

Dr hab. inż. arch. Krystyna Januszkiewicz Prof. ZUT  
Wydział Architektury  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
Ul. Żołnierska 50  
71-210 Szczecin



## RECENZJA rozprawy doktorskiej

pt. „Narzędzia projektowania hiperparametrycznego. Analiza kontekstów kompozycyjnych przy pomocy sieci neuronowych” autorstwa mgr inż. arch. Tomasza Dzieduszyńskiego wykonanej na Wydziale Architektury Politechniki Warszawskiej pod kierunkiem dr hab. inż. arch. Macieja Lasockiego

Recenzja została opracowana na podstawie Uchwały Rady Naukowej Dyscypliny Architektura i Urbanistyka Politechniki Warszawskiej nr 561/II/2024 z dnia 29 października 2024r. i przesłanej rzez Wydział Architektury Politechniki Warszawskiej.

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska jest manuskryptem zwartym liczącym 214 stron (w tym; bibliografia na s. 181-203 liczy 317 pozycje nie numerowane; wykaz ilustracji na s. 204-214 obejmuje 79 pozycji wizualizacji, grafik i diagramów pochodzących z różnych źródeł oraz wykonanych przez Autora dysertacji. Ponadto, manuskrypt ten zaopatrzony został Aneksiem o paginacji od I-LXIII gdzie zamieszczono: Tabele źródeł kwerendy głównej wykorzystania sieci neuronowych w CAAD (od 1993 do 2021) jako załączniki; zał. nr 1. Zastosowania s. I-XII; zał. nr 2. Rodzaj sieci neuronowej, skala zastosowania s. XII- XXIII; zał. nr 3. Tematyka, źródła danych s. XXIII-XXXV. W Aneksie znajduje się także: Lista punktów głównych wykorzystanych do treningu sieci neuronowej eksperymentu głównego oraz lista odrzuconych kandydatów s. XXXV-XLVII, Tabela ewaluacji wytrenowanego algorytmu na zbiorze testowym s. XLVII-LIV oraz Lista punktów głównych wykrytych przez sieć neuronową we fragmencie Warszawy s. LV-LX, a także "Wybór ciekawszych baz danych, które można wykorzystać w trenowaniu architektonicznych sieci neuronowych" s. LXI -LXIII. Manuskrypt otwiera Streszczenie oraz słowa kluczowe napisane w j. polskim i angielskim (s. 5-6), następnie jest Spis treści, a dalej "Wykaz wykorzystanych akronimów i tłumaczenia pojęć obcojęzycznych"(s.11-14).

Recenzowana rozprawa doktorska obejmuje istotne zagadnienia dotyczące wykorzystywania narzędzi systemowych i programowania sztucznej inteligencji AI (Artificial Intelligence) w urbanistyce i architekturze. *Nota bene*, koncepcja AI nie jest nowa gdyż powstała już w latach 1950, kiedy to amerykański informatyk McCarthy wprowadził to określenie. Sztuczna Inteligencja (AI) to dziś dyscyplina naukowa, której zaawansowane algorytmy, pozwalają analizować i przetwarzać ogromne ilości danych, aby identyfikować powtarzające się schematy i przewidywać przyszłe potrzeby. Dyscyplina ta zajmuje się tworzeniem maszyn i systemów komputerowych zdolnych do wykonywania zadań, które zwykle wymagają ludzkiej inteligencji. Programowanie oraz funkcjonowanie AI należy obecnie do jednego z najbardziej przyszłościowych kierunków badań, zwłaszcza nastawionych na poznawanie kosmosu i kolonizację innych planet. W badanym przez doktoranta czasokresie obejmującym lata 1993-2021 sztuczna inteligencja w architekturze i urbanistyce była jeszcze na początku drogi rozwoju, ale ostatnie lata przyniosły zmiany.

Dziś zastosowania AI w projektowaniu architektonicznym osiągnęły masę krytyczną (od praktycznych zastosowań w projektowaniu i budownictwie po implikacje dla teorii architektury), powstały także nowe narzędzia do przyspieszonych badań morfologicznych tkanki miasta.

Pan mgr inż. arch. Tomasz Dzieduszyński swoją rozprawą doktorską wpisuje się w ten kierunek badań koncentrując się na neuronowym przetwarzaniu danych dotyczących tkanki miejskiej. Nie bez powodu zatem podjęte przez pana Dzieduszyńskiego badania mają charakter interdyscyplinarny i obejmują wybrane zagadnienia z zakresu informatyki, sztucznej inteligencji (AI), urbanistyki w tym morfologii i typologii miast, teorii kompozycji i po części architektury.

Rozwiązywanym problemem naukowym jest bowiem określenie jak stosować narzędzia projektowania hiperparametrycznego i sieci neuronowe w analizach przestrzennych kontekstów kompozycyjnych w mieście. Zauważyć należy, że integracja algorytmów neuronowych z praktyką urbanistyczną jest zagadnieniem w Polsce nowym. Przystawione w recenzowanej rozprawie doktorskiej wyniki badań niewątpliwie, stanowią oryginalne rozwiązanie pojętego problemu naukowego poparte eksperymentalnym projektem z zakresu urbanistyki, informatyki i sztucznej inteligencji (AI), co daje podstawy do dalszych studiów i badań nad wykorzystywaniem systemów AI w projektowaniu urbanistycznym i architektonicznym.

### **Charakterystyka ogólna rozprawy**

Rozprawa doktorska pana mgr inż. arch. Tomasza Dzieduszyńskiego jest jednotomowym manuskryptem zawierającym część teoretyczną (s.21-126) oraz część eksperymentalną (s.127-172).

Cześć teoretyczna (s.21-126), choć tak jej nie zatytułowano, rozpoczyna się Rozdziałem 1 pt. "Wstęp" (s.15-20), w którym intencją Autora było zdefiniowanie problem badawczego, określenie metodyki oraz celu badań. Zamiast TEZY pan Dzieduszyński formułuje pytania badawcze, na które odpowiedzi można uzyskać przez eksperyment. Brak jest uzasadnienia wyboru tematu i określenia zamierzenia naukowo-badawczego, określenia problemu naukowego, który będzie rozpatrywany a także przestawienia "stanu badań" w Polsce i poza Polską. Już na początku tego paragrafu Autor powinien, krótko zdefiniować czym są narzędzia projektowania hiperparametrycznego i do jakiej dyscypliny należy je przypisywać – czy do informatyki czy do sztucznej inteligencji (AI).

