

Dr hab. inż. Elżbieta Lewandowicz, prof. uczelni
Katedra Geoinformacji i Kartografii
Wydział Geoinżynierii
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

**Recenzja dorobku naukowego i aktywności naukowej dr. Pawła Bogusławskiego,
kandydata do stopnia doktora habilitowanego,
sporządzona przez dr. hab. inż. Elżbietę Lewandowicz, profesora uczelni**

1. Podstawa prawna opracowania recenzji

Recenzję wykonano na podstawie umowy o dzieło z dnia 3 lipca 2023 r., zawartej z Uniwersytetem Przyrodniczym we Wrocławiu. Wykonując recenzję uwzględniono wymagania stawiane osobom ubiegającym się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, określone w art. 219 ust. 1 pkt 2 i 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2022, poz. 574, ze zm.). Wymaganie przedstawione w pkt. 2 wyżej wskazanej ustawy, wiążą się z oceną osiągnięć naukowych, stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej. Wymagania w pkt. 3 odnoszą się do oceny istotności aktywności naukowej habilitanta realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej w szczególności zagranicznej.

Udostępniona dokumentacja wniosku dr. Pawła Bogusławskiego o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego, była podstawą sporządzenia recenzji.

2. Informacja ogólna

Habilitant, dr Paweł Bogusławski, za pośrednictwem Rady Doskonałości Naukowej, 13 lutego 2023 r., złożył wniosek o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.

3. Ocena osiągnięć naukowych habilitanta, stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Inżynierii Lądowej Geodezji i Transportu (ILGiT)

Dr inż. Paweł Bogusławski zaprezentował osiągnięcia naukowe w formie cyklu siedmiu publikacji, pod wspólnym tytułem „Topologiczna budowa modeli 3D do przestrzennych analiz budynków”. Opublikowane zostały w latach 2015-2022: w 2015 r. 1 publikacja, w 2016 r. 3 publikacje, 2017 r. 1 publikacja, 2018 r. 1 publikacja; 2022 r. 1 publikacja. Publikacje są ujęte w wykazie MNiSW. Wszystkie prace są wykonane w międzynarodowych zespołach naukowych. W sześciu pracach habilitant jest pierwszym autorem, w jednej pracy, z 2017 roku, jest trzecim współautorem. Wkład habilitanta oszacowano na 90 % w pięciu publikacjach, a w dwóch na 50%.

3.1. Przedmiot i problematyka głównych osiągnięć naukowych

Cykl siedmiu publikacji, pod wspólnym tytułem „Topologiczna budowa modeli 3D do przestrzennych analiz budynków”, podejmuje tematykę bardzo ważną, związaną z budową systemów nawigacyjnych w budynkach, dla osób fizycznych, do celów

wspomagających działalność służb ratowniczych, do ewakuacji ludności, a także możliwą do wykorzystania przez np. autonomiczne roboty. W systemach nawigacyjnych istnieje konieczność dysponowania modelami 3D budynków. Do celów analitycznych nie wystarczą same modele geometryczne. Muszą one być zapisane w strukturach topologicznych, powinny być uzupełnione danymi semantycznymi. Umożliwiają one budowę topologiczno-semantycznych struktur użytkowych, koniecznych do wykonywania analiz. Modele te powinny być związane także z cyfrowym modelem otoczenia. Wiąże się to z problemami integracji np. BIM z GIS. Jest to przedmiotem opracowywanego standardu ISO/TR 23262:2021¹, gdyż modele 3D budynków, związane z terenem, są bardzo istotne w wielu budowanych systemach, związanych z kolejnymi tworzonymi standardami, np. Land Administration Domain Model (LADM, ISO 19152)², CityGML Conceptual Model Standard (City GML)³. Tym samym uzasadniam, że podjęty przez habilitanta temat badawczy jest aktualny i potrzebny.

3.2. Ocena uzyskanych wyników

Topologia, zbudowana na bazie geometrii, stanowi istotę prezentowanych rozwiązań. Powszechnie znane są rozwiązania realizowane na danych 2D. W prezentowanych pracach habilitanta odniesienie jest do geometrii 3D. Wiadomo, że relacje między obiektami geometrycznymi 3D: punkt, linia, wielokąt, wielościan, zapisane w topologicznej strukturze: węzeł, krawędź, ściana, bryła lub węzeł kierunkowy, krawędź skierowania, pętla skierowana (zgodnie z modelami ISO⁴), nie wystarczą do realizacji zaawansowanych analiz w przestrzeni 3D. Konieczne są przekształcenia danych topologicznych, w celu otrzymania wymaganych związków topologicznych, na bazie geometrii obliczeniowej.

