Dr hab. inż. Andrzej Szymon Borkowski
Politechnika Warszawska
Wydział Geodezji i Kartografii
Plac Politechniki 1, 00-661 Warszawa
e-mail: andrzej.borkowski@pw.edu.pl

Warszawa, 1.06.2026 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Klaudii Maciąg

pt. „Ocena zasadności i możliwości wprowadzenia katastru trójwymiarowego w Polsce w kontekście aktualnych potrzeb i ograniczeń"

przygotowanej pod kierunkiem dra hab. inż. Przemysława Lenia, prof. uczelni

1. Podstawa formalno-prawna recenzji

Podstawę formalno-prawną niniejszej recenzji stanowi *uchwała Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Rzeszowskiej z dnia 22 kwietnia 2026 r.* Oceniana praca stanowi rozprawę doktorską w rozumieniu art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.), zwanej dalej „Ustawą". Korespondencja w tej sprawie, obejmująca m.in.: rozprawę doktorską, wpłynęła w komplecie dnia 12 maja 2026 r.

Oceniana praca stanowi rozprawę doktorską w rozumieniu art. 187 Ustawy. Niniejsza recenzja obejmuje ocenę spełnienia warunków określonych w tym przepisie. Ocenie podlega prezentacja ogólnej wiedzy teoretycznej Doktorantki w dyscyplinie naukowej, umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz oryginalność rozwiązania podjętego problemu naukowego.

2. Formalna charakterystyka pracy

Rozprawa doktorska mgr inż. Klaudii Maciąg, zwanej dalej „Doktorantką", pt. „Ocena zasadności i możliwości wprowadzenia katastru trójwymiarowego w Polsce w kontekście aktualnych potrzeb i ograniczeń", została przygotowana pod kierunkiem dra hab. inż. Przemysława Lenia, prof. uczelni. Praca stanowi monografię naukową w rozumieniu art. 187 ust. 3 Ustawy.

Dysertacja liczy łącznie 237 stron. Część merytoryczna obejmuje 198 stron tekstu zwartego i składa się z ośmiu rozdziałów. Pierwsze cztery rozdziały tworzą część teoretyczną. Przedstawiono w nich genezę i współczesny stan ewidencji gruntów i budynków w Polsce, światowe wizje rozwoju katastru oraz przegląd dotychczasowych wdrożeń katastru 3D w wybranych krajach. Rozdziały piąty, szósty i siódmy stanowią część badawczą. Rozdział ósmy zawiera podsumowanie pracy oraz wnioski końcowe. Po części merytorycznej zamieszczono bibliografię, wykaz aktów prawnych i norm, wykaz źródeł internetowych, spis tabel i spis rysunków. Pracę zamyka załącznik dokumentujący szczegółowo przeprowadzone badanie ankietowe.

Praca została sporządzona w języku polskim. Zawiera streszczenia w językach polskim i angielskim oraz słowa kluczowe w obu wersjach językowych. W treści dysertacji zamieszczono 34 tabele oraz 69 rysunków. Bibliografia obejmuje łącznie 187 pozycji. Składają się na nią 153 publikacje naukowe, 13 aktów prawnych i norm oraz 21 odwołań do źródeł internetowych. Doktorantka wykorzystała prace badaczy krajowych i zagranicznych. Uwzględniono zarówno pozycje klasyczne, jak i opracowania opublikowane w latach 2024 oraz 2025, co świadczy o aktualności wykorzystanego piśmiennictwa.

Z uwagi na monograficzny charakter pracy ocena indywidualnego wkładu Doktorantki, o której mowa w art. 190 ust. 5 Ustawy, nie wymaga odrębnego komentarza.

3. Ocena podjętego problemu badawczego oraz stopnia jego realizacji

Doktorantka podjęła wieloaspektowe zagadnienie oceny zasadności i możliwości wprowadzenia katastru trójwymiarowego w Polsce. Problem badawczy został przez Autorkę sformułowany w postaci pytania o istnienie potrzeby wprowadzenia katastru 3D w poszczególnych jednostkach administracyjnych kraju oraz o aktualną możliwość jego wdrożenia. Tematyka katastru trójwymiarowego jest przedmiotem licznych badań prowadzonych na forum międzynarodowym od 2001 roku, kiedy w Delft odbyły się pierwsze warsztaty poświęcone temu zagadnieniu. W ostatnich dwóch dekadach kataster 3D został wdrożony w wielu państwach. W Polsce zagadnienie to pozostaje nadal w fazie koncepcyjnej. Podejmowane dotychczas studia krajowe miały charakter cząstkowy i koncentrowały się na pojedynczych przypadkach lub propozycjach modeli teoretycznych.

