

Otrzymano (Received): 01.02.2018

Otrzymano poprawioną wersję (Received in revised form): 20.03.2018

Zaakceptowano (Accepted): 26.03.2018

Opublikowano (Published): 30.03.2018

MOTYWACJE PODRÓŻY A ROZKŁAD RUCHU W TRANSPORCIE INDYWIDUALNYM NA SIECI DRÓG KRAJOWYCH I WOJEWÓDZKICH

Travel purposes and the distribution of individual traffic on the network of national and voivodship roads

Piotr Rosik (1), Tomasz Komornicki (2), Sławomir Goliszek (3)

(1) Zakład Przestrzennego Zagospodarowania, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Twarda 51/55, 00-818 Warszawa
e-mail: rosik@twarda.pan.pl

(2) Zakład Przestrzennego Zagospodarowania, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Twarda 51/55, 00-818 Warszawa
e-mail: t.komorn@twarda.pan.pl

(3) Zakład Przestrzennego Zagospodarowania, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Twarda 51/55, 00-818 Warszawa
e-mail: sgoliszek@twarda.pan.pl

Cytacja:

Rosik P., Komornicki T., Goliszek S., 2018, Motywacje podróży a rozkład ruchu w transporcie indywidualnym na sieci dróg krajowych i wojewódzkich, *Prace Komisji Geografii Komunikacji Polskiego Towarzystwa Geograficznego*, 21(1), 43-53.

Streszczenie: Celem głównym artykułu jest przedstawienie założeń i rezultatów sześciu modeli jednomotywyjnych, w tym sześciu rozkładów ruchu dla ruchu pojazdów osobowych na sieci dróg krajowych i wojewódzkich w 2010 r. z wykorzystaniem oprogramowania VISUM. Przedstawiono wyniki ćwiczenia rozkładu ruchu w hipotetycznej sytuacji, gdy cały ruch jest realizowany w jednej z sześciu wyróżnionych motywacji. Celem dodatkowym jest pokazanie implikacji przestrzennych wynikających ze złożenia sześciu modeli jednomotywyjnych składających się na jeden model wielomotywyjny. Generalnie wysoki poziom dopasowania w modelach jednomotywyjnych (poza ruchem turystycznym) świadczy o koncentrowaniu się różnych rodzajów ruchu na tych samych odcinkach. Model wielomotywyjny jest najlepiej dopasowanym modelem ($R^2 = 0,72$). Prowadzi to do wniosku, że połączenie sześciu motywacji w jednym modelu powiodło się i doprowadziło do poprawy jego dopasowania.

Słowa kluczowe: motywacje podróży, rozkład ruchu, samochody osobowe

Abstract: The main goal of the article is to present the assumptions and results of six single-purpose models, including six traffic distribution patterns for passenger cars on the national and voivodship roads network in 2010 with the use of VISUM software. The results of the scientific exercise of a hypothetical situation, where all traffic is realized in one of six distinguished purposes. The additional goal is to show spatial implications resulting from the submission of six single-purpose models into one consisting of one multi-purpose model. Generally, the high level of matching in the single-purpose models (except for the tourist traffic) indicates the concentration of different types of traffic on the same sections. The multi-purpose model is the best fitted model ($R^2 = 0.72$). This leads to the conclusion that the combination of six purposes in one model was successful and led to an improvement in its fit.

