



UNIwersytet
Warszawski

Wydział Geografii i Studiów Regionalnych
Katedra Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji

Warszawa, 02.01.2025

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Adama Bieleckiego

pod tytułem: **Metoda określania wielkości zasobów zieleni miejskiej w miejscu zamieszkania i jego sąsiedztwie z wykorzystaniem technik teledetekcyjnych**

przygotowanej pod kierunkiem:

dr. hab. inż. Krzysztofa Będkowskiego, prof. ucz.

na Wydziale Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego

Formalną podstawą niniejszej recenzji jest decyzja Komisji UŁ ds. stopni naukowych w dyscyplinie nauki o Ziemi i środowisku o powołaniu mnie na recenzenta niniejszej rozprawy oraz Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2024 poz. 1571).

Rozprawa doktorska przygotowana jest w języku polskim, liczy 185 strony tekstu maszynopisu bazującego na cyklu 7 artykułów: 4 w języku polskim (w tym jeden w trakcie publikacji) oraz 3 w języku angielskim, sumaryczna liczba punktów MNiSW/MEiN wynosi 282 punkty. Trzy pierwsze artykuły opublikowane zostały w Teledetekcji Środowiska (2017-2019, każdy artykuł posiada 6 punktów MNiSW), następnie *Studia Miejskie* (2020, 40 punktów), *Acta Scientiarum Polonorum, Administratio Locorum* (2022, 70 punktów), *Konwersatorium Wiedzy o Mieście* (2024, publikacja przyjęta do publikacji, 40 punktów) oraz *Sustainability* (2024, 3,3 IF, 100 punktów MNiSW). W wykazie Web of Science widnieją dwie publikacje, w tym artykuł opublikowany w *Sustainability*, a będący częścią cyklu rozprawy doktorskiej. W wykazie Scopus występują dwie publikacje opublikowane w *Sustainability* oraz *Acta Scientiarum Polonorum, Administratio Locorum*, ostatnia z nich została raz zacytowana.

Układ pracy jest typowy dla rozpraw doktorskich i obejmuje następujące części:

- strona tytułowa, spis treści, podziękowania, streszczenie, słowa kluczowe, abstract, key words oraz spis prac wchodzących w skład rozprawy wraz ze skrótowym opisem zawartości poszczególnych publikacji.
- Rozdział 1: *Wprowadzenie* zajmuje 6 stron, na których Doktorant omówił definicje terenów zieleni miejskiej (wartościowym opracowaniem jest Tabela 1 prezentująca wybrane krajowe i międzynarodowe definicje zieleni miejskiej, np. zgodnie z Ustawą o ochronie przyrody z 2004 roku), gdyż tereny te muszą być celowo utrzymywane i publicznie dostępne (nie wlicza się do tego wymogu prywatnych obszarów oraz roślinności spontanicznie pojawiającej się w różnych częściach miasta). Autor podkreśla, że ważne jest nie tylko określenie powierzchni zajętej przez roślinność, ale również jej kubatury i kondycji, ponieważ różne rodzaje zieleni pełnią różne funkcje środowiskowe. Jest to ważne zagadnienie badawcze, gdyż roślinność w miastach



odgrywa kluczową rolę w oczyszczaniu środowiska oraz podnoszeniu atrakcyjności obszarów zurbanizowanych, co wpływa na aspekty społeczne i ekonomiczne. Doktorant wskazuje na potrzebę regularnego raportowania stanu terenów zieleni, co pozwala na lepsze zarządzanie przestrzenią miejską, dostosowanie do potrzeb społeczeństwa i porównywanie rozwoju danej przestrzeni zielonej na tle innych ośrodków miejskich. Słusznie podkreślona została niezwykła przydatność danych teledetekcyjnych, w tym regularnie pozyskiwanych i darmowych obrazów satelitarnych oraz danych z lotniczego skaningu laserowego (ALS), które pozwalają analizować pionową strukturę roślinności. Proponowane w rozprawie doktorskiej metody mają na celu rozwiązanie problemu braku jednolitych miar oceny terenów zieleni, co jest istotne dla poprawy powtarzalności i porównywalności prowadzenia monitoringu środowiska w różnych częściach kraju oraz Europy, by zapewnić optymalne warunki życia mieszkańcom poszczególnych regionów. Innowacyjnym elementem rozprawy doktorskiej jest opracowana metodyka oceny i zwiększenia dostępności terenów zieleni w dużych miastach, rozwiązania te zostały przetestowane na obszarze Łodzi.

