

Białystok, 12.02.2025

dr hab. inż. arch. Aleksander Asanowicz

RECENZJA PRACY DOKTORSKIEJ

pt. „Narzędzia projektowania hiperparametrycznego. Analiza kontekstów kompozycyjnych przy pomocy sieci neuronowych” autorstwa mgr. inż. arch. Tomasza Dzieduszyńskiego, promotorem której był dr hab. inż. arch. Maciej Lasocki.

Podstawą recenzji jest Uchwała Rady Dyscypliny Architektura i Urbanistyka Politechniki Warszawskiej, z dnia 29 października 2024 roku.

Zgodnie z art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571), celem niniejszej recenzji jest stwierdzenie czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej, a także umiejętność prowadzenia pracy naukowej. Do recenzji przedłożono dysertację o objętości 214 stron, składającą się ze streszczenia w języku polskim i angielskim, wykazu wykorzystanych akronimów i tłumaczenia pojęć obcojęzycznych, wstępu, czterech rozdziałów, bibliografii oraz spisu ilustracji. Integralną częścią rozprawy jest również osiem załączników. Zawierają one tabele źródeł kwerendy głównej (załączniki od 1 do 3), materiały odnoszące się do przeprowadzonych eksperymentów (załączniki od 4 do 7) oraz wybór ciekawszych baz danych do potencjalnego wykorzystania (załącznik 8).

Uwagi natury ogólnej

Obecny rozwój sztucznej inteligencji wzbogacił nasz arsenał środków projektowania o instrument niemający analogii w całej historii rozwoju projektowania. Wbrew utartym poglądom przełomem w projektowaniu architektonicznym nie jest powstanie nowoczesnych narzędzi technicznych – systemów CAD. Nie jest też przełomem ich wykorzystywanie do kreślenia i wizualizacji rozwiązań projektowych

Stało się to o czym pisał Heidegger, który uważał, że istota technologii w żadnym wypadku nie jest niczym technicznym. Zwykle rozpatrujemy tylko jej aspekt techniczny, a obecnie technika wykracza poza swój instrumentalny charakter. Jest nie tyle środkiem do celu, instrumentem powodującym konkretne efekty, a medium determinującym sposób odkrywania. „*Techne* należy do *Poiesis* - jest czymś poetyckim” – stwierdza Heidegger. Jest ona nieodłącznie związana z poznaniem, które prowadzi do odkrywania. A jeśli tak, to najważniejszym jej aspektem staje się jej udział w procesach kreacji i poszukiwanie odpowiedzi na pytanie: „Jak w twórczych działaniach stosować komputer, który przyjęto się uważać za maszynę liczącą?” Zasadniczym staje się pytanie - kto w systemie projektowania architektonicznego jest na pozycji kreującego projekt i w którym momencie? Wydaje się, że właśnie ta dyskusja zaczyna wywierać coraz większy wpływ na metodologię projektowania, w którym proste, oczywiste rozumowanie nie uzasadnia już żadnej konkretnej formy.

Zmiana świadomości projektantów, którzy przestają uważać komputer za narzędzie jest największym przełomem w obszarze projektowania. Już dwadzieścia lat temu Ben van

Berkel traktował komputer, jako pośrednika, maszynę abstrakcyjną, generator. Komputer to nie narzędzie a medium, które ukazuje nam nowe, nieoczekiwane i niezamierzone zastosowania. Ranulph Glanville, uczeń Gordona Paska, pisze, że medium wpływa na nas w takim samym stopniu, jak my wpływamy na nie. Co jest bez wątpienia ich zaletą, gdyż jak twierdził Ranulph Glanville „Człowiek może sobie wyobrazić tylko to, co może sobie wyobrazić”. Takie podejście bez wątpienia zmienia perspektywę projektanta, pozwalając traktować „wytwory komputerowe” jako źródło inspiracji.