Keywords: travel purposes, traffic distribution, personal cars

Wstęp

Modelowanie osobowego ruchu drogowego na poziomie krajowym w Polsce nie było jak dotąd przedmiotem pogłębionych analiz przestrzennych. Temat mobilności w transporcie indywidualnym analizowano pod kątem teoretycznym, jak i empirycznym w środowisku planistów transportu (m.in. Kulpa, Szarata, 2017; Sierpiński, 2017; Chmielewski, Olenkiewicz-Trempała, 2018) i geografów (m.in. Lijewski, 1998; Komornicki, 2003; Komornicki, 2011, a w kontekście podziału modalnego w dojazdach do pracy również m.in. Rosik i in., 2010), jednak brakowało ujęcia modelowego, co wynika przede wszystkim z braku kompleksowych badań ruchu obejmujących cały kraj. Większość analiz wykonywanych na bazie kilkutysięcznych prób (ankietowane gospodarstwa domowe i użytkownicy sieci) realizowane jest na poziomie miast lub aglomeracji, a w ostatnich latach – również na poziomie poszczególnych województw. Z kolei tzw. Krajowy Model Ruchu (2007) opracowano w oparciu o Generalny Pomiar Ruchu 2005 na kilkudziesięciu tzw. punktach kontrolnych, tylko na sieci dróg krajowych, w tym na przejściach granicznych. Jest to zatem model bardzo uproszczony i z tego powodu niewystarczający do rosnących potrzeb w tym zakresie.

Równocześnie w ostatnich dwóch dekadach obserwuje się gwałtowny wzrost motoryzacji, który powoduje coraz większe obciążenie sieci drogowej, a tym samym konieczność bardziej racjonalnego i efektywnego jej planowania i użytkowania. Wraz z podnoszeniem się poziomu motoryzacji coraz trudniej jest także mówić o prostej zależności pomiędzy liczbą posiadanych samochodów, a poziomem ich wykorzystania. Oznacza to, że istnieje poważna potrzeba badań nad modelowaniem ruchu na poziomie krajowym. Jego lepsze rozpoznanie powinno przyczynić się do bardziej efektywnego planowania sieci transportowych różnych szczebli. Może też mieć praktyczne znaczenie w planowaniu przestrzennym (prawidłowa lokalizacja określonych generatorów ruchu, w tym usług pożytku publicznego) oraz w opracowywaniu i wprowadzaniu systemów opłat drogowych.

Motywacja podróży jest jednym z najbardziej istotnych czynników wpływających zarówno na wybór środka transportu, jak i długość podróży, a także częstotliwość jej odbywania. Jednak wyodrębnienie zwanego, a jednocześnie niezbyt rozbudowanego systemu motywacji podróży jest zadaniem nierealnym. Przykładowo, podróże zdrowotne mogą być realizowane obligatoryjnie, regularnie na krótkie odległości i nie mieć nic wspólnego ze spędzaniem wolnego czasu, ale też mogą być pobytami o charakterze

sanatoryjnym, wykonywanymi raczej sporadycznie, na dłuższe odległości i mającymi wszystkie znamiona podróży turystycznych. W ramach dojazdów do szkoły i wyjazdów na zakupy również można wyróżnić wiele podtypów motywacyjnych. Istnieje wiele możliwych podejść do grupowania motywacji podróży. Dla celów niniejszego artykułu wyróżniono sześć motywacji podróży: dojazdy do pracy (model COM), wyjazdy na zakupy (model CH), dojazdy do szkoły wyższej (model EDU), podróże biznesowe (model BIZ), odwiedziny znajomych i krewnych (model VFR) oraz podróże turystyczne (model TUR).

Celem głównym artykułu jest przedstawienie założeń i rezultatów sześciu modeli jednomotywywacyjnych, w tym sześciu rozkładów ruchu dla ruchu pojazdów osobowych na sieci dróg krajowych i wojewódzkich w 2010 r. Przedstawiono wyniki swoistego rodzaju ćwiczenia rozkładu ruchu w hipotetycznej sytuacji, gdy cały ruch jest realizowany w jednej z sześciu wyróżnionych motywacji. Celem dodatkowym jest pokazanie implikacji przestrzennych wynikających ze złożenia sześciu modeli jednomotywywacyjnych składających się na jeden model wielomotywywacyjny.

Opracowanie jest efektem prac prowadzonych w ramach grantu naukowego sfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji DEC-2012/05/B/HS4/04147. Wykorzystano również teoretyczne rozważania dotyczące klasyfikacji motywacji podróży rozwijane w ramach grantu naukowego sfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji DEC-2016/21/B/HS4/01578.

1. Motywacje i klasyfikacja podróży

W literaturze przedmiotu brak jest jednej i uniwersalnej klasyfikacji motywacji podróży. W ramach Kompleksowych Badań Ruchu wykonywanych w poszczególnych aglomeracjach kraju brakuje także ujednoczenia liczby oraz charakteru analizowanych motywacji podróży (tab. 1).

