

KRYSTIAN BIRR

dr inż., Politechnika Gdańska,
Wydział Inżynierii Lądowej
i Środowiska, Katedra Inżynierii
Drogowej i Transportowej, e-mail:
krystian@birr.pl

Badania podróży mieszkańców na potrzeby modelowania wyboru środka transportu¹

Streszczenie: Modelowanie wyboru środka transportu jest zagadnieniem złożonym i wymaga zastosowania zaawansowanych narzędzi matematycznych, jak również wiarygodnych danych wejściowych, pozyskiwanych przede wszystkim z kompleksowych badań ruchu. Zarówno polskie, jak i zagraniczne źródła literatury zalecają uwzględnienie w modelowaniu wyboru środka transportu nie tylko odległości oraz czasu podróży, ale także innych zmiennych. Pozyskanie wartości dla większości z tych zmiennych powinno zachodzić w ramach kompleksowych badań ruchu, które różnią się swym zakresem oraz metodologią w poszczególnych miastach. W artykule streszczono główne wyniki prac autora w zakresie modelowania podziału zadań przewozowych oraz wskazano czynniki, dla których zaleca się pozyskiwać dane w ramach kompleksowych badań ruchu na potrzeby modelowania wyboru środka transportu.

Słowa kluczowe: modelowanie podróży, wybór środka transportu, podział zadań przewozowych.

Wprowadzenie

Podejmowanie kluczowych decyzji w zakresie planowania rozwoju i zarządzania transportem wymaga nie tylko wiedzy wynikającej z doświadczenia decydentów, ale również z odpowiednich metod analitycznych [5]. W obecnych czasach nieakceptowalne jest stosowanie metody „prób i błędów”, stąd też istotne jest wykorzystanie specjalistycznych narzędzi dostarczających dane pomagające w podjęciu strategicznych decyzji. Dla planistów i zarządców transportu jednym z takich narzędzi jest makroskopowy model podróży. W Polsce większość dużych miast jest już w posiadaniu takiego modelu, choć w niektórych miastach nie jest on na co dzień wykorzystywany, przez co, z uwagi na brak jego aktualizacji i rozwoju, w praktyce nie spełnia on swojej roli. Jednak w pozostałej części grupy miast posiadających model stanowi on jeden z kluczowych narzędzi pomagających w podejmowaniu decyzji zarówno na poziomie strategicznym [3], jak i operacyjnym [7].

W celu utrzymania modelu na odpowiednim poziomie aktualności i związanej z nią jakości wyników niezbędne jest przeprowadzanie okresowych (co około 5 lat [8]) badań zachowań transportowych. Wyniki te, oprócz poznania bieżących potrzeb, preferencji i zachowań użytkowników, umożliwiają przeprowadzenie analiz, których celem jest poznanie zależności tych zachowań od czynników charakteryzujących użytkownika, podróż oraz otoczenie. Dane te mogą być podstawą do podejmowania bieżących decyzji o funkcjonowaniu transportu oraz do rozszerzonych analiz, w tym modelowaniu wyboru środka transportu. W niniejszym artykule wykorzystano wybrane wyniki i wnioski z badań z roz-

prawy doktorskiej autora [1]. Celem artykułu nie jest przedstawienie metody modelowania podziału zadań przewozowych, a jedynie podkreślenie, które z danych zaleca się pozyskiwać w ramach przygotowań do przeprowadzenia badań zachowań transportowych w dużych miastach.

Badania zachowań transportowych

Kompleksowe badania ruchu (KBR) są najczęściej największymi badaniami prowadzonymi w dużych miastach, mającymi na celu poznanie preferencji i sposobu przemieszczania się mieszkańców i gości je odwiedzających, a także trendów zmian zachowań transportowych, często wynikających także z prowadzonej polityki.

Analizując wyniki badań podziału zadań przewozowych podróży w poszczególnych dużych miastach w Polsce, zauważyć można pewne zróżnicowanie wyników. Zróżnicowanie to może wynikać zarówno z odmiennych zachowań transportowych w każdym z tych miast, jak i z zastosowanych założeń i metod badawczych, a także okresu badań. Spośród wybranych wyników badań szczególnie wyróżniają się badania z Warszawy, Poznania i Gdańska. W Warszawie występuje znacznie większy udział podróży transportem zbiorowym niż w innych polskich miastach, co wynikać może z wielkości miasta, jego struktury przestrzennej oraz funkcjonującego metra. W Gdańsku odnotowano względnie duży udział podróży rowerem, jednak należy podkreślić, że badania były przeprowadzone w maju i czerwcu, między innymi podczas trwania akcji „rowerowy maj”. W Poznaniu w wynikach wykazano względnie niski udział podróży pieszych... Analizując trendy zmian udziału podróży poszczególnymi środkami transportu (porównując do wyników poprzednich KBR), zauważyć można stopniowy spadek udziału podróży transportem zbiorowym i jednoczesny stopniowy wzrost udziału podróży transportem rowerowym i samochodowym. Odnotowane zmiany i zróżnicowanie pomiędzy miastami są wynikiem, między innymi,