Luka badawcza została zidentyfikowana w sposób trafny. Autorka zwróciła uwagę na brak udokumentowanych, wielkoobszarowych badań nad zróżnicowaną regionalnie zasadnością wprowadzenia katastru trójwymiarowego w Polsce oraz nad wieloaspektową

oceną możliwości realizacji takiego przedsięwzięcia. Ta obserwacja stanowi spójną motywację dla podjętych badań i znajduje potwierdzenie w analizie literatury przedmiotu zawartej w rozdziałach od 2 do 4 dysertacji.

Tematyka pracy jest aktualna i znacząca dla dyscypliny naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport. Wpisuje się w światowe trendy rozwoju systemów katastralnych wyznaczone przez wizje Katastru 2014 i Katastru 2034, normę ISO 19152 oraz prace Międzynarodowej Federacji Geodetów. Ma również wymiar praktyczny dla krajowej administracji geodezyjnej i kartograficznej. Tytuł rozprawy odpowiada jej zawartości.

Podjęty problem został rozwiązany w sposób kompletny. Autorka zrealizowała trzy komplementarne ścieżki badawcze. Pierwszą stanowi szeroki i inkluzywny przegląd literatury krajowej i światowej, obejmujący 153 pozycje naukowe oraz krajowe regulacje prawne. Drugą jest sondaż diagnostyczny przeprowadzony wśród 135 ekspertów z całego kraju, dostarczający empirycznej wiedzy o aktualnym stanie powiatowych zasobów geodezyjnych i kartograficznych. Trzecią jest opracowanie autorskiego narzędzia informatycznego oraz przeprowadzenie studium przypadku obejmującego osiem jednostek terytorialnych. Tak zaprojektowana procedura badawcza pozwoliła na wieloaspektowe rozważenie postawionego problemu.

Należy podkreślić, że Autorka nie ograniczyła się do oceny celowości wdrożenia katastru 3D. Podjęła także trudniejsze i rzadziej eksplorowane w literaturze krajowej zagadnienie gotowości powiatowych zasobów geodezyjnych i kartograficznych do takiej zmiany, co stanowi istotną wartość dodaną pracy.

Praca zawiera oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w rozumieniu art. 187 ust. 2 Ustawy. Oryginalność polega w szczególności na opracowaniu autorskiego algorytmu identyfikacji obszarów wskazujących na zasadność wprowadzenia katastru trójwymiarowego, jego implementacji w postaci wtyczki TARP do otwartego oprogramowania QGIS oraz na zastosowaniu narzędzia w konkretnym studium przypadku obejmującym osiem zróżnicowanych jednostek terytorialnych. Rozwiązanie to wypełnia wskazaną lukę i nie znajduje bezpośredniego odpowiednika w dotychczasowych krajowych pracach z tego obszaru.

4. Ocena przyjętych założeń, hipotez i celów badawczych

Autorka sformułowała cel główny pracy jako ocenę celowości i możliwości wdrożenia katastru trójwymiarowego w Polsce. Cel ten został rozwinięty w trzy cele szczegółowe.

Pierwszym jest ocena potrzeb w zakresie wprowadzenia katastru 3D w Polsce. Drugim jest zbadanie opinii ekspertów na temat zasadności i możliwości wprowadzenia katastru trójwymiarowego oraz potencjalnych ograniczeń technicznych i prawnych. Trzecim jest opracowanie narzędzia umożliwiającego określanie zasadności wprowadzenia katastru 3D wraz z typowaniem obszarów priorytetowych.

Cele zostały sformułowane klarownie. Tworzą spójną hierarchię, w której cel główny jest dekomponowany na zadania cząstkowe. Każdy z celów szczegółowych odpowiada wyodrębnionej części pracy. Cel pierwszy znajduje odzwierciedlenie głównie w rozdziałach od 2 do 4. Cel drugi jest realizowany w rozdziale 5. Cel trzeci zostaje osiągnięty w rozdziale 6, a jego empiryczna weryfikacja następuje w rozdziale 7. Taki układ zapewnia czytelność wywodu i pozwala czytelnikowi prześledzić drogę od postawionego problemu do uzyskanych wyników.

