań jest określenie celów i pytań badawczych pracy i przyjętych metod badawczych. Szczegółowo opisano cele pracy, z podziałem na cele dotyczące: badania stanu wiedzy, zidentyfikowanej luki badawczej, eksperymentu wstępnego oraz eksperymentu głównego. Prawidłowo sformułowano pytania badawcze.

Jak stwierdza autor we wstępie, *praca nie ma charakteru naukowo empirycznego i opiera się głównie na wnioskowaniu indukcyjnym. Z tego powodu przeprowadzone badania zostały oparte nie na hipotezach, a na jakościowych i ilościowych pytaniach badawczych odwołujących się do postawionych celów badawczych.* Podejście takie oceniam jako prawidłowe.

Zastosowane w pracy metody są właściwe i adekwatne do podejmowanej problematyki. Autor określa je we wstępie jako: *metody badań teoretycznych (analiza stanu wiedzy, zastosowanie modelowania matematycznego, algorytmizacja procesów), badań rozwojowych i stosowanych (opracowanie koncepcji praktycznego wykorzystania teorii w projektowanym prototypie), badań eksperymentalnych (testowanie opracowanych narzędzi w scenariuszach testowych, zapisywanie i analiza wyników), badań symulacyjnych (użycie modeli komputerowych do przeprowadzania symulacji mających odzwierciedlać rzeczywistość), badań ilościowych (statystyczna analiza danych, opracowanie autorskich metryk i ich wykorzystanie w ewaluacji stworzonych algorytmów) oraz badań jakościowych (studia przypadków, metoda ekspercka,*

*analityczno-syntetyczne przetwarzanie danych*). Należy zwrócić uwagę na ciekawe autorskie wprowadzenie dotyczące metod badawczych w architekturze, świadczące, jak się wydaje, o dojrzałości badawczej autora.

#### **4. Ocena naukowa oraz uwagi merytoryczne do zawartości pracy**

Praca podejmuje ważne i aktualne zagadnienie; jest opracowana na wysokim poziomie merytorycznym. Napisana jest konsekwentnie, logicznie, w sposób spójny z przyjętymi założeniami i generalnie prezentuje wysoki poziom naukowy. Ujęcie tematu świadczy o dobrej znajomości zagadnień prezentowanych przez autora oraz szerokiej wiedzy w przedmiotowej dziedzinie. Jednocześnie praca bazuje na współczesnej, aktualnej literaturze przedmiotu, co pozwoliło na przedstawienie omawianych problemów w kontekście najnowszego stanu wiedzy i dobrych praktyk.

Bardzo ciekawy i solidnie opracowany jest przedstawiony w rozdziale drugim aktualny stan wiedzy, w tym rozwój architektury parametrycznej i hiperparametrycznej, oraz możliwości i perspektywy wprowadzania do praktyki architektonicznej i urbanistycznej głębokiego uczenia maszynowego. W rozdziale przedstawione są również zastosowania sieci neuronowych w różnych skalach projektowych: urbanistycznej, architektonicznej i detalu.

Narzędzia te, stanowiące najnowszy etap rozwoju narzędzi projektowych, wkraczają w obszar twórczych poszukiwań projektantów i zapowiadają metody kompleksowego projektowania optymalnego środowiska zbudowanego, w skali architektonicznej i urbanistycznej. Takie pomysły pojawiają się już od dawna; dla recenzenta - urbanisty - ciekawym przykładem był np. projekt *Urban Design and Vision Management*, opracowany dla terenu w mieście Eespo, w rejonie Helsinek, który już kilkanaście lat temu postulował, że projektowanie parametryczne może doprowadzić do szybszych optymalnych rozwiązań, *pozwalających na ominięcie długotrwałego i żmudnego procesu projektowego...* Natomiast obecne przyśpieszenie i upowszechnienie tych narzędzi jest bezprecedensowe, a autorski przegląd nowych możliwości technologicznych zawarty w dysertacji, stanowi doskonałe kompendium. Ciekawe i inspirujące są przytoczone przykłady analizy zdjęć satelitarnych jak rozpoznawanie stref wykorzystania terenu w otoczeniu lotnisk, badanie korelacji jakości przestrzeni miejskiej ze stanem zdrowia mieszkańców, czy zautomatyzowane przetwarzanie danych na formę wektorową. Przy tych przykładach można było też wspomnieć o badaniach City Form Lab na MIT, gdzie m.in. identyfikowano elementy przestrzeni nawiązujące do klasycznej typologii Kevina Lyncha z obrazu miasta; czy identyfikowano ze zdjęć satelitarnych nieformalne ciągi piesze.

