

Warszawa, 13.09.2021 r.

dr hab. inż. Emilian Szczepański, prof. uczelni  
Politechnika Warszawska  
Wydział Transportu  
ul. Koszykowa 75  
00-662 Warszawa

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

**mgra inż. Krystiana Baneta**

**pt. „Modelowanie wpływu otoczenia trasy  
na parametry podróży rowerami miejskimi”**

### 1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą wykonania recenzji rozprawy doktorskiej było powołanie na recenzenta w dniu 30 czerwca 2021 r. uchwałą Rady Naukowej Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej oraz pismo Dziekana Wydziału, prof. dr. hab. inż. Andrzeja Szaraty z dnia 9 lipca 2021 r. zlecające opracowanie recenzji.

### 2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pana mgra inż. Krystiana Baneta pt. „Modelowanie wpływu otoczenia trasy na parametry podróży rowerami miejskimi”. Praca została zrealizowana na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej, a jej promotorem jest dr hab. inż. Vitalii Naumov, prof. PK.

Recenzowana rozprawa doktorska obejmuje 159 stron. Dysertacja składa się ze streszczenia w języku polskim i angielskim, spisu treści, 6 rozdziałów w tym wprowadzenia i podsumowania, spisu rysunków, spisu fotografii, spisu tabel, bibliografii oraz spisu załączników. W treści rozprawy Autor odnosi się do 224 pozycji literaturowych, w tym do 2 artykułów własnych opublikowanych w j. angielskim (jeden autorski i jeden współautorski). W pracy zawarto 37 rysunków, 4 fotografie, 6 tabel i 30 wzorów. Materiał ilustracyjny, tabele i wzory zostały ponumerowane oraz odpowiednio opisane w treści pracy. Autor rozprawy stosuje aparat matematyczny niezbędny do przeprowadzenia rozważań w aspekcie modelowania wpływu otoczenia trasy na parametry podróży. Streszczenie pracy w sposób

Wydziału Inżynierii Lądowej	
Wpłynęło dnia	17.09.2022
L. dz.	10.510.17.5.2019
podpis <i>Goncalves</i>	

syntetyczny przybliży tematykę rozprawy, jej zakres oraz uzyskane efekty. Do pracy dołączono 5 załączników, o łącznej objętości 57 stron, zawierających skrypty z kodem w języku Python. Skrypty wykorzystywane były w analizie danych o podróżach rowerami miejskimi Wavelo.

Zasadniczą treść dysertacji można podzielić na część teoretyczną oraz praktyczną. Na część teoretyczną składa się zwięzła charakterystyka obszaru badawczego, stan aktualnych badań nad ruchem rowerowym oraz zagadnienia teoretyczne z zakresu dużych zbiorów danych, waloryzacji otoczenia, konstruowania modeli regresji. Z kolei w części praktycznej rozprawy przedstawiono wykorzystanie dużych zbiorów danych do modelowania ruchu rowerowego oraz metodykę i wyniki waloryzacji otoczenia trasy, a także modele wpływu otoczenia trasy na parametry podróży rowerami miejskimi.

### 3. Ocena rozprawy

---

#### 3.1. Struktura pracy

Dysertację rozpoczyna wprowadzenie, w którym Autor prezentuje przesłanki podjęcia tematu, cele pracy oraz podział treści na poszczególne rozdziały. Nakreślono wstępnie obszar badawczy i określono lukę badawczą, w którą wpisuje się praca. Autor omówił główne założenia zrównoważonego rozwoju i mobilności miejskiej, a także główne pojęcia związane z dużymi zbiorami danych (*ang. big data*).

W rozdziale drugim Autor przedstawia przegląd literatury w kontekście rozwiązywanego problemu badawczego. Opis stanu wiedzy w odniesieniu do poszczególnych aspektów ruchu rowerowego przedstawiono w 9 podrozdziałach oraz jednym rozdziale podsumowującym. Doktorant przedstawia charakterystykę roweru jako środka transportu, a także korzyści wynikające z jego stosowania do realizacji podróży. Podkreślono pozytywny wpływ na społeczeństwo w zakresie zdrowia, a także w zakresie ochrony środowiska. Autor na podstawie analizy literatury podkreśla duże znaczenie rozwoju systemu transportu rowerowego i wzrost udziału podróży rowerowych w kontekście planowania przestrzennego miast, wykorzystania terenu, a także oszczędności w zakresie kosztów zewnętrznych związanych z funkcjonowaniem systemu transportowego. Wskazuje główne czynniki warunkujące użytkowanie roweru w podziale na czynniki indywidualne i środowiskowe. W rozdziale tym dużo miejsca poświęcono omówieniu inicjatyw mających na celu stymulowanie rozwoju systemu rowerowego, a także jego roli w aspekcie realizacji idei zrównoważonego rozwoju. Kolejny podrozdział przedstawia analizę danych dotyczących podziału zadań przewozowych i udziału podróży rowerowych w różnych krajach, w tym w podziale na motywacje podróży. Autor