Jako merytoryczną podstawę pracy Autorka przyjęła trzy tezy badawcze. Pierwsza zakłada, że brak rozwiązań umożliwiających prawidłową i przejrzystą dokumentację własności w ujęciu wielopoziomowym wskazuje na zasadność wprowadzenia katastru 3D w Polsce. Druga zakłada, że możliwość implementacji trójwymiarowego systemu katastralnego w Polsce jest obecnie ograniczona ze względów prawnych i technicznych. Trzecia zakłada, że istnieje możliwość wytypowania obiektów świadczących o potrzebie wprowadzenia katastru 3D. Tezy zostały sformułowane w sposób zwięzły i precyzyjny. Ich treść jest zakorzeniona w studium literatury przedmiotu, co Autorka wyraźnie zaznaczyła. Każda z tez ma charakter weryfikowalny i została poddana sprawdzeniu w toku pracy. Teza pierwsza znajduje potwierdzenie w analizie krajowej i światowej literatury oraz w wynikach badania ankietowego. Teza druga jest weryfikowana w drodze sondażu diagnostycznego i analizy stanu prawnego. Teza trzecia ma najbardziej empiryczny charakter. Jej weryfikację stanowi zarówno opracowanie autorskiego algorytmu, jak i jego praktyczne zastosowanie w studium przypadku.

Cele i tezy pozostają we wzajemnej zgodności. Założenia metodyczne wynikają logicznie z postawionego problemu badawczego. Zakres pracy odpowiada przyjętym tezom, a środki naukowe dobrane przez Autorkę pozwalają na ich rzetelną ocenę.

5. Ocena metodyki badań

Doktorantka zastosowała trzyfilarową strategię badawczą, łączącą metody jakościowe, ilościowe oraz inżynierskie. Pierwszy filar stanowi pogłębione studium literatury krajowej i światowej. Drugim jest sondaż diagnostyczny przeprowadzony wśród ekspertów. Trzecim jest opracowanie autorskiego narzędzia informatycznego oraz jego zastosowanie w studium

przypadku. Tak skonstruowany aparat metodyczny jest właściwie dobrany do postawionego problemu badawczego.

Pierwszy filar oparto na analizie dorobku naukowego z obszaru rozwoju katastru nieruchomości. Autorka uwzględniła zarówno klasyczne pozycje, jak i bieżące prace polskich i zagranicznych badaczy nad systemami trójwymiarowymi. Studium literatury obejmuje także analizę krajowych regulacji prawnych oraz norm międzynarodowych, w tym serii ISO 19152 z 2024 roku. Zakres przeglądu należy ocenić jako szeroki i kompletny.

Drugi filar oparto na sondażu diagnostycznym przeprowadzonym za pomocą elektronicznego formularza Microsoft Forms. Kwestionariusz zawierał 28 pytań trzech typów, w tym pytania zamknięte na pięciostopniowej skali Likerta, pytania półotwarte oraz pytania otwarte. Ankietę udostępniono około 900 osobom dobranym częściowo celowo, częściowo losowo. Doborowi celowemu poddano osoby pełniące kluczowe funkcje w administracji geodezyjnej, w tym geodetów województw, wojewódzkich inspektorów nadzoru geodezyjnego i kartograficznego, geodetów powiatowych oraz kierowników ośrodków dokumentacji. Dobór losowy objął przedstawicieli innych instytucji administracji, jednostek naukowych oraz prywatnych przedsiębiorstw geodezyjnych. Uzyskano 135 wypełnionych ankiet, co odpowiada zwrotności na poziomie 15%. Próba ta jest reprezentatywna pod względem geograficznym, ponieważ objęła wszystkie województwa.

Wyniki badania ankietowego zostały poddane analizie statystycznej w sposób poprawny metodycznie. Odpowiedzi z pytań Likerta przekonwertowano na zmienne porządkowe w skali od 1 do 5. Z uwagi na liczebność próby przekraczającą 50 respondentów Autorka zastosowała test Kołmogorowa-Smirnowa do oceny normalności rozkładów. Po stwierdzeniu braku zgodności rozkładów z rozkładem normalnym oraz uwzględniając porządkowy charakter zmiennych, obliczono macierz współczynników korelacji rang Spearmana wraz z oceną istotności statystycznej. Dobór testów jest zgodny z zasadami statystyki nieparametrycznej i odpowiedni dla typu danych. Świadczy to o opanowaniu warsztatu statystycznego.