Tabela 1

Udział podróży w podziale na środki transportu w wybranych miastach Polski				
Miasto (rok badania)	Udział podróży			
	Pieszo	Rower	Samochód	Transport zbiorowy
Gdańsk (2009)	21	2	39	38
Gdańsk (2016)	21	6	41	32
Kraków (2013)	29	1	34	36
Poznań (2013)	13	4	40	43
Szczecin (2016)	29	1	38	32
Warszawa (2015)	18	3	32	47
Wrocław (2011)	19	4	42	35

Źródło: [12,13,14]

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2019.

działań związanych z polityką transportową, planowaniem przestrzennym, rozbudową sieci transportowej, jak i innymi czynnikami zewnętrznymi.

Doświadczenie w modelowaniu wyboru środka transportu [1, 10, 6] wykazało, iż podstawowym zakresem danych KBR są relacje podróży opisane punktem źródła, celem, godziną, motywacją oraz wybranym środkiem transportu. Dane z ankiet dotyczące czasu i odległości zazwyczaj są pomijane, gdyż obciążone są na ogół dużymi błędami, wynikającymi z różnego poziomu postrzegania tych elementów przez podróżnych [11] i często są przeszacowane. Czas i odległości dla każdej relacji obliczane są za pomocą skalibrowanych modeli makroskopowych dla każdej pary rejonów transportowych.

Odległość i czas podróży stanowią obecnie podstawę w modelowaniu wyboru środka transportu. W praktyce na tę decyzję wpływa wiele innych czynników [1, 2, 9]. Stąd też autor w swoich badaniach podjął próbę identyfikacji czynników wpływających na wybór środka transportu między innymi na podstawie danych dostępnych w bazach wynikowych kompleksowych badań ruchu przeprowadzanych w wybranych dużych miastach Polski.

Metody modelowania wyboru środka transportu

W Polsce zdecydowaną dominującą metodą modelowania wyboru środka transportu jest metoda bazująca na dwuetapowym dzieleniu podróży pomiędzy różne środki transportu z wykorzystaniem modeli regresji. W pierwszym etapie za pomocą funkcji wykładniczej wydziela się podróże piesze (i w niektórych przypadkach rowerowe) względem odległości podróży. W drugim etapie pozostałe podróże (niepiesze), najczęściej za pomocą funkcji logitowej, dzieli się pomiędzy podróże samochodem a transportem zbiorowym, wykorzystując zmienną opisującą stosunek czasu podróży samochodem do postrzeganego czasu podróży transportem indywidualnym. Zastosowanie powyższych narzędzi statystycznych ogranicza możliwości uwzględniania dodatkowych zmiennych [4]. Alternatywnym podejściem, wykorzystywanym coraz częściej w literaturze zagranicznej, jest zastosowanie modeli dyskretnych uwzględniających dodatkowe zmienne [6]. Badania autora wykazały praktyczność zastosowania wielomianowych, w tym zagnieżdżonych, modeli logitowych wyboru dyskretnego [1].

$$P_s^m = \frac{e^{\mu U_s^m}}{\sum_m e^{\mu U_s^m}}$$

gdzie:

- P_s^m – prawdopodobieństwo wyboru środka transportu m w sytuacji s ,
- U_s^m – użyteczność środka m w sytuacji s ,
- μ – parametr skali modelu.

W literaturze zagranicznej występuje wiele publikacji poruszających zagadnienie wpływu wybranych czynników na wybór środka transportu, choć w większości przypadków nie analizuje się tego problemu w kontekście czterostopniowego modelowania podróży. Do najczęściej wykorzystywanych

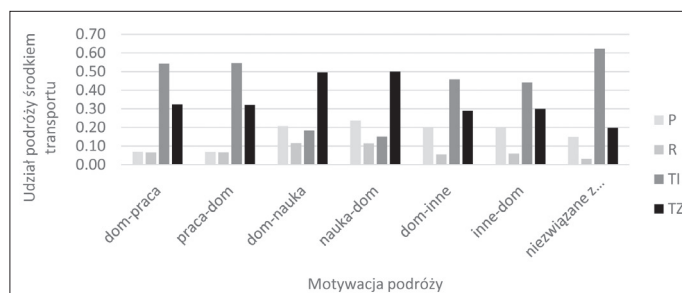
czynników zaliczają się: posiadanie lub dostępność do samochodu, posiadanie prawa jazdy, struktura gospodarstwa domowego (młode małżeństwo, małżeństwo z dziećmi, emeryci), wiek, dochód, decyzje podejmowane z przyczyn zewnętrznych (np. samochód niezbędny do pracy, konieczność transportu dzieci do szkoły itp.), gęstość zaludnienia, motywacja podróży, pora dnia, dzień tygodnia, czas podróży, koszt podróży, odległość, dostępność i wysokość opłat za parkowanie, dostępność do transportu zbiorowego i inne. Badania wykazują istotność powyższych zmiennych w modelowaniu wyboru środka transportu.