Zestawienie grup motywacyjnych w *Badaniu pilotażowym zachowań komunikacyjnych w Polsce* (2015) przeprowadzonym w 2015 r. przez GUS na próbie zasadniczej 18 tys. mieszkań i rezerwowej – 36 tys. mieszkań na terenie całego kraju wygląda nieco inaczej niż w Kompleksowych Badaniach Ruchu dla miast i aglomeracji. W badaniu na poziomie krajowym wyodrębniono następujące motywy podejmowania podróży:

- dojazdy od pracy,
- dojazdy do szkoły lub uczelni,
- zakupy,
- podróże służbowe,

Tab. 1. Zestawienie grup motywacyjnych, dla których tworzone są w poszczególnych miastach modele potencjałów ruchotwórczych.

Motywacja podróży	Gdańsk	Kraków	Łódź	Poznań	Szczecin	Warszawa
dom-praca i praca-dom	x	x	x	x	x	x
dom-nauka i nauka-dom	x		x			
dom-szkoła i szkoła-dom		x		x	x	x
dom-uczelnia i uczelnia-dom		x		x	x	x
dom-zakupy i zakupy-dom				x	x	
dom-centrum handlowe i centrum handlowe-dom				x	x	
dom-biznes i biznes-dom					x	
dom-rozrywka i rozrywka-dom				x	x	
dom-wypoczynek i wypoczynek-dom				x		
inne	x	x	x	x	x	x

Źródło: Rudnicki, 2014.

- potrzeby osobiste (np. do lekarza, załatwianie spraw w urzędzie) oraz w charakterze osoby towarzyszącej,
- spędzanie wolnego czasu/krótkie wakacje poniżej 4 dni,
- dłuższe wakacje (powyżej 4 dni),
- powroty do domu i inne powody.

Istnieje wiele możliwych podejść do grupowania motywacji podróży. System klasyfikacyjny motywacji podróży w zależności od przyjętego kryterium można podzielić na:

1. Kryterium obligatoryjności podróży:

- podróże **obligatoryjne** (związane z miejscem pracy, nauki, a także obowiązkami służbowymi),
- podróże **fakultatywne** (wyjazdy na zakupy, odwiedziny krewnych i znajomych, podróże rekreacyjne i turystyczne itd.).

2. Kryterium częstotliwości podróży:

- podróże **codzienne** (w sensie większości dni powszednich; np. dojazdy do pracy lub szkoły),
- podróże **regularne** poza codziennymi (całe spektrum podróży niecodziennych, ale też niesporadycznych wykonywanych regularnie kilka razy w tygodniu lub miesiącu, np. wyjazdy na zakupy, dojazdy na uczelnie w trybie zaocznym, wyjazdy przedstawicieli handlowych itp.),

- podróże **sporadyczne** (np. wyjazdy turystyczne).

3. Kryterium długości podróży (por. Rosik, Kowalczyk, 2015):

- podróże **krótkie** (podróże o długości poniżej 100 km; zazwyczaj są to podróże obligatoryjne codzienne, takie jak dojazdy do pracy lub szkoły, ale również część podróży fakultatywnych, np. wyjazdy na zakupy),
- podróże **długie** (podróże powyżej 100 km; większość podróży turystycznych oraz duża część odwiedzin znajomych i krewnych oraz podróży służbowych).

Na cele niniejszego opracowania dokonano podziału na główne (szerzej uwzględnione w pracy) i pozostałe motywacji podróży. Do głównych motywacji podróży zaliczono:

- **dojazdy do pracy (COM)**, rozumiane jako codzienne, obligatoryjne dojazdy na raczej krótkie odległości, wykonywane w układzie dom-praca-dom gdzie atrakcją są miejsca pracy (na podstawie danych macierzowych),
- **wyjazdy na zakupy (CH)**, rozumiane głównie jako fakultatywne, sporadyczne lub regularne wyjazdy do centrów handlowych, zazwyczaj jako krótkie podróże, wykonywane w układzie dom-centrum handlowe/hipermarket/supermarket-dom, gdzie atrakcją jest liczba hiper-