Trzeci filar stanowi opracowanie autorskiego algorytmu identyfikacji obszarów wskazujących na zasadność wprowadzenia katastru 3D. Algorytm operuje na trzech kryteriach selekcji oznaczonych W1, W2 i W3, które dotyczą odpowiednio potencjalnej obecności wyodrębnionych lokali, możliwości wystąpienia wielopoziomowych praw rzeczowych oraz potencjalnych ograniczeń dostępności przestrzeni powyżej gruntu. Każde kryterium zostało przełożone na konkretne klasy obiektów i wartości atrybutów Bazy Danych Obiektów Topograficznych BDOT10k. Algorytm zaimplementowano w postaci wtyczki TARP do

programu QGIS w eksperymentalnej wersji 3.44.1 wykorzystującej framework Qt6. Wtyczka została napisana w języku Python z użyciem natywnych bibliotek QGIS i udostępniona publicznie w repozytorium GitHub. Otwarty charakter narzędzia oraz wykorzystanie ogólnodostępnych danych bazy BDOT10k oraz danych Krajowej Integracji Ewidencji Gruntów zapewniają możliwość przeprowadzania badań wtórnych i możliwość zastosowania algorytmu przez dowolny podmiot. Należy to ocenić jako rozwiązanie w pełni zgodne z zasadami nauki otwartej.

Studium przypadku zostało zaprojektowane w sposób przemyślany. Objęło osiem jednostek terytorialnych dobranych z uwzględnieniem zróżnicowania pod względem liczby ludności, powierzchni, wskaźnika urbanizacji oraz położenia geograficznego. Wyboru dokonano w sposób umożliwiający porównanie obszarów wysoce zurbanizowanych z obszarami o niskim udziale gruntów zabudowanych.

Należy jednak zwrócić uwagę na uproszczenia metodyczne, których Autorka nie ukrywa, lecz wyraźnie wskazuje w treści pracy. Kryteria W1 i W2 mają charakter pośredni. Jednoznaczna identyfikacja obecności wyodrębnionych lokali oraz wielopoziomowych praw rzeczowych wymagałaby analizy ksiąg wieczystych oraz ewidencji gruntów i budynków. Tych źródeł nie wykorzystano z uwagi na brak otwartego dostępu do nich. W zamian Autorka oparła detekcję na atrybutach bazy BDOT10k, co stanowi uzasadnione metodycznie uproszczenie służące prowadzeniu analizy wielkoobszarowej. Świadomość ograniczeń przyjętej metodyki oraz ich klarowne wskazanie świadczą o dojrzałości warsztatu badawczego.

Zastrzeżenie metodyczne można sformułować jedynie wobec doboru zbioru wartości słownikowych atrybutu funkcjaSzczegolowaBudynku w realizacji kryterium W1. Autorka uwzględniła siedem wartości wskazujących na potencjalną obecność lokali. Pominięto natomiast szereg innych kategorii, takich jak domy studenckie, hotele oraz internaty, które również mogą zawierać wyodrębnione lokale. Decyzja ta wynika z konserwatywnego podejścia do detekcji i została w pracy uzasadniona, jednak warto byłoby rozważyć w przyszłości rozszerzenie zbioru wartości selekcyjnych lub przeprowadzenie analizy wrażliwości algorytmu na różne warianty doboru atrybutów.

Reasumując, metodyka pracy została dobrana właściwie i zrealizowana z należytą starannością. Łączy podejście teoretyczne, empiryczne oraz inżynierskie, co umożliwiło pełne zaadresowanie postawionego problemu badawczego. Drobne uwagi wskazane powyżej nie wpływają na pozytywną ocenę warsztatu metodycznego Autorki.

6. Ocena przebiegu badań i uzyskanych rezultatów

Praca składa się z części teoretycznej i części badawczej. Część teoretyczna obejmuje rozdziały od 2 do 4. W rozdziale 2 Doktorantka przedstawiła genezę i ewolucję ewidencji gruntów i budynków na ziemiach polskich od średniowiecza do współczesności. Synteza obejmuje uwarunkowania trzech zaborów oraz katastru zamojskiego, okres dwudziestolecia międzywojennego oraz okres po roku 1945. Rozdział 3 prezentuje światowe wizje rozwoju katastru, w tym koncepcje Kataster 2014 i Kataster 2034 oraz normę ISO 19152 wraz z jej najnowszą edycją z 2024 roku. W rozdziale 4 omówiono wybrane wdrożenia katastru 3D w innych państwach oraz dotychczasowe propozycje krajowe, w tym koncepcje uznanych badaczy autorstwa Karabina, Śliwińskiego i Bydłosza. Część teoretyczna jest opracowana rzetelnie i stanowi solidny fundament dla części empirycznej.