Ocena pracy

Część pierwsza rozprawy, zatytułowana **Wstęp**, zawiera zdefiniowanie problemu badawczego, opis struktury pracy, metodyki, celów badawczych oraz pytanie badawcze. Należy stwierdzić, że ogólna struktura pracy jest skonstruowana prawidłowo. Głównym problemem badawczym jest możliwość przetwarzania przez sieci neuronowe złożonych zasad kompozycyjnych w urbanistyce, a w szczególności rozpoznawania punktów głównych w kompozycji przestrzennej. Co prawda sformułowanie problemu badawczego następuje dopiero w podrozdziale 1.5. zatytułowanym *Pytania badawcze*, a logicznie ta informacja powinna znaleźć się w podrozdziale 1.1. zatytułowanym *Problem badawczy*.

Doktorant wstępnie definiuje też hiperparametry, jako zbiór zmiennych sterujących zachowaniem sieci neuronowej. W tym kontekście tytuł rozprawy *Narzędzia projektowania hiperparametrycznego* staje się bardziej zrozumiały, chociaż nie do końca przekonujący recenzenta. Wątpliwości budzi też używanie określenia automatyzacja w odniesieniu do procesów twórczych, które z definicji automatyzacji podlegać nie mogą. Doktorant pisze o skomplikowaniu procesu projektowania, zbyt jednoznacznie upraszczając opis, poprzez stwierdzenie o sekwencyjnym rozwiązywaniu problemów projektowych – „rozwiązywać osobno po kolei” (str. 15), podczas gdy proces ten bardziej przypomina chaotyczny bieg we wszystkich kierunkach równocześnie. Ważną i cenną uwagę jest zauważenie, że użycie sieci neuronowych może „poszerzyć perspektywy inspiracyjne”. (str. 16)

Przedstawiając metodykę pracy Doktorant stwierdza, że badania mają charakter interdyscyplinarny, co jest determinowane, jak pisze za Feyerbendem, przez pewnego rodzaju „anarchizm metodologiczny”. (str. 17) Jest to niewątpliwie zaleta recenzowanej rozprawy. Ważne i oryginalne jest to, że Doktorant nie formułuje hipotez badawczych, a opiera się na pytaniach badawczych odwołujących się do sformułowanych celów badawczych. Zastosowane szczegółowe metody badawcze nie budzą zastrzeżeń.

Wspomniane powyżej cele badawcze zostały podzielone na cztery grupy. Cel pierwszy to badanie stanu wiedzy, drugi dotyczy zidentyfikowania luki badawczej. Dwa kolejne odnoszą się do eksperymentów – wstępnego i głównego. Cele te zostały określone poprawnie. Jedynie rozważania o polskim prawodawstwie w tym kontekście wydają się być zbędne. Natomiast cel - *Rozpoznanie nie-neuronowych, wspomaganych komputerowo metod przetwarzania głównych punktów kompozycyjnych* – nie znalazł swojej kontynuacji w dalszej części rozprawy.

Zamykające część pierwszą główne pytanie badawcze – „Jakie są możliwości i ograniczenia wykorzystania algorytmów głębokiego uczenia maszynowego do przetwarzania kontekstów kompozycyjnych w architekturze i urbanistyce?” oraz towarzyszące mu pytania szczegółowe są sformułowane właściwie.

Część druga – **Stan wiedzy**- jest największą objętościowo częścią rozprawy. Wynika to z tego, że zawiera ona rozważania zarówno dotyczące różnych poziomów zastosowania sieci

neuronowych, jak i rozważania odnoszące się do kompozycji przestrzennej. Wydaje się, że bardziej właściwe byłoby rozpatrywanie tych dwóch obszarów w oddzielnych rozdziałach. Byłoby to działanie czysto formalne, gdyż stwierdzić należy, że wszystkie podjęte w tej części problemy zostały bardzo dobrze opisane i przeanalizowane.