Na podstawie kwerendy obejmującej lata 1993-2021, Doktorant dostrzegł pewną "lukę badawczą" odnośnie do neuronowego przetwarzania kontekstów kompozycyjnych i skierował swoje badania w kierunku zagadnień urbanistycznych. Jednakże, nie określił problemu naukowego dla rozwiązania, którego prowadził studia i badania eksperymentalne. W paragrafie 1.1. pt. "Problem badawczy" (s.15-16), co nie musi być tożsame z określeniem problemem naukowego, autor dysertacji pisze "Po wstępnym rozpoznaniu ogólnych możliwości przetwarzania przez sieci neuronowe złożonych zasad kompozycyjnych, bardziej szczegółowo zajmuję się problemem punktów głównych w kompozycji przestrzennej. Wybór tego konkretnego zagadnienia pozwala na precyzyjne zademonstrowanie potencjału głębokiego uczenia maszynowego w praktyce architektonicznej" (patrz: s.16). Autor nie sprecyzował zatem jaki rozwiązuje problem naukowy czy też problem badawczy. Czy chodzi o określenie sposobów jak znajdować punkty główne w kompozycji przestrzennej stosując narzędzia projektowania hiperparametrycznego i sieci neuronowe, czy też określenie jak zademonstrować potencjał głębokiego uczenia maszynowego w praktyce architektonicznej. *Nota bene*, głębokie uczenie maszynowe jest jednym z narzędzi systemowych sztucznej inteligencji (AI). Oczekuje się w tym miejscu wyjaśnień.

Sądząc po zawartości dysertacji, zamierzeniem naukowo-badawczym recenzowanej rozprawy jest opracowanie prototypu narzędzia opartego na sieci neuronowej, która będzie rozpoznawać złożone zasady kompozycyjne w tkance miejskiej, dokonując jednocześnie ekstrakcji punktów głównych z miejskich kompozycji przestrzennych, co zostało przedstawione w Rozdziale 3 pt. "Cześć eksperymentalna" (s.127-172). Albo też zamierzeniem naukowo-badawczym może być określenie możliwości zastosowania narzędzi projektowania hiperparametrycznego i sieci neuronowych w analizach przestrzennych kontekstów kompozycyjnych w mieście. Takich wersji zamierzenia naukowo-badawczego można się jedynie domyślać sądząc po zawartości rozprawy. Niestety, nie zostało to przez pana Dzieduszyńskiego określone i odpowiednio rozwinięte w paragrafie 1, chociaż treść pozostałych części rozprawy jest temu poświęcona.

Brak jest także jasno określonego zakresu i pola badań zarówno odnośnie do urbanistyki i architektury jak i informatyki oraz sztucznej inteligencji (AI) jako dyscypliny naukowej. Wymaga tego warsztat naukowy. W badaniach interdyscyplinarnych zazwyczaj nastęcza to pewne trudności.

Jednakże, jest to konieczne aby wskazać elementy wiedzy należące do poszczególnych dyscyplin i zakres w jakim zostają wykorzystywane. Implikuje to często potrzebę prowadzenia badań studialnych w dwóch lub kilku nawzajem uzupełniających się zakresach, które należałoby wskazać. Autor dysertacji nie określa także przedmiotu badań pozostawiając w domyśle, że chodzi o urbanistykę i jej projektowanie jako obszar wiedzy i umiejętności integralnie związany z teorią i praktyką budowania miast albo też chodzi o obszar wiedzy należący do sztucznej inteligencji obejmujący komponenty takie jak: algorytmy, dane uczące i sieci neuronowe i ich zastosowanie w urbanistyce i architekturze. Komponenty te to postawa funkcjonowania systemów AI, one umożliwiają tym systemom podejmowanie decyzji, rozwiązywanie problemów i uczenie się na podstawie doświadczeń. Przedmiot ten jest bliżej określony i zawężony do przestrzennych kontekstów kompozycyjnych i ich analizy przy pomocy sieci neuronowych, co wynikałoby bezpośrednio z tytułu rozprawy. Konteksty kompozycyjne są zatem przedmiotem analiz, co implikuje traktowanie ich w sposób równorzędny.

Przyjęta przez pana Dzeduszyńskiego metoda badań opisana w punkcie 1.3. pt. *Metodyka pracy* (s.17-18), jak pisze, "nie ma charakteru naukowo empirycznego i opiera się głównie na wnioskowaniu indukcyjnym" (s.18). Należy rozumieć, że ze względu na rozproszone źródła informacji odnośnie do przedmiotu badań, Autor dysertacji najpierw dokonał ich inwentaryzacji i analizy, a następnie usystematyzował je pod względem zawartych w nich treści, bez przyjęcia wcześniejszych założeń badawczych. Metoda indukcyjna pozwala bowiem na wyprowadzanie wniosków i uogólnień, czyli przechodzenie od poszczególnych przypadków do ogółu, w celu poznania zjawisk rzeczywistych – tu projektowania hiperparametrycznego i sieci neuronowych. Uzupełnieniem tej metody jest autopsja i eksperyment, który został opisany na stronach 127-172. Zebrane źródła informacji tj. 149 pozycji (od 1993 do 2021). Są to artykuły naukowe opublikowanych w materiałach konferencyjnych, a dotyczące implementacji sieci neuronowych w projektowaniu wspomaganym komputerowo. Na potrzeby analizy jakościowej zapisano wnioski z proponowanych implementacji przez autorów tych artykułów. Dla celów analizy ilościowej z artykułów Autor wydobyl 37 cech i zapisał je metodą kodowania „multi-hot” (dla 35 cech możliwych do przedstawienia binarnego) oraz w postaci skalarnych wartości znormalizowanych dla pozostałych cech. Metoda ta polega na przypisaniu poszczególnym cechom wartości 0 lub 1 i zestawieniu ich razem w postaci wielowymiarowego wektora. Badanie ilościowe źródeł, które wykonała maszyna (komputer) polegało zatem na ich analizie statystycznej oraz wizualizacji korelacji między nimi przy pomocy algorytmu nienadzorowanego uczenia maszynowego t-SNE, pozwalając na przedstawienie poszczególnych grup publikacji w postaci wykresu dwuwymiarowego z uwzględnieniem podobieństwa między punktami. Stosując powyższą metodę analizy źródeł informacji pan Tomasz Dzeduszyński ułatwił sobie pracę studialną i znacznie ją przyspieszył. Jednakże, powstaje pytanie czy użyta metoda jest odpowiednia do analizy tekstów naukowych i jakim jest obciążona wtedy błędem. Analiza tekstów różni się zdecydowanie od analiz np. liczbowych danych statystycznych i to Doktorant powinien był mieć na uwadze.

