

Jak zoptymalizować trasę

Korzystając z portali nawigacyjnych czy nawigacji samochodowej w celu zaplanowania trasy podróży, otrzymujemy informację o szacunkowym czasie przejazdu, który często nie wytrzymuje konfrontacji z rzeczywistością. Zainspirowało mnie to do zweryfikowania informacji pochodzących z portali Google Maps i Targeo oraz nawigacji Here dla urządzeń mobilnych. Stąd próba optymalizacji trasy przejazdu między Pszczyną a Krakowem poprzez zbudowanie autorskiego modelu sieci dróg w module ArcMap programu ArcGIS.

Damian Biel

Na utworzonym w ArcMap modelu sieci dróg, dla którego dane pozyskałem z bazy OpenStreetMap oraz poprzez przejazdy samochodem i zanotowanie godzin na punktach kontrolnych, przeprowadziłem analizę sieciową (*network analysis*). Z danych tych obliczyłem średnie prędkości dla poszczególnych kategorii dróg, miast i stref zakorkowanych. Na zbudowanym modelu wykonałem obliczenia i uzyskałem czasy przejazdu dla poszczególnych odcinków dróg. Wyniki skonfrontowałem z przewidywaniami algorytmów zastosowanych w portalach Google Maps, Targeo oraz w nawigacji Here. Czas przejazdu sprawdziłem w różnych tygodniach dla godzin porannych i popołudniowych w piątek oraz popołudniowych w niedzielę. W stosunku do uśrednionych czasów przejazdu uzyskanych z pomiarów obliczyłem odchyłki będące procentem całkowitego czasu przejazdu. Metodą najmniejszych kwadratów na podstawie wyznaczonych odchyłek obliczyłem odchylenie standardowe dla poszczególnych programów nawigacyjnych oraz dla zbudowanego modelu, co pozwoliło na określenie niepewności wyników podawanych przez programy nawigacyjne i zweryfikowanie poprawności wykonania modelu.

Autorski model sieci dróg opiera się na algorytmie Dijkstry, który w tym przypadku jako wagi wykorzystuje nie odległości, lecz czasy przejazdu poszczególnymi od-

cinkami dróg. W celu zbudowania modelu wykonałem wiele przejazdów między Krakowem a Pszczyną o łącznej długości 1500 km. Oczywiście czas przejazdu różni się w zależności od pory dnia. Czynniki te uwzględniają rozwiązania nawigacyjne i musiał być uwzględniony w budowanym modelu. Natomiast w godzinach szczytu drogi na wybranych odcinkach korkowały się porównywalnie w obu kierunkach, więc kwestię kierunku pominąłem.

• Analiza sieciowa

W pracy analizowałem sieć dróg województwa śląskiego i małopolskiego rozumianych tu jako system wzajemnie połączonych wektorów i węzłów o określonych właściwościach. Przeprowadzone na danych wektorowych analizy na podstawie charakterystyki poszczególnych odcinków dróg (typu: nakazy, zakazy, ograniczenia prędkości, dopuszczalna masa pojazdów) pozwalają np. na wyznaczenie czasu potrzebnego na dotarcie do najbliższego szpitala czy optymalnej trasy przejazdu samochodu dostawczego rozwożącego towary po całym mieście. W programie służącym do takich analiz możemy narzucić np. konieczność parkowania tylko po prawej stronie drogi czy określenie okien czasowych, w których dany sklep może być obsłużony.

• Wybrane trasy

Pod uwagę wziąłem 4 warianty tras najczęściej proponowane przez portale czy nawigacje samochodowe (rys. 1). Są to:

- trasa autostradowa, czyli: Pszczyna – DK1 – S1 – A4 – Kraków (długość 97,1 km; najdłuższa, ale prowadzi praktycznie samymi drogami szybkiego ruchu),

- trasa bieruńska, czyli: Pszczyna – Bieruń – Alwernia – Balice – Kraków (83,7 km; biegnie bocznymi drogami wojewódzkimi i przez las),

- trasa oświęcimska, czyli: Pszczyna – Brzeszcze – Oświęcim – Alwernia – Balice – Kraków (84,5 km; prowadzi bocznymi drogami wojewódzkimi, w dużej mierze pokrywa się z trasą bieruńską),

- trasa skawińska, czyli: Pszczyna – Brzeszcze – Zator – Skawina – Kraków (96,0 km; w dużej mierze pokrywa się z drogą krajową nr 44 Gliwice – Kraków).