- Rozdział 2: *Problem badawczy* opisany jest na ponad jednej stronie na której Doktorant omówił założenia autorskiej metody wykorzystania darmowych danych teledetekcyjnych i fotogrametrycznych do analizy stanu terenów zieleni w dużych miastach. Przedstawione została dostępność danych dla osób z ograniczonym doświadczeniem w ich przetwarzaniu oraz posiadających standardowy sprzęt komputerowy. Ważnym aspektem rozprawy było uwzględnienie rozmieszczenia ludności i warunków w otoczeniu ich miejsca zamieszkania, co pozwoliło ocenić dostępność terenów zielonych. Zaproponowana metodyka umożliwi porównanie różnych miast o podobnej skali, poprzez zweryfikowane wskaźniki. Reasumując, Doktorant podkreślił, że zaproponowana metoda cechuje się następującymi własnościami: 1) korzysta z publicznych, darmowych danych przestrzennych (brak kosztów i konieczności zamawiania specjalistycznych danych, brak konieczności samodzielnego zbierania danych); 2) jest względnie łatwa w implementacji; 3) wykorzystuje dane przestrzenne, będące w posiadaniu urzędów; 4) nie wymaga stosowania zaawansowanego sprzętu komputerowego (Bielecki, 2019); 5) jest niezależna od fizjonomii i morfologii miasta; 6) uniwersalna dla miast klimatu umiarkowanego; 7) rezultaty końcowe są kompatybilne (porównywalne) z obecnymi danymi.
- Rozdział 3: *Metody badawcze* składa się z 6 podrozdziałów zajmując 6 stron:
 - 3.1 *Istniejące wskaźniki* opisuje wskaźniki teledetekcyjne oparte na wielospektralnych obrazach satelitarnych oraz chmurze punktów LiDAR uzyskanych z lotniczego skanowania laserowego. Głównym wskaźnikiem był NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), który analizując różne obiekty, w tym roślinne, pozwolił uchwycić różnice w odbiciu promieniowania elektromagnetycznego z zakresu bliskiej podczerwieni i czerwonego. Dodatkowo, wykorzystany został wskaźnik VHM (Vegetation Height Model) obliczany na podstawie sklasyfikowanej chmury punktów LiDAR, zdefiniowanej w różnych klasach, takich jak grunt, niska, średnia i wysoka roślinność. Ponadto wykorzystany został Numeryczny Model Terenu (NMT) oraz Numeryczny



UNIwersytet Warszawski

- Model Pokrycia Terenu (NMPT), które pozwoliły obliczyć wysokość roślinności (różnica NMT i NMPT) w danym polu podstawowym (30m × 30m).
- 3.2 *Inwentaryzacja terenowa* prezentuje efekty inwentaryzacji terenowej z wykorzystaniem dalmierza laserowego oraz ArcGIS Collector. Pozwoliło to uzyskać informacje referencyjne (wysokość podstaw koron, minimalna wartość grubości warstwy roślinności dla drzew wysokich).
 - 3.3 *Punkt wysycenia*. Doktorant zaprezentował punkt wysycenia wartości NDVI jako kluczowy element opracowanych wskaźników; został zdefiniowany jako wartość grubości warstwy zieleni, przy której NDVI przestaje rosnąć, co oznacza, że nie odzwierciedla już rzeczywistej ilości roślinności w danym obszarze. Autor wyznaczył go poprzez analizę krzywej zależności NDVI od wskaźnika VHM dla terenów w pełni pokrytych roślinnością, wskazując na moment, gdy wykres przestał znacząco wzrastać w rastrze o wymiarach 30m × 30m (według wielkości piksela obrazów Landsat 8). Dodatkowo, Doktorant wyznaczył wielkość sąsiedztwa na 50 metrów, co ma wpływ na warunki życia mieszkańców danego obszaru.
 - 3.4 *Wskaźnik zazielenienia*. Doktorant przedstawił wskaźnik zazielenienia (Greenness Index – GI), który posłużył do oceny zasobów zieleni w analizowanych polach podstawowych. W konstrukcji tego wskaźnika kluczowe znaczenie miał punkt wysycenia NDVI (NDVI_{sat}). Zaproponowany wzór na GI uwzględnił wysokość roślinności oraz średnią wysokość podstawy korony, co pozwoliło ocenić wartość wysyczonego wskaźnika powyżej wartości 0,5 (w zakresie od 0 do 1).
 - 3.5 *Wskaźnik niedoboru zieleni*. Autor przedstawił wskaźnik niedoboru zieleni (GDI - Greenery Deficiency Index), który jest przekształconą wersją wskaźnika zieleni (GI) w celu określenia ilości niedoboru zieleni w danym obszarze, wskazując na potrzebę jej uzupełnienia. Wskaźnik ten zakłada, że optymalny poziom zieleni powinien odpowiadać wartościom h_{max} , które są teoretycznie związane z maksymalnymi wartościami wysokości roślinności i NDVI na danym obszarze.
 - 3.6 *Wskaźnik udziału w zieleni*. Aby dokładnie zidentyfikować obszary z niedoborem zieleni w miastach, Doktorant zaproponował wskaźnik udziału w zieleni (GPI – Greenery Participation Index), który uwzględnił wielkość populacji, gęstość zaludnienia oraz użyteczność dzielnic. Obliczenia opierają się na liczbie mieszkańców w danym osiedlu oraz powierzchni budynków mieszkalnych. Wskaźnik GPI został obliczany przy użyciu dwóch wskaźników pomocniczych: wskaźnika niedoboru zieleni (GDI) oraz wskaźnika populacji lokalnej (LPI – pilność rozbudowy zieleni w zależności od liczby mieszkańców). Ostateczny wskaźnik GPI uwzględnił istniejącą roślinność oraz liczbę mieszkańców w danym obszarze, klasyfikując pola podstawowe według ich potrzeb w zakresie zieleni. Im niższa wartość GPI, tym lepsza sytuacja w danym miejscu.
- Rozdział 4: *Wyniki* obejmuje 9 stron składających się z pięciu podrozdziałów na których Doktorant przedstawił mapy: 4.1 *Dostępności terenów zieleni*, 4.2 *Inwentaryzacji*



terenowej, 4.3 Punkt wysycenia, 4.4 Wskaźnik zazielenienia oraz tereny zieleni w Łodzi, 4.5 Wskaźnik udziału w zieleni (GPI). Autor potwierdził, że mieszkańcy Łodzi korzystają z zasobów zieleni w różnym stopniu w różnych dzielnicach. Współczynnik koncentracji wskazuje na znaczne skupienie zarówno ludności, jak i obszarów zielonych, przy czym około 80% mieszkańców ma dostęp tylko do 25% dostępnych terenów zielonych. 47,6% miasta (139,5 km²) jest obszarem bez dostępu do zieleni o powierzchni co najmniej 0,81 ha, na obszarze tym mieszka około 20% mieszkańców. Przy podniesieniu wymagań do 4,86 ha, obszar bez dostępu do zieleni wzrósł do 60% miasta (172 km²), zamieszkałego przez prawie połowę mieszkańców. Największe odległości do terenów zielonych wynoszą odpowiednio 1498 m i 1928 m w obu analizowanych wariantach.

