

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Autor rozprawy: mgr inż. Khansa Gulshad

Tytuł rozprawy: „Od dynamiki powodzi do rozwiązań opartych na naturze: geoprzestrzenne ramy sztucznej inteligencji dla odporności miast” („From Flood Dynamics to Nature-Based Solutions: A Geospatial AI Framework for Urban Resilience”)

Rozprawa opracowana w Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej pod kierunkiem promotora prof. dr hab. inż. Michała Szydlowskiego

1. Wprowadzenie

Niniejszą recenzję opracowałem w związku z uchwałą nr 47/2026 z dnia 8 lipca 2026 roku Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Gdańskiej o wyznaczeniu mnie na recenzenta w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport wszczętego na wniosek mgr inż. Khansy Gulshad ze Szkoły Doktorskiej na Politechnice Gdańskiej. Postępowanie w sprawie nadania stopnia naukowego doktora prowadzone jest w oparciu o uregulowanie prawne zawarte w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. poz. 1668 z późn. zm.). Art. 187 wspomnianej ustawy określa wymagania jakie powinna spełniać rozprawa doktorska:

- ***rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej,***
- ***przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne.***

Wobec powyższego, opracowana przeze mnie recenzja zawiera analizę rozprawy pod kątem oryginalności problemu naukowego stanowiącego przedmiot rozprawy wraz z oceną udziału Doktorantki w jego rozwiązaniu a także ustalenie tych elementów rozprawy, które potwierdzają wiedzę teoretyczną i umiejętności wymagane wymienioną wyżej ustawą.



2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa łączy zagadnienia zagrożenia powodziowego, i planowania na rzecz ograniczania zagrożenia i ryzyka powodziowego w oparciu o działania oparte na naturze (NBS). Rozprawa dotyczy obszarów zurbanizowanych a analizy przeprowadzono na przykładzie Gdańska, który z uwagi na swoje położenie geograficzne, morfologię obszaru i przebieg sieci hydrograficznej jest szczególnie narażony na skutki powodzi opadowych, o czym świadczy historia powodzi w tym mieście. Intensywność tych zjawisk jest związana ze zmianą klimatu, w wyniku której wzrasta liczba przypadków występowania gwałtownych opadów.

Wykorzystany przez Doktorantkę warsztat narzędzi obejmuje modelowanie hydrologiczne HEC-HMS, system GIS, teledetekcję, narzędzia ekonometrii i uczenie maszynowe AI (Geo AI). Uczenie maszynowe i jego narzędzia były kluczowe dla analiz zdjęć satelitarnych w celu wyznaczenia determinant podatności powodziowej, do których po klasyfikacji zaliczono kolektory wód opadowych, wysokość i temperaturę powierzchni terenu oraz znormalizowany różnicowy wskaźnik wegetacji określający ilość i stan roślinności w badanym obszarze.

Metodycznym wynikiem rozprawy jest zbudowanie zintegrowanego narzędzia/modelu wykorzystującego wyżej określony warsztat, którego zadaniem jest wspieranie podejmowanie decyzji w zakresie realizacji rozwiązań opartych na naturze (NBS) dla ograniczania podatności powodziowej.

Ilościowym wynikiem przeprowadzonych w rozprawie analiz jest określenie powierzchni dachów odpowiednich dla wprowadzenia roślinności oraz liczby drzew możliwych do nasadzenia i określenie wpływu tych działań na ograniczenie całkowitego odpływu powierzchniowego.

Rozprawa liczy 194 strony, składa się na nią 9 rozdziałów wraz z załącznikami. Rozdział 1 zawiera wprowadzenie do tematyki rozprawy. Rozdział 2 zawiera przegląd literatury na temat dynamiki powodzi miejskich, rozwiązań opartych na naturze oraz rosnącej roli GeoAI w planowaniu przestrzeni miejskich. Rozdział 3 charakteryzuje obszar badań dla którego wdrożono i przetestowano opracowane rozwiązania oraz charakteryzuje wykorzystane w rozprawie dane. Rozdział 4 przedstawia ilościowo, w jaki sposób użytkowanie/pokrycie terenu i zmiany klimatu wpłynęły na reakcję hydrologiczną w skali zlewni. Rozdział 5 przedstawia mapy podatności na powódzie z wykorzystaniem interpretowalnego uczenia maszynowego. Rozdział 6 diagnozuje rozkład przestrzenny i czynniki determinujące nierówności w dostępie do zielonej infrastruktury. Rozdział 7 przedstawia oparte na GeoAI ramy oceny przydatności rozwiązań opartych na naturze i wydajności systemów odprowadzania wód opadowych. Rozdział 8 przedstawia ustalenia dotyczące wszystkich składowych opracowanego zintegrowanego narzędzia i przedstawia podstawowe wnioski metodologiczne oraz wnioski dotyczące przyszłej polityki w zakresie tematyki badań przeprowadzonych przez Doktorantkę. Rozdział 9 podsumowuje rozprawę i nakreśla kierunki przyszłych badań. Bibliografia wykorzystana w rozprawie liczy 288 pozycji.