odnosi się również do badań krajowych w tym zakresie, a także porusza ważny, w świetle ostatnich wydarzeń, aspekt wpływu pandemii COVID-19 na udział podróży rowerowych. W kolejnej części rozdziału poddano analizie badania dotyczące parametrów podróży rowerowych, w tym długość trasy, prędkość komunikacyjną i chwilową, a także współczynniki wydłużenia i opóźnienia. W kolejnych podrozdziałach Doktorant omawia zagrożenia wykonywania pomiarów ruchu rowerowego oraz jego prognozowania, różne podejścia dotyczące modelowania ruchu rowerowego, a także systemy krótkoterminowego wynajmu rowerów i możliwość pozyskania z nich danych. W podsumowaniu rozdziału Autor wskazuje na lukę badawczą w zakresie analizy postojów rowerzystów i identyfikacji atrakcyjnych miejsc dla użytkowników systemów rowerów miejskich.

Rozdział trzeci dotyczy zastosowania dużych zbiorów danych w rozwiązywaniu problemu badawczego i rozpoczyna część praktyczną pracy. Doktorant scharakteryzował próbkę danych wykorzystywaną do dalszych analiz. Zaproponował metodę weryfikacji danych pozwalającą na wyczyszczenie zbioru z danych nienadających się do analizy. Opracowana metoda została zaimplementowana w języku Python a w rozdziale przedstawiono jej pseudokod. Skrypty z kodem zamieszczono w załącznikach do pracy. Autor w rozdziale przedstawił ponadto podstawowe statystyki oczyszczonego zbioru danych oraz opracowane mapy ciepła liczby i sumarycznego czasu postojów rowerzystów.

Rozdział czwarty rozprawy to prezentacja metodyki waloryzacji otoczenia trasy na podstawie oceny walorów kulturowych i przyrodniczych. Doktorant opracował siatkę waloryzacyjną z poziomami atrakcyjności otoczenia trasy, a także sprawdził poprawność opracowanej metody waloryzacji.

W rozdziale piątym Doktorant przedstawił przyjęte założenia do opracowania modeli wpływu otoczenia trasy na długość podróży, czas podróży oraz współczynnik wydłużenia trasy, a także liczbę i czas postojów. Przedstawił teoretyczne podstawy opracowania modeli regresji liniowej i logistycznej. Zbadał korelację liniową Pearsona i korelację rang Spearmana sprawdzając tym samym zależność liniową między zmiennymi. Następnie zaprezentował opracowane modele wpływu otoczenia trasy na parametry podróży rowerem wykorzystując modele regresji liniowej oraz logistycznej.

W rozdziale 6 dysertacji Doktorant przedstawił podsumowanie przeprowadzonych rozważań i odniósł się do celu rozprawy, sformułował wnioski, a także nakreślił kierunki dalszych badań.

W pracy, poza głównymi rozdziałami, dołączony został spis rysunków, fotografii i tabel, bibliografia oraz skrypty z kodem do analizy danych (dotyczy wersji elektronicznej pracy).

Oceniam, że przyjęty przez Autora układ pracy jest w większości prawidłowy. Tytuły kolejnych rozdziałów odpowiadają zawartej w nich treści i w sposób logiczny prezentują kolejne etapy prowadzonych badań zmierzające do osiągnięcia sformułowanego celu rozprawy.

Pomimo ogólnej pozytywnej oceny struktury rozprawy zauważam drobne mankamenty. Główna uwaga dotyczy objętości rozdziału drugiego oraz jego zawartości. Rozdział ten liczy 51 stron co powoduje dysproporcje rozłożenia treści w stosunku do pozostałych rozdziałów, tj. rozdziału 3 (25 stron), rozdziału 4 (15 stron), rozdziału 5 (19 stron). Uważam, że rozdział drugi dotyczący stanu aktualnych badań nad ruchem rowerowym mógłby zostać podzielony na dwa oddzielne rozdziały. Jego zawartość w dużej części bardzo szeroko omawia zagadnienia ruchu rowerowego i nie zawsze jest krytyczną analizą literatury w kontekście badań podjętych w dysertacji. W moim odczuciu rozdział drugi mógłby zostać podzielony na rozdział przedstawiający ogólną charakterystykę obszaru badawczego oraz na rozdział z przeglądem literatury odnoszącym się bezpośrednio do zagadnień badawczych. W strukturze pracy jest wyraźny podział na część teoretyczną oraz część praktyczną prezentującą dokonania Doktoranta. Jednak w niektórych rozdziałach części praktycznej znajdują się treści, jak np. opis budowy modeli regresji w rozdziale 5, które mogłyby zostać przeniesione do części teoretycznej.