- Rozdział 5: *Dyskusja* obejmuje jedną stronę maszynopisu i koncentruje się na analizie metod oceny zieleni w miastach, wskazując na kilka kluczowych zagadnień. Po pierwsze, istnieje problem z aktualnością danych, które są zbierane w różnych terminach i mogą stać się nieaktualne z powodu takich czynników jak wiatrołomy czy inwestycje. Po drugie, stosowanie danych satelitarnych o średniej rozdzielczości (30m x 30m) może budzić wątpliwości co do precyzji analiz, szczególnie w dużych miastach, niemniej Doktorant zauważa również, że metoda zakłada, iż pod koroną drzew nie ma innej roślinności, co jest uproszczeniem, ale sprawia, że metoda jest łatwiejsza w użyciu. Opracowana metodyka jest pomocnicza w planowaniu przestrzennym i zwiększaniu zazielenienia, nie uwzględnia wielu barier, takich jak gęstość zabudowy, konieczność prowadzenia niezależnej infrastruktury oraz funkcjonalności danego obszaru. Ostatecznie, mgr Adam Bielecki apeluje o uwzględnienie tych ograniczeń przy analizie planowanych inwestycji.
- Rozdział 6: *Wnioski* zajmuje prawie jedną stronę tekstu, a najważniejsze przesłanki, które uzyskał Doktorant są następujące: 1) obiektywność metody, gdyż bazuje ona powszechnie dostępnych danych satelitarnych i danych statystycznych, co czyni ją obiektywną i 2) powtarzalną dla innych aglomeracji oraz monitorowanie zmian w zasobach zieleni w dowolnym przedziale czasowym, co jest istotne dla analiz urbanistycznych; 3) mierzalność i wymierność, gdyż metoda bazuje na danych pozyskiwanych według identycznego algorytmu dla różnych części miast w sposób ilościowy ułatwiając ocenę i analizę tkanki miejskiej; 4) strukturalny porządek w zarządzaniu zielenią miejską, co sprzyja efektywnej klasyfikacji i aktualizacji danych źródłowych. Podsumowując Doktorant zaproponował wartościowe narzędzie w monitorowaniu zarządzania zielenią miejską, oferującym obiektywne, porównywalne i regularnie pozyskiwane dane.
- Rozdział 7: *Wykaz użytych skrótów i pojęć* przedstawia stronę zastosowanych skrótów i akronimów.
- Rozdział 8: *Literatura (pozycje cytowane w opisie)*. Doktorant zacytował 28 pozycji literatury, w tym 7 publikacji stanowiących fundament niniejszej rozprawy doktorskiej. Warto zwrócić uwagę, że tylko 4 zacytowane pozycje opublikowane zostały w ciągu ostatnich 5 lat.



- Rozdział 9: *Kopie publikacji tworzących rozprawę doktorską*. W przypadku publikacji wieloautorских podane są oświadczenia potwierdzające procentowy udział współautorów. Lista publikacji stanowiących rozprawę doktorską:
 - Będkowski Krzysztof, **Bielecki Adam**: *Ocena dostępności zieleni w miejscu zamieszkania w miastach z wykorzystaniem NDVI oraz krzywej koncentracji Lorenza*, Teledetekcja Środowiska, 57, 2017, 5-14, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-2a077004-bb4e-4205-a7b2-1133d9d1d443> (6 pkt. wg listy MNiSW aktualnej w roku ukazania się publikacji).
 - **Bielecki Adam**: *Porównanie oprogramowania do przetwarzania danych LiDAR w zakresie generowania NMT i NMPT*, Teledetekcja Środowiska, 58(1), 2018, 5-11, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-16b2f7be-6c87-449a-9c23-273e575fa579> (6 pkt. MNiSW).
 - Worm Artur, Będkowski Krzysztof, **Bielecki Adam**: *Wykorzystanie wskaźników powierzchniowych i objętościowych z wysokorozdzielczych danych teledetekcyjnych do oceny wypełnienia roślinnością kwartałów miejskich w centrum miasta Łodzi*, Teledetekcja Środowiska, 60(1), 2019, 5-20, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-4a024b76-0072-48be-94a6-ceed9e001322> (20 pkt. MNiSW).
 - **Bielecki Adam**, Będkowski Krzysztof: *The Issue of Green Area Accessibility - the Example of the City of Łódź*, Studia Miejskie, 40, 2020, 55-70, DOI:10.25167/sm.1304 (40 pkt. MNiSW).
 - **Bielecki Adam**, Będkowski Krzysztof: *The degree of greenery in Łódź city, Poland – clearing up discrepancies between official statistics and satellite data*, Acta Scientiarum Polonorum, Administratio Locorum, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, 21(4), 2022, 489-512, DOI:10.31648/aspal.7623 (70 pkt. MEiN, 1 cytowanie na Scopus).
 - **Bielecki Adam**: *Pluralizm definicji zieleni miejskiej w literaturze. Standardy, aspekty przyrodnicze i techniczne*. Konwersatorium Wiedzy o Mieście, 2024, 37(9) (40 pkt. MNiSW) – przyjęty do publikacji.
 - **Bielecki Adam**, Będkowski Krzysztof: *The use of socio-environmental indicators to assess the needs for the development of urban greenery*, Sustainability, 16(21), 2024, 9230. <https://doi.org/10.3390/su16219230> (100 pkt. MNiSW).

Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

W cyklu kolejnych publikacji Doktorant podjął się ambitnego zadania jakim było opracowanie narzędzia optymalizacji procesu planowania przestrzennego w zakresie organizacji obszarów zielonych względem potrzeb ludności zurbanizowanych obszarów. W poszczególnych artykułach mgr Adam Bielecki (wraz ze współautorem/ami) koncentrował się na następujących zagadnieniach:



- *Będkowski K, Bielecki A.: Ocena dostępności zieleni w miejscu zamieszkania w miastach z wykorzystaniem NDVI oraz krzywej koncentracji Lorenza, Teledetekcja Środowiska, 57, 2017, 5-14.* Autorzy koncentrują się na analizie dostępności terenów zielonych w miastach, ze szczególnym uwzględnieniem Łodzi. Kluczowym elementem podjętych analiz jest fakt, iż oficjalne statystyki obejmują obszary zielone przeznaczone do jej utrzymania przez służby miejskie (np. parki i ogrody), nie uwzględniając poszczególnych zakrzaczeń, zadrzewień, w tym np. na obszarach zabudowanych czy komunikacyjnych. Autorzy wykorzystując dane satelitarne, przeanalizowali cały obszar miasta, który pokryty był zielenią o powierzchni przekraczającej 30x30 m. Wynika to z faktu, iż nawet niewielkie skupiska drzew poprawiają społeczną percepcję i warunki życia mieszkańców. W badaniach zastosowano znormalizowany różnicowy wskaźnik roślinności (NDVI) oraz krzywą koncentracji Lorenza do analizy dostępności zieleni w Łodzi. Wykazano, że tylko 1,72% mieszkańców ma dostęp do zasobów zieleni o pożądanej wartości NDVI, podczas gdy większość (54,02%) mieszkańców ma dostęp do terenów z NDVI w granicach 0,2-0,3, co wskazuje na umiarkowanie-niski poziom zazielenienia. Analiza wykazała, że obszary o wyższym NDVI często są mniej zaludnione, co wskazuje na trudności w równoczesnym zapewnieniu wysokiej jakości zieleni i zabudowy. Proces ten został skwantyfikowany poprzez zaproponowanie progów teledetekcyjnych wskaźników. Zaproponowana metoda oceny dostępności zieleni, z powodzeniem może być używana do porównań między miastami, a także podczas prac planistycznych, by badać efektywność posunięć urbanistycznych. Opracowane rozwiązanie metodyczne jest cennym osiągnięciem badawczym, pewien niedosyt wynika tylko z faktu, iż Autorzy nie podjęli się odniesienia do innych miast, np. które naturalnie posiadają lepsze warunki do utrzymania obszarów zielonych, np. wzdłuż rzek, jezior czy składających się z różnych miast wchodzących w skład dużej aglomeracji, np. śląskiej. Pozwoliłoby to uchwycić czy zaproponowane wartości wskaźników są stałe, czy też zależą od innych składowych?
- *Bielecki A.: Porównanie oprogramowania do przetwarzania danych LiDAR w zakresie generowania NMT i NMPT, Teledetekcja Środowiska, 58(1), 2018, 5-11.* Artykuł prezentuje wyzwania związane z przetwarzaniem danych LiDAR, które, choć dostarczają cennych informacji o terenie, wymagają zaawansowanej obróbki i odpowiednich zasobów sprzętowych. Doktorant wykonał konwersję chmury punktów na modele rastrowe Numerycznego Modelu Terenu (NMT) oraz Numerycznego Modelu Pokrycia Terenu (NMPT) przy użyciu różnych pakietów oprogramowania: ArcMap, LAS Tools, Autodesk ReCap AutoCAD Civil 3D, ENVI LiDAR, QGIS, ArcGIS Pro, CloudCompare. Każdy z programów różni się pod względem funkcjonalności, automatyzacji i wydajności w pracy na dużych zbiorach danych. Przetwarzając chmurę punktów wykonana została filtracja, aby uzyskać odpowiednie dane do budowy modeli terenu. Proces ten obejmował usunięcie niepotrzebnych punktów oraz konwersję do formatu GeoTIFF. W artykule podano szczegółowe informacje na temat działania każdego z programów, ich zalet i ograniczeń, takich jak automatyzacja procesów, szybkość pracy, oraz zdolność do obsługi dużych zestawów danych. Wyniki testów wykazały, że wybór odpowiedniego oprogramowania zależy od



specyfikacji danych oraz oczekiwanego efektu końcowego. ArcMap i Autodesk oferują intuicyjne interfejsy i automatyzację, podczas gdy QGIS miał problemy z wydajnością przy dużych zbiorach danych. Artykuł kończy się wnioskami na temat znaczenia wyboru oprogramowania w kontekście wielkości danych i rodzaju analiz, zauważając, że dostępne na rynku narzędzia różnią się znacząco funkcjonalnością i łatwością użycia. Jest to cenny artykuł dla osób planujących wykorzystać powszechnie dostępne chmury punktów pochodzących z lotniczego skaningu lidarowego (ALS), gdyż Doktorant skoncentrował się na komercyjnie dostępnych, open-source'owych oraz free ware'owych rozwiązaniach programistycznych.