Wyniki pracy maszyny to tabele pt. "Tabele źródeł kwerendy głównej wykorzystania sieci neuronowych w CAAD" i opisane jako załączniki. Statystyczna analiza kwerendy wykazała, że w projektowaniu CAD sieci neuronowe są wykorzystywane we wszystkich skalach projektowych zarówno w skali urbanistycznej jak i skali architektonicznej oraz detalu. Aby pogrupować tak otrzymane "zastosowania", pan Dzeduszyński skoncentrował się na zadaniu opracowania funkcji mapującej dane wejściowe na dane wyjściowe w pewien pożądanym sposób. Przez taką manipulację danymi wykryte wcześniej przez maszynę zastosowania sieci neuronowych zostały podzielone na 5 kategorii. Czyli studiów i analizy źródeł informacji dokonał komputer, a wysiłek badawczy Doktoranta polegał na opracowaniu narzędzi informatycznych do realizacji tego celu. Każda z wykrytych kategorii została następnie przedstawiona w dyskursie naukowym. Taką samą metodą Doktorant prowadził badania w zakresie kontekstów kompozycyjnych. Nadmieniam, że ze 149 przeanalizowanych w kwerendzie prób wykorzystania sieci neuronowych w projektowaniu CAD tylko 27 z nich dotyczyło morfologii i typologii miast, a jedynie 13 pośrednio odnosiło się do kompozycji przestrzennej. W rozwiązaniach tych kompozycja przestrzenna traktowana była jako element składowy, a zagadnienia kompozycyjne nie były analizowane w oddzieleniu od innych zmiennych. Autor dysertacji nie podaje baz danych z jakich korzystał ani słów kluczowych pomocnych przy ich przeszukiwaniu. Być może skorzystał z bazy CumInCAD, która indeksuje publikacje z zakresu komputerowego wspomaganie projektowania architektonicznego i wspierana jest przez stowarzyszenia pokrewne takie jak ACADIA, CAADRIA,

eCAADe, SIGraDi, ASCAAD i CAAD futures. Obecnie jest tam indeksowanych ponad 1500 pozycji z czego większość została opublikowana po 2021 roku, co stawia pod znakiem zapytania aktualność treści z zakresu informatyki i Sztucznej Inteligencji (AI) zawartych w dysertacji.

Rozdział 2 powinien być nieco inaczej zbudowany i zatytułowany. Tytuł "Stan wiedzy" jest tu mylący. Jeśli Autor zajmuje się sztuczną inteligencją (AI) i należącymi do tej nauki komponentami takimi jak: narzędzia projektowania hiperparametrycznego, sztuczne sieci neuronowe, uczenie maszynowe, to powinien na wstępie wyjaśnić co rozumiane jest pod tymi terminami. Takie informacje nie powinny być rozrzucone i fragmentarycznie ujęte w różnych miejscach w dysertacji. Rozprawy doktorskie należą przecież do badań podstawowych.

Rozdział ten otwiera paragraf 2.1. pt. "Od architektury parametrycznej do hiperparametrycznej" (s.21-26). W tym paragrafie Autor wprowadza termin "architektura informacyjna", który odnosi się do bardziej do programowania, gromadzenia, przechowywania i przetwarzania informacji oraz danych pochodzących z różnych zdigitalizowanych źródeł niż do architektury projektowanej przy pomocy parametrycznych narzędzi informatycznych. Zgromadzone i przetworzone informacje np. obrazy stanowią bazę dla przyszłych kreacji np. obiektów architektonicznych. Manipulacje tymi zasobami mają zastąpić procesy twórcze naturalnych ludzkich sieci neuronowych. Aby to wyjaśnić pan mgr inż. arch. Tomasz Dzieduszyński cytuje słowa jakie w 2017 wypowiedział Molly Wright Steenson, zajmujący się rozwojem systemów sztucznej inteligencji na Carnegie Mellon University w Madison (USA) "Ci, którzy projektują systemy sztucznej inteligencji nie tworzą rzeczowników – obiektów, budynków, przedmiotów – tworzą czasowniki. Planują architekturę algorytmów uczenia maszynowego – kroki, które program wykona by ukończyć zadanie. Układają na swoje miejsce zbiór warunków początkowych, dzięki którym programy programują się same". W paragrafie 2.2. pt. "Sieci neuronowe w literaturze dotyczącej komputerowego wspomaganie projektowania" (s.27-70) pan Dzieduszyński przedstawia konkretne przykłady kreatywnego wykorzystania AI w praktyce urbanistycznej oraz architektonicznej. Opisuje jak w badanym czasokresie tj. latach 1993-2021 stosowano, zarówno w urbanistyce (s.30-145) jak i architekturze (s.46-78), sieci neuronowe do tworzenia nowych rozwiązań projektowych na podstawie fragmentów pochodzących z projektów czy zrealizowanych budowli autorstwa wielu projektantów. Zaznacza także, że tak otrzymane nowe kreacje powinny być tylko inspiracjami dla projektantów. Jednak, od 2021, tj. daty zakończenia przez Doktoranta badań do dziś, powstało wiele nowych doskonalszych narzędzi systemowych, od praktycznych zastosowań w projektowaniu i budownictwie po implikacje dla teorii architektury oraz mnóstwo nowych narzędzi do przyspieszonych badań morfologicznych, które zmieniają fundamenty architektury i urbanistyki. Otworzyła się również debata na temat autorstwa projektów napędzanych syntetyczną wyobraźnią. Kto zatem jest *de facto* autorem tak wykreowanego dzieła, czy informatycy, którzy projektują systemy sztucznej inteligencji, czy sieć neuronowa, która przetwarza fragmenty lub całe cudze projekty. Wątek ten powinien być rozwinięty szerzej przez Doktoranta, zwłaszcza w części podsumowującej całość dysertacji.

Zagadnienia urbanistyczne poruszane są także w paragrafie 2.4. "Punkty główne kompozycji przestrzennej" (s.80-104). Odczuwa się tu pewien niedostatek odpowiedniego dyskursu naukowego na temat kontekstów kompozycyjnych i punktów głównych, które są przecież przedmiotem analizy przez sztuczne sieci neuronowe. Doktorant nie pisze co rozumie przez kontekst kompozycyjny w urbanistyce, a co w architekturze, jakie są rodzaje takich kontekstów, na czym polega ich rola percepcyjna etc, a także jak badano konteksty kompozycyjne przed rewolucją informatyczną, a jak się je bada obecnie i po co, a także jakimi narzędziami. Paragraf 2.4.1. "Elementy kompozycyjne i ich przetwarzanie maszynowe" rozpoczyna się kilkoma linijkami tekstu o aplikacyjności narzędzi służących rozpoznawaniu i przetwarzaniu kontekstów kompozycyjnych (s.80-84). Następnie Autor dysertacji proponuje "przyjrzenie się klasycznym elementom kompozycyjnym, opracowanym przez teoretyków oraz praktyków formy i kompozycji architektoniczno-urbanistycznej" i wymienia w punktach za Juliuszem Żórawskim (1962) Francisem D.K. Chingiem (2007) oraz Kazimierzem Wejchertem (1984) elementy i aspekty kompozycji przekładające się na jej charakter, estetykę oraz na spójność formalną pozostawiając bez objaśnień czy komentarza. Niedosyt dyskursu naukowego występuje też w następnym paragrafie 2.4.2. Punkty główne w teorii kompozycji przestrzennej (s. 85-86), w którym pan Dzieduszyński w podsumowaniu pisze: "(...) w kontekście przestrzeni miejskiej punkty główne to ważne geometrycznie punkty znajdujące się w miejscach formalnie podkreślonych". Na pewno w