3. Merytoryczna ocena rozprawy

3.1. Zasadność wyboru tematu rozprawy

Wybór tematu rozprawy uważam za aktualny i wartościowy w kontekście wyzwań jakie stoją przed zarządzającymi obszarami zurbanizowanymi w związku zagrożeniem powodziowym wynikającym z wzrastającej liczby gwałtownych zjawisk opadowych. Niezbędne jest poszukiwanie nowych rozwiązań analitycznych wspierających projektowanie i wdrażanie rozwiązań ograniczających podatność na zjawiska powodziowe w nadmorskich obszarach zurbanizowanych, w sytuacji ograniczonego dostępu do danych umożliwiających modelowanie. Ponadto, możliwości rozwiązań technicznych w miastach położonych na wybrzeżu i charakteryzujących się niekorzystnym ukształtowaniem terenu wyczerpują się i wzrasta znaczenie rozwiązań opartych na naturze (NBS), o których traktuje rozprawa. Doktorantka do wykorzystania w planowaniu miejskiej infrastruktury przestrzennej proponuje integrację technologii przetwarzania obrazów, przewidywanie oparte na sztucznej inteligencji i optymalizację geoprzestrzenną.

3.2. Ocena tezy rozprawy i jej celu

Doktorantka w rozprawie przedstawia tezę, że obecnie nie istnieje żaden jednolity model łączący dynamikę użytkowania gruntów i zmiany hydrologiczne, mapowanie prawdopodobieństwa powodzi, nierówności w zakresie zielonej infrastruktury oraz wdrożenie NBS. Brak takiego modelu w środowiskach miejskich na wybrzeżu jest szczególnie dotkliwy.

W badaniach Doktorantki podsumowanych w rozprawie, celem jest właśnie opracowanie takiego zintegrowanego narzędzia/modelu, łączącego analizę użytkowania/pokrycia terenu, modelowanie hydrologiczne, uczenie maszynowe, przestrzenną analizę ekonometryczną oraz planowanie NBS oparte na sztucznej inteligencji. Dzięki temu powstaje sekwencyjnie spójny model GeoAI. Opracowany model został wdrożony i zweryfikowany na przykładzie Gdańska.

Uważam, że zarówno teza rozprawy jak i jej cel zostały sformułowane poprawnie. Według mnie teza mogłaby być bardziej wyeksponowana, w rozprawie Doktorantka przedstawia ją w Rozdziale 1 (*Wprowadzenie*) i na zakończenie Rozdziału 2 (2.5. *Synteza: zintegrowana luka badawcza, którą podejmuje niniejsza rozprawa*).

3.3. Zastosowana metodyka badawcza

Metodyka badawcza wykorzystana przez Doktorantkę obejmuje szeroki zakres danych i narzędzi.

Wykorzystano następujące grupy danych:

- Teledetekcję i obrazy z obserwacji Ziemi
- Ukształtowanie terenu, gleby i warunków hydrologicznych
- Środowisko i istniejąca infrastruktura zagospodarowania powierzchni terenu
- Czynniki społeczno-demograficzne
- Presje środowiskowe
- Dane dotyczące klimatu, hydrologii i zagrożeń

Wykorzystano następujące narzędzia:

- Klasyfikację map pokrycia i użytkowania terenu dla wybranych lat przeprowadzono z wykorzystaniem platformy Google Earth Engine. *Do prognozowania przyszłych zmian pokrycia i użytkowania terenu na lata 2050 i 2100 zastosowano model LCM (Land Change Modeler) wykorzystujący potencjał zmian analizowany na podstawie algorytmów AI dla prognozowania przyszłych zmian.*
- Metodę NRCS-CN -wskaźnik retencji potencjalnej w celu oceny wpływu zmian pokrycia i użytkowania terenu na warunki hydrologiczne obszaru Gdańska.
- Program ArcMap 10.7, przy użyciu narzędzia HEC-GeoHMS oraz map glebowych oraz map pokrycia i użytkowania terenu jako danych wejściowych dla wygenerowania dla każdego roku rastrowej mapy wartości CN.
- Model HEC-HMS w celu symulacji historycznej i przyszłej reakcji hydrologicznej zlewni.
- Trzy metody symulacji. *Pierwsza metoda polegała na podziale okresu analizy na cztery okresy: 1974–2000 (poziom bazowy), 2000–2005 (umiarkowany rozwój), 2005–2022 (działalność człowieka) i 2022–2100 (zmiana klimatu). Mapy pokrycia i użytkowania terenu wykorzystano do zobrazowania ewolucji zmian w tym zakresie. Symulacje HEC-HMS przeprowadzono z wykorzystaniem odpowiedniej mapy użytkowania gruntów oraz danych pogodowych, ze stałym NMT i danymi glebowymi. Druga metoda „fix-changing” została wykorzystana do oceny wpływu pokrycia i użytkowania terenu na spływ powierzchniowy. W tym celu wykorzystano dane o opadach z okresu bazowego oraz mapy, ze stałymi danymi DEM i danymi glebowymi. Trzecia metoda łączy drugą metodę z oceną wpływu zmiany klimatu.*
- Mapowanie podatności powodziowej w celu inwentaryzacji powodzi. *Zgromadzono dane dotyczące czynników powodujących powódzie, przetworzono dane w programie Python, dokonano analizy korelacji i wyboru cech; przeprowadzono trening i predykcję modelu i dokonano jego walidacji i w ostatniej fazie tej części metodyki wygenerowano mapy podatności na powódzie.*
- Wielowskaźnikowy model, który integruje ograniczenia biofizyczne, charakterystykę zagospodarowania przestrzennego, czynniki społeczno-demograficzne i presje środowiskowe dla oceny rozkładu przestrzennego i uwarunkowań istniejącej zielonej infrastruktury w Gdańsku (w rozdzielczości

siatki 1km²). Modele opóźnień przestrzennych i błędów przestrzennych zastosowano w celu określenia, które czynniki strukturalne najsilniej prognozują obecność i gęstość zielonej infrastruktury, a dwuwymiarowa analiza przestrzenna została wykorzystana do wykrycia komórek siatki, w których współwystępuje wysoka podatność na powodzie i niski zasięg zielonej infrastruktury

- Ocenę potencjalnych zielonych dachów dla określenia ram GeoAI i zastosowania rozwiązań opartych na naturze oraz analiz wód opadowych. Dane budynków zostały przeanalizowane w celu zidentyfikowania dachów nadających się do instalacji zielonych dachów w różnych scenariuszach. W tym celu przyjęto metodę retencji spływu z modelu Resilience network of Smart Innovative cLIimate-adaptative RoOftops (RESILIO). Dokonano oceny zieleni na poziomie ulicy, dla analizy obrazów ulic wykorzystano głębokie uczenie, umożliwiając klasyfikację ulic według poziomu zieleni. Przeprowadzono modelowanie predykcyjne drzew ulicznych. Opracowany model uczenia maszynowego, w połączeniu z hipotetycznymi scenariuszami zazieleniania i ograniczeniami fizycznymi został wykorzystany do oszacowania potencjalnych nasadzeń drzew. Dokonano również oszacowania retencji i przechwytywania spływu, przeprowadzając analizę hydrologiczną w celu ilościowego określenia potencjalnej redukcji spływu wód opadowych z zielonych dachów i drzew ulicznych w różnych scenariuszach. Ramy GeoAI zaprojektowano tak, aby można je było zastosować również w innych miastach.

Zaprojektowany model świadczy o wiedzy Doktorantki z zakresu informatyki, hydrologii, geografii, budownictwa, geodezji, geomorfologii, ochrony środowiska i urbanistyki. Doktorantka w rozprawie umiejętnie i samodzielnie łączy techniki i narzędzia, które pozwalają na rozwiązanie zadania, które przed sobą postawiła.