Rozdziały dysertacji numerowane są w sposób dwu lub trzystopniowy, a każdy rozdział rozpoczyna się „tzw. tekstem wiszącym”. Zasadniczą rolą takiego tekstu jest wprowadzenie odbiorcy w tematykę rozdziału i wskazanie głównych wątków rozwijanych w kolejnych jego częściach. Uważam, że w wielu miejscach tekst ten jest za długi i nie zawsze spełnia swoje funkcje.

Pomimo powyższych, drobnych uwag uważam, że **przyjęta struktura pracy jest w większości prawidłowa i w sposób właściwy prezentuje podjęty problem badawczy, sposób jego rozwiązania i uzyskane rezultaty.**

### *3.2. Dobór tematu i sformułowanie celów rozprawy*

Ruch rowerowy jako element zrównoważonej mobilności jest bardzo ważnym zagadnieniem wpisującym się w aktualne trendy badawcze z zakresu kształtowania i organizacji systemów transportowych. Obecnie odnotowuje się stale rosnące zainteresowanie tematem ekologii i jest to zjawisko bardzo pożądane. Istotnym bowiem problemem zarówno gospodarczym jak i społecznym jest zanieczyszczenie środowiska związane z emitowaniem związków szkodliwych przez transport, a także degradacja infrastruktury, bezpieczeństwo uczestników ruchu czy kongestia. W dobie nacisku na ochronę środowiska i zatrzymanie zmian

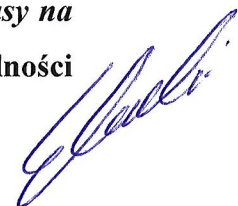


klimatu promowanie i rozwój systemów transportowych przyjaznych środowisku jest szczególnie ważne. Działania w tym zakresie podejmowane są przez wiele instytucji i organizacji. Unia Europejska od wielu lat jest inicjatorem akcji wspierających zrównoważony rozwój w aspekcie mobilności. Także w Polsce temat ten nabiera coraz większego znaczenia, lecz na razie głównie w aspekcie komunikacji miejskiej i elektrycznych samochodów osobowych. Odnotowuje się jednak wzrost liczby rowerzystów w ostatnich latach, a to wymaga podejmowania ukierunkowanych, odpowiednich działań. W Polsce stosunkowo niewiele jest dobrze zorganizowanych inicjatyw w zakresie rozwoju systemu transportu rowerowego. Zatem wszelkie badania pozwalające na lepsze poznanie zjawisk zachodzących w takim systemie, czy przewidujących zachowania jego użytkowników i pozwalające na określenie ich potrzeb są zasadne zarówno z naukowego jak i praktycznego punktu widzenia. **Uważam zatem, że sformułowany przez Autora cel naukowy rozprawy tj.: opracowanie modelu wpływu otoczenia trasy na parametry podróży w obrębie systemu rowerów miejskich został trafnie określony.**

Zachęcenie różnych grup uczestnika ruchu drogowego do korzystania z roweru wymaga odpowiednich działań promocyjnych, a przede wszystkim likwidacji barier i lepszego kształtowania przestrzeni transportowej. Autor dysertacji wskazuje ponadto, że odpowiednie kształtowanie przestrzeni transportowej z uwzględnieniem potrzeb percepcyjnych i ruchowych wszystkich uczestników ruchu drogowego, w tym pieszych i rowerzystów jest jednym ze sposobów redukcji zatłoczenia komunikacyjnego. Stąd też cel praktyczny pracy, który Doktorant sformułował jako **opracowanie narzędzia dla decydentów i urbanistów do identyfikacji miejsc, które są atrakcyjne dla użytkowników rowerów miejskich**. Wskazane narzędzie ma potencjał praktycznego zastosowania np.: w zakresie identyfikacji potencjalnych miejsc do lokalizacji urządzeń małej architektury, mebli miejskich do odpoczynku czy „wirtualnych stacji” do wypożyczenia/zwrotu roweru.