rozwinięciu tych paragrafów pomocne byłyby szersze odwołania do badań Kevina Lyncha, analizy planów zagospodarowania trzech amerykańskich miast, Bostonu, Jersey i Los Angeles, które w latach 1960 zrewolucjonizowały postrzeganie miasta i jego morfologii. Można przypomnieć, że badania te dotyczą percepcji tkanki miasta, jego struktury i odbioru emocjonalnego. Kevin Lynch w książce pt. "Obraz miasta" wprowadza i opisuje pięć głównych elementów tworzących obraz miasta.

Przykładowo, krawędzie (edges), którym poświęca dużą część książki, próbując zdefiniować i opisać, czym w istocie są i jaka jest ich rola w tworzeniu obrazu miasta. Lynch definiuje krawędzie jako linearne elementy, „które nie są traktowane jako drogi; zazwyczaj, ale nie zawsze, są granicami między dwoma rodzajami obszarów”. Opisuje rodzaje przestrzennych krawędzi i siłę ich oddziaływania na przestrzeń miasta. Do opisywania różnych rodzajów krawędzi używa wielu pojęć, takich jak: granica, przerwa w ciągłości, bariera, ściana, kraniec, a nawet szew. Ukazuje w ten sposób różnorodny charakter krawędzi, które są wewnątrz miasta otoczonego np. wodą lub murem”. Kazimierz Wejchert (1984), rozwinął idee Lyncha i przeniósł je na grunt europejski. Jego badania i studia poświęcone Warszawie nie straciły jeszcze na aktualności.

Odnosnie do architektury, to pan mgr inż. arch. Tomasz Dzieduszyński posługuje się teorią budowy formy architektonicznej Juliusza Żórawskiego opublikowaną po raz pierwszy w 1962. Wymienia "elementy i aspekty kompozycji przekładające się na jej charakter, estetykę oraz na spoistość formalną" nie objaśniając kontekstu w jakim zostały użyte przez Żórawskiego. Przypomnieć w tym miejscu należy, że koncepcja rozpatrywania formy architektonicznej została oparta przez Żórawskiego się na teorii postaci *gestalt* sformułowanej przez Rudolfa Arnheima w 1934, u podstaw której leży wiedza o psychofizycznej budowie człowieka, a szczególnie znajomość procesów zachodzących przy percepcji wzrokowej. Dowiedziono bowiem, że postrzeganie wzrokowe przedmiotów odbywa się niejako w dwóch etapach: najpierw widzimy, omiatając wzrokiem, cały przedmiot, a następnie dostrzegamy jego części czyli elementy z jakich się składa. Ważne też jest tło, na którym widziany jest dany przedmiot – tło zawsze istnieje i wchodzi w interakcje z każdym przedmiotem oraz ma wpływ na jakość percepcji. Przekładając te, wydawałoby się oczywiste, spostrzeżenia na percepcje architektury, Żórawski zbudował koncepcję rozpatrywania budowli, jako przedmiotu złożonego z części i odbieranego na tle. Wprowadził system pojęciowy, który pozwala określać, które uformowania są spoiste, a które swobodne. Chodzi tu o wzajemne powiązania części składowych formy. W wyniku zaś analiz relacji pomiędzy formą a tłem stworzył pojęcia formy słabej i formy silnej. Mając na uwadze pewne wrodzone człowiekowi tendencje percepcyjne uwypuklił je jako znaczące przy formowaniu budowli. W dysertacji zwraca uwagę zbyt powierzchowne potraktowanie zagadnień dotyczących, jak sam Autor zaznaczył we Wstępie "złożonych zasad kompozycyjnych".

W paragrafie 2.4.3. Punkty główne spontaniczne i projektowane (s. 87-88) pan Tomasz Dzieduszyński aby je zdefiniować przyjmuje, że punkty główne "zazwyczaj krystalizują się w przestrzeni miejskiej spontanicznie na skutek nawarstwienia wielu, rozłożonych w czasie decyzji projektowych, planów i zdarzeń przypadkowych". Aby określić ich rolę cytuje za Katarzyną Pluta (2021) „(...) rola kompozycji w kształtowaniu miasta polega na ochronie jego kulturowego oblicza z zastosowaniem historycznej kontynuacji” o czym pisał Lynch w 1960 podkreślając, że obraz miasta zależy w dużej mierze od społeczno-kulturowych charakterystyk jednostek tam żyjących, a nadawanie sensu, znaczeń i funkcji sprawia, że mieszkańcy odczytują kody semiotyczne, które narastały i narastają w czasie, ewoluują jak State House w Bostonie u Kevina Lyncha. Następnie pan Dzieduszyński aby poprzeć to spostrzeżenie odwołuje się do *Języka wzorów* Christophera Alexandra (1977). Jednakże paragraf 2.4.3 to ubogie (2-stronicowe) opracowanie z pewnością wymagałoby rozwinięcia zwłaszcza aspektach projektowania, zagadnień istotnych dla prowadzonego tu dyskursu. *Nota bene*, właśnie Christopher Alexander, który zajmując się architekturą, matematyką i informatyką w IMT i Uniwersytecie Harvarda, nadał, w latach 1960, nowy kierunek myślenia o projektowaniu. Wykazał bowiem, że projektowanie jest procesem, a jego procedury dotyczą przetwarzania informacji. Zdefiniował on projektowanie jako „proces wynajdywania rzeczy, które ukazują nowy porządek fizyczny, organizację i formę w odpowiedzi na funkcję”. Proces ten odnoszony był tak samo do projektowania pojedynczych budowli jak i miasta, osiedla czy wioski. Istotne w tym procesie było zdefiniowanie problemu i celu, a koniecznością dopasowanie do siebie formy oraz kontekstu ludzkich potrzeb i żądań. Najlepiej zostało to wyłożone w jego kanonicznej już książce pt. *Notes on the Synthesis of Form* wydanej w 1964. Przedstawił w niej schematy procesu tworzenia systemów i podsystemów zmien-

nych zależnych i niezależnych takie jak: schemat etapów formowania jako wynik segregacji i adaptacji zmiennych pozornie niezależnych, a także schematyczne ujęcie interakcji urbanistycznych. Na te zagadnienia powinien być Doktorant zwrócić także uwagę w prowadzonym tu dyskursie naukowym. Pozostałe paragrafy podpunktu 2.4. w Rozdziale 2 nie budzą istotnych zastrzeżeń.