3.4. Oryginalność naukowa rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska dokumentuje wiedzę teoretyczną Kandydatki w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport i dowodzi umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych. W dotychczasowych badaniach zagrożenia powodziowego wykorzystujących GeoAI nie analizowano miasta nadmorskiego, co w rozprawie podkreśla Doktorantka. Połączono w niej analizę użytkowania terenu opartą na teledetekcji, analizę obrazów, urbanistykę, zagadnienia budownictwa ogólnego, modelowanie hydrologiczne oraz mapowanie ryzyka z wykorzystaniem modelu uczenia maszynowego. Rozprawa łączy poszczególne etapy analizy w spójną metodykę analizy geoprzestrzennej.

Uważam rozprawę za oryginalne opracowanie naukowe ale również rozwiązanie praktyczne, którego podsumowanie zawarto w rozdziale 8 rozprawy. Zawarto w nim rekomendacje dla Gdańska w zakresie polityki dotyczącej zagospodarowania przestrzennego i wprowadzania zielonej infrastruktury. Ramy polityki przedstawiono w oparciu o trzy uzupełniające się instrumenty.

Składają się na nie:



- ustalenia analityczne i konkretne zalecenia w zakresie polityki planowania przestrzennego, uporządkowane według dziedzin planowania
- zalecenia w postaci etapowego planu wdrażania, powiązanego z priorytetowymi strefami przestrzennymi
- identyfikacja głównych konfliktów przestrzennych wymagających rozwiązania przed rozpoczęciem wdrażania.

4. Uwagi dyskusyjne

Uwagi przedstawione poniżej nie umniejszają wartości rozprawy i zwracam się z prośbą do Doktorantki o ustosunkowanie się do nich podczas publicznej obrony.

- 4.1. W rozprawie są powtórzenia, dotyczą one w szczególności ram opracowanego modelu (GeoAI). Wynika to według mnie z układu rozprawy, każdy rozdział ma swoje podsumowanie a rozdział 9 podsumowuje całość pracy.
- 4.2. Doktorantka odnosi się do polityki w zakresie zagospodarowania przestrzennego Gdańska w czasach po zmianach polityczno-gospodarczych w 1989 roku. Wydaje się jednak, że w przypadku każdej aglomeracji należy dokonać przynajmniej krótkiego podsumowania rozwoju historycznej zabudowy i przebiegu sieci hydrograficznej sięgającego w bardziej odległą historię. Przykładem może być Kraków, w którym istotnymi hydrograficznymi zdarzeniami były między innymi likwidacja Starej Wisły (koniec XIX wieku) i przełożenie koryta i ujścia Rudawy (początek XX wieku).
- 4.3. Doktorantka przywołuje w rozprawie stwierdzenie: „Zróżnicowanie takich czynników jak nachylenie terenu, wysokość nad poziom morza, opady, gęstość zaludnienia oraz dochody wpływa zarówno na wykonalność, jak i dostępność zielonej infrastruktury na obszarach miejskich”. (Liu et al., 2023a; Pallathadka et al., 2022a; Xu et al., 2019a; Yang et al., 2020a). Zdecydowanie lepiej byłoby najpierw wyróżnić wśród tych czynników czynniki naturalne a później pozostałe.
- 4.4. Czy teza rozprawy nie powinna być bardziej wyeksponowana na zakończenie rozdziału 2 ?
- 4.5. W rozdziale 8 zamieszczono bardzo dobry schemat (Rys. 8.1), który przedstawia ramy konceptualne dla opracowanego modelu. Czy schemat ten nie powinien znaleźć się na początku rozprawy w rozdziale 2?

5. Wniosek końcowy

Po dokonanej recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Khansy Gulshad pt. „Od dynamiki powodzi do rozwiązań opartych na naturze: geoprzestrzenne ramy sztucznej inteligencji dla odporności miast” stwierdzam, że przedstawia ona oryginalne omówienie i rozwiązanie problemu naukowego mieszczącego się w obszarze dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport. Omawiany i rozwiązywany w rozprawie problem posiada istotne znaczenie poznawcze i jednocześnie użyteczny charakter.

Doktorantka prowadząc badania udokumentowane w rozprawie wykazała się szeroką wiedzą w zakresie tematyki rozprawy doktorskiej i rozwiązała postawiony problem naukowy w oryginalny sposób, wykazując się przy tym umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy badawczej.

Na tej podstawie stwierdzam, że zostały spełnione wymagania formalne stawiane rozprawom doktorskim w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. poz. 1668 z późn. zm.).

Wnoszę do Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Gdańskiej o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie mgr inż. Khansy Gulshad do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Kosciół 25.09.2026 Tomasz Wójcik