Zakres rozprawy wynika bezpośrednio z określonych celów pracy. W rozprawie można wydzielić część o charakterze teoretycznym i praktycznym. W pierwszej części przedstawiono najważniejsze zagadnienia teoretyczne oraz przegląd stanu wiedzy odnoszący się do systemu transportu rowerowego. W drugiej części przeprowadzono analizę danych o podróżach rowerami miejskimi, w tym opracowano metodykę weryfikacji dużych zbiorów danych o podróżach, opracowano metodykę waloryzacji otoczenia oraz opracowano modele wpływu otoczenia trasy na parametry podróży.

**Podsumowując uważam, że dysertacja pt.: *Modelowanie wpływu otoczenia trasy na parametry podróży rowerami miejskimi*” wpisuje się w zagadnienia dotyczące mobilności**



miejskiej i zrównoważonego rozwoju, a podjęty temat jest aktualny i ważny zarówno z naukowego jak i aplikacyjnego punktu widzenia. Zakres pracy jest obszerny i dotyka wielu problemów, został właściwie zdefiniowany i pozwala na osiągnięcie sformułowanych celów.

### *3.3. Dobór metod do rozwiązywania podjętych zagadnień badawczych*

Analiza ruchu rowerowego i parametrów podróży jest niezwykle trudnym zadaniem. Wynika to ze specyfiki systemu transportu rowerowego, w tym trudnego do modelowania zachowania użytkowników. Autor podjął się ambitnego zadania mającego na celu zbadania wpływu otoczenia trasy na parametry podróży rowerem miejskim. Do jego realizacji zaproponował metodykę, w której można wskazać trzy główne elementy. Pierwszy dotyczy wykorzystania dużych zbiorów danych i ich weryfikacji, drugi waloryzacji otoczenia, a trzeci opracowania modeli regresji i analizy wpływu otoczenia trasy na parametry podróży. Elementy te zostały przedstawione odpowiednio w rozdziałach 3, 4 oraz 5.

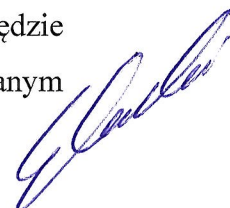
W zakresie wykorzystania dużych zbiorów danych do modelowania ruchu rowerowego Doktorant wykorzystał pliki *GPX* zawierające dane o podróżach rowerowych pozyskane od firmy *BikeU*, operatora krakowskiego systemu rowerów miejskich *Wavelo*. Do odczytu danych, ich weryfikacji i analizy wykorzystał środowisko *Jupyter Notebook* oraz język programowania *Python 3*. Słusznie zauważa, że część danych otrzymanych z takich systemów może być nieprzydatna w analizie np. ze względu na błędne odczyty lokalizatora GPS. Doktorant zaproponował autorską procedurę czyszczenia zbioru danych składającą się z trzech etapów. Każdy etap przynosi zamierzone efekty i pozwala odrzucić nieprzydatne lub błędne dane. Efektywność i poprawność zastosowanej metody czyszczenia udowadnia przedstawiając rozkład średniej prędkości, po każdym etapie czyszczenia, na wykresie (rys. 3.4). Kolejnym etapem pracy z uzyskanym zbiorem danych jest weryfikacja danych o postojach tj. ich liczbie i czasie trwania. W tym celu zaproponowano autorską procedurę składającą się z 5 etapów, a wyniki jej przeprowadzenia przedstawiono w postaci mapy ciepła (rys. 3.6) oraz tabeli ze statystykami wyfiltrowanej próbki (tab. 3.3). Następnie przeprowadzono agregację danych do pól siatki nałożonych na analizowany obszar miasta, a wyniki opracowanej procedury przedstawiono na rysunkach: 3.7, 3.8, 3.9, 3.10. Autor przeprowadził również dychotomizację danych o liczbie postojów i czasie postoju, a wyniki opracowanej procedury przedstawił na rys. 3.11 i 3.12. Opracowane procedury pozwoliły przygotować zbiór danych do przeprowadzenia



dalszych rozważań. Wykorzystanie różnych form graficznej prezentacji danych ułatwia ocenę ich poprawności, a tym samym ocenę poprawności opracowanych procedur.

