

Prof. dr hab. Piotr A. Werner
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych
Uniwersytet Warszawski

00-927 Warszawa
ul. Krakowskie Przedmieście 30
tel. 225520652
email: peter@uw.edu.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Wojciecha Pomianowskiego pt.: „Wpływ struktury sieci transportowej na dostępność przestrzenną. Dynamiczne ujęcie grafowe.”

Formalną podstawą recenzji jest pismo Dyrektora Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN im. Stanisława Leszczyckiego, prof. dr hab. Jerzego Bańskiego z dn. 27/06/2018 r. Recenzję wykonano na podstawie dostarczonego maszynopisu, wydruku egzemplarza rozprawy oraz dołączonych do niej streszczeń w języku polskim i angielskim.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska, napisana pod kierunkiem prof. dr hab. Tomasza Komornickiego, liczy 117 stron, składa się z 15 rozdziałów (w tym wstępu i zakończenia) oraz spisu literatury. Ponadto w pracy zawarto 47 rycin (w tym mapy i diagramy). Częścią tekstu są także 73 wyróżnione ramki, fragmenty (listing) pseudokodu programów komputerowych i wzory (wg ujednoliconej numeracji w tekście). Spis literatury obejmuje 85 pozycji w języku angielskim oraz 11 w języku polskim (łącznie z adresem autorskiej witryny dedykowanej modelowi dostępności grafowej). Poszczególne rozdziały zostały dodatkowo podzielone na podrozdziały (drugiego i trzeciego stopnia).

Problematyka rozprawy, jak sugeruje tytuł, mieści w ramach geografii transportu, a bardziej szczegółowo, w dziedzinie modelowania i symulacji sieci transportowych, z wykorzystaniem matematycznej teorii grafów, uwzględniając także aspekty modelowania dostępności przestrzennej. Natomiast w tekście Autor precyzuje dokładniej, że faktycznie przedmiotem jego badań będzie wyłącznie sieć dróg kołowych, a dostępność przestrzenna będzie odzwierciedlona za pomocą modelowania interakcji przestrzennych między poszczególnymi węzłami sieci osadniczej (przeważnie miastami; Autor używa pojęcia: centrum rejonu komunikacyjnego). Zakres przestrzenny badań empirycznych dotyczy obszaru Polski wg stanu na 2015 rok. Mgr Wojciech Pomianowski nie ogranicza się jedynie do konstruowania statystycznych i matematycznych modeli i ich numerycznej realizacji, ale część tekstu rozprawy poświęcona jest także metodologii i terminologii, między innymi ontologicznemu oraz epistemologicznemu rozumieniu pojęcia dostępności (w tekście precyzuje jednak, że chodzi o dostępność transportową). W tym celu definiuje komponenty oraz rozważa różne aspekty dostępności: etyczne, polityczne, logiczne (formułując aksjomaty dostępności w kontekście teorii reprezentacji numerycznej zjawisk empirycznych).

Zasadnicze cele rozprawy, sformułowane we wstępie, dotyczą najogólniej „oceny efektywności (...) analizy dostępności przestrzennej w badaniu dynamiki sieci transportowej” (str.5). Lektura dalszej części wstępu ujawnia właściwe rozumienie celu przez Autora jako zdolności przyjęcia zmiennego (domyślnie - większego) obciążenia przez fragment sieci (domyślnie – transportowej) bądź jej eliminacji i skutków tej zmiany dla innych elementów tej sieci. Tak sformułowany ogólny cel pracy ma odpowiadać na założone w tytule ujęcie dynamiczne. W dalszej części wstępu deklaruje cele operacyjne rozprawy (str. 6). Miedzy innymi: (i) analizę teoretyczną pojęcia dostępności i realizację praktyczną modelu numerycznego dostępności transportowej, bazując na wybranym modelu interakcji przestrzennych, (ii) konstrukcję teoretyczną i operacjonalizację (numeryczną) dwóch narzędzi umożliwiających analizę (wyżej rozumianej) dynamiki sieci, (iii) symulację dynamiki sieci posługując się wybranym wcześniej modelem sieci transportowej i wspomnianymi narzędziami. Właściwa operacjonalizacja

wyżej wspomnianych modeli i narzędzi numerycznych to implementacja programu komputerowego (aplikacji) i wizualizacja symulacji dynamiki dostępności dla całej sieci transportowej Polski (studium empiryczne).