Zastosowanie wyników KBR w modelowaniu wyboru środka transportu

Uwzględniając wyniki zagranicznych badań wskazujących występowanie zależności pomiędzy dodatkowymi (innymi niż czas i odległość) czynnikami a prawdopodobieństwem wyboru środka transportu, dokonano analizy baz z wynikami kompleksowych badań ruchu dla trzech wybranych miast: Gdańska (badania z roku 2016), Krakowa (2013) i Warszawy (2015). Badania te zostały przeprowadzone niemal identyczną metodologią, jednak w różnych okresach czasowych: w Gdańsku badania przeprowadzono wiosną, a w Krakowie i Warszawie jesienią. Zakres badań pod względem wywiadów charakteryzujących respondentów był jednak zróżnicowany. Przykładowo, w badaniach w Warszawie nie pytano o liczbę samochodów występujących w gospodarstwie domowym, lecz o możliwość wykorzystania samochodu do odbycia danej podróży. Nie pytano również o wykształcenie. W Krakowie zaś nie pytano o liczbę dzieci w gospodarstwie domowym.

Podstawowym podziałem na potrzeby modelowania podróży z wykorzystaniem modelu czterostopniowego jest podział na motywacje. W przeprowadzonych badaniach również dokonano takiego podziału na siedem podstawowych motywacji związanych z domem, pracą, nauką i innymi celami podróży (rys. 1). Na podstawie analizy danych stwierdza się, iż zachowania transportowe pod względem wyboru środka transportu dla par motywacji o tych samych źródłach/celach podróży (np. dom-praca, praca-dom) są bardzo zbliżone i można zastosować ich agregację.

Śród dostępnych baz danych, będącymi wynikami KBR oraz danych z modeli makroskopowych, można wyróżnić trzy grupy zmiennych opisujących: użytkownika, podróż, otoczenie. Stosując powyższy podział, ostatecznie badaniom poddano następujące zmienne:



Rys. 1. Udział podróży środkiem transportu: pieszo (P), rower (R), samochód (TI), transport zbiorowy (TZ) w zależności od motywacji podróży w Gdańsku
Źródło: [1]

- opisujące użytkownika: dostępność do samochodu, ruchliwość, wiek, wykształcenie, liczba dzieci;
- opisujące podróż: odległość, czas podróży rowerem, czas podróży samochodem osobowym, postrzegany czas podróży transportem zbiorowym, czas oczekiwania na pojazd transportu zbiorowego na pierwszym przystanku podróży, liczba przesiadek w trakcie podróży transportem zbiorowym, udział czasu jazdy pojazdami transportu szynowego w całkowitym czasie jazdy w ramach jednej podróży;
- opisujące źródło lub cel podróży: bezpośrednia dostępność obszaru do transportu szynowego, występowanie strefy płatnego parkowania, gęstość zaludnienia.

Szczegółowe założenia badań oraz statystyczne wyniki analiz zamieszczono w pracy doktorskiej autora [X]. Wszystkie z powyższych zmiennych wykazały istotność statystyczną w opracowanych modelach wyboru środka transportu. Poziom istotności jest jednak zróżnicowany dla każdej z motywacji i funkcji użyteczności poszczególnych środków transportu.

Spśród powyższych zmiennych do najbardziej istotnych statystycznie zalicza się: odległość, dostępność do samochodu, czas podróży samochodem, postrzegany czas podróży transportem zbiorowym, występowanie strefy płatnego parkowania (u źródła lub celu podróży – zależnie od motywacji), wiek podróżnego, wykształcenie, udział czasu jazdy pojazdami transportu szynowego w całkowitym czasie jazdy w ramach jednej podróży, dostępność do transportu szynowego, liczba dzieci w gospodarstwie domowym. Przykładowe zależności pomiędzy prawdopodobieństwem wyboru samochodu, zmiennymi: dostępność do samochodu (CAR), czas podróży transportem indywidualnym (TTC), postrzegany czas podróży transportem zbiorowym (PJT), zobrazowano na rys. 2.

Zalecane jest zatem pozyskiwanie informacji dotyczących powyższych czynników w ramach KBR. Zbieranie informacji dotyczących wartości tych zmiennych oraz zachowań transportowych ludności w każdym kolejnym KBR, przy zastosowaniu tej samej, bądź zbliżonej metody badań, umożliwiłyby prowadzenie dalszych badań w zakresie zmian ich istotności w wyborze środka transportu i budowy bardziej zaawansowanych modeli.