Dla potrzeb waloryzacji otoczenia Doktorant również opracował skrypty w języku Python. Zaproponował autorską metodę waloryzacji otoczenia polegającą na analizie walorów krajobrazu kulturowego oraz krajobrazu przyrodniczego. Występowanie zabytków, parków, cieków wodnych i zbiorników wodnych przeanalizowano w oparciu o siatkę Krakowa przygotowaną we wcześniejszym etapie prac. Jako dane wejściowe do metody posłużyły dane pozyskane z Obserwatorium Miasta Krakowa. Autor w wyniku ich przetwarzania sprowadził je do postaci dychotomicznej, co pozwoliło na przedstawienie siatek z polami w których występują określone walory kulturowe lub przyrodnicze (rys. 4.4, rys. 4.5). Następnie uzyskane zbiory danych przestrzennych posłużyły do waloryzacji otoczenia trasy. Na podstawie opracowanej metody wyznaczono ocenę każdego pola siatki określającą jego poziom atrakcyjności. Wyniki zobrazowano na rys. 4.7 i 4.8. Ponadto porównano uzyskane rezultaty z oceną przestrzeni turystycznej opracowanej dla Urzędu Miasta Krakowa wskazując na duży stopień podobieństwa, a tym samym potwierdzono poprawność autorskiej metody waloryzacji otoczenia.

W analizie wpływu otoczenia trasy na parametry podróży rowerami miejskimi Autor wykorzystał efekty wcześniej wykonanych prac. Zbadał wpływ otoczenia trasy na parametry podróży takie jak: czas podróży, długość podróży oraz współczynnik wydłużenia trasy, a także czy wpływa ono na liczbę i czas postojów rowerzystów. Doktorant ponownie przeprowadził weryfikację zbioru danych wybierając podróże, które w całości przebiegały w Krakowie. Uzyskany zbiór danych podzielił na treningowy i testowy w proporcji 80:20. Do oceny wpływu otoczenia trasy na czas podróży, długość oraz współczynnik wydłużenia trasy opracował modele regresji liniowej poprzedzając je badaniem korelacji liniowej Pearsona i rang Spearmana. Zbadał istotność statystyczną współczynników regresji oraz dla oceny jakości opracowanych modeli wyznaczył współczynnik determinacji  $R^2$ . Podobną metodykę zastosował w przypadku badania wpływu otoczenia trasy na liczbę i czas postojów użytkowników rowerów miejskich. Na podstawie wstępnych badań wskazał na niską jakość dopasowania modelu z wykorzystaniem jednej zmiennej objaśniającej tj. poziomem atrakcyjności otoczenia danego pola siatki. Dlatego też opracował modele w oparciu o zmienne objaśniające zidentyfikowane na etapie waloryzacji otoczenia. Dla wyznaczonych modeli zbadał istotność statystyczną współczynników regresji oraz wyznaczył współczynnik  $R^2$ . Doktorant zauważył, że z punktu widzenia celu praktycznego pracy wystarczające będzie opracowanie modelu, który pozwoli ocenić prawdopodobieństwo wystąpienia na danym



obszarze dużej liczby postojów lub o długim łącznym czasie postojów. Z tego względu opracował modele regresji logistycznej dla których zmienna objaśniająca opisywała poziom atrakcyjności otoczenia danego pola siatki waloryzacyjnej. Zbadał istotność statystyczną współczynników regresji oraz ocenił jakość i poprawność modeli na podstawie tablicy pomyłek (rys. 5.9 i 5.11) oraz krzywej ROC (rys. 5.10 i 5.12).

**Podsumowując, przyjętą metodykę oraz opracowanie poszczególnych elementów metody oceniam pozytywnie. Działania podjęte przez Doktoranta pozwoliły na przeprowadzenie rozważań zmierzających do osiągnięcia celu pracy i są adekwatne do sformułowanego problemu badawczego. Pan mgr inż. Krystian Banet wykazał się dużą wiedzą i umiejętnościami w zakresie programowania oraz weryfikacji i analizy danych. Potrafi krytycznie ocenić uzyskane rezultaty i wyciągać konstruktywne wnioski. W mojej ocenie świadczy to o dojrzałości naukowej Doktoranta i samodzielności w prowadzeniu badań naukowych.**

### *3.4. Analiza literaturowa, dobór i sposób wykorzystania źródeł*

Autor przeprowadził obszerne studia literaturowe. Bibliografia zawiera 224 pozycje, przy czym źródła [2] i [43] są bardzo podobne, a [4] i [162] są to te same prace. W spisie literatury 151 pozycji to publikacje naukowe, pozostałe są to źródła takie jak opracowania popularnonaukowe, akty prawne, raporty, strony internetowe. Spośród publikacji naukowych ponad 66% jest w języku obcym. Ponad 52% pozycji naukowych opublikowano po 2010 roku, a 29% po 2015 roku. Wśród cytowanej literatury znalazły się dwie prace Doktoranta, w tym 1 autorska i 1 współautorska z promotorem, obydwie w j. angielskim. Literatura jest stosunkowo aktualna i stanowi cenny zbiór porządkujący wiedzę z zakresu szeroko pojętego ruchu rowerowego i zagadnień pokrewnych.