Problem badawczy, który podjął Autor, ze względu na swoją specyfikę, interdyscyplinarność oraz znaczenie społeczne, długą tradycję badawczą i mnogość proponowanych rozwiązań, zależnych niekiedy od lokalnych uwarunkowań rozwoju transportu, wymaga bardzo zdyscyplinowanego podejścia, abstrahowania od wielu kwestii wykraczających poza określone ramy problemu (między innymi ekonomiczne, społeczne, polityczne i kulturowe, jak również przyrodnicze). Jako hipotezę pracy można uznać (choć nie zostało to *explicite* napisane w tekście) stwierdzenie, dotyczące jakościowego i ilościowego wymiaru dynamiki sieci (transportowej, str. 6); jakościowa - miałyby się wyrażać zmianą wybranych potencjalnych ścieżek podróży (na skutek indywidualnych wyborów podróżujących); ilościowa – wyrażająca się responsywnością całej sieci na skutek „zmian zdolności przenoszenia ruchu przez [jej] fragment”. Klasykne podejście do problemu wyboru trasy wiąże się z powszechnie znanym „problemem komiwojażera” oraz algorytmami: Dijkstry - wyznaczania najkrótszej trasy w grafie skierowanym (i innymi: algorytmem A*, algorytmem Bellmana-Forda).

Praca składa się z trzech głównych części teoretycznych i czwartej, poświęconej weryfikacji empirycznej wybranych wątków teoretycznych. Rozpoczyna ją uporządkowany przegląd literatury przedmiotu poświęconej modelom grawitacji i potencjału – modelom interakcji przestrzennych (ok. 1/3 tekstu). Konkluzją jest przyjęcie definicji dostępności wg Hansena (1959) jako miary możliwości interakcji - sumarycznego potencjału z uwzględnieniem (specyficznego) wykładnika funkcji oporu (odległości). Autor dokonuje później operacjonalizacji dostępności transportowej rozumianej jako dostępność przestrzenna i która jest w rozprawie głównym narzędziem i parametrem weryfikacji responsywności ilościowych i jakościowych zmian w sieci transportowej (wg modelu Wilsona). W następnych rozdziałach przedstawiono szereg zagadnień znacznie wykraczających poza wąskie rozumienie metodologiczne potencjału jako narzędzia badawczego reprezentującego szeroko rozumianą dostępność. Refleksję na temat „granic analogii” i stosowania metod geograficznych zapożyczonych z fizyki, własności skalarnych i wektorowych badanych zjawisk, kończy w rozdziale 2 stwierdzenie o znacznych uproszczeniach stosowania modeli fizycznych nie znajdujących swojego odpowiednika w geografii. Widać wyraźnie, że Autor hołduje tutaj systemowi aksjomatyczno-dedukcyjnemu, jakkolwiek w geografii często stosuje się także rozumowanie abdukcyjne. Kolejne rozważania (r. 4, 5, 6, 7), stanowiące dalszą część refleksji filozoficzno-terminologicznej, poświęcone są ontologii dostępności, a argumentacja zaczerpnięta z literatury przedmiotu konfrontowana jest z terminami wprowadzanymi przez Autora np. *grupa pasażerów labilnych*, *dyskretne zdarzenia transportowe*, *horyzont czasowy*, które mają posłużyć w operacjonalizacji badań. W rozdziale pt.: ‘Komponenty dostępności’ rozważane są sfery badań dostępności (str. 31) oraz, między innymi, poruszany jest aspekt możliwości zastosowania teorii gier, aspekty behawioralne procesu decyzyjnego w trakcie podróży i propozycje zastosowań miar postrzeganych możliwości eliminujących opór odległości w procesie podejmowania decyzji w trakcie podróży. Nie znajdują one w dalszym toku badań zastosowań, ale stanowią wyczerpującą dokumentację terminologiczną i metodologiczną; punkt wyjścia do badań systemów transportowych o zupełnie innym charakterze i świadczące o interdyscyplinarności podejmowanej tematyki. Można pokusić się o uzupełnienie tej listy także o zaczerpniętą z psychologii środowiskowej teorię afordancji (tj. możliwości działań w szerokim znaczeniu wszystkich dostępnych możliwości, jak i węższym – tylko tych które są postrzegane przez osobę). Ten fragment rozprawy kończą rozdziały dotyczące aksjomatycznego ujęcia dostępności (niezbędne dla dalszej numerycznej reprezentacji badanych zjawisk i oparte na literaturze przedmiotu) oraz poświęcone etycznym i politycznym wymiarom dostępności. Przywoływane są przede wszystkim przemyślenia Manuela Castellsa. Można zgadzać się lub nie z niektórymi stwierdzeniami Autora (np. na temat bezużyteczności recepty myśli liberalnej ograniczającej sferę użycia wolności w odniesieniu do pewnych kontekstów czy braku stabilizacji popytu w przypadku interaktywności), ale przy tak szeroko zdefiniowanym temacie dyskusji ważne wydaje się też (zdaniem recenzenta) wskazanie takich zagadnień wpływających na systemy transportowe i interakcje przestrzenne jak np. dematerializacja (np. biletów w ruchu pasażerskim, *shuttle buses* czy elektroniczne opłaty za przejazdy drogami szybkiego ruchu – w Polsce *viaTOLL*), sprzężeń zwrotnych w transporcie multimodalnym oraz pozytywnych i negatywnych efektów zewnętrznych,

