

ADAM RATAJCZAK

inż. absolwent kierunku transport na wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej

PAWEŁ ZMUDA-TRZEBIATOWSKI

dr inż., Politechnika Poznańska, Zakład Systemów Transportowych, pl. M. Skłodowskiej-Curie 5, 60-965 Poznań; tel. 61 665 2716, e-mail: pawel.zmuda-trzebiatowski@put.poznan.pl

WALDEMAR WALERJAŃCZYK

dr inż. Politechnika Poznańska, Zakład Systemów Transportowych, Pl. M. Skłodowskiej-Curie 5, 60-965 Poznań, tel. 61 647 5957, e-mail: waldemar.walerjanczyk@put.poznan.pl

Porównanie funkcjonowania rowerowych planerów podróży w aglomeracji poznańskiej¹

Streszczenie: Transport rowerowy jest coraz częściej postrzegany jako alternatywa dla cechującego się wysokimi kosztami transportu samochodowego. Dotyczy to szczególnie obszarów miejskich, gdzie mniejszą wagę mają słabości transportu rowerowego, takie jak niska prędkość podróży. Jednak efektywne wykorzystanie tej gałęzi transportu może wymagać prawidłowego planowania podróży. Planowanie to powinno uwzględniać zróżnicowane preferencje użytkowników tej gałęzi transportu, a także wykorzystywać dane przestrzenne, które są możliwie wolne od błędów. W artykule przedstawiona została analiza porównawcza dwóch wybranych planerów podróży ruchu rowerowego – Naviki oraz Google Maps. Oceniano jakość generowanych przez nie tras na obszarze aglomeracji poznańskiej. Wykorzystano do tego zestaw czterdziestu losowych tras, z czego trzydzieści miało swoje punkty początkowe i końcowe na obszarze Poznania, a dziesięć na terenie gminy Puszczykowo. Przeprowadzona analiza wskazała, że planery te różnią się między sobą już na wstępnym etapie odwrotnego geokodowania. Dodatkowo planery różnią się częściowo poczynionymi założeniami w algorytmach planowania tras. Pomimo to analiza wykazała, że większość z zaplanowanych tras miała zbliżony przebieg w obydwu planerach. Zaobserwowane rozbieżności wynikały w pewnym stopniu z błędów map cyfrowych, które występowały w obydwu planerach. Analiza porównawcza pozwala na przynajmniej częściowe wykrycie takich rozbieżności, pomimo różnic w funkcjonowaniu samych planerów.

Słowa kluczowe: transport rowerowy, planery podróży, aglomeracja poznańska.

Wprowadzenie

W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie rowerem jako środkiem transportu w miastach. Dotyczy to zarówno transportu ładunków, jak i ludzi. Wzrost ten ma związek ze zmniejszeniem względem transportu samochodowego takich negatywnych oddziaływań jak: względnie wysokie koszty użytkowania, emisja CO₂ i innych zanieczyszczeń, terenochłonność czy hałas, a także potencjalnie pozytywnym wpływem na zdrowie (por. np. [1, 2, 3]). Jednocześnie w miastach mniej istotne są niektóre wady transportu rowerowego, takie jak relatywnie nieduża prędkość podróży, a w związku z tym niewielka jej odległość. Efektywne wykorzystanie roweru jako środka transportu ludzi i ładunków wymaga jednak prawidłowego zaplanowania podróży. Zapewnienie informacji o potencjalnych trasach przejazdu

rowerem jest też postrzegane jako jeden z elementów promocji tej gałęzi transportu (np. [4, 5]).

W niniejszym artykule dokonano oceny generowania tras na obszarze aglomeracji poznańskiej przez dwa rowerowe planery podróży – Google Maps [6] oraz Naviki [7]. W dalszej części pracy opisano kolejno: istotę planowania podróży rowerowych, definicję planerów podróży ruchu rowerowego, ich funkcjonalność oraz źródła błędów w planowaniu tras. Następnie przedstawiono opis i wyniki procesu oceny dwóch wskazanych wyżej planerów. Artykuł zakończono podsumowaniem i spisem literatury.

Planowanie podróży rowerowych

Przemieszczanie się z wykorzystaniem niezmotoryzowanych gałęzi transportu, do których zalicza się rower, w większości przypadków (poza byciem przewożonym lub przenoszonym) wymaga od użytkownika podjęcia osobistego wysiłku. Ponadto użytkownicy rowerów, podobnie jak piesi czy użytkownicy innych pojazdów jednośladowych, są zaliczani do grupy niechronionych użytkowników dróg. Stąd wskazuje się, że decyzja o przebiegu trasy ma w przypadku podróży rowerowych indywidualny charakter (np. [8]) i uwzględnia wiele kryteriów oceny (np. [5, 9, 10]). Wskazuje się (np. [11, 12]) na istnienie nawet kilkudziesięciu potencjalnych czynników, które wpływają na planowanie podróży rowerowych. Można je sklasyfikować w kilku kategoriach, takich jak: „bezpieczeństwo” (np. współdzielenie drogi z samochodami czy występowanie oświetlenia nocą), „szybkość” (obecność wzniesień czy sygnalizacji świetlnej), „prostota” (np. krętość trasy) czy „atrakcyjność” (np. obecność terenów zielonych). Duża liczba czynników, które powinny być wzięte pod uwagę w procesie planistycznym, powoduje zwiększenie zapotrzebowania na dane względem innych gałęzi transportu [13]. Przykładem może być tu konieczność uwzględnienia Numerycznych Modeli Terenu czy przypisanie odcinkom atrybutów dotyczących nocnego oświetlenia. Planując podróże rowerowe, należy mieć też na względzie to, że sieć transportowa jedynie częściowo pokrywa się z sieciami innych gałęzi transportu [14].