- marketów, supermarketów itd., a produkcją jest liczba ludności ogółem,
- **dojazdy do szkoły wyższej (EDU)**, rozumiane jako obligatoryjne, codzienne (studia stacjonarne, raczej krótkie odległości) lub regularne (studia zaoczne, w formie krótkich, rzadziej długich podróży) dojazdy na uczelnie wyższą, wykonywane w układzie dom–szkoła wyższa–dom, gdzie atrakcją jest liczba miejsc dla studentów na uczelni wyższej, a produkcją liczba ludności w wieku 19-24 lat,
 - **podróże biznesowe (BIZ)**, rozumiane jako obligatoryjne, sporadyczne lub regularne podróże o raczej długim charakterze wykonywane w relacjach między przedsiębiorstwami (wyróżniono spółki handlowe), gdzie zarówno produkcją, jak i atrakcją jest liczba spółek handlowych według lokalizacji siedziby firmy,
 - **odwiedziny znajomych i krewnych (VFR)**, rozumiane jako fakultatywne, raczej sporadyczne podróże długie związane z miejscem zamieszkania znajomych i krewnych (na podstawie danych macierzowych),
 - **podróże turystyczne (TUR)**, rozumiane jako podróże długie z wyłączeniem odwiedzin znajomych i krewnych oraz podróży służbowych, a także bez uwzględnienia krótkich podróży o charakterze rekreacyjnym; atrakcją jest w tym przypadku liczba miejsc noclegowych, a produkcją liczba ludności ogółem.
- Pozostałe motywacje podróży, w tym podróże rekreacyjne, wyjazdy związane z korzystaniem z usług pożytku publicznego (bez usług edukacyjnych, m.in. usługi zdrowotne, wizyty w urzędach), podwożenie dzieci do szkół podstawowych i średnich, wyjazdy do pracy za granicą lub praca wakacyjna/sezonowa nie zostały specjalnie uwzględnione w niniejszym opracowaniu w sensie modelowym. Wynika to z faktu, że mają one głównie charakter sporadyczny i z punktu widzenia modelowania ruchu stanowią relatywnie małą część pracy przewozowej (choć epizodycznie i lokalnie mogą to być bardzo duże wartości, np. wydarzenia sportowe). W przeglądzie poszczególnych motywacji zostały one wzmiankowane jako uzupełniające (tab. 2).

Tab. 2. Wielokryterialna klasyfikacja motywacji podróży.

Motywacja podróży	Fakultatywność a obligatoryjność podróży	Częstotliwość podróży	Długość podróży / opór przeprzeźni	Atrakcyjność celu podróży	
				Czynnik ilościowy	Czynnik jakościowy
Główne motywacje podróży					
Dojazdy do pracy	Obligatoryjne	Codzienne	Krótkie	Liczba miejsc pracy	Wysokość wynagrodzenia i inne
Wyjazdy na zakupy	Fakultatywne	Sporadyczne lub regularne	Krótkie	Liczba hipermarketów, supermarketów itd.	Powierzchnia sklepów; wysokość cen
Dojazdy do szkoły	Obligatoryjne	Codzienne lub regularne (studia zaoczne)	Krótkie/ długie	Liczba miejsc na uczelni/w szkole	Jakość systemu edukacji
Podróże biznesowe	Obligatoryjne	Sporadyczne lub regularne	Długie	Liczba podmiotów gospodarczych/ spółek	Charakter powiązań biznesowych
Odwiedziny znajomych i krewnych	Fakultatywne	Sporadyczne	Długie	Miejsca zamieszkania rodziny/ znajomych	Intensywność relacji międzyludzkich
Podróże turystyczne	Fakultatywne	Sporadyczne	Długie	Liczba miejsc noclegowych	Jakość usług turystycznych
Pozostałe motywacje podróży (wybrane)					
Podróże rekreacyjne	Fakultatywne	Sporadyczne	Krótkie	Liczba możliwych miejsc rekreacji	Jakość miejsc rekreacji
Związane z usługami pożytku publicznego np. usługi służby zdrowia, wizyty w urzędzie itd.	Obligatoryjne / Fakultatywne	Sporadyczne	Krótkie/ długie	Lokalizacja usług	Jakość usług
Praca za granicą / praca wakacyjna/sezonowa	Obligatoryjne	Sporadyczne	Długie	Dostępność i liczba miejsc pracy	Wysokość wynagrodzenia i inne

Źródło: opracowanie własne.