np. związanych z pojawianiem się korków na nowo wybudowanych drogach szybkiego ruchu na skutek postrzeżenia ich przez podróżujących jako najszybszych dróg przemieszczania się.

Druga część pracy poświęcona jest modelowaniu sieci transportowej Polski wg stanu na 2015 rok (ok. 10% tekstu). Do tego celu wykorzystuje opublikowany w 2012 roku (autorstwa P. Rosika) sparametryzowany model interakcji przestrzennych oparty na bazie danych przestrzennych sieci drogowej Polski opracowanej w Instytucie Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN. Oryginalny model posłużył do wizualizacji (czasowej?) dostępności rejonów komunikacyjnych (odpowiadających gminom). Można się tego domyślać na podstawie ryc.10, wizualizacji dostępności wg modelu bazowego. Niestety, mapa nie zawiera w legendzie jednostek (miar), w podpisie nie wskazano autorstwa i daty aktualizacji modelu. Można się jedynie domyślać z kontekstu rozprawy, że jest to geowizualizacja wygenerowana na podstawie modelu przez Autora rozprawy. Na podstawie tego samego modelu, uwzględniając wbudowany w autorskie oprogramowanie algorytm Dijkstry, w rozprawie konstruowany jest płaski graf planarny odzwierciedlający powiązania topologiczne między centrami rejonów komunikacyjnych, dla którego dodatkowo zdefiniowano atrybuty krawędzi odpowiadające liczbie najkrótszych ścieżek (dróg) łączących centra rejonów komunikacyjnych (węzły grafu), które są obsługiwane przez te krawędzie. Dzięki temu uzyskano graf z wagami (każdej krawędzi przypisano liczbę) - w pracy Autor używa pojęcia „obciążenie ścieżkami”. W ten sposób uzyskano model sieci drogowej Polski jako grafu planarnego z wagami, co umożliwiło jego ponowną geowizualizację (ryc. 13) oraz uzyskanie statystyk dotyczących ważności poszczególnych połączeń w tej sieci (liczebności połączeń pomiędzy centrami rejonów komunikacyjnych, wyrażonej jako udział procentowy ogólnej liczby tras łączących węzły komunikacyjne). Wygenerowano dwa warianty tego modelu sieci transportowej, uwzględniając prędkości rzeczywiste i symulowaną prędkość stałą przemieszczania się w sieci transportowej (ryc. 13, 15). Z kontekstu rozprawy można zrozumieć, że założone prędkości przemieszczania się w sieci transportowej stanowią parametry modelowania autorskiego oprogramowania i są sparametryzowane ponownie na podstawie modelu z 2012 roku, zaktualizowanego do sytuacji w 2015 roku (tego nie ujawniono w podpisach rycin). Statystyczna analiza korelacji ważności dróg ('obciążenia ścieżek') i symulowanych prędkości rzeczywistych nie ujawniła istotnego związku. Wspomniana analiza korelacji oraz porównanie (wizualne) map sieci drogowej przy symulowanych rzeczywistych i stałych prędkościach przemieszczenia skłoniło Autora rozprawy do wysnucia wniosku (w podsumowaniu na str. 60) o niedorozwoju pewnej części szkieletu sieci transportowej na lokalnych obszarach, niedopasowania ich ważności do zakładanych prędkości.