Kandydat rozwiązał ten problem poprzez przedstawienie nowej struktury danych łączącej geometrię i topologię. Zastosował graf na bazie geometrii i graf dualny wiążący obiekty geometryczne. W grafie dualnym obiekty geometryczne są węzłami, a krawędzie skierowane w tym grafie prezentują związki topologiczne. Węzłom i krawędziom skierowanym można przypisać dane semantyczne.

Habilitant już w pracy doktorskiej wypracował podstawy obecnie rozwiniętej struktury danych DHE, określonej jako struktury dual half-edge (DHE). Model przechowuje dwie struktury danych; pierwotnych, zbudowanych na bazie geometrii (punktów i linii), zapisanych topologicznie jako węzły skierowane i krawędzie skierowane. Tylko węzły przechowują geometrię (współrzędne), one są powiązane topologicznie z krawędziami. Wielokąty i wielościany są tworzone za pomocą operatorów eulerowskich. W drugiej strukturze – grafu dualnego, wszystkie obiekty geometryczne zapisane są jako węzły, a krawędzie skierowane określają związki topologiczne i semantyczne między tymi obiektami. Habilitant określa tę strukturę jako podwójną. Przyjęta struktura danych, zastosowanie operatorów, grafów dualnych, stanowi ważne osiągnięcie naukowe habilitanta. Stanowi bazę do szczegółowych zastosowań. Zagadnienia te zostały przedstawione w pierwszej pracy cyklu publikacji [1]⁵. W niej znajdują się zapowiedzi kolejnych prac, które są konsekwentnie prezentowane

¹ <https://www.iso.org/standard/75105.html>

² <https://www.iso.org/standard/51206.html>

³ <https://www.ogc.org/standard/CityGML/>

⁴ <https://committee.iso.org/sites/tc211/home/projects/projects---complete-list/iso-19107.html>

⁵ Bogusławski, P. and Gold, C., 2016, The Dual Half-Edge—A Topological Primal/Dual Data Structure and Construction Operators for Modelling and Manipulating Cell Complexes. ISPRS International Journal of Geo-Information, 5(2): 19, pp. 1-20.

w kolejnych publikacjach [2-6]. Celem ich jest głównie budowa modeli sieci nawigacyjnych w celach komunikacyjnych, wspomagających działalność służb ratowniczych.

W publikacji [2]⁶, rozszerzono zakres badań poprzez rozszerzenie modelu danych, poprzez powiązanie modelu wnętrza budynków ze światem zewnętrznym. Nawiązuje to do klasycznych problemów GIS, związanych z integracją GIS i BIM. Do reprezentacji terenu wykorzystano opracowaną geometryczną-topologiczną strukturę danych (dual half-edge). Przy realizacji celu rozwiązano problem powiązania budynku z terenem, czyli powiązania dwóch struktur DHE. W wyniku integracji, budynek został podzielony na część nadziemną i podziemną.

W publikacjach [3,4], habilitant budował modele nawigacyjne w budynku przy różnych zmiennych scenariuszach, w trakcie np. działalności służb ratowniczych. Zaproponował szybką lokalną modyfikację struktury topologiczno-geometrycznej sieci budynku, poprzez np. dodawanie punktów z lokalizacją zagrożenia [3]⁷. Lokalna zmiana struktury modelu, pozwala na aktualizację ścieżek, co jest bardzo istotne w precyzyjnym nawigowaniu służb ratowniczych w czasie rzeczywistym. W [4]⁸ rozwinięto problem lokalnego zagęszczenia modelu sieci, a tym samym ścieżek, w zależności od punktów zagrożenia. Realizując ten cel, habilitant ze współautorami, zastosowali powiązane modele logiczne: model logiczny sieci w budynku, z dodatkowymi lokalnymi zagęszczonymi sieciami, w wybranych kwaterach budynku.