Planery podróży – istota oraz funkcjonalność

Planer podróży jest komputerowym systemem wspomagającym użytkownika w podejmowaniu decyzji dotyczących wyboru trasy pomiędzy punktem początkowym

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2018. Wkład autorów w publikację: A. Ratajczak 67%, P. Zmuda-Trzebiatowski 22%, W. Walerjańczyk 11%.

i końcowym podróży. Planery podróży mogą być też łączone z nawigacją oraz zapewniać dostęp do aktualnych informacji o podróży na każdym jej etapie [13]. Głównymi elementami planera podróży jest baza danych zawierająca informacje geograficzne (mapy cyfrowe) relewantne dla planowania podróży oraz baza modeli, tj. algorytmów wyznaczających trasy, a także umożliwiający interakcję interfejs użytkownika [14]. Planery podróży różnią się między sobą szczegółowymi rozwiązaniami powyższych elementów [13, 14].

Planery podróży przyjmują zazwyczaj postać narzędzi internetowych dostępnych przez przeglądarkę [15]. Mogą jednak przyjąć też formę aplikacji na uniwersalne urządzenia mobilne (smartfony, tablety) czy też działających off-line dedykowanych urządzeń mobilnych (nawigacji) lub aplikacji na komputery stacjonarne. Niektóre planery są dostępne na więcej niż jeden ze sposobów. Możliwe jest wtedy wystąpienie różnic funkcjonalności pomiędzy poszczególnymi formami dostępu [14].

Wykorzystywane w danym planerze mapy określają maksymalny zasięg terytorialny jego działania. Dostępne obecnie mapy, także te tworzone w ramach projektów wolontarystycznych, jak np. OpenStreetMap, często obejmują swoim zasięgiem cały świat. Poziom dokładności danych może się różnić w zależności od regionu [16]. Dodatkowo sam planer podróży może ograniczać zasięg terytorialny planowania przez wyłączenie takiej funkcjonalności na wybranych obszarach. Typowy podział planerów podróży ze względu na zasięg geograficzny obejmuje planery działające na obszarze całego świata, wybranego kontinentu, kraju, regionu, bądź miasta [13].

Ratajczak i Zmuda-Trzebiatowski [14] przedstawili analizę funkcjonalności 8 dostępnych za darmo planerów, za pomocą których można było zaplanować podróż w obrębie aglomeracji poznańskiej. Z kolei Loidl i Hochmair [13] przeanalizowali 35 planerów dostępnych w językach angielskim, niemieckim lub holenderskim. Obie pozycje wskazywały na duże zróżnicowanie funkcjonalności planerów w zakresie liczby udostępnionych kryteriów ustalania trasy przejazdu. W pracy Ratajczaka i Zmudy-Trzebiatowskiego zwrócono uwagę na występowanie zróżnicowania także w zakresie udzielanych użytkownikowi informacji. Ocenę jakości generowanych tras podjęto jedynie w niewielkim stopniu, tj. na przykładzie kilku subiektywnie dobranych tras. Z kolei w pracy Loidla i Hochmaira tematyka jakości generowanych tras nie została podjęta. Praca ta koncentrowała się na zagadnieniach uwzględniania kryterium bezpieczeństwa rowerzysty w planowaniu tras. Wskazano, że kryterium to w większości przypadków nie było uwzględnione – poza jednym wyjątkiem, gdzie jednak w ramach minimalizacji ryzyka prawnego zrezygnowano ze stosowania nazwy „bezpieczeństwo”. Ponadto autorzy wskazali, że większa liczba kryteriów była oferowana przez planery ograniczone terytorialnie do miasta czy regionu niż planery o większym zasięgu geograficznym.

Źródła błędów w planowaniu podróży

Błędy planowania podróży mogą wynikać z błędnej implementacji algorytmów wyznaczania tras czy też błędów związanych z interfejsem użytkownika. Wydaje się jednak, że największym źródłem błędów w przypadku dojrzałych projektów planerów są błędy w danych przestrzennych. Można wyróżnić dwa podstawowe rodzaje tych błędów – „pominięcia”, gdy rzeczywiście istniejący obiekt (np. ścieżka) nie występuje na mapie lub jest niepoprawnie oznaczony jako obiekt innego typu oraz „błąd nadmiaru”, gdy na mapie jest oznaczony obiekt, który nie istnieje w rzeczywistości [16]. Błędy te mogą dotyczyć także samych atrybutów przypisanych do poszczególnych węzłów i odcinków sieci.