Istotne znaczenie dla zrozumienia toku rozprawy ma fakt, że analizowane dane są wymodelowane i przedstawiają pewien uproszczony, sparametryzowany model sieci drogowej (graf z wagami, oszacowanymi na podstawie topologii i modelu interakcji przestrzennych), przybliżający tylko jej rzeczywisty obraz, nawet jeżeli krawędzie odpowiadają zgeneralizowanemu, geograficznemu przebiegowi dróg – najkrótszych ścieżek łączących 'centra rejonów komunikacyjnych'. Geowizualizacja przebiegu tej sieci na rycinach 13 i 15 może sugerować czytelnikowi, że Autor faktycznie bada rzeczywistą sieć drogową, chociaż bada on tylko jej model. To nie umniejsza wartości rozprawy, natomiast weryfikacja tego modelu nie została w rozprawie ujawniona – jedyną wzmianką jest odwołanie się do modelu bazowego danych przestrzennych sieci dróg i opublikowanego sparametryzowanego modelu interakcji przestrzennych (P. Rosika z 2012 roku). W tym kontekście można sobie wyobrazić wzmiankowane ryciny jako (matematyczne) grafy z krawędziami w postaci prostych odcinków. Zakreślone przez Autora pole badań (na str. 48) staje w tym momencie bardziej zrozumiałe: albo dodaje (lub usuwa) krawędzie i węzły albo zmienia wagę krawędzi lub dokonuje przeszacowania potencjału (zmiana wielkości potencjału w węzłach grafu, co z kolei może wpłynąć na parametryzację całego modelu).

Takie podejście umożliwia skonstruowanie pewnych narzędzi matematycznych (grafowych), pozwalających na symulacje przestrzenne i atrybutowe całości lub części modelu. W rozprawie nazwano je odpowiednio: '*wachlarzem serwisowym*' i '*profilem dostępnościowym*'. Tym zagadnieniom poświęcony jest trzeci fragment teoretyczny rozprawy (dwa rozdziały, ok. 1/3 tekstu). Autor wprowadza tutaj nowe terminy, które (wg wiedzy recenzenta) nie są rozpowszechnione w literaturze przedmiotu w języku polskim – zarówno w kontekście geografii transportu, jak i w teorii grafów. Gdyby szukać odpowiednika pojęcia 'wachlarz serwisowy' w języku angielskim, nasuwa się termin '*range of service*' stosowany m.in. w organizacji i zarządzaniu, logistyce, marketingu