Z punktu widzenia recenzenta, szczególnie interesujący jest podrozdział 2.1. *Od architektury parametrycznej do hiperparametrycznej*. Co prawda, znajdujemy tu pewne nieścisłości, a w szczególności dotyczące związku warsztatu architekta z komputerami. Doktorant pisze o 30 latach, a już w 1982 roku była zaprezentowana pierwsza wersja AutoCAD'a, a w 1984 Archicad'a. Pominięcie dorobku profesorów Stefana Wrony, Adama Szymskiego czy profesor Krystyny Januszkiewicz można złożyć na karb młodego wieku Doktoranta. Rozważania o tradycyjnej roli architekta są jak najbardziej uprawomocnione. Architekci działali zgodnie z zasadą opisaną przez Abrahama Molles'a – najpierw mam, potem znajduję. Uwaga o przechodzeniu od heurystyki do głębokiego uczenia maszynowego wydaje się być całkowicie uzasadniona. Faktem jest, że heurystyki, w przypadku *ill-defined problems*, nie są rozwiązaniem dobrze działającym ze względu na niedookreśloność tych problemów. W tym przypadku wykorzystanie wielowarstwowych sieci neuronowych, mogących rozwiązywać złożone nieliniowe problemy i przyjmujących multimodalne dane wejściowe, wydaje się być bardziej perspektywiczne. Doktorant zakłada (nie twierdzi!), że „sukcesy głębokiego uczenia maszynowego w dziedzinach pokrewnych dają podstawy do optymistycznego patrzenia na możliwości implementacji podobnych algorytmów w architekturze”. (str. 24) Stąd jego decyzja o nie stawianiu hipotezy badawczej, a sformułowanie pytania badawczego.

Jako jeden z kluczowych argumentów przemawiających za celowością sprawdzenia możliwości wykorzystania sieci neuronowych do przetwarzania kontekstów kompozycyjnych jest obserwowana zmiana w sposobie myślenia o architekturze informacyjnej. Tezę swą wspiera wypowiedzią Jana Słyka z 2012 roku – „... środowisko twórczości rozszerza się. (...) W tym kontekście zdobycze współczesnej matematyki mogą okazać się czynnikiem wpływającym na twórczość szerzej, niż w sensie estetycznej inspiracji”. (str. 26) Recenzent również jest zdania, że coraz częściej rozważamy problem formy myślenia, niż problem formy formy. Nie sposób nie zgodzić się z twierdzeniem Doktoranta, że współcześni architekci coraz częściej sięgają po narzędzia oparte na głębokim uczeniu maszynowym. **Doktorant proponuje projektowanie parametryczne parametrycznego projektowania architektonicznego. Nazywa to projektowaniem „hiperparametrycznym”, w którym architekt nie kształtuje klasycznej trójwymiarowej przestrzeni, a definiując hiperparametry sterujące zachowaniem sieci neuronowej, ogranicza abstrakcyjną wielowymiarową przestrzeń badanego problemu.**

Równocześnie Doktorant nie podchodzi bezrefleksyjnie do stosowania sieci neuronowych w projektowaniu architektonicznym. Słusznie zaleca ostrożność, wspierając się wypowiedzią Carpo z 2017 roku abyśmy to my sterowali sztuczną inteligencją, a nie sztuczna inteligencja nami. Już Brenda Laurel w wydanej w 1991 roku książce *Computers as Theatre* zdefiniowała takie podejście w sposób następujący - Nie jest ważne co może zrobić komputer, ważne jest co ty możesz z nim zrobić.

Kończąc ogólne rozważania o stanie wiedzy Doktorant pisze, że: „Architektura wspomagana komputerowo wydaje się (podkreślenie recenzenta) stopniowo ewoluować od algorytmów heurystycznych opisanych parametrycznie na niskim poziomie abstrakcji do algorytmów stochastycznych sterowanych na wysokim poziomie abstrakcji przez

hiperparametry i odpowiednio sformułowane dane wejściowe”. (str. 26) Stąd wywodzi celowość przeglądu literatury dotyczącej tej problematyki.

Poświęca temu podrozdział 2.2 – *Sieci neuronowe w literaturze dotyczącej komputerowego wspomaganie projektowania*. Analizie poddaje 149 publikacji naukowych z lat 1993–2021. Wykorzystuje publikacje w czasopismach i materiałach pokonferencyjnych. Doktorant nie podaje metody kwerendy, ani kryteriów wyboru publikacji. Recenzent przypuszcza, że podstawową bazą był CumInCAD - indeks zbiorczy publikacji z zakresu komputerowego wspomaganie projektowania architektonicznego, wspierany przez stowarzyszenia ACADIA, CAADRIA, eCAADe, SIGraDi, ASCAAD i CAAD futures. Jeśli tak, to należałoby o tym wspomnieć. Zakończenie kwerendy na roku 2021 jest zrozumiałe z punktu widzenia konieczności zakończenia prac nad rozprawą. Aczkolwiek, po podanej przez Doktoranta dacie w bazie ComInCAD pojawiło się ponad 1500 publikacji zawierających takie słowa kluczowe jak neural networks generation i deep learning. Świadczy to o bardzo intensywnym rozwoju badań i potwierdza celowość ich podjęcia przez Doktoranta. Powstaje również pytanie czy publikacje te były w jakimkolwiek stopniu uwzględniane, a jeśli tak to czy dało się zaobserwować nowe trendy?