Rozdział 5 zawiera szczegółową analizę wyników sondażu diagnostycznego. Doktorantka zinterpretowała każde z 28 pytań ankietowych, prezentując dane w postaci tabelarycznej i graficznej. Wyniki badania potwierdziły między innymi obecność licznych zastrzeżeń wobec aktualnego stanu ewidencji gruntów i budynków w Polsce, ograniczone zaufanie do możliwości budowy katastru 3D wyłącznie w oparciu o obecną postać baz EGiB, BDOT500 i GESUT oraz znaczące zróżnicowanie poparcia dla koncepcji w zależności od reprezentowanej instytucji. Cenne poznawczo jest w szczególności porównanie postaw przedstawicieli starostw powiatowych z postawami pracowników instytucji naukowych. Rozdział kończy oryginalna typologia ekspertów ze względu na podejście do koncepcji wprowadzenia katastru 3D w Polsce.

Rozdział 6 stanowi merytoryczne serce pracy. Autorka przedstawiła w nim koncepcję autorskiego algorytmu detekcji obszarów wskazujących na potrzebę wprowadzenia katastru 3D oraz jego implementację w postaci wtyczki TARP do programu QGIS. Algorytm bazuje na trzech kryteriach selekcji oznaczonych W1, W2 i W3. Każde kryterium zostało przełożone na konkretne klasy obiektów i wartości słownikowe atrybutów bazy BDOT10k. W przypadku kryterium W2 detekcja obejmuje aż 14 klas obiektów, w tym mosty, wiadukty, szyby kopalniane, jezdnie i tory kolejowe o atrybucie określającym położenie nadziemne lub podziemne. Wtyczka TARP została opracowana w języku Python z wykorzystaniem natywnych bibliotek QGIS oraz udostępniona publicznie w repozytorium GitHub. Stanowi to istotny i mierzalny rezultat pracy.

Rozdział 7 dokumentuje studium przypadku przeprowadzone na obszarze ośmiu jednostek terytorialnych. Doborem objęto trzy miasta na prawach powiatu, czyli Warszawę, Kraków i Bydgoszcz, oraz pięć powiatów, czyli wejherowski, świdnicki w województwie lubelskim, krasnostawski, lwówecki i leski. Dobór jest celowy i zapewnia zróżnicowanie pod względem stopnia urbanizacji, gęstości zaludnienia oraz położenia geograficznego.

Wyniki analizy są klarowne i wyraziste. Najwyższe wartości wskaźników kryterium W1 odnotowano dla Warszawy, gdzie 47 794 działki ewidencyjne o łącznej powierzchni około 13 772 ha spełniają to kryterium, co odpowiada 26,6% powierzchni miasta. W Krakowie udział ten wyniósł 19,4%, a w Bydgoszczy 15,9%. W przypadku powiatów wartości są o rząd wielkości niższe i wahają się od 0,5% w powiecie krasnostawskim do 1,4% w powiecie wejherowskim. Z kolei kryterium W2 ujawniło zaskakująco wysokie wartości w powiatach o niewielkim zaludnieniu. W powiecie leskim grunty spełniające kryterium W2 stanowią 4,9% powierzchni jednostki, a w powiecie lwóweckim 4,4%. Doktorantka trafnie wyjaśniła ten wynik obecnością licznych mostów na terenach o gęstej sieci wodnej oraz znaczną powierzchnią pojedynczych działek leśnych i komunikacyjnych obejmujących wytypowane obiekty.

Na tej podstawie Autorka wyodrębniła trzy grupy typologiczne jednostek administracyjnych. Pierwsza obejmuje aglomeracje miejskie z dominującym znaczeniem kryterium W1, czyli wszystkie trzy badane miasta. Druga obejmuje obszary o względnej równowadze kryteriów W1 i W2, w tym powiaty wejherowski, świdnicki i krasnostawski. Trzecia obejmuje obszary o przewadze kryterium W2, w tym powiaty lwówecki i leski. Klasyfikacja ta ma walor poznawczy oraz potencjał aplikacyjny.