i w sieciach komputerowych (IT). W rozprawie jednak dotyczy on sytuacji wyodrębnienia pewnego podgrafu (drzewa) z całego grafu planarnego z wagami i rozważania sytuacji zasygnalizowanej wcześniej w polu badań – jak zmieni się waga krawędzi stanowiącej most, jedynej krawędzi łączącej (pojęcie zaczerpnięte z teorii grafów, w rozprawie nazwanej ‘krawędzią centralną’) dwie różne przeciwne grupy wierzchołków w drzewie podgrafu w sytuacji, gdy do drzewa zostanie dołączony nowy (lub usunięty stary) węzeł. Inną sytuacją jest wyznaczenie nowej krawędzi w badanym podgrafie łączącej dwa dotąd niepowiązane węzły (odpowiadającej pojawieniu się nowej drogi w sieci transportowej), zachowującej cechę planarności grafu, ale tworzącej nowy cykl. Takie zjawiska zmiany topologii sieci (w tym nierozpatrywanego przypadku usunięcia krawędzi) w badanym modelu sieci transportowej (drogowej) powodują odpowiadające im zmiany wag krawędzi (obciążenia sieci transportowej), a co za tym idzie umożliwiają wymodelowanie zmian prędkości przemieszczania w badanym podgrafie (wykorzystując model interakcji przestrzennych i analizę ścieżki krytycznej na podobieństwo algorytmu PERT). Potwierdzenie tej właściwości można znaleźć w próbie zastosowania reprezentacji macierzy incydencji (terminu już literalnie zaczerpniętego z teorii grafów, na str.75) już dla całego podgrafu (stanowiącego las, zbiór drzew). Reprezentacja macierzowa (macierz sąsiedztwa i incydencji) umożliwia łatwiejsze programowanie symulacji zmian topologii grafu, a to z kolei pozwala uogólnić zmiany dla całej sieci (całego grafu). Na marginesie – szereg pojęć: *wachlarz serwisowy*, *krawędź centralna (odcinek centralny)*, *profil zdarzeń*, *prędkości progowe* są terminami, które Autor definiuje operacyjnie, próbując być może w pewien sposób przybliżyć opisywane procedury numeryczne symulacji do języka stosowanego w geografii do opisu systemów transportowych. Trudno ocenić, czy przyjmą się one w literaturze przedmiotu.

Drugie z wykorzystywanych narzędzi to ‘*profil dostępnościowy odcinka sieci*’. Jego przedstawienie w rozprawie poprzedza rozdział teoretyczny pt.: „Ryzyko jako nowy element oceny sieci” obejmujący m.in. listę najczęściej występujących zdarzeń zaburzających funkcjonowanie sieci transportowych oraz przegląd zrealizowanych i opublikowanych wyników badań w tym temacie. Samo narzędzie i jego nazwa to teoretyczna konstrukcja autorska – funkcja opisująca zależność dostępności od prędkości na danym odcinku sieci transportowej. Wykres na ryc. 27 prezentuje krzywą teoretyczną, zbliżoną kształtem do krzywej logistycznej o argumentach i wartościach nieujemnych, ale jak wynika z tekstu jest ona wyznaczana empirycznie (między innymi na podstawie wyjściowych wartości oszacowanych parametrów prędkości i dostępności w modelu interakcji przestrzennej). Dzięki temu można zasymulować jak zmienia się dostępność zbioru węzłów (i jaki jest zasięg przestrzenny tej zmiany, tzn. na które węzły sieci oddziałuje zmiana) w grafie reprezentującym sieć transportową w zależności od zaprogramowanych zmian prędkości poszczególnych odcinków. Ta zmiana prędkości może być właśnie skutkiem jednego lub więcej zdarzeń zaburzających funkcjonowanie sieci transportowej, ale niezależne od rodzaju zdarzenia, wynikiem będzie przyjęcie przez dany rejon komunikacyjny określonej prędkości i miary dostępności. Na tej podstawie zasymulowano w rozprawie kolejne sytuacje zmian dostępności i zliczono sumaryczne, maksymalne i średnie odległości oraz liczebności węzłów ulegających zmianie. Tutaj właśnie ujawnia się przydatność poprzedniego narzędzia, gdyż symulacja zmian ‘*profilów dostępnościowych odcinków sieci*’ wykorzystuje wyznaczone już wcześniej w badanym modelu podgrafu (drzewa) – ważniejszych odcinków sieci tj. ‘*wachlarzy serwisowych*’ (wg terminologii Autora).