Z uwagi na nieliczne uwzględnianie czynnika opłat za parkowanie w KBR wydaje się być szczególnie istotne poruszenie w wywiadach kwestii tego czynnika, np. w postaci: czy u celu podróży użytkownik uiścił opłatę za parkowanie? Należy również rozważyć rozszerzenie badań dotyczących postrzeganego

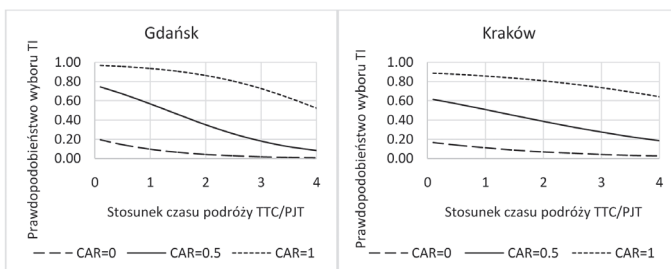
czasu podróży transportem zbiorowym, który już obecnie jest podstawowym czynnikiem stosowanym w modelach wyboru środka transportu, często bez zróżnicowanych wag dla poszczególnych składowych tego czasu (czas oczekiwania na przystankach, czas jazdy, opór przesiadki itd.).

Podsumowanie

Regularnie przeprowadzane Kompleksowe Badania Ruchu są dobrym źródłem wiedzy o zachowaniach transportowych mieszkańców i ich zmianach w czasie. Podejmowanie przez użytkowników decyzji odnośnie wyboru środka transportu jest procesem złożonym, stąd też zalecane jest uwzględnianie w modelowaniu wyboru środka transportu nie tylko czasu podróży, ale także dodatkowych czynników opisujących podróżnego, podróż oraz otoczenie. Powyższe wymaga pozyskiwania wystarczających informacji w ramach KBR. Zaleca się zatem o uwzględnienie tej potrzeby w procesie przygotowań do Kompleksowych Badań Ruchu oraz opracowywania metody badań, która powinna być co najmniej zbliżona do przeprowadzanych wcześniej w danym obszarze badań lub do badań z innych miast.

Literatura

1. Birr K., *Modelowanie podziału zadań przewozowych w obszarach zurbanizowanych*, Rozprawa doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 2018.
2. Faron A., *Wpływ wybranych czynników struktury funkcjonalno-przestrzennej miasta na podział zadań przewozowych*, Politechnika Krakowska, Kraków 2013.
3. Jamroz K. i in., *Wielopoziomowe modelowanie ruchu – koncepcja i doświadczenia praktyczne*, VIII Konferencja Naukowo-Techniczna z cyklu: Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego: Nowoczesny transport publiczny w obszarach zurbanizowanych, Poznań-Rosnówko 2011.
4. Kucharski R., Szarata A., Bauer M., Kulpa T., *Modelowanie wyboru środka transportu – porównanie regresji logistycznej i logitowego modelu wyboru dyskretnego*, X Poznańska Konferencja Naukowo-Techniczna z cyklu: Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego, Poznań-Rosnówko 2015.
5. Nielsen G., Lange T. i in., *Hitrans Best practice guide no. 2. Public transport – Planning the networks*, 2005.
6. Ortuzar J. de D., Willumsen L.G., Ortuzar JDD., Willumsen L.G., *Modelling Transport*, 2011.
7. Oskarbski J., Jamroz K., Birr K., *Multi-level models of transport systems for traffic management*, „Logistyka”, 2014.
8. Rudnicki A., *Dylematy metodyczne kompleksowych badań ruchu*, Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie, Seria: Materiały Konferencyjne nr 93, 2010.
9. Santos G., Maoh H., Potoglou D., von Brunn T., *Factors influencing modal split of commuting journeys in medium-size European cities*, „Journal of Transport Geography”, 2013, 30.
10. Szarata A., *Ocena efektywności funkcjonalnej parkingów przesiadkowych (P+R)*, Rozprawa doktorska, Politechnika Śląska, 2005.
11. Xiangdong X., Chen A., Cheng L., *Assessing the effects of stochastic perception error under travel time variability*, „Transportation”, Springer, 2013, nr 40(3).
12. Warszawskie Badania Ruchu 2016, PBS Sp. z o.o., Politechnika Krakowska, Politechnika Warszawska, 2016.
13. Kompleksowe Badania Ruchu w Krakowie 2013, Politechnika Krakowska, PBS Sp. z o.o., 2013.
14. Gdańskie Badania Ruchu 2016, Via Vistula, Biuro Rozwoju Gdańska, 2016.



Rys. 2. Udział podróży w podziale na środki transportu w wybranych miastach Polski
Źródło: [1]