- *Worm A., Będkowski K., Bielecki A.: Wykorzystanie wskaźników powierzchniowych i objętościowych z wysokorozdzielczych danych teledetekcyjnych do oceny wypełnienia roślinnością kwartałów miejskich w centrum miasta Łodzi, Teledetekcja Środowiska, 60(1), 2019, 5-20.* Autorzy skoncentrowali się na ocenie zasobów roślinności w centrum Łodzi. Analizy wykonano z wykorzystaniem danych satelitarnych oraz lotniczych LiDAR. Zidentyfikowano obszar o powierzchni 4,01 km², w którym roślinność zajmowała 0,68 km², co stanowi 17% powierzchni, na której przeanalizowano dostępność terenów zielonych dla mieszkańców, jak i ich kubaturę (5 994 219 m³). W badaniach wyróżniono zielen ogólnodostępną oraz o ograniczonym dostępie, a także przeprowadzono podział obszaru na kwartały i regularną siatkę, co pozwoliło na szczegółową analizę rozkładu roślinności. Autorzy wskazali znaczące nierówności w rozmieszczeniu roślinności, z dużymi obszarami pozbawionymi zieleni, zwłaszcza w centralnych częściach miasta. Badania wykazały, że większość roślinności znajduje się w podwórkach i terenach zamkniętych, co ogranicza jej dostępność dla mieszkańców. W artykule podkreślono, że ważnym jest uwzględnienie wysokiej roślinności ogólnodostępnej, która pozytywnie wpływa na jakość życia w mieście. Podsumowując, badania wskazały na cenne zasoby roślinności w centrum Łodzi, jednak jej dostępność jest ograniczona, co wpływa na percepcję "zieloności" miasta. Wyniki te powinny być użyteczne w kontekście planowania przestrzennego i zarządzania terenami zieleni. Jest to bardzo ciekawe opracowanie z punktu widzenia urbanistycznego, a także psychologii przestrzeni oraz potencjału rekreacyjnego mieszkańców miasta.
- *Bielecki A., Będkowski K.: The Issue of Green Area Accessibility - the Example of the City of Łódź, Studia Miejskie, 40, 2020, 55-70.* Autorzy skoncentrowali się na ocenie dostępności przestrzeni zielonych versus oficjalnie wykazanej w rejestrach, zwracając uwagę na nierównomierny rozkład terenów zabudowanych, jak i terenów zielonych. Pozwoliło to zaproponować metodę oceny dostępności terenów zielonych wokół miejsc zamieszkania, wykorzystując dane przestrzenne z różnych publicznych baz danych. Wyniki badań wykazały, że choć Łódź dysponuje znacznymi zasobami zieleni, znaczna część jej mieszkańców nie ma dostępu do rekreacyjnych obszarów zielonych w promieniu zarówno 50 metrów, jak i 500 metrów od swoich domów. Potwierdzając, że niemal połowa powierzchni miasta nie ma dostępu do żadnej przestrzeni zielonej, a około 20% populacji mieszka w tych strefach. Analiza wskazała również, że wielu mieszkańców znajduje się dalej od większych terenów zielonych. Autorzy wykazali, że obecne statystyki oficjalne pomijają wiele cennych zasobów zieleni wskazując konieczność opracowania nowej metodologii inwentaryzacji, aby dokładnie



UNIwersytet Warszawski

odzwierciedlić zielen miasta i jej dostępność dla mieszkańców, biorąc pod uwagę dysproporcje w rozkładzie. Artykuł ten jest cennym przykładem weryfikacji powszechnie obowiązujących zasobów geodezyjno-urbanistycznych, warto byłoby zweryfikować przygotowaną metodykę na innym obszarze urbanistycznym.

- *Bielecki A., Będkowski K.: The degree of greenery in Łódź city, Poland – clearing up discrepancies between official statistics and satellite data, Acta Scientiarum Polonorum, Administratio Locorum, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, 21(4), 2022, 489-512.* Dzięki wykorzystaniu zdjęć satelitarnych Autorzy opracowali metodykę klasyfikacji i ocenie roślinności miejskiej Łodzi podkreślając nieaktualności oficjalnych zasobów/statystyk identyfikujących lasy, parki, trawniki, place i cmentarze, dlatego przygotowany został system siatki w celu oceny rozmieszczenia zieleni w odniesieniu do obszarów mieszkalnych. Wyniki wykazały, że średnia wartość NDVI dla Łodzi wynosi 0,33. Całkowity obszar roślinności jest podobny do oficjalnego rejestru (77,78 km²). Niemniej dostęp do tych terenów zielonych jest nierówny, a tylko niewielki odsetek mieszkańców ma bezpośredni dostęp do cennych przyrodniczo obszarów.
- *Bielecki A.: Pluralizm definicji zieleni miejskiej w literaturze. Standardy, aspekty przyrodnicze i techniczne. Konwersatorium Wiedzy o Mieście, 2024, 37(9).* Doktorant omówił definicje i znaczenie terenów zielonych w miastach, skupiając się na ich ochronie oraz metodach inwentaryzacji (uwzględniając dane literaturowe i akty prawne). Jest to ciekawy przegląd różnych koncepcji planowania zieleni w miastach o różnych funkcjach i warunkach naturalnych oraz podkreśla różnorodność i niespójność definicji dotyczących zieleni miejskiej. W artykule Autor zwrócił uwagę na usługi ekosystemowe, które są ważne dla jakości życia w miastach. Wykorzystanie danych teledetekcyjnych do wyznaczania terenów zielonych pozwala na bardziej precyzyjną analizę stanu i jakości roślinności. Autor podkreśla konieczność opracowania jednolitych kryteriów oraz mierzalnych wskaźników, które umożliwią lepsze zarządzanie zielenią miejską i dostosowanie jej lokalizacji do potrzeb mieszkańców. Jest to ciekawa publikacja, która mogłaby bazować na realnych studiach przypadku różnych polskich miast.
- *Bielecki A., Będkowski K.: The use of socio-environmental indicators to assess the needs for the development of urban greenery, Sustainability, 16(21), 2024, 9230.* Autorzy skoncentrowali się na znaczeniu dokładnej inwentaryzacji i ochrony miejskich obszarów zielonych, ponadto zwrócili uwagę na konieczność poprawy jakości życia mieszkańców poprzez zwiększenie dostępu do cennych obszarów zielonych. Artykuł proponuje metodę obliczania zieloności miejskiej z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych, wprowadzając trzy nowe wskaźniki, które uwzględniają rozkład lokalnej populacji. Proponowana metoda zintegrowała dane satelitarne i demograficzne, wykorzystując ogólnodostępne informacje. Podczas implementacji zaproponowanych metod Autorzy podkreślili konieczność znajomości podstawowej wiedzy z zakresu GIS. Takie podejście może ułatwić planowanie przestrzenne, wspierając decyzje dotyczące rozwoju zieleni miejskiej oraz działań na rzecz ochrony przyrody. Jest to cenny metodycznie artykuł, ponieważ wykazuje zależności między oficjalnymi rejestrami, a realnym dostępem do terenów zielonych, co jest kluczowym aspektem wypoczynku,