Autor wykazuje dużą znajomość podjętego tematu i swobodnie porusza się w różnych zagadnieniach. Czytelnie przedstawia szeroki zakres tematyczny obejmujący korzyści ruchu rowerowego, czynniki i bariery w rozwoju ruchu rowerowego, promocji ruchu rowerowego w aspekcie zrównoważonego rozwoju, udział podróży rowerowych, parametry podróży rowerowych, pomiary i prognozowanie ruchu rowerowego, modelowanie ruchu rowerowego oraz systemy rowerów publicznych. Zasadnicza część dotycząca przeglądu literatury została zawarta się w rozdziale 2. Dodatkowe elementy umieszczono w innych rozdziałach dotyczących konkretnego zagadnienia. W rozdziale 3 przedstawiono teoretyczne podstawy w zakresie weryfikacji zbiorów danych, w rozdziale 4 w zakresie waloryzacji przestrzeni geograficznej, natomiast w rozdziale 5 z zakresu modeli regresji.



Doktorant trafnie wyciąga wnioski na podstawie studiów literaturowych, potrafi analizować i krytycznie oceniać aktualny stan badań. Dowodem na to jest zidentyfikowana luka badawcza dotycząca *analizy postojów rowerzystów i identyfikacji atrakcyjnych miejsc dla użytkowników systemów rowerów miejskich*. Ponadto we wprowadzeniu do pracy Autor zwraca również uwagę na braki w literaturze dotyczące metod szacowania popytu na podróże rowerowe.

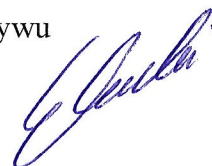
**W mojej ocenie przegląd jest dokładny i adekwatny do podjętej tematyki. Pozwolił Doktorantowi na zgromadzenie niezbędnej wiedzy oraz przyjęcie właściwej metodyki do rozwiązania podjętych zagadnień badawczych, a tym samym osiągnięcie celu pracy i zwiększenie wiedzy w obszarze zidentyfikowanej luki badawczej.**

### *3.5. Wartość naukowa i oryginalność rozprawy*

Pan Krystian Banet podejmuje w dysertacji trudne zadanie zbadania wpływu otoczenia trasy na parametry podróży rowerami miejskimi. W tym celu opracował autorskie podejście w zakresie rozwiązania różnych problemów badawczych dotyczących wykorzystania dużych zbiorów danych, waloryzacji otoczenia, modelowania wpływu otoczenia na parametry podróży rowerami miejskimi. Uzyskał w ten sposób narzędzie, które może być pomocne decydentom i urbanistom w wyznaczaniu miejsc atrakcyjnych dla użytkowników rowerów miejskich. Odnosi się ono bezpośrednio do zidentyfikowanej przez Doktoranta luki badawczej tj. braku badań w zakresie analizy postojów rowerzystów i identyfikacji atrakcyjnych miejsc dla użytkowników systemów rowerów miejskich. **W mojej ocenie świadczy to o oryginalności rozprawy, a wykorzystanie metody w praktyce może przyczynić się do lepszego kształtowania przestrzeni publicznej z uwzględnieniem potrzeb użytkowników rowerów miejskich.**

Analizując dysertację można wskazać trzy aspekty jakimi się cechuje w kontekście oryginalnego wkładu w dyscyplinę naukową inżynieria lądowa i transport, tj.:

- a) aspekt poznawczy – przeprowadzenie obszernych studiów literaturowych w zakresie ruchu rowerowego i uporządkowanie wiedzy w tym zakresie;
- b) aspekt koncepcyjny – opracowanie autorskiego podejścia do badania wpływu otoczenia na parametry podróży rowerem miejskim z wykorzystaniem dużych zbiorów danych, a także narzędzia do identyfikacji miejsc atrakcyjnych dla użytkowników rowerów miejskich, które może być zastosowane w praktyce;
- c) aspekt użytkowy – zastosowanie opracowanej metody i narzędzia do badania wpływu otoczenia na parametry podróży rowerami miejskimi w Krakowie.



#### 4. Uwagi szczegółowe

---

Uważam, że przedłożona do oceny rozprawa została przygotowana na bardzo dobrym poziomie. Nie dostrzegam błędów w przeprowadzonych rozważaniach. Poniższe uwagi w formie pytań mają na celu doprecyzowanie toku rozumowania Autora oraz zwrócenie uwagi na pewne nieścisłości lub niedomówienia.