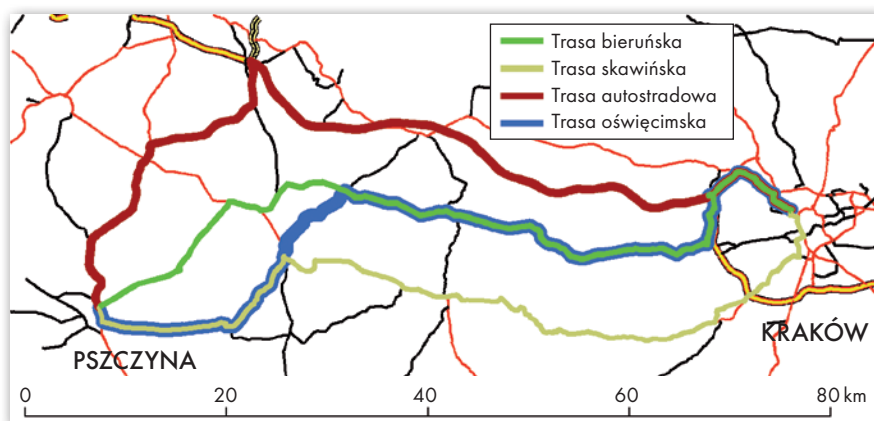
• Ustalenie średnich prędkości dla kategorii dróg

Kluczową wartością potrzebną do analizy była średnia prędkość samochodu na poszczególnych odcinkach dróg. W tym celu notowałem czas przejazdu w miejscach zmiany klasy drogi oraz na początku i końcu terenów zabudowanych, co umożliwiło wyznaczenie średniej prędkości dla autostrady, drogi ekspresowej, krajowej i wojewódzkiej. I to zarówno w terenie zabudowanym, jak i poza nim. Otrzymałe wartości zestawilem w tabeli 1.

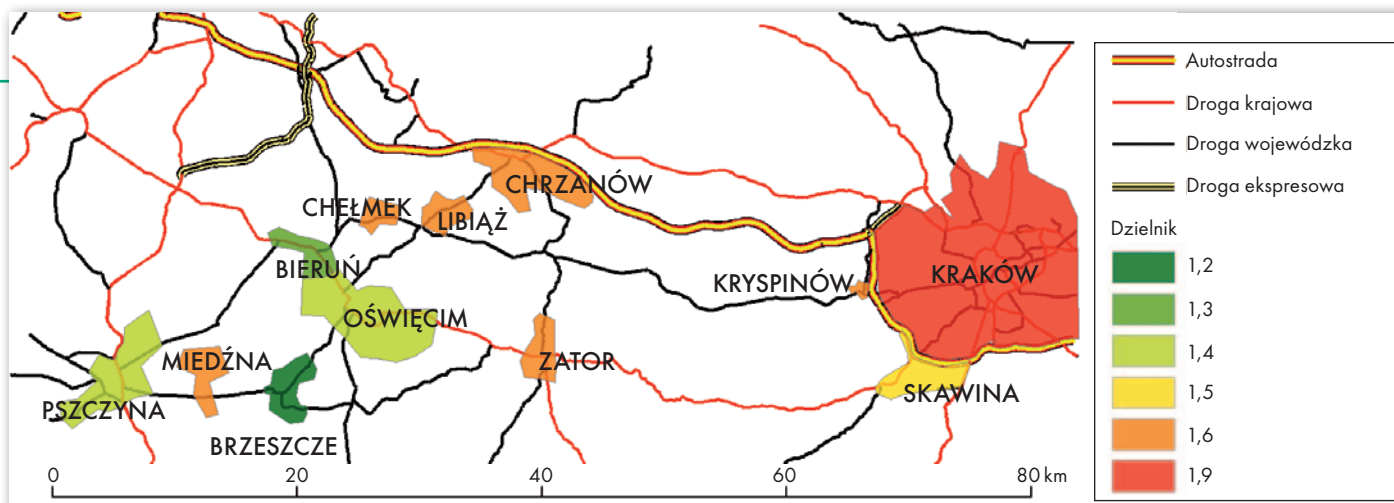
Następnie wykorzystałem je do stworzenia programu ArcMap sieci transportowej. Plik shape (czyli plik w formacie wektorowym firmy Esri służący do przechowywania lokalizacji, geometrii i atrybutów obiektów geograficznych) zawierający dane dotyczące dróg w postaci łamanych i punktów łączących poszczególne odcinki w sieć pobrałem z portalu OpenStreetMap, a następnie wgrałem do programu za pomocą skrzynki narzędziowej OSM. Plik warunkujący z pomierzonymi prędkościami posłużył do zaprogramowania i połączenia odcinków w zwartą sieć transportową. A każdemu odcinkowi – na podstawie klasy drogi, jaka go opisuje – przypisana została średnia prędkość osiągnięta w danym miejscu.