UNIwersytet Warszawski

rekreacji, utworzenie korytarzy ekologicznych dla zwierząt, ale też i natlenienia obszarów zurbanizowanych. Proces ten wymagał powiązania procedury przetwarzania aktualnych danych satelitarnych z danych geodezyjnymi. Doktorant zaproponował oryginalne rozwiązania metodyczne, które bazują na powszechnie dostępnych danych i algorytmach. Artykuł jest cennym kompendium wiedzy upowszechniającej dostęp do zasobów geoinformatycznych dla ogółu społeczeństwa, w tym samorządów, organizacji NGO, stowarzyszeń oraz uczniów i studentów zaangażowanych w sprawy lokalnych społeczności. Niewątpliwie jest to cenne społecznie podejście mające praktyczne implikacje w stanie zdrowotności mieszkańców, mając ilościowe i jakościowe podłoże badawcze. Założone cele badawcze zostały zrealizowane, gdyż Doktorant bazując na aktualnym przeglądzie literatury zaimplementował najnowsze dane teledetekcyjne do wygenerowania nowych jakościowo map prezentujących miejskie obszary zielone i dostępność społeczną do tych obszarów.

Strona językowa i redakcyjna opublikowanych artykułów nie budzi zastrzeżeń, także dlatego, że wszystkie manuskrypty przeszły przez profesjonalne zespoły redakcyjne oraz specjalistycznych recenzentów, którzy zmodyfikowali niezbędne elementy zgłoszonych tekstów. Z mojego punktu widzenia innowacyjność, społeczna oraz technologiczna ważność niniejszej rozprawy doktorskiej jest cenna, gdyż:

- Doktorant proponuje nową metodę szacowania zasobów zieleni miejskiej, bazując na regularnie pozyskiwanych danych, które są obiektywne i dostępne dla wszystkich obszarów zurbanizowanych, co pozwala ocenić zachodzące zmiany. Połączenie teledetekcyjnych wskaźników (Greenness Index (GI), Greenery Deficiency Index (GDI) oraz Greenery Participation Index (GPI)) stanowi nowatorskie podejście do analizy dostępności i jakości zieleni w miastach;
- opracowana metoda może być stosunkowo łatwa do implementacji przez samorządy, stowarzyszenia, pracownie urbanistyczno-planistyczne, co zwiększa jej potencjał do zastosowań praktycznych dla różnych miast o podobnej wielkości, co zwiększa jego użyteczność i stanowi cenne źródło odniesienia do innych obszarów, ale także zachodzących zmian w czasie, w tym ocenie efektów planowania przestrzennego;
- rozprawa doktorska odpowiada na istotne potrzeby społeczne, gdyż zieleń miejska odgrywa kluczową rolę w poprawie jakości życia mieszkańców, wpływając na zdrowie, samopoczucie oraz estetykę otoczenia. Tereny zielone są niezbędne dla rekreacji, relaksu oraz ochrony środowiska. Dodatkowo, analiza dostępności zieleni w kontekście gęstości zaludnienia oraz stanu demograficznego mieszkańców Łodzi wskazuje na ważne aspekty sprawiedliwości społecznej. Wskazanie obszarów z niedoborem zieleni pozwala na bardziej zrównoważone planowanie urbanistyczne, co może przyczynić się do poprawy warunków życia mieszkańców.