Proces analizy danych został przeprowadzony prawidłowo. Poprawnie zastosowano metody i narzędzia analityczne. Uzyskane dane są interesujące i potwierdzają wagę problemu. Sieci neuronowe są wykorzystywane we wszystkich skalach projektowych, od urbanistycznej do projektowania detalu i materiałów. Dla każdej skali Doktorant zaproponował sześć głównych kategorii zastosowań: ewaluacja i przetwarzanie danych, działania generatywne, klasyfikacja, ekstrakcja i uczytelnienie, optymalizacja, prognostyka.

Bazując na zdefiniowanych skalach i kategoriach Doktorant przeprowadził szczegółową analizę zastosowań sieci neuronowych. W podrozdziale 2.2.1. rozpatrywane były zastosowania w projektowaniu urbanistycznym. Podrozdział 2.2.2. dotyczył skali architektonicznej, a 2.2.3. detalu, materiałów i komputerowego wspomaganie wytwarzania. Prezentacja materiału została przeprowadzona interesująco.

W zastosowaniach urbanistycznych Doktorant zwrócił uwagę na nietypowe/niecharakterystyczne aspekty takie jak możliwość korelacji typu krajobrazu miejskiego z występowaniem zaburzeń nerwowych, wydobycie *genius loci* badanej przestrzeni czy zmapowanie emocji mieszkańców w celu uczytelnienia emocjonalnych kontekstów przestrzennych. O ile pragmatyczne zastosowania sieci neuronowych są dość oczywiste, to możemy znaleźć również działania wspierające kreatywność, czy to poprzez generowanie nowych struktur przestrzennych (wspomniana na stronie 35 „urbanistyczna remetabolizacja”), czy też multikryterialna ocena rozwiązań, mogąca uwzględniać równocześnie tak różne aspekty jak nasłonecznienie i estetyka.

Z kolei w zastosowaniach architektonicznych sieci neuronowe są według Doktoranta najczęściej wykorzystywane jako algorytmy generatywne. Można przyjąć, że jest to naturalne przedłużenie poszukiwań rozpoczętych przez Johna Frazera, a obecnie podejmowanych przez Celestino Soddu wykorzystującego generatywne i ewolucyjne techniki obliczeniowe. Często spotykanym zastosowaniem jest neuronowy transfer stylu, co z kolei jest kontynuacją przed neuronowych poszukiwań Kostasa Terzidisa w zakresie morfingu form.

Doktorant zauważa, że zastosowania generatywne wymagają odpowiednio dużych baz obiektów treningowych (prototypów). Bez wątplenia jest to warunek niezbędny do ich efektywnego wykorzystania. Problem ten próbuje się rozwiązywać poprzez zastosowanie wyspecjalizowanych algorytmów zautomatyzowanego generowania przykładów treningowych. Takie podejście pozwala na pokonanie ograniczeń spowodowanych

projektowaniem jedynie w oparciu o istniejące obiekty prototypowe. Algorytm jest w stanie wygenerować „przykłady” rozszerzające twórczy potencjał architekta. Technologię tę zastosował również Doktorant w badaniach eksperymentalnych.

Zaletą sieci jest elastyczność formatu danych wejściowych, a co za tym idzie możliwość pracy z subiektywnymi parametrami, jak na przykład „komfort życia”. „...sieci neuronowe mogą operować na zmiennych liczbowych przedstawionych w formie tabelarycznej, ręcznie oznaczanych modelach parametrycznych, szeregach czasowych, danych symulacyjnych czy fotografiach”. (str. 71) Doktorant przytacza również ciekawe rozwiązanie oparcia systemu generującego na tekstowej reprezentacji architektury.