Ocena wybranych planerów podróży

Dostęp do ocenianych planerów odbywał się za przez interfejs www. Pominęto wersje na urządzenia mobilne. Planery te nie były jedynymi, które oferują możliwość wyznaczania tras rowerowych w obrębie aglomeracji poznańskiej (por. [14]). Jednak przewidziane na wykonanie badania środki zmusiły autorów do przeanalizowania mniejszej ich liczby. Nie ma to jednak wpływu na samą procedurę oceny przedstawioną w niniejszej pracy.

Google Maps jest popularnym uniwersalnym planerem podróży. Swoim zasięgiem obejmuje cały świat i umożliwia planowanie tras dla pięciu gałęzi transportu – oprócz roweru również samochodów, transportu zbiorowego i lotniczego oraz ruchu pieszego. Jednak planowanie tras dla określonej gałęzi transportu może być niedostępne na części obszarów. W przypadku rowerów była to np. Korea Północna. Narzędzie umożliwia wyświetlenie dedykowanej rowerzystom warstwy ścieżek rowerowych oraz tzw. dróg przyjaznych rowerzystom. Informacje te są wolontarystycznie aktualizowane przez społeczność. Poza tym Google Maps korzysta z własnego zbioru informacji przestrzennej, w którym mogą być zawarte dane pozyskane od innych firm. Zaletą planera jest prostota interfejsu użytkownika oraz sugerowanie alternatywnych tras podróży. Wstępne testy pokazały, że nawet niewielka zmiana położenia punktu początkowego lub końcowego podróży może mieć wpływ na wybór trasy przejazdu [6, 13, 14].

Z kolei Naviki jest dedykowanym planerem ruchu rowerowego. Pierwotnie był rozwijany w ramach projektu europejskiego, obejmując swoim zasięgiem ten kontynent. Obecnie jego zasięg jest globalny. Naviki wykorzystuje do planowania dane wolontarystycznego projektu OpenStreetMap. Poza tym wykorzystuje dane udostępniane przez Google czy Wikipedię (POI). Może także wyświetlać mapy przygotowywane w projekcie OpenCycleMap. Do zalet tego planera (także względem Google Maps) można zaliczyć możliwość wyboru jednego z sześciu predefiniowanych ustawień kryteriów planowania tras. Ustawienia te są związane z rodzajem roweru (górski, szosowy, e-bike) oraz rodzajem aktywności (codziennosc, rekreacja). Można też preferować możliwie najkrótsze trasy. Wybór wpływa na szereg parametrów, takich jak prędkość jazdy czy unikanie głównych dróg. Ponadto planer wyświetla rowerowe szlaki turystyczne,

wskazuje trasy alternatywne oraz oblicza liczbę spalonych kalorii czy redukcję emisji CO₂ względem pokonania danej trasy samochodem. Naviki umożliwia też planowanie przejazdów, gdzie danymi wejściowymi są współrzędne punktu początkowego (i zarazem końcowego) oraz oczekiwana długość trasy [7, 13, 14].

Procedura losowania

W celu oceny jakości generowania tras wylosowano po 40 punktów początkowych i końcowych. 30 tras miało swój początek i koniec w obszarze miasta Poznania, a 10 na terenie gminy Puszczykowo (przy czym same planery nie były ograniczone do terytorialnie). Wybór tych obszarów aglomeracji podyktowany był łatwością ich ewentualnej weryfikacji przez rzeczywisty przejazd. Ponadto gmina Puszczykowo cechuje się turystycznym charakterem i związaną z tym sporą liczbą szlaków rowerowych, a także dość znaczną, jak na warunki wielkopolskie, (tj. około 60 m) różnicą wysokości pomiędzy jej zachodnią, a wschodnią częścią.

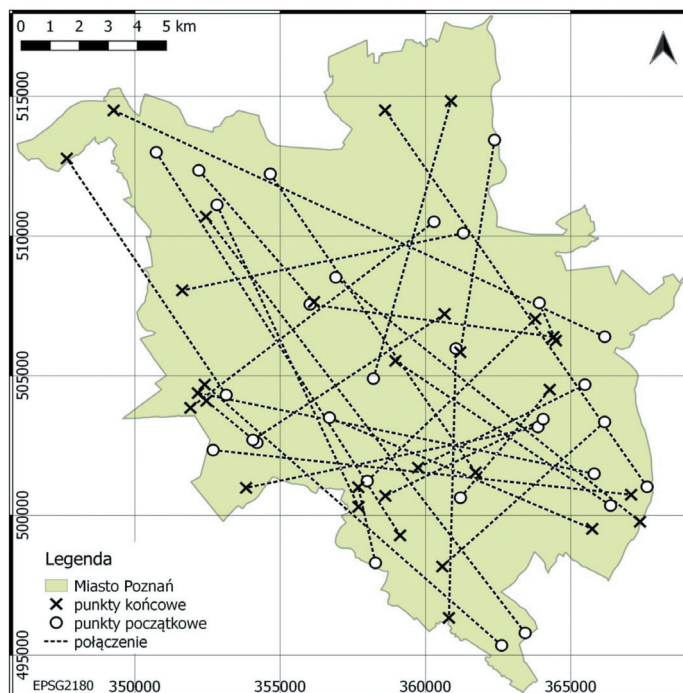
Punkty początkowe i docelowe podróży losowano w granicach administracyjnych ww. jednostek samorządu terytorialnego. Wykorzystano w tym celu dostępny bezpłatnie zbiór „Państwowy Rejestr Granic” CODGiK [17]. Takie podejście spowodowało, że punkty były losowane nie tylko w obrębie sieci drogowej, ale też poza nią, w tym na obszarach niedostępnych dla rowerzystów, np. akwenach wodnych czy terenach zamkniętych. Pozwoliło to na ocenę algorytmów odwrotnego geokodowania. Podejście to było również niedyskryminacyjne, gdyż nie wykorzystano danych, które mogły być dostępne tylko w jednym z planerów. Współrzędne punktów wylosowano przy pomocy geoalgorytmu „random points inside polygons (fixed)” dostępnego w systemie QGIS 2.18.9. Nie nałożono ograniczenia co do minimalnej odległości punktów względem siebie.