Każda z publikacji stanowi koncepcyjnie cenne opracowanie, widać wyraźną kontynuację badań zainicjowanych w poprzedniej publikacji, ale nierozstrzygniętą kwestią pozostaje problem, czy uzyskane wskaźniki i ich wartości byłyby podobne dla innych aglomeracji, np. cechujących się innymi uwarunkowaniami przyrodniczymi, np. Katowice, Olsztyn, Kraków, czy Wrocław? Zwracając uwagę na dalszy rozwój zawodowy Doktoranta



warto podkreślić fakt, iż czasopisma, w których opublikowane zostały artykuły mają lokalny zasięg, z jednej strony jest to cenne, gdyż publikacje w języku polskich pozwalają dotrzeć do szerokiego grona polskich odbiorców, gdyż teledetekcyjne słownictwo jest dość hermetyczne, więc unikanie bariery językowej predysponuje do szerszego zapoznania się z tematyką przez fachowców innych branż, ale warto też zwrócić uwagę, że opracowana metodyka jest cenna i jest dostęp do szerokiego grona międzynarodowych czytelników jest też utrudniony, co ograniczy możliwość cytowania i międzynarodowej dyskusji naukowej (aczkolwiek Doktorant opublikował cenny artykuł w dwóch międzynarodowych periodykach). Ponadto parametry bibliometryczne dorobku naukowego są ograniczone i w przyszłości nie pomoże to w ubieganiu się o prestiżowe projekty badawcze.

Reasumując, bardzo pozytywnie oceniam niniejszą rozprawę doktorską, ponieważ Doktorant skoncentrował się na trudnym obiekcie badań jakim jest miasto, czyli skomplikowany układ wzajemnych zależności społeczno-ekonomiczno-urbanistycznych, gdzie interesy komercyjne wywierają dużą presję na obszary zielone. Ponadto zmiany klimatu oraz zabudowa znacząco zmieniają topoklimat, generując wzrost ewapotranspiracji, podnosząc temperaturę powietrza i pogarszając warunki fitosanitarne ekosystemu miejskiego. Praca doktorska jest dobrze osadzona w literaturze przedmiotu, Doktorant cytuje szereg publikacji w poszczególnych artykułach naukowych, potwierdzając, że posiada dobry warsztat badawczy, nie tylko potrafi zaproponować interesującą procedurę badawczą, ale ją należycie zrealizować, umieszczając uzyskane wyniki we właściwym nurcie literatury przedmiotu. Mgr Adam Bielecki opracował i skutecznie przetestował integrację różnych modeli przetwarzania danych, a uzyskane wyniki opublikował w czasopismach z zakresu modułów pracy.

Doktorant wykazał się bardzo dobrą znajomością: a) tła teoretycznego przygotowanej rozprawy cytując właściwe publikacje w poszczególnych publikacjach; b) użytych pakietów oprogramowania i algorytmów do przetwarzania danych przestrzennych, np. ALS, obrazów satelitarnych, a także alternatywnych rozwiązań technologicznych stosując różne pakiety oprogramowania. Metodycznie są to cenne elementy, a uzyskane wyniki potwierdziły trafność proponowanych rozwiązań i powszechną dostępność dla użytkowników bazujących na rozwiązaniach open-source. Mocną stroną opracowania jest fuzja danych społeczno-ekonomicznych z danymi geoinformatycznymi (rastrowe i wektorowe) kwantyfikując środowisko przyrodnicze.

Rozprawę doktorską czyta się dobrze, jest ona zrozumiała i ciekawa merytorycznie. Pojedyncze błędy stylistyczne, językowe czy też edycyjne nie wpływają na jakość pracy. Niemniej Doktorant mógłby bardziej skoncentrować się na:

- bardziej aktualnych publikacjach, by podkreślić aktualnie rozwijane metody i uzyskiwane wyniki (także dlatego, że proces publikacyjny artykułów wchodzących w skład rozprawy rozpoczął się w 2017), więc należało podkreślić najnowsze trendy technologiczne (w ciągu ostatnich 5 lat licząc od daty obrony), a także uzyskane wyniki. W zaprezentowanym tekście rozprawy doktorskiej dominują starsze publikacje.
- Zaprezentowane mapy są średniej jakości, szczególnie, że praca realizowana jest na wydziale geograficznym w zakresie geoinformatyki. Dotyczy to braku obiektów odniesienia, np. główne drogi, cieki, nazwy placów, choćby podanych w tekście



UNIwersytet Warszawski

rozprawy, pozwoliłoby to czytelnikowi łatwiej zidentyfikować się w przestrzeni Łodzi. Dla międzynarodowego czytelnika ważnym elementem są współrzędne geograficzne, ale prezentując wielkoskalowe opracowania kartograficzne lepszym elementem są współrzędne geodezyjne, tym bardziej, że można połączyć współrzędne geograficzne i geodezyjne na mapie. Skala barwna prezentowanych kartogramów podzielona jest na 10 odcieni tej samej barwy, jest trudno odróżnić niewielkie różnice w odcieniach, więc Doktorant mógł zmienić skalę barwną, np. niekorzystne zakresy wskaźników oznaczyć barwą żółtą, pomarańczową, czerwoną zachowując tę samą intensywność barwy.