Zaprezentowany w podrozdziale 2.2. przegląd stanu wiedzy w odniesieniu do zastosowania sieci neuronowych w urbanistyce i architekturze jest bardzo kompleksowy. Opisy zastosowań są interesujące i szczegółowe, świadczą o znacznej wiedzy Doktoranta. Przydałaby się jednak lepsza strukturyzacja prezentowanego materiału. Brakuje określenia kryteriów wyboru analizowanych materiałów. Wydaje się również, że analizy dotyczące detalu i materiałów nie mają większego znaczenia dla prowadzonych badań.

Przeprowadzona kwerenda stała się podstawą do zdefiniowania luki badawczej w odniesieniu do neuronowego przetwarzania kontekstów kompozycyjnych (podrozdział 2.3.). Doktorant dostrzega bardzo małą liczbę publikacji dotyczących kompozycji przestrzennej. Jako powód podaje, że: „Konteksty kompozycyjne często są rozległe, złożone, logicznie rozmyte i trudne do programowania metodami klasycznymi”. (str. 78) Niestety, to wydaje się słuszne stwierdzenie, nie zostaje rozwinięte w sposób wystarczający. Również nie znajdujemy wyjaśnienia, co rozumiane jest pod stwierdzeniem „metody klasyczne”. Czy są to metody analogowe, czy na przykład Space Syntax też jest już metodą klasyczną? Doktorant zadaje pytanie czy kompozycja przestrzenna może być uchwycona przez sieć neuronową. Stawia tezę, że moc współczesnych sieci jest wystarczająca, jeśli już nie do wspomaganie podejmowania decyzji, to do **wspomagania projektanta na etapie poszukiwania inspiracji**.

Kwerenda wykazała, że jedynie 27 z 149 przeanalizowanych przypadków wykorzystania sieci dotyczyło morfologii i typologii miast. Dowodzi to według Doktoranta istnienia luki badawczej. Recenzent w pewnym stopniu zgadza się z tym stwierdzeniem, jednakże oczekuje uzupełnienia o ocenę przyczyny tego stanu rzeczy. Chociażby w trybie spekulatywnym. O takie uzupełnienie proszę Doktoranta podczas obrony rozprawy doktorskiej.

Podrozdział 2.4. jest poświęcony kompozycji przestrzennej. Analiza jest przeprowadzana w oparciu o klasyczne opracowania z zakresu kompozycji i percepcji miasta. Doktorant uwzględnił prace Juliusza Żurawskiego, Francisa D.K. Chinga, Kazimierza Wejcherta, Kevina Lyncha, Christofera Alexandra, Jana Gehla. Wydaje się, że można byłoby sięgnąć również do pracy Gordona Cullena. W wyniku analizy, stwierdza, że rozpatrywane przez tych autorów elementy kompozycyjne, zasady ich porządkowania wydają się możliwe do przedstawienia maszynowego.

Jednym z głównych elementów kompozycyjnych są punkty główne i punkty formalnie podkreślone. Oba powyższe elementy są omawiane na podstawie prac J. Żurawskiego, F.D.K. Chinga, K. Wejcherta i K. Lyncha. Doktorant przyjmuje, że „... w kontekście przestrzeni miejskiej punkty główne to ważne geometrycznie punkty znajdujące się w miejscach formalnie podkreślonych. Podporządkowują one sobie całość okolicznej kompozycji przestrzennej”. (str. 86) Deklaruje, że w zależności od skali kompozycji w badaniu będą wykorzystywane punkty główne o różnych polach oddziaływania formalnego. W swojej analizie zwraca uwagę na wielorakie znaczenie punktów głównych.

Doktorant rozszerza zakres analiz kompozycyjnych o planowanie przestrzenne (podrozdział 2.4.6.). Wykorzystuje dokumenty planistyczne Warszawy i Łodzi. Zaistnienie punktów głównych w oficjalnych dokumentach planistycznych potwierdza ich znaczenie. Recenzent uważa, że rozpatrywanie tego aspektu nie ma znaczenia dla całości badań, tym bardziej, że wątek ten nie znajduje swojego rozwinięcia w dalszych rozważaniach.