Przy pomocy QGISa wyznaczono też długość euklidesową wylosowanych tras, a także wysokość n.p.m. punktów końcowych i początkowych. W tym celu wykorzystano darmowy zbiór „numeryczny model terenu o interwale siatki co najmniej 100 m” (NMT100), który jest udostępniany przez CODGiK [17]. W celu interpolacji tego zbioru zastosowano geoalgorytm SAGA „thin plate spline (TIN)” przyjmując rozmiar komórki wynoszący 1 metr.

Przykładowe wyniki losowania dla miasta Poznania w formie graficznej zostały przedstawione na rysunku 1. Szczegółową tablicę z wynikami dla obu miast można pobrać ze strony dts.put.poznan.pl [18]. Należy podkreślić, że przyjęta procedura losowego doboru punktów początkowych i końcowych podróży powoduje, iż nie powinno się ich utożsamiać z rzeczywistymi głównymi źródłami i celami podróży rowerowych w aglomeracji poznańskiej.

Wyniki odwrotnego geokodowania

Analiza wylosowanych tras podróży została wykonana wg stanu na dzień 26.11.2017. Dla przygotowanych zestawów współrzędnych geograficznych zrealizowane zostały operacje odwrotnego geokodowania, czyli identyfikacji punktu adresowego najbliższego wskazanym współrzędnym



Rys. 1. Wizualizacja wylosowanych tras w Poznaniu.

Źródło: oprac. własne na podstawie [17]

Tabela 1

Adresacja zgeokodowanych punktów początkowych – Poznań			
id	Punkt początkowy – Poznań		
	Adres punktu w Google Maps	Adres punktu w Naviki	Zgodność
0	Wiewiórcza 7	Wiewiórcza 7	✓
1	Władysława Sikorskiego 13	Władysława Sikorskiego	✗
2	Szczepankowo 173	Szczepankowo 173	✓
3	Trzebińska 10	Trzebińska 10	✓
4	Niestachowska	Niestachowska	✓
5	Górecka 102	Górecka 104	✗
6	Darzyborska	Darzyborska	✓
7	Wykopy 6	Gliniana	✗
8	Nowy Świat 7/11	Nowy Świat 11	✗
9	Wykopy 4	Gliniana	✗
10	Sypniewo 41	Sypniewo 41	✓
11	Garaszewo 8b	Garaszewo 8b	✓
12	Chojnacka 29A	Beskidzka 226	✗
13	Beskidzka 146	Biskupińska	✗
14	Sąsiedzka 18a	Sąsiedzka 18a	✓
15	Henryka Arctowskiego 9	Bronisława Malinowskiego	✗
16	Konopna	Gdyńska 59	✗
17	Wrzesińska	Wrzesińska 28	✗
18	Folwarczna 1	Dziedzicka 3	✗
19	Macieja Rataja 114	Macieja Rataja 114	✓
20	Słupska 234	Słupska, Kiekrz	✗
21	Dolna Wilda 103	Poznań	✗
22	Darzyńska 27	Darzyńska 28a	✗
23	Gorzysława 24	Gorzysława 24	✓
24	Ziębicka 8A	Grunwaldzka 294	✗
25	Malarska	Wesoła 62	✗
26	Porzeczkowa 26-28	Porzeczkowa 39	✗
27	Poetycka	Jadwigi Łuszczewskiej 4	✗
28	Kaliska 20	Kaliska	✗
29	Naramowicka 131	Naramowicka 131	✓

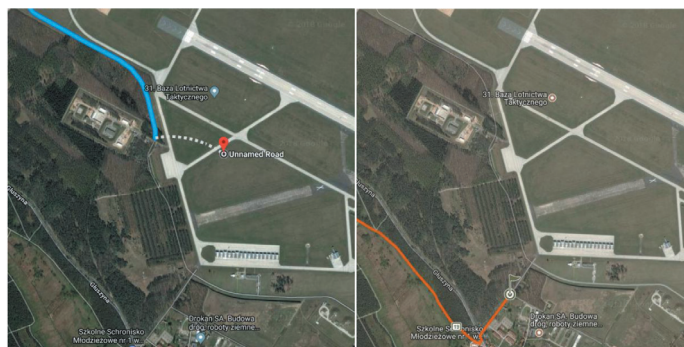
Źródło: Opracowanie własne

geograficznym. Procedura została zrealizowana dla każdej aplikacji niezależnie, tak aby zgeokodowane punkty początkowe i końcowe odzwierciedlały mechanizm odwrotnego geokodowania i warstwę informacyjną danego planera. Takie podejście nie faworyzuje żadnej aplikacji i przyczynia się do zwiększenia obiektywizmu dokonywanej oceny.