1. W rozdziale 1.1. na str. 15 Autor stwierdza: „*Bez względu na wskazane powyżej ograniczenia, przygotowana dysertacja wpisuje się w szerszy kontekst działań związanych z opracowaniem modeli rozwoju ...*”. Powyższe sformułowanie jest niezrozumiałe, ponieważ wcześniej Autor nie wskazuje konkretnych ograniczeń. Jakie są to ograniczenia i jak mogą wpłynąć na wpisanie się dysertacji we wspomniany kontekst?
2. W rozdziale 1.2 na str. 16 Autor wśród działań służących osiągnięciu sformułowanego celu naukowego pracy wskazuje „*opracowanie zaawansowanych modeli uczenia maszynowego*”. W dysertacji zabrakło definicji maszynowego uczenia i charakterystyki tego zagadnienia. Jedyne wzmianki dotyczące maszynowego uczenia pojawiają się na str. 74 przy opisie aplikacji Jupyter Notebook, str. 80 przy opisie metody SCARE i str. 130 przy opisie krzywej ROC. W związku z powyższym proszę o komentarz:
  - a. Co Autor rozumie pod pojęciem modelu uczenia maszynowego?
  - b. Jak przebiega maszynowe uczenie i które elementy przedstawione w pracy są maszynowym uczeniem?
  - c. Co świadczy o tym, że opracowane modele są zaawansowane?
3. W rozdziale 2.5 Autor przedstawia dane i wyniki badań dotyczące podziału zadań przewozowych i udziału podróży rowerowych. Cytowane źródła dotyczące powyższego aspektu często są sprzed 10-15 lat. W mojej ocenie zabrakło komentarza odnośnie do aktualności przytoczonych danych. Czy pomimo upływu czasu przedstawione dane liczbowe są wciąż aktualne? Czy podjęto próbę pozyskania nowszych danych?
4. W rozdziale 3 dysertacji przyjęto określone założenia do „czyszczenia” zbioru danych i agregacji danych. Nie wszystkie założenia zostały jednak uzasadnione.
  - a. Dlaczego jako graniczną wartość różnicy w czasie odczytu dwóch kolejnych punktów na trasie w I etapie czyszczenia danych (rozdział 3.1.1) przyjęto 5 minut?
  - b. Dlaczego jako graniczną wartość dystansu pomiędzy lokalizacją postoju, a lokalizacją przejazdu rowerowego lub kolejowego w etapie IV i V weryfikacji postojów (rozdział 3.2.1) przyjęto 50 metrów?



- c. W rozdziale 3.2.3 jako parametry opisujące pole siatki przyjęto liczbę i sumaryczny czas postojów. Czy rozważano inne parametry?
- d. W rozdziale 3.2.4 Autor wskazuje: „*W toku analiz postojów użytkowników systemu rowerów miejskich Wavelo zaistniała potrzeba określenia liczby i sumarycznego czasu postojów w formie zmiennej dychotomicznej...*”. Co uzasadnia zastosowanie zmiennej dychotomicznej w tym przypadku, jak i w przypadku waloryzacji otoczenia trasy?
5. Waloryzację otoczenia trasy przeprowadzono na podstawie autorskiej metody. Dlaczego Autor zdecydował się na opracowanie własnej metody oceny walorów poszczególnych obszarów zamiast przypisać polom z siatki wartości z raportu przygotowanego dla UMK?
6. W rozdziale 5 pojawia się pojęcie zbioru treningowego i testowego. Czym są te dwa zbiory danych, na podstawie jakich założeń je uzyskano? Czy próbowano wyznaczyć modele regresji przy innych założeniach?
7. W jaki sposób wyznaczono wartości współczynników regresji w modelach w rozdziale 5?
8. Analizowana próbka danych dotyczy kolejnych 8 dni od 31 maja do 7 czerwca. Czy analiza danych z innego okresu, np. lipca bądź sierpnia, pozwoliłaby na opracowanie modeli o lepszych współczynnikach determinacji?
9. Czy dla pozyskanych danych możliwe jest opracowanie procedury, która kwalifikowałaby podróże do określonych motywacji? Czy podział danych na motywacje byłby użyteczny w badaniu wpływu otoczenia trasy?
10. Na stronie 135 Autor stwierdza: „aplikacja powyższych modeli możliwa jest w dużych i średnich miastach”. Jakie wymagania muszą być spełnione, aby móc zastosować opracowane narzędzie w innym mieście?