Cennym rezultatem jest również sygnalizacja ograniczeń przyjętej metodyki ujawnionych w toku studium przypadku. Autorka pokazała, na przykładzie powiatu leskiego, że znaczne udziały powierzchni gruntów spełniających kryterium W2 mogą wynikać z obecności pojedynczych obiektów, takich jak most, na terenie wielkopowierzchniowych działek leśnych lub komunikacyjnych. Ta krytyczna autorefleksja jest mocną stroną pracy.

Rozdział 8 zawiera podsumowanie i wnioski. Doktorantka sformułowała dziewięć wniosków szczegółowych oraz trzy rekomendacje dotyczące dalszych kierunków badań. Wnioski mają zarówno walor naukowy, jak i aplikacyjny. Szczególnie cenne są zalecenia dotyczące ewolucyjnego, a nie rewolucyjnego, podejścia do wdrażania katastru 3D, priorytetu zapewnienia zgodności obecnych baz danych z aktualnymi standardami oraz hierarchizacji potrzeb na poziomie powiatów. Wnioski są wyważone i odzwierciedlają złożoność problemu.

Uzyskane wyniki w pełni odpowiadają na postawione hipotezy badawcze. Pierwsza teza znajduje potwierdzenie w analizie literatury oraz w wynikach sondażu. Druga teza została potwierdzona empirycznie poprzez identyfikację konkretnych ograniczeń prawnych i technicznych zgłoszonych przez ekspertów. Trzecia teza została potwierdzona w sposób mierzalny przez opracowanie i praktyczne zastosowanie wtyczki TARP. Cele główny i szczegółowe pracy zostały osiągnięte.

Wkład pracy w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport jest znaczący. W warstwie teoretycznej praca dostarcza syntezy światowych i krajowych koncepcji rozwoju katastru oraz oryginalnej typologii ekspertów. W warstwie empirycznej praca wprowadza do polskiej literatury wielkoskalowe badanie sondażowe na próbie 135 specjalistów. W warstwie inżynierskiej praca dostarcza otwartego, dokumentowanego i powtarzalnego narzędzia analitycznego. Potencjał aplikacyjny rezultatów jest wysoki. Wtyczka TARP może być wykorzystana przez organy administracji geodezyjnej i kartograficznej różnych szczebli oraz przez podmioty prywatne. Może też posłużyć do delimitacji obszarów dla potencjalnego pilotażowego wdrożenia katastru 3D.

7. Ocena strony formalnej, stylu i kompozycji pracy

Praca została napisana w bardzo dobrym języku polskim. Doktorantka posługuje się terminologią naukową w sposób precyzyjny i konsekwentny. Zachowana jest dyscyplina pojęciowa, w szczególności w odniesieniu do kluczowych terminów takich jak „kataster nieruchomości", „ewidencja gruntów i budynków" oraz „kataster trójwymiarowy". Autorka konsekwentnie odwołuje się do art. 53a ustawy Prawo geodezyjne i kartograficzne, uzasadniającego zamienne stosowanie pojęć „kataster" i „ewidencja". Świadczy to o świadomości terminologicznej i staranności warsztatowej. Tok wywodu jest klarowny. Kolejne argumenty są wprowadzane logicznie i są poprzedzane krótkim wprowadzeniem oraz podsumowywane wnioskiem cząstkowym.

Kompozycja pracy jest poprawna. Struktura ośmiu rozdziałów odzwierciedla naturalny porządek od kontekstu historycznego i prawnego, przez analizę światowych trendów, ku części empirycznej oraz wnioskom końcowym. Każdy rozdział badawczy jest poprzedzony wprowadzeniem metodycznym i zakończony podsumowaniem ustaleń. Wewnętrzna struktura rozdziałów jest spójna. Nadmierna szczegółowość niektórych podrozdziałów rozdziału 5 (na przykład pełnego cytowania licznych odpowiedzi otwartych) może być w pewnym stopniu

uzasadniona walorem dokumentacyjnym pracy, choć powoduje pewne rozproszenie głównego wątku.

Bardzo dobrze prezentuje się warstwa graficzna i tabelaryczna. Praca zawiera aż 69 rysunków oraz 34 tabele. Materiał ilustracyjny jest dobrany trafnie i zachowuje wysoką jakość techniczną. Wizualizacje wyników studium przypadku, prezentowane na rysunkach od 55 do 62, odpowiadają wysokim standardom kartograficznym. Tabele zbiorcze zawierają komplet informacji niezbędnych do interpretacji oraz są opatrzone konsekwentnym i czytelnym układem nagłówków. Każda ilustracja posiada własne źródło, co świadczy o staranności w zakresie rzetelności naukowej.