Przykładowe wyniki odwrotnego geokodowania dla punktów początkowych tras zaplanowanych w Poznaniu przedstawiono w tabeli 1.

Na 30 przykładowych punktów jedynie 11 zostało zidentyfikowanych identycznie. Istota różnic wynika ze sposobu działania procedur odwrotnego geokodowania. W przypadku Google Maps system wskazuje podany punkt geograficzny, a następnie prowadzi do najbliższej dostępnej drogi. W Naviki algorytm od razu dokonuje „przyciągnięcia” punktu użytkownika do najbliższego punktu infrastruktury – użytkownik nie widzi punktu, który wprowadził, a jedynie punkt odnaleziony przez system geokodowania odwrotnego. Różnice w identyfikowaniu adresów wynikają też z inaczej działających mechanizmów „przyciągania” do najbliższych obiektów.

Największe różnice zaobserwowano dla lokalizacji, które znajdują się w obszarach o ograniczonym dostępie. Na rysunku 2 pokazano lokalizację, która wypadła na środku lotniska 31 Bazy Lotnictwa Taktycznego. Google Maps w przeciwieństwie do Naviki wykorzystuje drogę wewnętrzną. Należy zauważyć, że choć z jednej strony punkty były generowane losowo dla obszaru, z którego można by wyłączyć tereny zamknięte, to nie można wykluczyć potrzeby zaplanowania takich podróży przez użytkowników uprawnionych do poruszania się po nich. W tej sytuacji planer Google jest bardziej elastyczny, dopuszczając taką możliwość. Jednak użytkownik nie jest informowany o tym fakcie, co może wprowadzić go w błąd.



Rys. 2. Różnice w odwrotnym geokodowaniu na obszarach o ograniczonym dostępie – Google (po lewej) wykorzystuje drogę wewnętrzną 31 Bazy Lotnictwa Taktycznego

Źródło: [6, 7]

Dokładna analiza wszystkich przypadków rozbieżności pozwoliła ocenić, że różnice w realizacji procedury odwrotnego geokodowania w dużej części pozornie różnych adresów są w istocie pomijalnie małe i nie przekładają się w dużym stopniu na wyszukiwanie optymalnych marszrut. Są natomiast w zbiorze danych testowych przypadki, dla których porównywanie wyników będzie utrudnione ze względu na odmiennie działające procedury odwrotnego geokodowania – niekoniecznie błędnie, po prostu różnie.

Ocena jakości planowania tras

Naviki planuje trasy z uwzględnieniem kryteriów zdefiniowanych przez użytkownika. W niniejszej analizie wybrano ustawienie „codziennosc”, czyli preferencję na ścieżki rowerowe, drogi podrzędne, utwardzone powierzchnie oraz raczej krótkie i proste trasy [7]. W tabeli 2 przedstawiono ilościowe podsumowanie planowania tras.

Tabela 2

Podsumowanie ilościowe efektów planowania tras przez analizowane planery podróży					
Parametr	Średnia	Odchylenie standardowe	Mediana	Minimum	Maksimum
Długość trasy w linii prostej [km]	8,16	5,03	8,10	1,10	18,70
Długość trasy Google Maps [km]	10,89	6,30	11,40	1,30	24,70
Długość trasy Naviki [km]	11,34	6,36	11,40	1,30	24,50
Wskaźnik wydłużenia Google Maps [-]	1,38	0,28	1,32	1,05	2,71
Wskaźnik wydłużenia Naviki [-]	1,51	0,56	1,33	1,16	4,00
Czas podróży Google Maps [minuty]	36,18	20,51	38,00	5,00	79,00
Czas podróży Naviki [minuty]	44,90	25,41	45,50	5,99	97,00
Wysokość podjazdów Google Maps [m]	33,90	21,65	31,50	0,00	97,00
Wysokość podjazdów Naviki [m]	64,05	45,33	58,50	0,00	220,00
Wysokość zjazdów Google Maps [m]	31,35	19,96	29,50	1,00	65,00
Wysokość zjazdów Naviki [m]	61,65	45,32	57,50	0,00	221,00
Różnica wysokości Google Maps [m]	2,55	21,34	1,50	-58,00	43,00
Różnica wysokości Naviki [m]	2,40	21,43	-0,50	-66,00	46,00
Różnica wysokości NMT100 [m]	2,10	18,76	1,00	-44,00	40,00
Różnica wysokości „Google Maps–NMT100” [m]	0,45	5,21	1,00	-14,00	11,00
Różnica wysokości „Naviki–NMT100” [m]	0,30	7,33	1,00	-22,00	15,00