2.5. "Uwarunkowania do wykorzystania sieci neuronowych w CAAD" (s.105-126), to paragraf, który zawiera także treści dotyczące historii rozwoju koncepcji sztucznych sieci neuronowych sięgające idei Zygmunta Freuda z 1884 oraz próbę objaśnienia jak działa sztuczna sieć neuronowa. 2.5.2. Rodzaje sieci neuronowych wykorzystywanych w CAAD, to podpunkt, w którym pan Tomasz Dzieduszyński opisuje rodzaje sieci, które znalazła maszyna w artykułach naukowych publikowanych w latach 1993-2021. Są tu omówione sieci: jednokierunkowe, splotowe i generatywne a także głębokie uczenie ze wzmacnianiem po czym Autor dorzuca rekurencyjne sieci neuronowe, a także transformery i modele dyfuzyjne. Opisy te wraz z przykładami zastosowań zamykają Rozdział 2. Brak jest podsumowania tego rozdziału.

Rozdział 3. Część eksperymentalna (s.127-172) zawiera opis przebiegu "eksperymentu wstępnego" niezbędnego do opracowania modelu czy prototypu systemu analizującego tkankę miejską oraz opis "eksperymentu głównego", a także opisy wyników i wnioski.

Otrzymano zadawalające wyniki tj. ponad 67% skuteczności, zarówno w eksperymencie wstępnym jak i głównym. Zapewne wynik byłby lepszy gdyby użyto komputera o większej mocy obliczeniowej, gdyż w działaniu sztucznych neuronów jak i w całej sztucznej inteligencji, wszystkie procesy polegają na obliczaniu począwszy od aktywacji na podstawie danych wejściowych i wag połączeń. Pan Tomasz Dzieduszyński nie podaje jaką moc obliczeniową miał procesor użyty w eksperymencie.

*Nota bene*, eksperymenty te zostały w szczególności opisane i opublikowane w *International Journal of Architectural Computing* 2022 (vol. 20, no 2, s.196-215) oraz po części w czasopiśmie *Bilder* 2022 (vol. 296, no 3, s.79-81).

"Eksperyment wstępny" (s.127-141) polegał na nauczaniu, opracowanej przez Doktoranta, sieci neuronowej typu CNN złożonej zasady kompozycyjnej na podstawie zadanych przykładów treningowych (7000 przykładów). Zainicjowanie parametrów sieci oraz przygotowanie danych treningowych ma istotne znaczenie w nauczaniu sieci neuronowych. Nie chodzi tu tylko o ilość, ale również o jakość i różnorodność, bo od tego zależy wiarygodność otrzymanych modeli. Eksperyment wstępny przeprowadzono na pikselach. Sieć była testowana pod względem jej umiejętności doczytywania nowych niespotkanych w trakcie treningu kontekstów kompozycyjnych i do projektowania nowych kompozycji. Sieci typu CNN zostały poddane trzem próbom o różnych scenariuszach oraz zróżnicowanym poziomie trudności. Dla każdego scenariusza opracowano osobną bazę danych z uwagi na różnice w rozmiarach obrazów i trybów zakrywania kompozycji. Opracowany system został poddany ocenie jakościowej oraz ilościowej gdzie wykazał, w scenariuszu III, wysoką skuteczność sięgającą 95,1-97,9% w przetwarzaniu złożonych zasad kompozycyjnych przy podjętych prostych decyzjach przestrzennych. Natomiast skuteczność sieci opracowanej przez pana Dzieduszyńskiego była znacznie mniejsza w scenariuszach I i II i osiągała 22,7-52,9% w zależności od złożoności mierzonych zasad. Jednym z czynników ograniczających skuteczność, jak przypuszcza Autor, był stosunkowo niewielki rozmiar wykorzystanej sieci neuronowej i zbioru treningowego, a także zbyt agresywne różnice wprowadzone do dystrybucji między zbiorami treningowym i walidacyjnym, a zbiorem testowym (s.149).

Eksperyment główny (s.141-173) dotyczył zademonstrowania możliwości seryjnego przetwarzania większych obszarów przez aplikacje bardziej zaawansowanych sieci neuronowych. Stąd zastosowany w eksperymencie głównym algorytm był rozwinięciem prac rozpoczętych w ramach "eksperymentu wstępnego". Wytrenowaną już sieć neuronową zastosowano do analizy lewobrzeżnego fragmentu zabudowy śródmiejskiej Warszawy. Obszar ten o powierzchni 25 km<sup>2</sup> został podzielony na 100 segmentów odpowiadających pojedynczym polom percepcji opracowanego algorytmu. Algorytm rozpoznał 64 punkty główne a 43 z nich spełniały warunki ewaluacji dla zbioru testowego. Na wybranym fragmencie śródmieścia Warszawy sieć osiągnęła wyższą skuteczność w rozpoznawaniu punktów głównych niż na zbiorze testowym. Skuteczność ta wyniosła 67,2%. We wnioskach z tego eksperymentu Autor zaznacza, że w obecnej formie prototyp nie jest w stanie uchwycić wszystkich założeń kompozycyjnych i zaleca aby do interpretacji wyników wygenerowanych przez sieć neuronową podchodzić ostrożnie (s.169) i wskazuje na ograniczenia metody (s.174).

Rozdział 4 pt. Podsumowanie (s.177-180) składa się z kilku podpunktów zatytułowanych 4.1. Wnioski ogólne (s.173-174), 4.2. Ograniczenia metody (s.174-175), 4.3. Projektowanie hiperparametryczne – dyskusja (s.175-177), 4.4. Okno na przyszłość (s.177-180), w których pan mgr inż. arch. Tomasz Dzieduszyński próbuje odpowiedzieć na hipotezy badawcze postawione we Wstępie, a także wskazać perspektywę rozwoju zastosowań badanych narzędzi hiperparametrycznych i sieci neuronowych w urbanistyce i architekturze. Jednakże, nie próbuje odpowiedzieć na pytanie co oznacza dla autorstwa sytuacja, gdy ponad 50 procent treści jest generowane przez projektanta niebędącego człowiekiem? Kwestia ta wydaje się bardziej pilna dziś niż kiedykolwiek.