• Tereny zabudowane i zakorkowane

Z uwagi na obowiązujące w terenach zabudowanych ograniczenie prędkości do 50 km/h należało stworzyć specjalne poligony (ograniczone znakami drogowymi



Rys. 1. Warianty tras Pszczyna – Kraków



Rys. 2. Tereny zabudowane z dzielnikami

określającymi zasięg terenu zabudowanego), które uwzględniają prędkość średnią mniejszą od przedstawionych w tabeli 1 dla wszystkich dróg w obrębie danego obszaru. Każdy poligon został opisany atrybutem nazywanym w tej pracy „dzielnikiem”. Atrybut ten wyznaczyłem jako iloraz średniej prędkości uzyskiwanej na danej drodze w obszarze niezabudowanym i prędkości osiągniętej na tej drodze w mieście (dane pozyskane z pomiarów). Każdemu poligonowi przypisałem unikalny dzielnik, ponieważ w każdym z obszarów zabudowanych występuje inna liczba skrzyżowań i innych przeszkód spowalniających ruch samochodowy. Wyższa wartość dzielnika oznacza, że w danym obszarze jeździ się wolniej. Wartości dzielników zestawilem na rysunku 2.

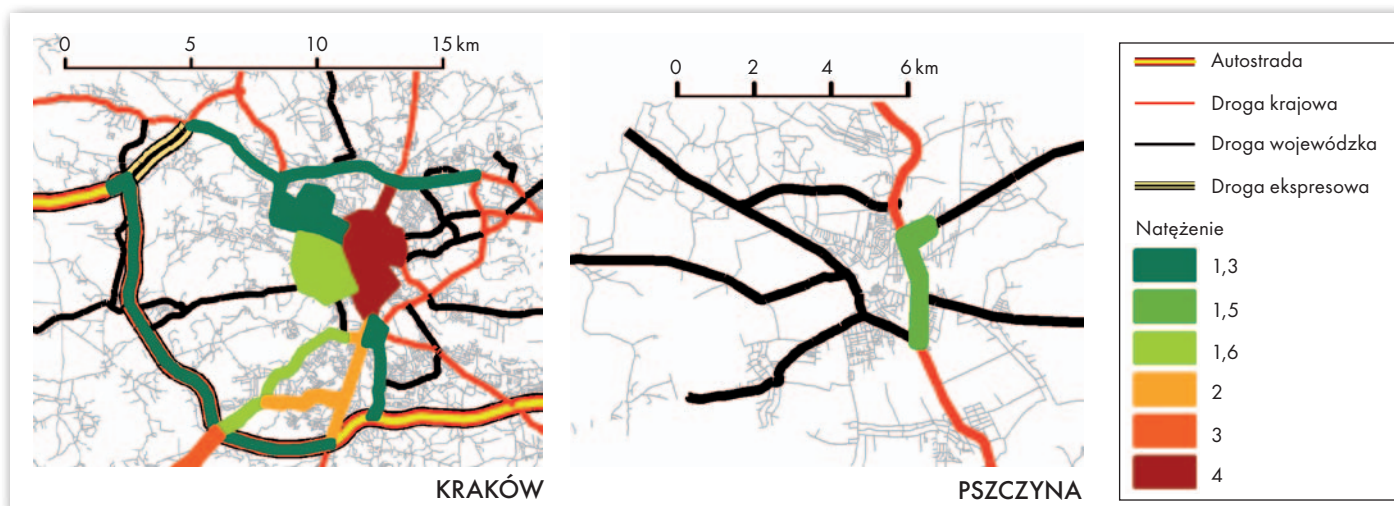
Tab. 1. Średnia prędkość [km/h]