Kolejny podrozdział poświęcony jest automatycznemu rozpoznawaniu punktów głównych. Pierwszym krokiem jest zdefiniowanie punktów głównych w sposób umożliwiający ich wykorzystanie w procesie automatycznego rozpoznawania. Twierdzi, że: „Punkty główne można traktować jako swojego rodzaju maksima w wielowymiarowej przestrzeni cech kompozycyjnych”. (str. 101) Zauważa przy tym, że gradient kompozycyjnej ważności punktu jest niejednoznaczny, co komplikuje proces ich rozpoznawania.

Konkluzja zamykająca te rozważania jest oczywista i nie sposób jej nie zaakceptować. Aczkolwiek wydaje się, że konkluzja ta powinna znaleźć się w opisie luki badawczej.

Przed przedstawieniem przeprowadzonych eksperymentów Doktorant rozpatruje uwarunkowania wykorzystania sieci neuronowych w różnych dyscyplinach (podrozdział 2.5.). W kroku pierwszym, w sposób kompetentny przedstawia historię rozwoju i podstawy działania sieci neuronowych. Wskazuje na sinusoidalny ich rozwój. Doktorant szczegółowo przedstawia zasadę działania sieci neuronowych i omawia rodzaje sieci wykorzystywanych w projektowaniu wspomaganym komputerowo. Rodzaje sieci neuronowych i ich korelacja z publikacjami dotyczącymi komputerowego wspomaganego projektowania przedstawiona jest na rys. 37. (str. 115) Szczegółowe rozwinięcie ryciny znajdujemy na stronach następnych. Doktorant odwołuje się do kwerendy zastosowań głębokiego uczenia maszynowego i analizuje publikacje pod względem typu zastosowania. Szkoda tylko, że kolejność prezentowanych typów sieci nie odpowiada kolejności typów z ryciny. W analizowanym podrozdziale Doktorant wielokrotnie odwołuje się do podrozdziału 2.2. Recenzent uważa, że połączenie obu części wpłynęłoby pozytywnie na logikę wyводу.

Wyniki analiz przeprowadzonych w rozdziale 2 posłużyły do przygotowania i przeprowadzenia eksperymentu.

Rozdział trzeci – **Część eksperymentalna** – stanowi kluczową część rozprawy. Doktorant pisze, że: „Wnioski płynące z kwerendy stanu wiedzy sugerują, że prawidłowo zaprojektowane, odpowiednio duże sieci neuronowe powinny dobrze radzić sobie w przetwarzaniu przestrzennych kontekstów kompozycyjnych”. (str. 127) Zauważa równocześnie, że problem ten nie został dotychczas wystarczająco przebadany, i nie jest jasne w jakim stopniu „rozmyte logicznie zasady kompozycyjne” będą odczytywane przez sieci neuronowe. W celu rozpoznania problemu, w pierwszym kroku przeprowadza eksperyment wstępny. Należy podkreślić, że eksperyment ten został zaprezentowany przez Doktoranta w recenzowanym czasopiśmie *International Journal of Architectural Computing*. Jest to najbardziej prestiżowe na świecie czasopismo poświęcone projektowaniu architektonicznemu wspomaganemu komputerowo i opublikowanie w nim wyników badań samo w sobie świadczy o ich wysokiej jakości.

W eksperymencie wykorzystano sieć typu CNN. Eksperyment został przeprowadzony z odpowiednią starannością, a jego trzy scenariusze są opisane wystarczająco szczegółowo. Eksperyment pokazał wysoką skuteczność sieci (95,1 - 97,9%) w prostych decyzjach kompozycyjnych i równocześnie spadek skuteczności wraz ze wzrostem złożoności problemu. Doktorant spekulatywnie rozważa przyczyny. Bez wątplenia problem ten wymaga dużo głębszych badań, co jednak przekracza ramy rozprawy doktorskiej. Można zaakceptować

stwierdzenie Doktoranta, że rezultaty eksperymentu wstępnego potwierdzają, że „... nawet niewielka sieć neuronowa, wytrenowana na bardzo ograniczonych, dwuwymiarowych kontekstach przestrzennych potrafiła odczytywać i wykorzystywać pewne urbanistyczne zasady kompozycyjne”. (str. 141)

Opierając się na wynikach eksperymentu wstępnego Doktorant przeprowadził eksperyment główny, w którym analizowane były realne konteksty przestrzenne w rzeczywistych miastach. Ważnym zastrzeżeniem jest, że głównym celem jest „... zademonstrowanie w praktyce koncepcji projektowania hiperparametrycznego, będącego ewolucją projektowania parametrycznego”. (str. 142) Doktorant doprecyzowuje założenia architektury hiperparametrycznej: Abstrakcja, Kooperacja, Dedukcja plus Indukcja, Automatyzacja.