### **Struktura rozprawy doktorskiej**

Problem tytułu. Ze względu na przyjęty czasokres badań tj. lata 1993-2021 należałoby uzupełnić tytuł rozprawy tak aby odpowiadał zawartym w nim treściom np. „Narzędzia projektowania hiperparametrycznego w latach 1993-2021. Analiza kontekstów kompozycyjnych przy pomocy sieci neuronowych”. Okres ten jest istotny w rozwoju zastosowań narzędzi sztucznej inteligencji w architekturze i urbanistyce, konstytuują się wówczas podstawy konceptualne i praktyczne dla takich zastosowań. Po 2021 zaś, wraz ze wzrostem mocy obliczeniowej procesorów, następuje lawina nowych pomysłów i eksperymentów napędzanych sztuczną inteligencją. Powstają kompleksowe oprogramowania oparte na AI (np. Autodesk Spacemaker), które mogą tworzyć wiele opcji projektowych dla architektów w ciągu kilku minut albo też usprawnić wczesne planowanie i generowanie propozycji lokalizacji z uwzględnieniem warunków środowiskowych i obowiązujących przepisów.

Struktura recenzowanej dysertacji jest mało klarowna i sprawia wrażenie nieco chaotycznej. Przyczynia się do tego brak jasno kreślonego zamierzenia naukowo-badawczego, pola rozważań i zakresu badań, a także przedmiotu badań. Pan mgr inż. arch. Tomasz Dzieduszyński być może był pod wpływem lektury *Metody i Techniki Badawcze w Architekturze* gdzie, nie bez racji, Elżbieta Niezabitowska nazywa architekturę dziedziną przedparadygmatyczną, w której (...) nie ma wzorców rozwiązywania problemów naukowych. Doktorant nabrał zatem przekonania, że "Stan dziedziny stawia badaczy architektury w obliczu pewnego anarchizmu metodologicznego" (s.17), co potwierdza struktura recenzowanej dysertacji. Jednakże, pan mgr inż. arch. Tomasz Dzieduszyński zapominał, że teoria architektury należy do domeny estetyki, a ta jest przynależna do filozofii, która jest już nauką. Ponadto, co istotne, to istnieje metodologia badań naukowych, która jest zbiorem zasad stosowanych przez naukowców, podczas prowadzenia badań. Metodologia ta dotyczy różnych dyscyplin i dziedzin, takich jak biologia, chemia, fizyka, psychologia, socjologia itd. Chociaż wszystkie dziedziny mają swoje własne metody badawcze, to istnieją pewne podstawowe zasady, które są wspólne dla wszystkich nauk i dyscyplin, dla architektury i urbanistyki także zwłaszcza w badaniach interdyscyplinarnych. Do tych zasad pan Dzieduszyński nie w pełni się stosował. Niemniej, pan mgr inż. arch. Tomasz Dzieduszyński próbuje naśladować układ tekstu jaki jest przyjęty w anglosaskich artykułach naukowych, łącznie ze sposobem wprowadzania przypisów. Jednak, to co spełnia swoje zadanie w kilkunastostronicowych tekstach nie jest skuteczne w opracowaniach liczących ponad dwieście stron, gdzie bibliografia ma ponad trzysta pozycji.

Sugerowany we Wstępie podział rozprawy na część teoretyczną i część eksperymentalną, chociaż poprawny w swoim zamyśle, to nie został klarownie przeprowadzony, zwłaszcza odnosi się to do części nazwanej tu teoretyczną. Część ta wymagałaby pewnej rewizji i drobnych uzupełnień wedle wskazań zawartych w niniejszej recenzji gdyby dysertacja miała ukazać się drukiem.

Rozdział 1. pt. "Wstęp" mógłby być zatytułowany "Określenie zamierzenia naukowo-badawczego, metody i celu pracy". W tym rozdziale powinno się znaleźć uzasadnienie wyboru tematu, krótkie zdefiniowanie terminów znajdujących się w tytule rozprawy, rozwiązywany problem naukowy, pole rozważań zakres badań, przedmiot badań, cel badań, metoda badań, źródła informacji, stan badań, teza rozprawy bądź hipotezy, które mają podlegać weryfikacji, a także aplikacyjność wyników badań. Ponadto, konieczny jest syntetyczny opis stanu badań. *De facto* elementy te zostały po części ujęte lecz są rozproszone w tekście i należałoby je zebrać i logicznie uporządkować. Na przykład, o aplikacyjności wyników Autor pisze na s. 80-81 w paragrafie 2.4.1. "Elementy kompozycyjne i ich przetwarzanie maszynowe".

Rozdział 2 pt. "Stan wiedzy"(s.21-123), co ma być *per analogia* do State of Arts, nie należy utożsamiać z opisem "stanu badań", którego brakuje – te dwa pojęcia nie są jednoznaczne. W pracach naukowych, zwłaszcza doktorskich, oczekuje się, że taki opis dostarcza informacji kto, gdzie i kiedy prowadził badania dotyczące podjętego problemu naukowego, a mieszczące się, w przyjętym przez autora rozprawy naukowej, polu i zakresie badań. Jakże zostały osiągnięte wyniki i gdzie zostały opublikowane. W tym przypadku konieczny jest także podział na badania teoretyczne i badania eksperymentalne, te dotyczące urbanistyki i architektury oraz te dotyczące sztucznej inteligencji (AI), z podziałem na badania prowadzone w Polsce i poza Polską. Dzięki informacjom zawartym w „stanie badań” można łatwo określić jaki jest wkład autora danej dysertacji w rozwój danej dyscypliny naukowej. Tym bardziej jest to konieczne, aby wykazać, że opracowane przez pana mgr inż. arch. Tomasza Dzieduszyńskiego narzędzia są nowe, że nikt wcześniej w Polsce nie podjął takiego zamierzenia naukowo-badawczego, a otrzymane wyniki badań analityczno-eksperymentalnych czynią wkład w rozwój kilku dyscyplin naukowych. Opis "stanu badań" powinien znaleźć się w rozdziale 1. tak samo jak syntetyczne (np. po 6 zdań) określenie pojęć zawartych w tytule rozprawy (narzędzia projektowania hiperparametrycznego, konteksty kompozycyjne, sieci neuronowe), a także sztuczna inteligencja (AI). Natomiast, "Wykaz wykorzystanych akronimów i tłumaczenia pojęć obcojęzycznych" można było zamieścić przed Anekssem.

Do części eksperymentalnej mogłyby być przeniesione treści należące do podpunktu 2.5. pt. "Uwarunkowania do wykorzystania sieci neuronowych w CAAD" zarówno w skali urbanistycznej jak i architektonicznej, co uczyniłoby badania eksperymentalne bardziej klarowne.

Natomiast punkt 2.2. pt. "Sieci neuronowe w literaturze dotyczącej komputerowego wspomaganie projektowania" (bez podpunktów) mogłyby się znaleźć w paragrafie 1. "Wstęp", jako uzasadnienie wyboru tematu rozprawy.