Bibliografia liczy łącznie 187 pozycji ujętych w trzech spójnych wykazach: piśmiennictwo, akty prawne i normy oraz źródła internetowe. Doktorantka korzysta z literatury aktualnej i reprezentatywnej. Cytowanie jest poprawne i konsekwentne. Aparat odniesień bibliograficznych jest jednolity w całej pracy.

Reasumując, strona formalna pracy oraz jej kompozycja zasługują na ocenę bardzo dobrą.

8. Ocena ogólnej wiedzy teoretycznej Doktoranta oraz umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Zgodnie z art. 187 ust. 1 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce rozprawa doktorska ma prezentować ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie. Oceniana praca spełnia ten warunek w pełni. Doktorantka wykazuje rozległą wiedzę teoretyczną w obszarze inżynierii lądowej, geodezji i transportu, ze szczególnym uwzględnieniem problematyki katastru nieruchomości oraz systemów informacji przestrzennej. Świadczy o tym wiele konkretnych przesłanek.

Po pierwsze, Autorka opanowała aparaturę pojęciową dyscypliny. W treści pracy posługuje się prawidłowo terminami z zakresu prawa geodezyjnego i kartograficznego, prawa rzeczowego, kartografii oraz informatyki geoprzestrzennej. Zna i właściwie interpretuje przepisy ustawy Prawo geodezyjne i kartograficzne oraz wydanych do niej rozporządzeń wykonawczych z 2021 roku. Zna również instrumenty i normy europejskie, w tym Dyrektywę INSPIRE oraz serię norm ISO 19152 wraz z pięcioma częściami opublikowanymi w 2024 roku.

Po drugie, Doktorantka wykazuje znajomość historii dyscypliny. Synteza ewolucji ewidencji gruntów i budynków na ziemiach polskich, przedstawiona w rozdziale 2, sięga średniowiecza i obejmuje uwarunkowania trzech zaborów oraz kolejne etapy rozwoju katastru

w okresie międzywojennym i powojennym. Pozwala to umieścić podejmowaną problematykę w szerokim kontekście historycznym oraz pokazać ciągłość rozwoju dyscypliny.

Po trzecie, Autorka swobodnie porusza się w obszarze koncepcji teoretycznych rozwoju katastru. Przedstawia ramy koncepcyjne wyznaczone przez wizje Kataster 2014 i Kataster 2034, model LADM oraz prace Międzynarodowej Federacji Geodetów. Krytycznie omawia podejścia różnych szkół, w tym koncepcje katastru pełnego, hybrydowego oraz katastru z etykietami 3D w katastrze 2D.

Po czwarte, Doktorantka opanowała aparat metodyczny obejmujący trzy uzupełniające się obszary kompetencji naukowych. Pierwszym jest analiza statystyczna danych ankietowych, w tym test Kołmogorowa-Smirnowa oraz korelacja rang Spearmana. Drugim jest projektowanie i implementacja narzędzi w środowisku GIS w języku Python z wykorzystaniem natywnych bibliotek QGIS. Trzecim jest opracowanie i interpretacja wizualizacji kartograficznych. Tak szerokie spektrum kompetencji nieczęsto występuje w dysertacjach z dyscypliny i zasługuje na podkreślenie.

Zgodnie z art. 187 ust. 1 Ustawy rozprawa ma również dowodzić umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Również ten warunek został w pełni spełniony. Doktorantka samodzielnie sformułowała problem badawczy oraz precyzyjnie wytyczyła pole własnych dociekań. Lukę badawczą zidentyfikowała w sposób krytyczny, w oparciu o własne studium literatury przedmiotu. Samodzielnie zaprojektowała kwestionariusz ankietowy, ustaliła grupę docelową, dobrała kanały dystrybucji oraz przeprowadziła analizę uzyskanych odpowiedzi. Świadomie wybrała test statystyczny adekwatny do liczebności próby i charakteru zmiennych. To wszystko świadczy o samodzielnym warsztacie badawczym.