Praca pod względem edycyjnym jest przygotowana bardzo dobrze. Dostrzegam jednak drobne niedoskonałości, które nie wpływają na moją, wysoką ocenę rozprawy. Poniższe uwagi nie wymagają komentarza, mają one charakter sugestii bądź zwracają uwagę na pewne niedociągnięcia edycyjne.

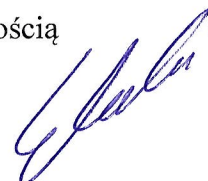
11. W zapisach zależności matematycznych w rozdziale 3 i 4 pojawiają się drobne nieścisłości i niekonsekwencje. Np. wzór (1) w  $TP_i$  występuje indeks dolny  $i$ , z kolei we wzorze (2)  $TP$  jest bez indeksu; wzór (6) został sformułowany niepoprawnie, a także granica sumowania we wzorze (6) jest niepoprawnie określona; brak wyjaśnienia niektórych symboli np.  $t_s$ ,  $N_{TP}$ ; ze wzorów (11) i (12) wynika, że pole  $Field$  jest opisane dwoma parametrami, a nie jednym, a w zapisie zabrakło indeksów  $i$  oraz  $j$ , ponadto jeszcze inną konwencję zapisu pól siatki przyjęto w rozdziale 4.

12. W pracy pojawia się wiele pojęć, które wymagają zdefiniowania. W niektórych przypadkach brakuje ich definicji (jak np. maszynowe uczenie), bądź definicja pojawia się stosunkowo późno, np. współczynnik wydłużenia trasy (wspomniany jest na str. 14, a jego definicja pojawia się dopiero na str. 50).
13. W mojej ocenie w pracy zabrakło rozdziału opisującego uogólnioną metodykę rozwiązania problemu badawczego wraz z założeniami i ich uzasadnieniem. Wyjaśniłoby to część wątpliwości i pytań sformułowanych powyżej. Pomocny w tym zakresie mógłby się okazać algorytm metody np. w postaci schematu blokowego.
14. Obecnie, dobrą praktyką stosowaną w opracowaniach naukowych jest przedstawianie zakresu i poszczególnych elementów pracy w postaci schematycznej np. diagramów blokowych. Ponadto dużym ułatwieniem dla odbiorcy jest zamieszczenie wykazu ważniejszych symboli, skrótów, oznaczeń, czy głównych definicji. Takie elementy są przydatne, szczególnie gdy jest ona rozbudowa i porusza wiele aspektów i problemów badawczych.
15. Uważam, że wygodniejszym sposobem porządkowania bibliografii jest jej zapis w kolejności alfabetycznej. Przyjęta przez Autora konwencja, tj. porządkowanie wg. kolejności pojawiania się cytowania w tekście, sprzyja pomyłkom takim jak np. dublowanie pozycji (pozycje [4] i [162]).

## 5. Podsumowanie i wniosek końcowy

---

Rozprawa doktorska p. mgra inż. Krystiana Baneta została opracowana na wysokim poziomie merytorycznym. Autor wykazał się bardzo dobrą znajomością problematyki modelowania systemów transportu rowerowego. Na podstawie obszernego przeglądu literatury trafnie zidentyfikował lukę badawczą co pozwoliło na sformułowanie celu naukowego i celu praktycznego rozprawy. Zastosowana metodyka rozwiązania sformułowanego zadania badawczego jest poprawna i pozwoliła na opracowanie narzędzia dla decydentów i urbanistów do identyfikacji miejsc, które są atrakcyjne dla użytkowników rowerów miejskich. Cele pracy zostały osiągnięte. Uważam, że praca doktorska Pana Krystiana Baneta jest wartościowym dziełem naukowym i stanowi oryginalny wkład w dyscyplinę naukową inżynieria lądowa i transport. Przeprowadzone rozważania świadczą o umiejętności doboru metod i narzędzi służących rozwiązaniu problemu badawczego oraz krytycznej oceny uzyskanych rezultatów. Uważam zatem, że Doktorant wykazał się dojrzałością badawczą oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.





Podsumowując stwierdzam, że recenzowana praca doktorska mgra inż. Krystiana Baneta pt. „Modelowanie wpływu otoczenia trasy na parametry podróży rowerami miejskimi”, spełnia warunki stawiane rozprawie doktorskiej określone w ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. W związku z powyższym wnoszę o przyjęcie rozprawy przez Radę Naukową Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej i dopuszczenie Pana mgra inż. Krystiana Baneta do jej publicznej obrony.