Pan mgr inż. arch. Tomasz Dzieduszyński zbudował rozdział 2 pt. "Stan wiedzy" na podstawie wyników analiz sporządzonych przy użyciu narzędzi informatycznych 149 artykułów naukowych na temat zastosowania sieci neuronowych i ich zastosowań. Analizy komputerowe wykazały zastosowania we wszystkich skalach (urbanistycznych, architektonicznych oraz detalu), które to zostały podzielone na 5 głównych kategorii i opisane na 51stronach (27-78). Natomiast zagadnienia dotyczące kontekstów kompozycyjnych, przede wszystkim "punktów głównych", zostały opisane na 24 stronach (80-104). Gdyby nie przeprowadzony eksperyment, to można by się zastanawiać czy przedmiotem badań są zastosowania sieci neuronowych w projektowaniu CAD czy konteksty kompozycyjne, które są przedmiotem analiz przez sieci neuronowe.

Odczuwa się brak w tym rozdziale krótkiego objaśnienie jak działa sztuczny neuron oraz jak działa sieć neuronów, która może być jedno- lub wielowarstwowa, a także spójnego rysu historycznego, przedstawienia jak rozwijano koncepcję sztucznych sieci neuronowych i czym zajmuje się dziś sztuczna inteligencja (AI), jako dyscyplina naukowa i jakie są jej główne cele. Poprawiłoby to jakość merytoryczną podejmowanych aspektów urbanistycznych i architektonicznych. Najlepiej na początku części nazwanej przez Autora teoretyczną. Elementy te są rozrzucone po całym tekście dysertacji.

### **Strona merytoryczna rozprawy doktorskiej**

Nowe narzędzia i technologie informatyczne napędzane sztuczną inteligencją (AI) wspomagające projektowanie i wytwarzanie, wymuszają dziś nowy model rozumienia architektury, zawodu architekta i organizacji praktyki projektowej i realizacyjnej. Wyłaniają się zatem nowe zagadnienia wynikające z procesów zachodzących w projektowaniu i budownictwie, które pan Tomasz Dzieduszyński identyfikuje i próbuje przedstawić wspierając się eksperymentalnym prototypem narzędzia do analizy złożonych kontekstów kompozycyjnych opartym na sztucznej sieci neuronowej, którego jest autorem. Chodzi tu o ekstrakcję punktów głównych z miejskich kompozycji przestrzennych.

Pan mgr inż. arch. Tomasz Dzieduszyński nie definiuje p r o b l e m u n a u k o w e g o jaki jest rozwiązywany w poprzez badania studialne i eksperymentalne, których wyniki zawarł w dysertacji doktorskiej. Natomiast, formułuje pytania badawcze z czego główne pytanie badawcze to: "Jakie są możliwości i ograniczenia wykorzystania algorytmów głębokiego uczenia maszynowego do przetwarzania kontekstów kompozycyjnych w architekturze i urbanistyce?" (s.20). Mają one zastąpić tezę rozprawy. Doktorant nie określa także pola i zakresu oraz przedmiotu badań, Wybrany czasokres tj. lata1993-2021 wynika bardziej z zobowiązań jakie narzuciła Szkoła doktorska niż świadomego działania.



Brakuje paragrafu zawierającego opis „stanu badań w Polsce i poza Polską”. Utrudnia to ocenę wkładu naukowego Doktoranta. Większość informacji jest na temat badań prowadzonych poza Polską, a o krajowych osiągnięciach naukowych pan Dzieduszyński nie wspomina.

Tym bardziej jest to konieczne, aby wykazać, że badania teoretyczne i opracowane narzędzia projektowania są nowe, że nikt wcześniej w Polsce nie podjął takiego zamierzenia naukowo-badawczego, a otrzymane wyniki badań analityczno-eksperymentalnych czynią wkład w rozwój kilku dyscyplin naukowych.

Brak jest także odpowiedzi na postawione na początku rozprawy pytania badawcze, których jest osiem. Odpowiedzi na te pytania są porozrzucane w tekście, a powinny się znaleźć w ujęciu syntetycznym w "Podsumowaniu" całości badań np. rozdziale pt. Realizacja zamierzenia-naukowo badawczego. Te uchybienia warsztatowe, niestety ale nie podnoszą wartości merytorycznej dysertacji.

### **Strona formalna, językowa i edytorska**

Umiejętność posługiwania się warszatem naukowym, jest podstawowym warunkiem decydującym o pozytywnej ocenie rozprawy doktorskiej. O poziomie warsztatu naukowego świadczy, niewątpliwie, umiejętność prowadzenia dyskursu naukowego, a zwłaszcza umiejętność oddzielania myśli swoich od cudzych. Temu służą przypisy, które informują, z jakimi autorami podejmowany jest dyskurs, które fragmenty ich tekstów są przywoływane bez-pośrednio, a które tylko pośrednio, do kogo należą wyniki badań, na które się powołujemy.

Przypisy sporządzać można na kilka sposobów, ale zawsze tak aby dotarcie do informacji w nich zawartych nie było utrudnione. Pan mgr inż. arch. Tomasz Dzieduszyński skopiował sposób sporządzania przypisów z anglosaskich czasopism naukowych, gdzie *nota bene* opublikował w 2022 wyniki swoich badań eksperymentalnych. Jednakże, podawanie w tekście, w nawiasach półokrągłych tylko nazwiska autora/autorów i datę publikacji, (jedynie tam gdzie jest bezpośredni cytat podawana jest strona) nie informuje w pełni jak publikacja ta została wykorzystana. *De facto* czytelnik nie wie, czy Doktorantowi chodzi o to, żeby porównać jego myśl z myślą innego autora, która nie musi być zgodna, czy też myśl Doktoranta jest tożsama z tamtą myślą albo jest to opis eksperymentu czy wyników badań. Problem ten rozwiązują przypisy na dole strony oraz poprawne używanie skrótów takich jak: por. Autor, tytuł, *nazwa czasopisma/książki*, wydawca, rok wydania, Vol., No, strona/strony jak też, op. cit. strona oraz ibidem czy passim. O pewnej kulturze naukowej sporządzania przypisów świadczy podawanie pełnego imienia autora, a nie jego inicjału, lub też braku nawet inicjału imienia. Wymaga tego metodologia prowadzenia prac naukowych w Polsce, zwłaszcza jest to istotne w rozprawach doktorskich. Ponadto, odsyłanie czytelnika przez nawiasy półokrągłe do spisu literatury jest mało wygodne zwłaszcza gdy ten spis obejmuje 317 pozycji. W przypisach dolnych powinno się używać imienia autora w jego pełnym brzmieniu, a nie tylko inicjału. Wymaga tego kultura prowadzenia prac naukowych. Pan Dzieduszyński wprowadza także odsyłacze do tekstu na dole stron. Są one pisane nieco mniejszą czcionką lecz o szerokiej interlinii. W takiej sytuacji ujednoczenie formy przypisów poprawiłoby stronę edytorską dysertacji i zmniejszyło ilość stron. Tak samo jak wprowadzenie wąskiej interlinii w wielozdaniowych cytatach w tekście podstawowym. Nie objętość bowiem decyduje o wartości merytorycznej rozprawy.