Wprawdzie do tego celu wykorzystywane jest autorskie oprogramowanie, ale należy wysunąć jedno zastrzeżenie; liczba wyodrębnionych drzew (wyznaczonych tras odpowiadających w terminologii Autora rozprawy ‘*wachlarzom serwisowym*’) w tak wymodelowanym grafie sieci transportowej jest przeliczalna, ale nadal jest to bardzo duża liczba. Można się pokusić o stwierdzenie, że jest to liczba olbrzymia, wynikająca z kombinacji różnych punktów startowych i docelowych wybranych do symulacji tras. Dlatego pojawia się pytanie o granice symulacji i zakres przydatności skonstruowanych w rozprawie narzędzi. Można jej dokonywać np. dla jednej wyznaczonej uprzednio trasy, zakładając, że będzie po niej przemieszczał się konwój pojazdów specjalnego przeznaczenia. Wtedy można oceniać jak zmieni się dostępność węzłów i zasięg oddziaływania odcinka sieci na trasie przejazdu konwoju.

W rozprawie zasymulowano sumaryczne zmiany tzn. takie, które dotyczą wszystkich węzłów i odcinków modelowanej sieci (ryc. 35-47). Nazwano je wg kategorii: eksponując podatność węzłów i krawędzi grafu na różne

sytuacje zmieniające dostępność i ocenę oddziaływania zmian na różnych odcinkach. Nadal jednak istotne jest pytanie o liczebność i kryteria doboru tras (podgrafów tj. *'wachlarzy serwisowych'*). Inny aspekt to interpretacja wyników kolejnych symulacji. Na ryc. 35 przedstawiono np. sytuację katastrofalną tj. zaburzenia dokonującego się równocześnie na wszystkich odcinkach drogowych sieci i zasięg oddziaływania dla wszystkich rejonów komunikacyjnych (w porównaniu do wyjściowego modelu w procedurze symulacji). Kolejne ryciny przedstawiają już sytuacje mniej hipotetyczne: obniżenia dostępności węzłów mostów poszczególnych podgrafów (drzew, tj. odcinków centralnych wybranych do symulacji tras – *'wachlarzy serwisowych'*), zwiększenia dostępności, utraty dostępności do węzłów skrajnych wybranych do symulacji podgrafów. Symulacji poddano następnie oszacowania zasięgu oddziaływania obniżenia i podwyższenia dostępności sieci wg rejonów komunikacyjnych (tj. węzłów grafu) oraz próbowano określić ważność i rozproszenie rejonów komunikacyjnych stanowiących węzły kluczowych odcinków sieci (mostów, krawędzi łączących wybrane do symulacji drzewa – podgrafy).

Cztery kolejne mapy to kartograficzne wizualizacje analogicznych symulacji dotyczących zmian prędkości na poszczególnych odcinkach (mostach, także wyrażone jako procentowa zmiana względem modelu bazowego). Wykorzystanie w geowizualizacji obrazu sieci dróg kołowych bardziej może przemawiać do czytelnika, chociaż nadal należy pamiętać, że jest to tylko model grafowy, a nie rzeczywista sieć drogowa Polski. Rozpatrywane są sumaryczne pozytywne i negatywne oddziaływania zmian prędkości (dla całego grafu) i dla odcinków centralnych (mostów podgrafów – drzew) oraz ich zasięgi. Nadal jednak pozostaje aktualne zadane pytanie o liczbę i kryteria doborów tych podgrafów.

Podsumowując, ocena zasadniczej tezy rozprawy jest pozytywna. Autor wykazał się intuicją podejmując istotną tematykę zmienności (dynamiki) dostępności przestrzennej w sieci transportowej. Przegląd literatury przedmiotu jest dogłębny i wyczerpujący, uwzględniając najważniejsze publikacje związane z celem pracy i przy tym przeprowadzona dyskusja ma na celu dobór narzędzi: pojęć i metod, które względnie obiektywnie pozwolą zmierzyć dynamikę zjawisk. W tym celu wykorzystuje szereg klasycznych narzędzi stosowanych w geografii, takich jak modele interakcji przestrzennych i metody grafowe. O oryginalności rozwiązań świadczy dobór narzędzi oraz kreatywne podejście i konstrukcja własnych miar, pozwalających na zupełnie odmienne spojrzenie na modelowanie sieci transportowej Polski. Niewątpliwie pomocna była tutaj znajomość zasad programowania skutkująca możliwością zastosowania autorskich aplikacji – programów komputerowych. Autor osiągnął wymienione we wstępie cele. W zakresie celów poznawczych (naukowych) – badania zostały oparte na wiarygodnych podstawach tzw. modelu bazowego, sprawdzonych uprzednio w badaniach modelu interakcji przestrzennych i bazie danych przestrzennych. Wprowadzone w modelu zmiany symulacyjne porównywano do modelu bazowego. Uzyskane wyniki zinterpretowano w postaci map (geowizualizacji) i skomentowano.