Metodyka eksperymentu obejmuje sześć kroków i jest przedstawiona szczegółowo. Opis każdego etapu pozwala na bardzo pozytywną ocenę pracy Doktoranta i świadczy o jego zdolności do podejmowania i prowadzenia trudnych interdyscyplinarnych badań.

W przypadku tak skomplikowanych problemów nie można nie zwrócić uwagi na pewne obszary problematyczne. Określając zakres pola percepcji Doktorant dość arbitralnie przyjął kwadrat o boku 1 kilometra. Uzasadnia to wypowiedziami J. Gehla i Ch. Alexandra. Obecnie rozważania Alexandra wydają się nieco odbiegać od rzeczywistej sytuacji społecznej. W 1977 roku nie było mediów społecznościowych i bez wątplenia podawana przez Alexandra graniczna liczba społeczności mogła wynosić 7000. Należało by może sięgnąć do nowszych badań socjologicznych.

Kolejnym problemem jest arbitralny wybór przykładów treningowych i testowych. Zabrakło w rozprawie chociażby skrótowego uzasadnienia dokonanych wyborów. Załączona na stronie 150 lista wymaga pewnego ustrukturyzowania.

Niedostatek przykładów treningowych Doktorant próbował zniwelować opracowując algorytm parametryczny tworzący symulacje tkanki miejskiej. Algorytm ten nie został jednak wykorzystany, a powody takiej decyzji nie są jasno wyartykułowane.

Procedura testowa została przedstawiona na stronach 159 – 160. Doktorant wskazuje na znaczne problemy w ewaluacji ilościowej wytrenowanej sieci neuronowej. Zdeteminowało to decyzję o nie uwzględnianiu alternatywnych kompozycji. Doktorant właściwie przyjął jako główne kryterium wygenerowanie przynajmniej jednego punktu głównego. W przypadku oceny jakościowej zastosowano metodę ekspercką. Wyniki przedstawiono w załączniku piątym.

Prezentując wyniki ilościowe, doktorant stwierdza, że ogólna skuteczność sieci w rozpoznawaniu punktów głównych kompozycji przestrzennej wyniosła 56,4%. (str. 164) Doktorant podjął również próbę przetwarzania większych obszarów na przykładzie fragmentu zabudowy Warszawy o powierzchni 25 km². Uzyskany wynik jest interesujący (skuteczność 67,2%). Nie znajdujemy wyjaśnienia powodu prawie dziesięcioprocentowej różnicy w stosunku do zbioru testowego. Doktorant ogranicza się jedynie do stwierdzenia faktu.

Podsumowując eksperyment główny Doktorant bardzo optymistycznie ocenia możliwości prototypu. Nie umniejsza to w żadnym stopniu wartości badań, jako że narzędzie bardzo dobrze wpisuje się w paradygmat projektowania hiperparametrycznego. Tym bardziej, że Doktorant widzi też wady prototypu. W tym kontekście stwierdzenie, że opracowany algorytm może służyć jako inspiracja do działań twórczych jest jak najbardziej właściwe. Chociaż recenzent nie może zgodzić się z negatywną interpretacją stwierdzenia, że: „...w obecnej wersji opracowany prototyp ma pewne wady, a jego obsługa wymaga krytycznego myślenia”. (str. 172) Konieczność krytycznego myślenia zawsze jest zaletą, a nie wadą.