Poszczególne główne motywacje podróży są w kolejnych podrozdziałach opisane każdorazowo z punktu widzenia przestrzennego rozmieszczenia atrakcji, oporu przestrzeni oraz podziału modalnego.

2. Założenia symulacji w modelach jednomotywacyjnych

Modele jednomotywacyjne wykonano przy założeniu, że wszystkie podróże samochodami osobowymi na sieci dróg krajowych i wojewódzkich w Polsce są wykonywane w jednej motywacji podróży. Do celów obliczeniowych wykorzystano oprogramowanie służące prognozowaniu ruchu VISUM. Użyto model prędkości ruchu oraz sieć drogową, które zostały opisane m.in. przez Rosika i in. (2018).

Modele jednomotywacyjne dla sześciu wyróżnionych motywacji podróży (dojazdy do pracy, wyjazdy na zakupy, dojazdy do szkoły wyższej, podróże biznesowe, odwiedziny znajomych i krewnych oraz podróże turystyczne) są wykonane na podstawie odmiennych założeń dotyczących produkcji ruchu (źródła podróży) i atrakcji ruchu (cele podróży), a także różnych funkcji oporu przestrzeni (częściowo na podstawie gotowej więźby ruchu).

Dwie motywacje podróży opracowano na podstawie gotowej macierzy przepływów. Źródłem danych dla dojazdów do pracy (COM) była macierz przepływów ludności na poziomie gminnym dla 2011 r. W przypadku odwiedzin krewnych i znajomych (VFR) wykorzystano gotową więźbę ruchu w postaci macierzy przemeldowań (średnia z 2006 i 2009 r.). Dla wyjazdów na zakupy (CH), dojazdów do szkoły wyższej (EDU), podróży biznesowych (BIZ) oraz podróży turystycznych (TUR) określono natomiast potencjały ruchotwórcze, czyli produkcję oraz atrakcję, a także

funkcję oporu przestrzeni (tab. 3). Źródło większości danych (ludność ogółem, spółki prawa handlowego, liczba supermarketów, hipermarketów, domów towarowych i handlowych, ludność w grupie wiekowej 19-24 lata, liczba studentów oraz liczba miejsc noclegowych) stanowił Bank Danych Lokalnych GUS. Wybór zarówno produkcji, jak i atrakcji był dosyć intuicyjny i zgodny z większością badań ruchu. Dla podróży biznesowych testowano również inne warianty, m.in. liczbę podmiotów gospodarczych lub też liczbę ludności, jednak to model produkcji i atrakcji oparty na liczbie spółek prawa handlowego okazał się najlepiej dopasowany.

W celu pełnej porównywalności danych ujednolicono łączny wolumen „masy” zarówno dla produkcji, jak i atrakcji dla każdej z motywacji. Dla każdej z motywacji określono też, na podstawie szeregu symulacji inną funkcję oporu przestrzeni, określającą spadek atrakcyjności celu podróży wraz ze zwiększaniem się odległości czasowej między źródłem a celem podróży. Analogicznie jak w procedurze badawczej, w modelu bazowym (model gdzie liczba ludności jest zarówno produkcją, jak i atrakcją, por. tab. 3) przyjęto, że wybór takiego a nie innego parametru funkcji oporu przestrzeni wynika bezpośrednio z dopasowania modelu, tzn. wybór parametru dla najwyższej wartości współczynnika determinacji R^2 . Funkcja oporu przestrzeni przyjęła postać funkcji wykładniczej eksponencjalnej ($f(t_{ij}) = \exp(-\beta t_{ij})$), gdzie t_{ij} to czas podróży między miejscowościami gminnymi i oraz j . Na przykład, dla podróży turystycznych wybrany przy najlepszym dopasowaniu wykładnik potęgi $\beta = 0,011552$, daje spadek atrakcyjności celu podróży do połowy po 60 minutach, do 0,25 po 120 minutach i do 0,1 przy prawie 200 minutach (tab. 3).