Pewne zamieszanie budzi tak szczegółowy podział na rozdziały i ich liczebność, z których nieomal każdy kończy się podrozdziałem nazwanym podsumowanie. Dodatkowo można było część teoretyczną poświęconą ocenie ryzyka jako elementu oceny sieci transportowej dołączyć do przeglądu literatury przedmiotu na początku rozprawy. Aktualna struktura rozprawy stwarza bowiem mylne wrażenie jak gdyby był to zespół odrębnych tematycznie artykułów, które łączy tylko przedmiot badania: sieć transportowa. Na pewno przed ewentualną publikacją należy zreorganizować treść. Zwłaszcza, że istnieją wyraźne wątki łączące poszczególne rozdziały. Z drugiej strony niewątpliwie można było zrezygnować z wątków, które stanowią refleksje luźno tylko związane z założonymi celami i niewykorzystywane w dalszym toku badań (co Autor sam podkreśla w tekście).

W toku całej pracy (nieuważny) czytelnik może mieć wrażenie, że przedmiotem badania jest sieć transportowa Polski, ale Autor rozprawy stale pamięta, że jednak bada tylko jej model, chociaż umiejętnie stosuje narzędzia geowizualizacji pozwalając na utożsamienie modelu z rzeczywistą siecią. To nie jest błąd, ale zabieg świadomego swoich celów naukowca. To rodzi istotne implikacje na przyszłość. Model jest tylko pewnym przybliżeniem rzeczywistości i kolejne jego zastosowanie w przyszłości powinno skutkować ponowną jego weryfikacją. W rozprawie założono (niejawnie), że od momentu jego skonstruowania upłynęło zbyt mało czasu aby poddać go ponownej walidacji.

Uwagi polemiczne rodzą się w związku z zaproponowaną terminologią: nazewnictwem wybranych mierników, istotnych dla zabiegów symulacyjnych, odkrywających jednak zupełnie inny obraz modelu sieci drogowej Polski i jej podatności na zaburzenia w sieci transportowej. Jest zrozumiałe, że dokonując symulacji Autor musiał nazwać i zdefiniować swoje narzędzia. Wprawdzie nawiązuje w tekście do teorii grafów, ale trudno jest oprzeć się wrażeniu, że terminologia jest jednak od niej oderwana. Zwłaszcza, że pojęcia te mają już konotacje w innych dyscyplinach. Np. termin profil stosowany jest w geografii w badaniach gleb i geomorfologii (profil topograficzny) oraz jako profil poprzeczny i podłużny w inżynierii lądowej. Zrozumienie i upowszechnienie stosowania tych narzędzi niewątpliwie związane będą z odpowiednimi nazwami odzwierciedlającymi rzeczywistą ich funkcjonalność, co może wpłynąć także na ewentualną możliwość ich komercjalizacji. Dzięki nim także w rozprawie osiągnięto zakładane cele metodyczne.

Cel aplikacyjny pracy został też niewątpliwie osiągnięty. Świadczą o tym wymodelowane mapy, geowizualizacje wyników poszczególnych symulacji. Tutaj niestety należy wskazać, że tytuły rycin i ich oprawa kartograficzna pozostawia jednak uczucie niedosytu. Patrząc się na mapę, jej skalę, legendę i tytuł należy zrozumieć co przedstawia, niekoniecznie wczytując się we względnie zawiły tekst jej towarzyszący. Tak niestety nie jest w przypadku większości rycin w rozprawie przedstawiających różne, wysymulowane parametry modelu sieci transportowej Polski (np. ryc.41. Wierzchołki: rozproszenie ekspozycji kluczowej, efektywnej, negatywnej).