Publikacja [5]⁹, rozszerza możliwości analityczne prezentowane w [3, 4]. Publikacja odnosi się do działań ratowniczych przeprowadzanych w środowisku niebezpiecznym, w ekstremalnych warunkach, w których istnieje ryzyko utraty życia i zdrowia ratowników i ratowanych osób. Mając model 3D budynków, sieci geometryczno-topologiczne w strukturach komunikacyjnych budynku i wiele punktów zagrożenia, habilitant ze współautorami, wykorzystuje metody wielokryterialnej analizy w podejmowaniu decyzji (Analytic Hierarchy Process (AHP)).

W publikacji [6]¹⁰, rozszerzono badania poprzez uwzględnienie parametru ludzkiego. Przyjęto, że w akcjach ratowniczych, w pierwszej kolejności uwzględnia się lokalizacje ludzi. Habilitant i współautorzy wprowadzili do swojego rozwiązania algorytm analiz zagrożenia (Hazard analysis). Wybrana droga ewakuacji zależy od zagęszczenia ludności w kwaterach budynku, uwzględnia szerokość korytarzy, szerokość otworów drzwiowych i szerokość schodów.

⁶ Boguslawski, P. and Gold, C., 2015, Buildings and terrain unified – multidimensional dual data structure for GIS. *Geo-spatial Information Science*, 18(4), pp. 151-158.

⁷ Boguslawski, P., Mahdjoubi, L., Zverovich, V. and Fadli, F., 2016, Automated construction of variable density navigable networks in a 3D indoor environment for emergency response. *Automation in Construction*, 72 (2), pp. 115-128.

⁸ Boguslawski, P., Mahdjoubi, L., Zverovich, V. and Fadli, F., 2016, Two-graph building interior representation for emergency response applications. In: *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, III-2, pp. 9-14

⁹ Zverovich, V., Mahdjoubi, L., Boguslawski, P. and Fadli, F., 2017, Analytic prioritization of indoor routes for search and rescue operations in hazardous environments. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 32 (9), pp. 727-747.

¹⁰ Boguslawski, P., Mahdjoubi, L., Zverovich, V. and Fadli, F., 2018, A dynamic approach for evacuees' distribution and optimal routing in hazardous environments. *Automation in Construction*, 94, pp. 11-21.

Należy zauważyć, że wszystkie prace [1-6], zawierają wyjaśnienia matematyczno-informatyczne wraz z kodami proponowanych algorytmów. Wyniki analiz, testów, prezentowane są za pomocą wykresów i danych tabelarycznych.

Można zauważyć, że w tekstach publikacji brakuje definicji przyjętych określeń, np. określenie half-edge, może być różnie rozumiane, jako krawędź skierowana (direct edge¹¹), lub połowa krawędzi. Interpretację należało wywnioskować z treści rysunków zawartych w publikacji. Powinam zaznaczyć, że publikacje habilitanta [1-6] były mi znane, odnosiłam się do nich, w moich pracach naukowych. Inspirowały mnie do poszukiwania alternatywnych rozwiązań¹².

Publikacja ostatnia [7]¹³, to podsumowanie współczesnych badań prowadzonych w różnych zespołach badawczych, związanych z szeroko rozumianą nawigacją. Autorzy zwracają uwagę, że modelowanie sieci nawigacyjnych 3D w aglomeracjach, jest już standardem. Problemem jest ustalenie form zapisu tych modeli w sposób wektorowy, vokselowy czy hybrydowy. Kolejnym zagadnieniem jest tworzenie aplikacji dedykowanych różnym użytkownikom, np. dla osób niepełnosprawnych, służb ratowniczych, pojazdów autonomicznych, robotów. Sieci nawigacyjne muszą być dynamiczne, uaktualniane w locie, uwzględniając zmienne uwarunkowania ludzkie i materialne. Przedstawione podsumowanie [7], wskazuje, że badania przedstawione w [1-6], wyprzedziły obecnie prowadzone prace nad budową dedykowanych aplikacji.

3.3. Ocena osiągnięć naukowych

Przeprowadzona ocena osiągnięć naukowych, wskazuje że prowadzone przez habilitanta badania, w zespołach międzynarodowych, w latach 2015-2022 i przedstawione jako główne osiągnięcia, w formie cyklu publikacji, wniosły znaczny wkład w rozwój dyscypliny Inżynierii Lądowej, Geodezji i Transportu.

4. Ocena istotności aktywności naukowej habilitanta realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej (...), w szczególności zagranicznej

W ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w rozdziale 3, w art. 219 ust. 1 pkt 3, zapisano, że stopień doktora habilitowanego można nadać osobie, która wykazuje się istotną aktywnością naukową (...), realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej (...), w szczególności zagranicznej.