Źródło: opracowanie własne

Przeciętna odległość między wylosowanym dla danej trasy punktem początkowym, a końcowym wynosiła 8,16 km. W związku z różną powierzchnią analizowanych gmin, wartość ta była większa w Poznaniu (10 km) niż w Puszczykowie – 2,6 km. Google Maps wydłużało podróże o przeciętnie 38%, a Naviki – 51%. Należy jednak zauważyć, że mediana wskaźnika wydłużenia jest w przypadku obu planerów niemal identyczna. Prowadząc analizę osobno dla Poznania i Puszczykowa, uzyskano zbliżone rezultaty.

Przeciętny czas podróży był krótszy o 8,7 minuty w przypadku Google Maps. Analiza wyników wskazała, że za różnice czasu podróży odpowiadają w pewnym stopniu różnice założeń przyjętych w planerach. Naviki dla ustawienia „codziennosc” zakłada utrzymywanie przez rowerzystę przeciętnej prędkości wynoszącej 15 km/h. Zmiana tego ustawienia ma wpływ na prędkość podróży, ale też przebieg trasy. Planer Google Maps w większym stopniu wykorzystuje dane związane ze zmianą wysokości. Średnia prędkość podróży wahała się między 13 a 21 km/h.

W rozpatrywanym zbiorze znajdowały się zarówno trasy, w których przeważały podjazdy, jak i trasy z przewagą zjazdów. Naviki planowało trasy o przeciętnie większej wysokości podjazdów i zjazdów. Przy czym różnice wysokości początku i końca trasy były w obu planerach zbliżone i podobne do wartości udostępnionych w NMT100. Rozbieżności

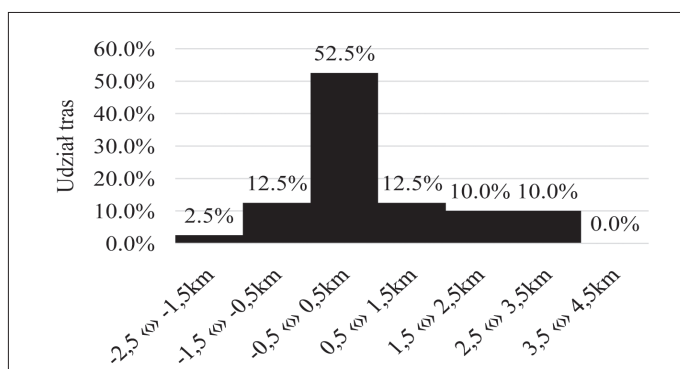
mogą wynikać z procedur odwrotnego geokodowania lub wykorzystywania dokładniejszych danych przez planery niż udostępniła baza NMT100.

W tabeli 3 przedstawiono porównanie parametrów tras generowanych przez Naviki względem Google Maps. Natomiast rysunek 3 przedstawia rozkład różnicy długości tras.

Tabela 3

Porównanie planowania tras planera Naviki względem Google Maps					
Parametr	Średnia	Odchylenie standardowe	Mediana	Min.	Maks.
Różnica długości tras Naviki–Google Maps [km]	0,45	1,20	0,10	-1,60	3,50
Względna różnica długości tras Naviki/Google Maps [%]	108%	21%	101%	83%	194%
Różnica zmiany wysokości tras Naviki–Google Maps [m]	-0,15	5,66	-1,00	-9,00	27,00

Źródło: opracowanie własne



Rys. 3. Udział tras o określonej różnicy długości zaplanowanych przez Naviki względem Google Maps

Źródło: opracowanie własne

Bezpośrednie porównanie planerów wskazuje, że generują one zbliżone trasy pod względem długości czy zmian wysokości. Naviki zaproponowało krótszą podróż dla 42,5% (17) tras, a dłuższą dla 55% (22). Stosunek ten był zbliżony także przy oddzielnym analizowaniu tras w Poznaniu i Puszczykowie. W przypadku 52,5% tras różnica ich długości mieściła się w przedziale 0,5 km. Dla przedziału 1,5 km było to już 77,5% tras. Warto zauważyć, że taka sama różnica długości podróży ma względnie większą wagę w przypadku podróży krótszych. Analiza względnej różnicy długości tras pokazała, że w przedziale 80–120% również mieściło się 31 (77,5%) tras. Przy czym zbiory tras w obu przypadkach różniły się o 3 elementy.

Przedstawiony na rysunku 3 rozkład sugeruje jednak istnienie tras, których długość znacznie różni się w poszczególnych planerach. Przy czym w testowanym zbiorze więcej było tras (8), które były zdecydowanie dłuższe w Naviki niż takich, które były krótsze (tylko 1).