Podpisy pod ilustracjami, a jest ich 79, powinny być pisane mniejszą czcionką, niż tekst podstawowy, być bardziej zwarte o wąskiej interlinii. Nie powinno się tu podawać źródła ilustracji, gdyż takie informacje powinny się znaleźć w „Wykazie ilustracji i ich źródeł” zamieszczanym po „Wykazie bezpośrednio wykorzystanej literatury”. Każda ilustracja powinna znaleźć odniesienie w tekście w miejscu, w którym Autor rozprawy odnosi się do niej. Zasadę tą pan Dzieduszyński pilnie przestrzega.

Rozprawę doktorską zamyka wykaz pozycji bibliograficznych zatytułowany „Literatura”, a lepiej by było napisać „Wykaz bezpośrednio wykorzystanej literatury”, co nie sugerowałby, że zamieszczono wszystkie pośrednio i bezpośrednio związane z tematem pozycje, jakie udało się Autorowi zebrać. Ponadto, brak jest liczby porządkowej, co ułatwiłoby sporządzenie "Stanu badań w Polsce i poza Polską" poprzez wprowadzanie odpowiednich numerów w nawiasach kwadratowych, aby nie powtarzać danych bibliograficznych pozycji, w których te badania zostały opisane.

Rozprawa doktorska pana mgr inż. arch. Tomasza Dzieduszyńskiego napisana została poprawnym językiem naukowym, choć o nie najlepszej stylistyce. Jednakże, występują fragmenty tekstu pisane językiem potocznym albo językiem charakterystycznym dla artykułów popularno naukowych.

Nie używa się w języku naukowym, że coś jest „ciekawe”, bo ciekawe to jest dla podglądacza (np. "Ciekawe zastosowanie dla sieci neuronowych" s.59 lub też "co ciekawe" s.141, ani też, że coś jest „unikalne” tylko „unikatowe”, bo unikalne jest wtedy gdy ktoś czegoś/kogoś unika. Ponadto, pan Dzieduszyński chętnie personifikuje, np. architekturę gdy pisze na s. 21 "Zgodnie z jej klasycznym znaczeniem architektura informacyjna *zwróciła się* w kierunku programowania (...) i dalej "Architektura informacyjna *sięgnęła po* techniki heurystyczne (...)". Są to niewielkie uchybienia.

Rozprawa doktorska pana mgr inż. arch. Tomasza Dzieduszyńskiego należy do nielicznych badań prowadzonych w polskich ośrodkach naukowych, zwłaszcza w aspektach architektury i urbanistyki. Ich aplikacyjność została ograniczona do analizy miejskich kontekstów kompozycyjnych. Niemniej badania te dają konceptualne podstawy do dalszych opracowań narzędzi pomocnych w rozwiązywaniu zadań projektowych. Obecnie architekci i urbanisci stoją wobec wyzwania jakie niosą za sobą skutki postępującej zmiany klimatu i tu otwiera się obszar zastosowania sieci neuronowych gdyż w projektowaniu trzeba już brać pod uwagę wiele różnorodnych zmiennych i konfiguracji środowiskowych, a wtedy z pewnością sztuczne sieci neuronowe staną się pomocnym i pożądanym narzędziem projektowania. Niewątpliwie zastąpienie umysłu człowieka sztucznym "mózgiem" maszyny ma ogromną przyszłość zwłaszcza gdy chodzi budowanie np. pływających miast albo badania kosmosu, kolonizację innych planet. Niech roboty najpierw zbudują zaplecze mieszkaniowe i wytwórcze, przygotują enklawy do mieszkania i życia przyszłych kolonistów przybywających z planety Ziemia gdzie życie jest zagrożone. Idąc za tym tokiem myślenia badanie kontekstów kompozycyjnych za pomocą sieci neuronowych czy też badanie możliwości zastosowania sieci neuronowych w analizowaniu tych kontekstów jest niezwykle potrzebne, a zwłaszcza wyznaczanie głównych punktów kompozycyjnych w celu np. replikacji ziemskiej tkanki miejskiej w nowych warunkach środowiskowych. Dysertacja ta wywołuje także debatę na temat czym jest *de facto* architektura informacyjna i czy jej projektowanie leży jeszcze w domenie architektury i urbanistyki. Inną kwestią jest odpowiedź na pytanie w jakim zakresie systemy sztucznej inteligencji mogą być stosowane w projektowaniu aby nie naruszać praw autorskich?

Mimo uwag i sugestii, Recenzent docenia wysiłki pana mgr inż. arch. Tomasza Dzieduszyńskiego w zakresie implementacji systemów sztucznej inteligencji (AI), zwłaszcza sieci neuronowych, w urbanistyce i architekturze. Cenne są tu, przede wszystkim, badania eksperymentalne prowadzone przez Autora tj. pracowanie prototypowego narzędzia służącego ekstrakcji punktów głównych z miejskich kompozycji przestrzennych. Niewątpliwie było to zadanie ambitne i wychodzące poza ramy programowe przyjęte dla kształcenia architektów na polskich uczelniach.

Łączenie wiedzy z zakresów informatyki i architektury nie jest dziś nowe. Jest to konsekwencja rewolucji informatycznej, która od kilku dekad skutecznie transformuje zarówno warsztat jak i stronę konceptualną architektury i urbanistyki, zmieniają się narzędzia projektowania, środki produkcji, nowe wymagania stawiane są wobec struktur i materiałów budowlanych. Coraz więcej uniwersytetów w różnych krajach oferuje studentom architektury nowy kierunek Dual Degree – Architecture and Computation, po ukończeniu którego absolwent otrzymuje dwa dyplomy z informatyki i architektury. Rozprawa doktorska pana Tomasza Dzieduszyńskiego jest zatem „zwiastunem” nowych tendencji w edukacji i badaniach nad architekturą w Polsce.

**Reasumując** stwierdzam, że rozprawa doktorska pt. „Narzędzia projektowania hiperparametrycznego. Analiza kontekstów kompozycyjnych przy pomocy sieci neuronowych” będąca przedmiotem niniejszej recenzji, spełnia w pełni wymagania stawiane rozprawom doktorskim określonym w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571). Wnoszę o jej przyjęcie oraz dopuszczenie pana mgr inż. arch. Tomasza Dzieduszyńskiego do jej publicznej obrony oraz przeprowadzenia dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie architektura i urbanistyka.

Szczecin 15.02.2025