Bardzo wartościowe są obserwacje i spekulacje autora na temat dalszego rozwoju narzędzi projektowych z wykorzystaniem sztucznej inteligencji. Przypomina się myśl

William J. Mitchella (z książki *The City of Bits*): *Nadchodzą gruntowne i nieuchronne zmiany, ale nie jesteśmy podmiotami nie mającymi wpływu na swój los. Jeżeli zrozumiemy, co się dzieje, będziemy w stanie stworzyć i eksplorować alternatywne wizje przyszłości, będziemy mogli znaleźć okazje do interwencji, czasami do stawienia oporu, do organizacji, do zarządzania, planowania i projektowania.* Recenzowana praca stanowi wartościowy przyczynek, do tego "zrozumienia, co się dzieje" z narzędziami i sposobem pracy architekta. Ciekawa jest przy tym przytoczona za Mario Carpo obserwacja dotycząca nowego typu nauki – drugiego cyfrowego zwrotu; *gdy dzisiejsze narzędzia komputerowe działają jak rzemieślnicy, nie jak inżynierowie.* Przywodzi to na myśl idee popularyzowane przez Buckminstera Fullera, na temat łączenia inżynierskiego dążenia do optymalizacji, z uwzględnieniem kreatywności i innowacyjności charakterystycznej dla rzemiosła.

Wydaje się, że w niektórych opisywanych wątkach można było wspomnieć więcej dorobku polskich uczonych, np. w temacie identyfikacji elementów kompozycyjnych (2.4.1.) Andrzeja Niezabitowskiego; w temacie centrów lokalnych (str. 91) Łukasza Damurskiego „Model lokalnego centrum usługowego...”; czy w temacie Smart Code (str. 100) Michała Domińczaka „Nowa Urbanistyka. Metodyka i zasady projektowania według SmartCode”.

Na tle podłoża teoretycznego pracy autor identyfikuje lukę badawczą: neuronowe przetwarzanie kontekstów kompozycyjnych; a następnie omawia zagadnienie punktów głównych, na bazie klasycznych teorii kompozycji przestrzennej. Jest to zrobione kompleksowo i wyczerpująco, z uwzględnieniem takich kwestii jak: procesy powstawania punktów głównych, ich skala, a także znaczenie w kontekście społecznym, symbolicznym i ekonomicznym. W konkluzji zidentyfikowano narzędzia oparte o głębokie uczenie maszynowe, mogące służyć do analizy kompozycji przestrzennych w projektowaniu wspomaganym komputerowo.

Bardzo ciekawa i wartościowa pod względem naukowym jest część eksperymentalna pracy, która stanowi istotny i innowacyjny wkład autora w rozwój zagadnienia projektowania hiperparametrycznego. Opisane eksperymenty wykorzystujące sieci neuronowe są szczegółowo i klarownie opisane i – na ile może je oceniać urbanista, bez fachowej wiedzy informatycznej – przeprowadzone są rzetelnie, metodycznie i demonstrują możliwość wykorzystania głębokiego uczenia maszynowego do analizy istniejących miejskich kontekstów przestrzennych.

Eksperyment wstępny został zaprojektowany w celu eksploracji możliwości sieci neuronowych w przetwarzaniu syntetycznych założeń przestrzennych opartych na złożonych zasadach kompozycyjnych. Autor przetestował różnorodne podejścia algorytmiczne, porównując ich skuteczność w trzech scenariuszach o rosnącym stopniu trudności:

generowanie całości kompozycji, generowanie jej fragmentów oraz generowanie pojedynczych pikseli. Wyniki testów stanowiły solidną podstawę do wyciągnięcia wniosków na temat najbardziej efektywnych technik, do konstrukcji głównego eksperymentu.