Recenzent, przychylił się do stwierdzenia, że większość problemów prezentowanego narzędzia wynika z ograniczeń technicznych. Tym bardziej należy wysoko ocenić trud Doktoranta i zgodzić się z tezą, że „... osiągnięte rezultaty są obiecujące i stanowią zachętę do prowadzenia dalszych prac rozwojowych”. (str. 173)

Doktorant zwraca uwagę na burzliwy rozwój głębokiego uczenia maszynowego. Pisze również o „... **automatyzacji** (podkreślenie recenzenta) coraz bardziej złożonych procesów, które do tej pory uważane były za *stricte* ludzką domenę”. (str. 175) Recenzent sceptycznie odnosi się do tego stwierdzenia, uważając że mamy do czynienia raczej z redefinicją pojęcia automatyzacji. Według recenzenta szczególnie cenną uwagą Doktoranta jest stwierdzenie zamieszczone w opisie do ilustracji ukazującej różnicę między projektowaniem parametrycznym a hiperparametrycznym (rys. 77): „Projektowanie hiperparametryczne charakteryzuje się wyższym poziomem abstrakcji. Architekt zainspirowany kontekstem definiuje hiperparametry modelu (...) Końcowe parametry definiowane są przez sieć neuronową na etapie inferencji. **Wyniki inferencji mogą służyć architektowi jako inspiracja w przyszłych iteracjach** (podkreślenie recenzenta).” (str. 176)

Uwagi dotyczące materiału ilustracyjnego.

Rozprawa zawiera 79 rysunków, z czego 42 są to opracowania autorskie. O ile nie można mieć zastrzeżeń co do szczegółowości podpisów pod rycinami, to niestety w wielu przypadkach ilustracje są nieczytelne, najczęściej z powodu ich zbyt małego rozmiaru. Przykładem może być ilustracja nr 1 na stronie 27. Zastrzeżenia można mieć również do rozmiaru map zamieszczonych w dysertacji.

Ewidentnie brakuje bardziej architektoniczno-urbanistycznej (graficznej) prezentacji uzyskanych rezultatów. Prezentacja jedynie w formie tabel jest niewystarczająca.

Uwaga

Pewnym niedostatkim pracy jest brak rysu historycznego, który pokazałby, chociażby w bardzo skondensowanej formie, rozwój architektury komputacyjnej, a w szczególności projektowania parametrycznego i uczenia maszynowego. Bez wątpliwości jakość rozprawy podniosłoby również przytoczenie głosów krytycznych, jak chociażby opinii H.U. Dreyfusa.

Stwierdzić jednak należy, że wielość i różnorodność zaprezentowanego materiału odnoszącego się do stanu wiedzy, czy to w zakresie głębokiego uczenia maszynowego, czy też kompozycji urbanistycznej jest tak obszerna, że odniesienie się do każdego poruszonego aspektu daleko wybiega poza ramy recenzji. Wspomniane w recenzji potknięcia, zastrzeżenia co do struktury, tak całej rozprawy jak i poszczególnych części w żadnym stopniu nie wpływają na jej pozytywną ocenę.

Podsumowanie

Niewątpliwą zaletą pracy jest rozpoznanie trendów rozwoju projektowania hiperparametrycznego.

Na uwagę zasługuje fakt, że Doktorant nie tylko teoretycznie rozważa problemy sieci neuronowych, ale również wdraża w praktyce generatywne możliwości sieci neuronowych. Przykładem może być udział w zastosowaniu algorytmu do bezszwowego uzupełniania brakujących fragmentów obrazów w projekcie plomby architektonicznej.

Podsumowując należy stwierdzić, że przedmiot i zakres pracy oraz pytania badawcze zostały sformułowane właściwie i praca uzupełni istotną lukę w polskich opracowaniach odnoszących się do nowych trendów projektowania urbanistycznego. Pracę należy uznać za

bardzo wartościową, ukazującą perspektywę dalszego rozwoju metod projektowania. Przyjęta metoda badań pozwoliła na zebranie szerokiej informacji dotyczącej analizowanego problemu. Całość wyводу wzajemnie się uzupełnia, tworząc spójną logiczną całość.

Praca pogłębia wiedzę o metodach projektowania i jej wyniki powinny znaleźć zastosowanie w dydaktyce na wydziałach architektury.

Reasumując stwierdzam, że praca doktorska będąca przedmiotem recenzji spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone 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 mgr. inż. arch. Tomasza Dzieduszyńskiego do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.



dr hab. inż. arch. Aleksander Asanowicz