Autostrada	124,3
Droga ekspresowa	90,1
Droga krajowa	58,2
Droga wojewódzka	62,4

Analogiczne poligony utworzyłem dodatkowo w obszarach często zakorkowanych. W tych miejscach prędkość przejazdu jest mniejsza w związku z dużym natężeniem ruchu. Właśnie z tego powodu w poligonach opisanych atrybutem „natężenie” prędkość wcześniej dopasowana do miasta, na terenie którego je wyznaczyłem, jest mniejsza. Wartość atrybutu obliczyłem jako iloraz średniej prędkości w mieście i prędkości rzeczywistej zanotowanej

w korku. Z uwagi na dużą różnicę natężenia ruchu utworzyłem aż 9 takich stref, z czego 8 w Krakowie lub jego okolicach. Sytuację odzwierciedla rys. 3.

W efekcie utworzenia dwóch rodzajów poligonów w analizie sieciowej można uwzględnić mniejszą prędkość uzyskiwaną na danym odcinku drogi. Dla przykładu Zakopianka, która jest drogą krajową, powinna pozwalać na uzyskanie (jadącym zgodnie z przepisami) średniej prędkości ok. 60 km/h. Jednak z uwagi na to, że znajduje się w terenie zabudowanym, możliwą do uzyskania średnią prędkość trzeba podzielić atrybutem „dzielnik” i w efekcie program uwzględni w analizie bardziej zbliżoną do rzeczywistości prędkość ok. 30 km/h. Analogiczne obliczenia dla piątkowego popołudnia, czyli



Rys. 3. Tereny zakorkowane z natężeniem

Tab. 2. Uśrednione wyniki pomiaru czasu przejazdu i odchyłki dla różnych rozwiązań informatycznych

	A4					trasa oświęcimska					trasa bieruńska					trasa skawińska							
	Zakorkowane		Niezakork.			Zakorkowane		Niezakork.			Zakorkowane		Niezakork.			Zakorkowane		Niezakork.					
Pomiar [min]	73	73	73	63	63	102	102	102	91	91	91	95	95	95	89	89	89	139	139	139	111	111	111
ArcMap [%]	-8	-8	-8	1	1	1	1	1	8	8	8	4	4	4	7	7	7	12	12	12	4	4	4
Google Maps [%]	5	8	7	-9	-5	-8	-1	-4	-13	-9	-10	-7	-3	-5	-15	-8	-7	19	16	17	-4	2	5
Targeo [%]	1	10	7	-12	-9	-27	-9	-0	-14	-17	-10	-6	-2	-7	-9	-10	-9	0	11	18	-4	-4	1
Here [%]	-3	-7	-1	-21	-21	-12	-12	-12	-24	-28	-24	-14	-14	-15	-20	-20	-20	12	13	12	-4	-12	-9
Godz. przejazdu	8	15	16	19	20	8	15	16	18	19	20	8	9.30	16	18	19	20	8	9.30	16	18	19	20