- Prezentowane mapy miasta Łodzi sprawiają wrażenie, że jest to wyspa, dlatego można było jako w podkładzie umieścić rozjaśniony obraz panchromatyczny, a barwą oznaczyć prezentowane zjawiska na terenie Łodzi.
- Zgodnie z kartograficznymi zasadami dodatkową treść, np. podziałkę liniową, legendę, umieszcza się poza ramką mapy lub w obrębie mapy, np. w jednym arkuszu, Doktorant złamał tę zasadę, ponadto zbędny jest kierunek północy, gdyż podane są współrzędne geograficzne, umożliwiając odczytanie kierunków geograficznych. Ponadto pełne wartości kilometrowe stosuje się po jednej stronie podziałki kilometrowej, a ułamki po drugiej stronie względem zera.
- Pomimo tego, że dyskusja uzyskanych wyników przeprowadzona została prawidłowo w każdym z prezentowanych publikacjach, ale w rozprawie doktorskiej powinna być szczegółowa dyskusja wyników, precyzyjnie odnosząc najważniejsze osiągnięcia do aktualnych publikacji, by wykazać najbardziej innowacyjne osiągnięcia merytoryczne i metodologiczne rozprawy doktorskiej (około 40% cytowanych publikacji powinno się znaleźć w dyskusji wyników).
- Brakuje podsumowania rozprawy doktorskiej w którym Doktorant powinien się szczegółowo odnieść do założeń pracy, by wykazać precyzyjnie jak założone hipotezy, cele pracy, problemy badawcze oraz założenia metodyczne zostały zweryfikowane w procesie badawczym i jak uzyskane wyniki wpływają na koncepcję pracy. W tej części Doktorant mógłby także wskazać, które elementy procesu badawczego powinny być dokładniej przeanalizowane i dalsze kierunki rozwoju prac badawczych.
- Wnioski powinny być krótkie i precyzyjnie identyfikować najważniejsze spostrzeżenia z zrealizowanych badań. We wnioskach nie powinno się zamieszczać rycin.

W recenzowanej pracy nie znajduję słabych punktów, natomiast kilka rzeczy powinno być przedmiotem dyskusji podczas publicznej obrony:

- Porównywalność uzyskanych wyników dla innych aglomeracji/dużych miast. Jest to istotne z dwóch względów: czy uzyskane zakresy wskaźników byłyby podobne, czy też dla innych miast należałoby eksperymentalnie ustalać nowe zakresy wartości wskaźników? Łódź ma dość niekorzystne warunki hydrogeologiczne oraz ograniczony dostęp do wód powierzchniowych, czy uzyskane obserwacje pokryłyby się w przypadku analiz przeprowadzonych dla innych miast?
- Czy zastosowanie danych temperaturowych (zakres podczerwieni termalnej) wsparłby proces delimitacji najbardziej cennych obszarów zielonych? Z jednej strony pozwoliłoby to wskazać obszary o najlepszym stanie kondycyjnym, a co się z tym wiąże najbardziej atrakcyjnych społecznie, czyli narażonych na wydeptywanie,



UNIwersytet
Warszawski

a powierzchnie pozbawione zieleni narażone są na wzrost temperatury, stres wodny poprzez wzrost ewapotranspiracji i niedobór wody.

- W jaki sposób punkt wysycenia może być utożsamiany z wartością LAI, która jest zależna od cech gatunkowych poszczególnych roślin, a także adoptowana do warunków dostępu do promieni słonecznych.

Wniosek wraz z uzasadnieniem co do spełnienia przez recenzowaną rozprawę doktorską warunków określonych w przepisach prawa

Osobiście bardzo pozytywnie oceniam rozprawę mgr. Adama Bieleckiego, pt.: *Metoda określania wielkości zasobów zieleni miejskiej w miejscu zamieszkania i jego sąsiedztwie z wykorzystaniem technik teledetekcyjnych*, ponieważ Doktorant w sposób metodyczny połączył różne dane społeczne i teledetekcyjne różnymi algorytmami geoinformatycznymi w celu oceny stanu obszarów zielonych i ich społeczną dostępność. Pokazuje to biegłość w posługiwaniu się narzędziami, a wszystko służy analizom przyrodniczym w celu uchwycenia prawidłowości zmian środowiska i odzwierciedleniu tych zmian odpowiednio dostosowanym aparatem informatycznym na potrzeby planowania przestrzennego z aplikacjami społeczno-zdrowotnymi. Całość pracy jest bardzo dobrze osadzona w teorii przedmiotu badań (planowanie przestrzenne i teledetekcja) a także przetwarzania dużej ilości danych. Przygotowane publikacje potwierdziły, że Doktorant bardzo dobrze zna wiedzę teoretyczną z zakresu nauk o Ziemi i środowisku, gdyż właściwie wybrał i zacytował szereg publikacji, właściwie zaplanował i zrealizował proces badawczy, zbierając bogaty materiał dokumentacyjny (terenowe pomiary miąższości koron drzew), który został gruntownie przeanalizowany pozwalając osiągnąć zamierzone cele; potwierdza to zarówno proces badawczy, bardzo interesujące wyniki, których ocena dokładności nie budzi zastrzeżeń. Uzyskane wyniki znajdują praktyczne zastosowania w planowaniu przestrzennym.

Reasumując, jednoznacznie potwierdzam, że niniejsza rozprawa doktorska prezentuje bogatą wiedzę teoretyczną mgr. Adama Bieleckiego w dyscyplinie nauk o Ziemi i środowisku oraz potwierdza umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej; dotyczy to realizacji dobrze zaplanowanych badań bazujących na prawidłowo zdefiniowanym problemie naukowym, a także oryginalności stosowanych rozwiązań. Warto podkreślić, iż zaproponowana metodyka przetwarzania danych teledetekcyjnych ma znaczący potencjał w urbanistyce i rozwoju społeczeństwa informacyjnego bazującego na osiągnięciach teledetekcyjnych znajdujących zastosowania w sferze społeczno-gospodarczych Polski.

Zgodnie z odpowiednimi dokumentami, w tym przepisami ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz.U. 2024 poz. 1571) w pełni popieram kontynuację procedury przewodu doktorskiego zmierzającego do publicznej obrony i nadania stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, dyscyplinie nauk o Ziemi i środowisku.

Z poważaniem

B. Zagajewski
Dr. hab. Bogdan Zagajewski