Naviki zaproponowało zdecydowanie krótszą podróż (o 1,6 km, tj. 13,5%) w przypadku trasy nr 21 w Poznaniu. Punkt początkowy tej trasy został wylosowany na obszarze zalewowym rzeki Warty. Algorytmy odwrotnego geokodowania przypisały początek do różnych ulic. Odpowiada to rozbieżnościom wynoszącym około 1,3 km. Pozostała róż-

nicę można przypisać temu, że planery zaproponowały przeprawę przez Wartę różnymi mostami. Naviki zaplanował trasę przez most Dębiński, który nie został formalnie oddany do ruchu w związku z nieukończonym oświetleniem na tym obiekcie. Jednak faktycznie most jest przejezdny. Może być mylące dla algorytmów weryfikujących poprawność sieci, które opierają się na danych GPS pozyskanych z rzeczywistych przejazdów użytkowników.

Z kolei w przypadku trasy nr 27 w Poznaniu Naviki zaplanowało podróż o długości 19,5 km, tj. o 3,5 km (o 21,88%) dłuższą względem Google Maps. Pierwsza jej część miała zbliżony przebieg. Problematiczna była sama końcówka w Garaszewie. Google Maps zaplanował podróż przez przejazd kolejowy (początek stacji Poznań Franowo), którego Naviki nie rozpoznało. W celu weryfikacji skorzystano z map Systemu Informacji Przestrzennej miasta Poznania [19]. Jednak rezultat nie był satysfakcjonujący, gdyż z jednej strony wykonana w 2016 roku ortofotomapa wskazywała na brak przejazdu, a z drugiej strony w tym miejscu znajdował się pas drogi gminnej – por. rys. 4.

Najdłuższym względnym wydłużeniem w Poznaniu cechowała się trasa nr 17. Naviki zaproponował podróż dłuższą o 70% względem Google Maps (3,4 km/2 km). Różnica ta wynikała z tego, że Google Maps zaplanował podróż przez przejście podziemne pod ulicą Warszawską (okolice pętli tramwajowej „Miłostowo”). Przejście to nie było dostosowane dla rowerzystów.

W przypadku Puszczykowa największe rozbieżności zanotowano dla tras nr 8 (wydłużenie dla Naviki o 3,1 km, tj. o 94%) oraz 4 (wydłużenie dla Naviki o 1,2 km, tj. o 21%). W przypadku trasy nr 8 rozbieżność wynikała z tego, że Naviki unikał planowania trasy drogą DW430, wybierając biegnącą wzdłuż niej ścieżkę rowerową. Niestety prawdopodobnie w związku z błędem mapy (np. brakiem oznaczonego przejazdu dla rowerzystów, który fizycznie się tam znajduje) spowodowało to znaczne wydłużenie podróży. Wybór krótszej trasy następował dopiero przy zmianie kryterium planowania na „rower elektryczny”. Opcja „krótsza trasa” nie dawała pożądanego efektu. Wizja lokalna trasy numer 4 wskazała natomiast, że Naviki poprawnie zaproponowało trasę dłuższą niż Google Maps, gdyż prawidłowo uwzględniło fakt jednokierunkowości ulicy Przecznicza.



Rys. 4. Nierozstrzygająca próba weryfikacji prawidłowości planowania trasy nr 27 wykorzystująca System Informacji Przestrzennej miasta Poznania

Źródło: [19]

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza wskazała występowanie istotnych różnic między ocenianymi planerami już na wstępnym etapie odwrotnego geokodowania. Warto zauważyć, że planer Google Maps, pomimo wskazywania dokładnej lokalizacji punktów (zamiast znajdowania najbliższego miejsca na sieci drogowej, jak odbywało się to w planerze Naviki), obliczał długość trasy tylko dla jej części odbytej po drogach. W obu przypadkach ma to wpływ na wyniki obliczeń wskaźnika wydłużenia. Można by tego uniknąć przez losowanie punktów początkowych i końcowych z bazy adresowej. Jednak w takim przypadku mógłby pojawić się problem pominięcia części ścieżek, np. leśnych lub wydzielonych ścieżek rowerowych, które mogą nie występować w bazie adresowej. Kolejną alternatywą mogłoby być zastosowanie map cyfrowych zawierających informacje o sieci transportowej. Należy jednak zauważyć, że wybór mapy wykorzystywanej przez jeden z ocenianych planerów podróży mógłby go faworyzować, gdyż nie byłyby wybierane punkty na odcinkach, które – z powodu błędów – nie zostały uwzględnione w mapie. Ponadto w momencie wykonywania analiz publiczne zbiory danych dla aglomeracji poznańskiej były trudne do wykorzystania przez wzgląd na ich niepełną cyfryzację oraz rozrzut relewantnych informacji pomiędzy różnymi podzbiorami, co dotyczyło np. działek drogowych oraz dróg znajdujących się na działkach o mieszanym przeznaczeniu.