Częścią tekstu rozprawy są opisy algorytmów wykorzystanych, autorskich programów komputerowych (udostępnionych w wersji demonstracyjnej na stronie internetowej) oraz fragmenty (pseudo)kodu. Zdaniem recenzenta, można było je zamieścić w załączniku do rozprawy, łącznie z deklaracją dotyczącą praw autorskich zamieszczoną na stronie internetowej (której adres zamieszczono w spisie literatury). Jeszcze jeden aspekt należy wziąć pod uwagę przy wykorzystaniu oprogramowania OGAM autorstwa mgr Wojciecha Pomianowskiego. Zamieszczenie fragmentów kodu oprogramowania (i udostępnianie ograniczonej wersji demonstracyjnej programu) miało na celu uniknięcie sytuacji, w której wykorzystywane oprogramowanie jest czarną skrzynką, o której nie wiadomo czy poprawnie realizuje opisane w rozprawie algorytmy. Pojawia się w tym momencie problem wiarygodności działania oprogramowania i ew. błędów. Ta sprawa wykracza już jednak poza zakres kompetencji recenzenta i sprawy przewodu doktorskiego, ale raczej należy do kategorii polityki uprawiania nauki. Recenzent jest zwolennikiem modelu otwartej nauki (open science), której uprawianie wiąże się z otwartością kodu oprogramowania i danych pozwalających na powtórzenie eksperymentów i symulacji naukowych, co może pozostawać w sprzeczności z modelem komercjalizacji wyników naukowych. Wyrażając nadzieję na pozytywny rozwój w tej mierze, należy (zdaniem recenzenta) dążyć do tego otwartego modelu uprawiania nauki, wzmacniając ochronę praw autorskich i majątkowych twórców programów komputerowych i baz danych przestrzennych poprzez np. odpowiednią politykę licencjonowania odrębnie dla celów komercyjnych i eksperckich oraz odrębnie dla celów czysto naukowych. Do napisania tej uwagi skłoniło mnie także zamieszczenie przez Autora w rozprawie ilustracji zaczerpniętej z biblioteki obrazów udostępnianej na podstawie licencji *open source*.

Formalna strona pracy, oprócz wskazanych wcześniej drobnych usterek (w opinii recenzenta) nie budzi wątpliwości. W egzemplarzu rozprawy doktorskiej, który otrzymałem, nie znalazłem spisu rycin, tabel i wzorów; to znacznie ułatwiłoby wyszukiwanie interesujących fragmentów rozprawy. W przypadku przyszłej publikacji sugerowałbym także zamieszczenie indeksu rzeczowego – terminów. W pracy znalazłem także niewiele literówek i niezręcznych sformułowań stylistycznych (m.in. na str. 33, 45, 46).

Wnioski końcowe

Przedstawiona rozprawa doktorska jest interesująca i napisana bogatym językiem, poruszając bardzo szerokie spektrum problemów i przekraczając granice geografii. Stanowi oryginalne, twórcze osiągnięcie naukowe, szczególnie w części symulacyjnej, którą ponadto cechuje walor uniwersalizmu. Autor dostrzegł i zmierzył się z problemem, który stanowi na pewno wyzwanie dla geografii transportu. Uzyskane wyniki modeli symulacyjnych pozwalają na zupełnie nowe spojrzenie na dalszy rozwój sieci transportowej w Polsce.

Mgr Wojciech Pomianowski wykazał się dobrym opanowaniem warsztatu badawczego: umiejętnością stawiania problemów naukowych, znajomością literatury przedmiotu, umiejętnością poprawnego wnioskowania, biegłością w konstruowaniu modeli numerycznych i ich interpretacji. Rozprawa cechuje się logiczną kolejnością poszczególnych etapów pracy badawczej, a podejmowane wątki są rzeczywiście istotne dla sformułowanego celu, jakkolwiek można ograniczyć bogactwo wątków pobocznych lub przenieść je do załączników.

Reasumując, stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr Wojciecha Pomianowskiego spełnia wymagania Ustawy z dn. 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z dn. 16 kwietnia 2003r.) i wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Warszawa, 21 sierpnia 2018

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Prof. Adam", with a long horizontal stroke extending to the right.