Cennym dowodem dojrzałości naukowej jest opracowanie autorskiego algorytmu detekcji wraz z jego implementacją w postaci wtyczki TARP do programu QGIS. Doktorantka samodzielnie zdefiniowała trzy kryteria selekcji oraz przełożyła je na konkretne klasy obiektów i wartości słownikowe atrybutów bazy BDOT10k. Samodzielnie zaprojektowała również architekturę narzędzia, składającą się z głównego skryptu wtyczki, modułów wykonawczych oraz pliku stylu wizualizacji. Udostępnienie wtyczki w repozytorium GitHub jest dodatkowym przejawem dojrzałości warsztatowej, charakterystycznej dla badaczy świadomych zasad nauki otwartej oraz powtarzalności wyników.

Krytyczna autorefleksja Doktorantki zasługuje na osobne podkreślenie. Autorka nie ukrywa ograniczeń przyjętej metodyki, lecz wyraźnie je wskazuje i uzasadnia. Otwarcie pisze

o uproszczeniach związanych z brakiem dostępu do ksiąg wieczystych oraz o ograniczeniach wskaźnika zasadności wprowadzenia katastru 3D opartego o powierzchnię gruntów. Tak ujmowana samokrytyka jest cechą dojrzałego badacza.

Wnioski końcowe pracy mają charakter wyważony i wielowątkowy. Doktorantka nie ogranicza się do prostego potwierdzenia tez, lecz formułuje rekomendacje dotyczące dalszych badań oraz strategicznych decyzji w obszarze rozwoju polskiego systemu katastralnego. Postulat ewolucyjnego, a nie rewolucyjnego podejścia do wdrażania katastru 3D oraz zaleceń dotyczących pilotażowego programu wdrożenia świadczą o zdolności syntetycznego myślenia.

Reasumując, oceniana rozprawa prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktorantki w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport oraz dowodzi w pełni jej umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Oba warunki określone w art. 187 ust. 1 Ustawy zostały zatem spełnione.

9. Pytania do Doktorantki

1) *Wśród technologii wskazywanych przez ekspertów jako przydatne dla budowy katastru 3D modelowanie informacji o budynkach (BIM) uzyskało poparcie około 46% respondentów. W literaturze wskazuje się BIM jako potencjalnie obiecujące źródło danych dla katastru wielowymiarowego. Jakie elementy modelu BIM Autorka uznałaby za niezbędne dla zasilenia katastru trójwymiarowego? Proszę odnieść się w szczególności do typów obiektów IFC, wymaganego poziomu szczegółowości LoD oraz zakresu atrybutów semantycznych.*

2) *Czy proponowany algorytm TARP można byłoby rozszerzyć o moduł integracji danych pochodzących z modeli BIM, na przykład dla budynków wielorodzinnych zlokalizowanych na obszarach wytypowanych w ramach kryterium W1? Jakie wyzwania techniczne i prawne wiązałyby się z taką integracją w warunkach polskich? Proszę uwzględnić w odpowiedzi w szczególności kwestię ograniczonego dostępu do dokumentacji BIM, dotychczasową praktykę ewidencjonowania budynków w oparciu o pomiar geodezyjny oraz potrzebę interoperacyjności z bazą BDOT10k.*

3) *W konkluzji rozprawy Doktorantka rekomenduje ewolucyjne, a nie rewolucyjne podejście do wdrażania katastru trójwymiarowego w Polsce. Jaki konkretny pierwszy krok, możliwy do podjęcia w perspektywie najbliższych dwóch do trzech lat w ramach obowiązującego prawa, Autorka uznałaby za priorytetowy? Czy pilotażowe wdrożenie*

systemu powinno objąć całe miasto na prawach powiatu, czy raczej wybrane obszary, na przykład jeden obręb ewidencyjny lub wybrana inwestycja kubaturowa?

10. Konkluzja końcowa

Po szczegółowym zapoznaniu się z rozprawą doktorską Pani mgr inż. Klaudii Maciąg pt. „*Ocena zasadności i możliwości wprowadzenia katastru trójwymiarowego w Polsce w kontekście aktualnych potrzeb i ograniczeń*" stwierdzam, że praca:

a) prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktorantki w dyscyplinie naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport,

b) dowodzi umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktorantkę,

c) zawiera oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w rozumieniu art. 187 ust. 2 Ustawy.

W związku z powyższym uznaję, że rozprawa doktorska **spełnia warunki określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce** (t.j. Dz. U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.) i wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Rzeszowskiej o **dopuszczenie Doktorantki do publicznej obrony**.

.....

Dr hab. inż. Andrzej Szymon Borkowski