Eksperyment główny skoncentrował się na rzeczywistych kontekstach przestrzennych, analizowanych przy użyciu generatywnych sieci przeciwstawnych. Autor zastosował innowacyjne podejście, polegające na kodowaniu przestrzennych kontekstów za pomocą map cech i map celów, co umożliwiło sieci neuronowej skuteczne rozpoznawanie punktów głównych oraz osi naprowadzających w tkance miejskiej. Wyniki eksperymentu głównego wykazują, że wytrenowany model był zdolny do identyfikacji kluczowych elementów kompozycji przestrzennej z wysoką precyzją, co wydaje się istotnym przyczynkiem do rozwoju narzędzi wspomagających projektowanie urbanistyczne i architektoniczne.

Analiza wyników obu eksperymentów była przeprowadzona w sposób wyczerpujący, z zastosowaniem zarówno metod jakościowych, jak i ilościowych. Autor zastosował autorskie metryki oceny, które umożliwiły szczegółowe zrozumienie skuteczności i ograniczeń zaprojektowanych algorytmów. Warto podkreślić, że praca prezentuje nie tylko potencjalne zastosowania proponowanych narzędzi, ale także krytyczną ocenę ich ograniczeń, w tym zależności od jakości danych treningowych oraz trudności w interpretacji wyników generatywnych.

Podsumowując, część eksperymentalna jest rzetelnie przeprowadzonym badaniem naukowym, które łączy innowacyjność z metodycznym podejściem. Wyniki eksperymentów jednoznacznie wskazują na możliwość efektywnego wykorzystania głębokiego uczenia maszynowego do przetwarzania złożonych kontekstów przestrzennych, co może przyczynić się do rozwoju metod projektowych w architekturze i urbanistyce.

W podsumowaniu omówione są wyniki eksperymentów i badań teoretycznych oraz ograniczenia wynikające z zastosowanych metod i obecnego stanu wiedzy. Autor rozważa potencjalne korzyści płynące z wprowadzenia głębokiego uczenia maszynowego do praktyki architektonicznej, ocenia praktyczne możliwości zastosowania tego typu narzędzi i przedstawia możliwe kierunki dalszego rozwoju sieci neuronowych dedykowanych architekturze, jak i szerzej perspektywy rozwoju architektury i urbanistyki wobec tych nowych możliwości technologicznych. W podsumowaniu autor generalnie udowadnia wysoką wartość przeprowadzonych badań; przy czym być może można było w bardziej usystematyzowany sposób odnieść się do postawionych sobie na początku pytań badawczych.

Podsumowując swoje narzędzia autor stwierdza, że *przygotowane narzędzie wpisuje się w paradygmat projektowania hiperparametrycznego, w którym projektant i algorytm oparty na głębokim uczeniu maszynowym wspólnie odczytują konteksty przestrzenne*; a dalej w

podsumowaniu przewiduje, że wydaje się, że narzędzia te nie zastąpią ludzkiej kreatywności, możliwości krytycznej oceny wyników i integracji złożonych procesów, ale mogą stanowić istotne wsparcie przyspieszające procesy projektowe i minimalizujące ryzyko popełnienia błędów. Jest to obiecujące i napawające optymizmem stwierdzenie, które pozwala wierzyć, że algorytmy nie zastąpią nas, a staną się naszymi partnerami i współpracownikami (co w szerszym ujęciu postuluje też np. książka *Przenikanie umysłów* Aleksandry Przegalińskiej i Tamilli Triantoro). W tym kontekście warto byłoby podczas obrony poznać zdanie autora, jak autor widzi możliwość przyszłej integracji proponowanych narzędzi z technologiami BIM i cyfrowych bliźniaków i innymi narzędziami, obiecującymi optymalizację kształtowania środowiska zbudowanego w innych aspektach (funkcjonalnym, środowiskowym, energetycznym, itp.).