Ponadto różnice pomiędzy planerami wynikały z przyjęcia różnych parametrów ruchu, np. prędkości, a także występowania błędów w mapach. W związku z niepewnością co do poprawności planowania niemożliwa była jednoznaczna ocena, która z zaplanowanych tras była lepsza – krótsza czy dłuższa. To, w połączeniu z trudnością w pozyskaniu map, które można by uznać za referencyjne, powoduje, że wszystkie trasy musiałyby zostać zweryfikowane przez rzeczywiste próby przejazdów. Byłoby bardzo kosztowne w przypadku większej próby tras. Co więcej, informacje uzyskane podczas weryfikacji stanowią dobre dane wejściowe do dokonania poprawek w mapach, szczególnie w sytuacjach, gdy weryfikacja dotyczy zbiorów wolontarystycznej informacji geograficznej i jest finansowana ze środków publicznych. W takiej sytuacji etap weryfikacji czyniłby zarazem prowadzone analizy historycznymi.

W związku z powyższym można zaryzykować stwierdzenie, że przedstawiona w niniejszym artykule procedura oceny, tj. „biurkowe” porównywanie dwóch planerów podróży, mogłaby po automatyzacji służyć jako narzędzie (niejedynie, por. np. [20]) względnie szybkiego wskazywania możliwych lokalizacji poważnych błędów w mapach cyfrowych, co odbywałoby się dzięki wskazywaniu znaczących różnic w zaplanowanych trasach (mniejsze różnice można przypisać zastosowaniu w planerach odmiennych algorytmów lokalizowania punktów początkowych i końcowych tras). Sprzyjająca byłaby w tym przypadku procedura losująca trasy o zbliżonej długości. Dzięki temu ułatwione byłoby określenie progów, dla którego różnica staje się alarmująca. Warto zauważyć też, że zastosowanie do porównania większej liczby planerów niż

dwóch spowodowałoby zwiększenie pracochłonności analizy. Stąd powinny być one uwzględnione dopiero w sytuacji, gdy korzystają z innego dostawcy map. Badanie kilku planerów, które korzystają z tego samego dostawcy, ma sens jedynie w przypadku analizy poprawności działania algorytmów wybierających trasę.

Literatura

- Walsh C., Jakeman P., Moles R., O'Regan B., *A comparison of carbon dioxide emissions associated with motorised transport modes and cycling in Ireland*, "Transportation Research Part D", vol. 13, 2008.
- Seriani S. i in. *Experimental study for estimating capacity of cycle lanes*, "Transportation Research Procedia", vol. 8, 2015.
- Schauder S., Foley M., *The relationship between active transportation and health*, "Journal of Transport & Health", vol. 2, 2015.
- Lanzendorf M., Busch-Geertsema A., *The cycling boom in large German cities – Empirical evidence for successful cycling campaigns*, "Transport Policy", vol. 36, 2014.
- Su J., Winters M., Nunes M., Brauer M., *Designing a route planner to facilitate and promote cycling in Metro Vancouver, Canada*, "Transportation Research Part A", vol. 44, 2010.
- maps.google.com (dostęp: 2018.03.15)
- www.naviki.org (dostęp: 2018.03.15)
- Garrard J., Rose G., Lo S., *Promoting transportation cycling for women: The role of bicycle infrastructure*, "Preventive Medicine", vol. 46, 2008.
- Ehrgott M., Wang J., Raith A., van Houtte C. *A bi-objective cyclist route choice model*, "Transportation Research Part A", vol. 46, 2012.
- Hrncir J., Song Q., Zilecky P., Nemet M., Jakob M., *Bicycle Route Planning with Route Choice Preferences*, Materiały konferencyjne „ECAI'14 Proceedings of the Twenty-first European Conference on Artificial Intelligence”, 18–22 sierpnia, Praga 2014.
- Hochmair H., *Towards a classification of route selection criteria for route planning tools*, [w]: Developments in Spatial Data Handling. Springer, Berlin/Heidelberg 2005.
- Winters M., Davidson G., Kao D., Teschke K., *Motivators and deterrents of bicycling: comparing influences on decisions to ride*, "Transportation", vol. 38, 2011.
- Loidl M., Hochmair H., *Do Online Bicycle Routing Portals Adequately Address Prevalent Safety Concerns?* "Safety", vol. 4, nr 9, 2018.
- Ratajczak A., Zmuda-Trzebiatowski P., *Ocena funkcjonowania planerów podróży ruchu pieszego i rowerowego w aglomeracji poznańskiej*, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport”, 2017, nr 117.
- Li J., Zhou K., Zhang L., Zhang W., *A Multimodal Trip Planning System With Real-Time Traffic and Transit Information*, „Journal of Intelligent Transportation Systems”, vol. 16, nr 2, 2012.
- Hochmair H., Zielstra D., Neis P., *Assessing the Completeness of Bicycle Trail and Lane Features in OpenStreetMap for the United States*, "Transactions in GIS", vol. 19, nr 1, 2015.
- www.codgik.gov.pl/index.php/darmowe-dane/ (dostęp: 2018.03.15)
- dts.put.poznan.pl/dane/ocena_planerow_rowerowych_wylosowane_pkt.ods (dostęp: 2018.03.15)
- http://195.216.117.150/sip/mapy (dostęp: 2018.03.15)
- Basiri A., Jackson M., Amirian P., Pourabdollah A., Sester M., Winstanley A., Moore T., Zhang L., *Quality assessment of OpenStreetMap data using trajectory mining*, "Geo-spatial Information Science", vol. 19, nr 1, 2016.