Dr Paweł Bogusławski, po uzyskaniu stopnia doktora w Wielkiej Brytanii, na University of South Wales, w 2011 roku, przez kolejne 6 lat w pracował w zagranicznych jednostkach naukowych, aby w 2017 roku powrócić do Polski. W Malezji (2011-2014), realizował badania w uzyskanych 5 grantach naukowych, w ramach działalności grupy badawczej 3D GIS. W latach (2014-2017), po powrocie do Wielkiej Brytanii, pracował na University of the West of England, na stanowisku badawczym, w projekcie związanym z tworzeniem prototypu

¹¹ ISO 19107, Geographic information — Spatial schema;

<https://committee.iso.org/sites/tc211/home/projects/projects---complete-list/iso-19107.html>

¹² Lewandowicz, E.; Lisowski, P.; Flisek, P. A Modified Methodology for Generating Indoor Navigation Models. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2019, 8, 60. <https://doi.org/10.3390/ijgi8020060>

¹³ Boguslawski, P., Zlatanova, S., Gotlib, D., Wyszomirski, M., Gnat, M., Grzempowski, P., 2022, 3D building interior modelling for navigation in emergency response applications. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 114, 103066.

systemu związanego ze wspomaganie działań ratowniczych w budynkach. Szesnaście publikacji z lat 2013 - 2017, opublikowanych w czasopismach naukowych i w formie rozdziałów w monografii, wiąże się z pracami prowadzonymi w tych uczelniach. Pięć z nich przedstawiono w cyklu artykułów naukowych zawartych w dokumentacji habilitacyjnej.

Po powrocie do Polski w 2017 roku, habilitant kontynuował prace naukowe w zespołach międzynarodowych, co zaowocowało 10 pracami opublikowanymi w wydawnictwach naukowych i napisaniem dwóch rozdziałów monografii. Z tego okresu pracy, do cyklu publikacji, we wniosku o przyznanie tytułu dr. habilitowanego, wybrano dwie pozycje.

Wspominając publikacje naukowe realizowane w zespołach międzynarodowych, opublikowane w materiałach konferencyjnych, w liczbie 17 pozycji, zauważyć należy, że dorobek habilitanta wskazuje, że przez 22 lata pracy publikował średnio rocznie dwie prace naukowe. Wiązą się z tym uzyskane dwie nagrody za międzynarodową działalność naukową.

Doktor Paweł Bogusławski, od 2008 roku, jest zaangażowany w pracach International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS). Wraz z dr. Filipem Biljeckim z National University of Singapore (geomatic engineering) i dr. Francescą Noardo, reprezentującą Open Geospatial Consortium, współprzewodniczy grupie roboczej ISPRS Working Group IV/1 'Spatial Data Representation and Interoperability'¹⁴. Sprawowanie tej funkcji świadczy o uznaniu jakim cieszy się w środowisku międzynarodowym, w zakresie badań nad modelowaniem danych przestrzennych i tworzeniem nowych standardów.

Przedstawioną aktywność naukową habilitanta w wielu uczelniach i towarzystwach naukowym w szczególności zagranicznych, uznają za istotną.

5. Konkluzja

W oparciu o zapisy ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, art., 219 ust. 1, punkty 2, 3, po analizie przedłożonej dokumentacji, zapoznaniu się z osiągnięciami naukowymi przedstawionymi w cyklu publikacji i aktywnością naukową habilitanta dr. Pawła Bogusławskiego stwierdzam, że wymagania do stopnia tytułu doktora habilitowanego zostały spełnione.

Przedstawione do oceny osiągnięcia naukowe, w postaci serii publikacji pt. „Topologiczna budowa modeli 3D do przestrzennych analiz budynków” stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.

Habilitant wykazał się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, w szczególności uczelniach zagranicznych i w międzynarodowej organizacji naukowej.

W powyższej sytuacji złożony przez dr. Pawła Bogusławskiego wniosek o nadanie stopnia doktora habilitowanego nauk w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Inżynieria Lądowa Geodezja i Transport, oceniam pozytywnie i popieram. Wnoszę o dalsze jego procedowanie.



¹⁴ <https://www2.isprs.org/commissions/comm4/wg1/>