Interesujące byłoby też pytanie, na ile zaproponowana metodologia mogłaby być adaptowalna do innych kontekstów, np. do mniejszych jednostek jak dzielnice czy osiedla mieszkaniowe i przyczynić się do ich optymalizacji w kontekście np. idei miasta 15-minutowego czy wyznaczania i wzmacniania centrów lokalnych?

Podsumowując zawarty w pracy materiał pozwala na stwierdzenie iż Autor bardzo dobrze porusza się w omawianej problematyce, zdając sobie sprawę ze złożoności zagadnienia. Autor w swoich badaniach oparł się zarówno na badaniach literaturowych jak i przede wszystkim na samodzielnie przeprowadzonych eksperymentach i samodzielnie formułowanych wnioskach. Podjęty temat został dobrze przełożony na cele pracy, przyjęte metody badawcze odpowiadają w pełni charakterowi badań, a zakres merytoryczny i poziom naukowy pracy jest w pełni zgodny z wymogami stawianymi przed rozprawami doktorskimi.

## **5. Uwagi redakcyjne**

Praca została starannie przygotowana pod względem edytorskim. Nie budzi zastrzeżeń warsztat naukowy pracy – autor dobrze posługuje się odniesieniami literaturowymi, przypisami i bibliografią.

Praca jest napisana dobrym językiem, właściwym dla jej charakteru, dzięki czemu czyta się ją z zainteresowaniem. Wykorzystywana terminologia w odniesieniu do zagadnień architektonicznych, urbanistycznych i informatycznych nie budzi wątpliwości. Wartościowe jest zestawienie na początku pracy definicji używanych terminów i skrótów.

## **6. Wnioski końcowe**

Recenzowana rozprawa doktorska pana mgr inż. arch. Tomasza Dzeduszyńskiego pt. „Narzędzia projektowania hiperparametrycznego. Analiza kontekstów kompozycyjnych przy pomocy sieci neuronowych” jest zgodna z przyjętymi standardami dla pracy doktorskiej w

naukach technicznych, dyscyplinie naukowej architektura i urbanistyka. Zawarte w recenzji uwagi mają charakter polemiczny i nie umniejszają wysokiej oceny pracy. Praca prezentuje wysoki poziom naukowy. W szczególności na podkreślenie zasługuje kompleksowe, przekrojowe ujęcie opisywanego tematu, dogłębna charakterystyka zagadnienia oraz samodzielnie formułowane wnioski.

Przeprowadzając swój wywód Autor rozprawy wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną jak i ukazał naukowy oraz aplikacyjny charakter swoich badań. Przedstawiona do recenzji rozprawa spełnia wymogi zgodnie z Ustawą Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Niniejszym stawiam wniosek o przyjęcie recenzowanej pracy jako rozprawy doktorskiej oraz dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Naukowej Architektura i Urbanistyka Politechniki Warszawskiej.

Ponadto uważam, że praca zasługuje na wyróżnienie z uwagi na wyjątkową aktualność i podejmowanej tematyki badawczej, nowatorskość w skali międzynarodowej, wysoki poziom naukowy oraz opracowanie autorskich narzędzi o istotnym potencjale aplikacyjnym. Praca prezentuje ponadprzeciętny poziom merytoryczny, wyróżniając się logicznie przeprowadzonym wywodem i kompleksową analizą zarówno teoretyczną, jak i eksperymentalną. Autor nie tylko przedstawił potencjalne zastosowania swojej metodyki, ale także poddał je krytycznej analizie, uwzględniając ograniczenia wynikające z jakości danych i trudności interpretacyjnych, co świadczy o jego dojrzałości badawczej. Szczególnego uznania wymaga autorski prototyp narzędzia opartego na generatywnych sieciach przeciwstawnych, który jest nie tylko nowatorski, ale również posiada wyraźny potencjał aplikacyjny w praktyce architektonicznej i urbanistycznej.