Tab. 3. Motywacja, potencjały ruchotwórcze oraz funkcja oporu przestrzeni w poszczególnych symulacjach w modelu bazowym i symulacjach jednomotywacyjnych.

Symulacja / Motywacja	Potencjały ruchotwórcze		Opór przestrzeni*
	Produkcja	Atrakcja	
Model bazowy	Ludność ogółem (2010)	Ludność ogółem (2010)	15 minut
Dojazdy do pracy (COM)	Macierz dojazdów do pracy (2011)		Jak w macierzy (bez dojazdów pow. 120 minut)
Wyjazdy na zakupy (CH)	Ludność ogółem (2010)	Liczba supermarketów, hipermarketów, domów towarowych i domów handlowych (2010)	10 minut
Dojazdy do szkoły wyższej (EDU)	Ludność w wieku 19-24 lata (2010)	Liczba studentów (2012)	20 minut
Podróże biznesowe (BIZ)	Spółki prawa handlowego (2010)	Spółki prawa handlowego (2010)	15 minut
Odwiedziny znajomych i krewnych (VFR)	Macierz przemeldowań (średnia z 2006 i 2009 r.)		Jak w macierzy
Podróże turystyczne (TUR)	Ludność ogółem (2010)	Liczba miejsc noclegowych (2010)	60 minut

*czas podróży odpowiadający połowie spadku atrakcyjności celu podróży.

Źródło: opracowanie własne.

3. Rezultaty badania – rozkład ruchu w modelach jednomotywacyjnych

Modele jednomotywacyjne są generalnie dobrze dopasowane do SDR3 w GPR2010 (tab. 4). Współczynnik determinacji R^2 waha się w granicach 0,39 (TUR) do 0,66 (VFR). Generalnie, poza modelem podróży turystycznych TUR, dopasowanie modeli jednomotywacyjnych ($R^2=0,51-0,66$) jest zbliżone do modelu bazowego ($R^2=0,63$).

Tab. 4. Dopasowanie modelu w poszczególnych symulacjach w modelu bazowym i symulacjach jednomotywacyjnych.

Symulacja / Motywacja	R^2
Model bazowy (ludność do ludności)	0,63
Dojazdy do pracy (COM)	0,65
Wyjazdy na zakupy (CH)	0,60
Dojazdy do szkoły wyższej (EDU)	0,51
Podróże biznesowe (BIZ)	0,62
Odwiedziny znajomych i krewnych (VFR)	0,66
Podróże turystyczne	0,39

Źródło: opracowanie własne.

Modele te bardzo różnią się pomiędzy sobą nie tylko w zakresie produkcji i atrakcji oraz oporu przestrzeni, ale także, co jest w pewnym sensie konsekwencją powyższych, rozkładem ruchu na sieci. Model dojazdów do pracy jest najbardziej koncentryczny, ruch skupia się wyraźnie na drogach prowadzących do aglomeracji i ma strukturę fraktalną. Model dojazdów do szkoły wyższej cechuje wyraźny regionalizm ruchu oraz swoistego rodzaju zlewnie ośrodków akademickich, najczęściej ograniczone, z wyjątkiem największych ośrodków, do granic administracyjnych województw. Model podróży służbowych akcentuje najbardziej „urynkowane” aglomeracje i trasy pomiędzy nimi. Modele wyjazdów na zakupy oraz odwiedzin znajomych i krewnych rozkładają ruch również na pozostałe drogi, w tym drogi wojewódzkie. Model podróży turystycznych różni się znacznie od pozostałych ze względu na fakt, iż lokalizacja produkcji i atrakcji ruchu jest znacząco oddalona w ujęciu przestrzennym (ryc. 1).

Lokalne i regionalne zróżnicowanie dopasowania modeli jednomotywacyjnych wskazuje, że modele te można podzielić na:

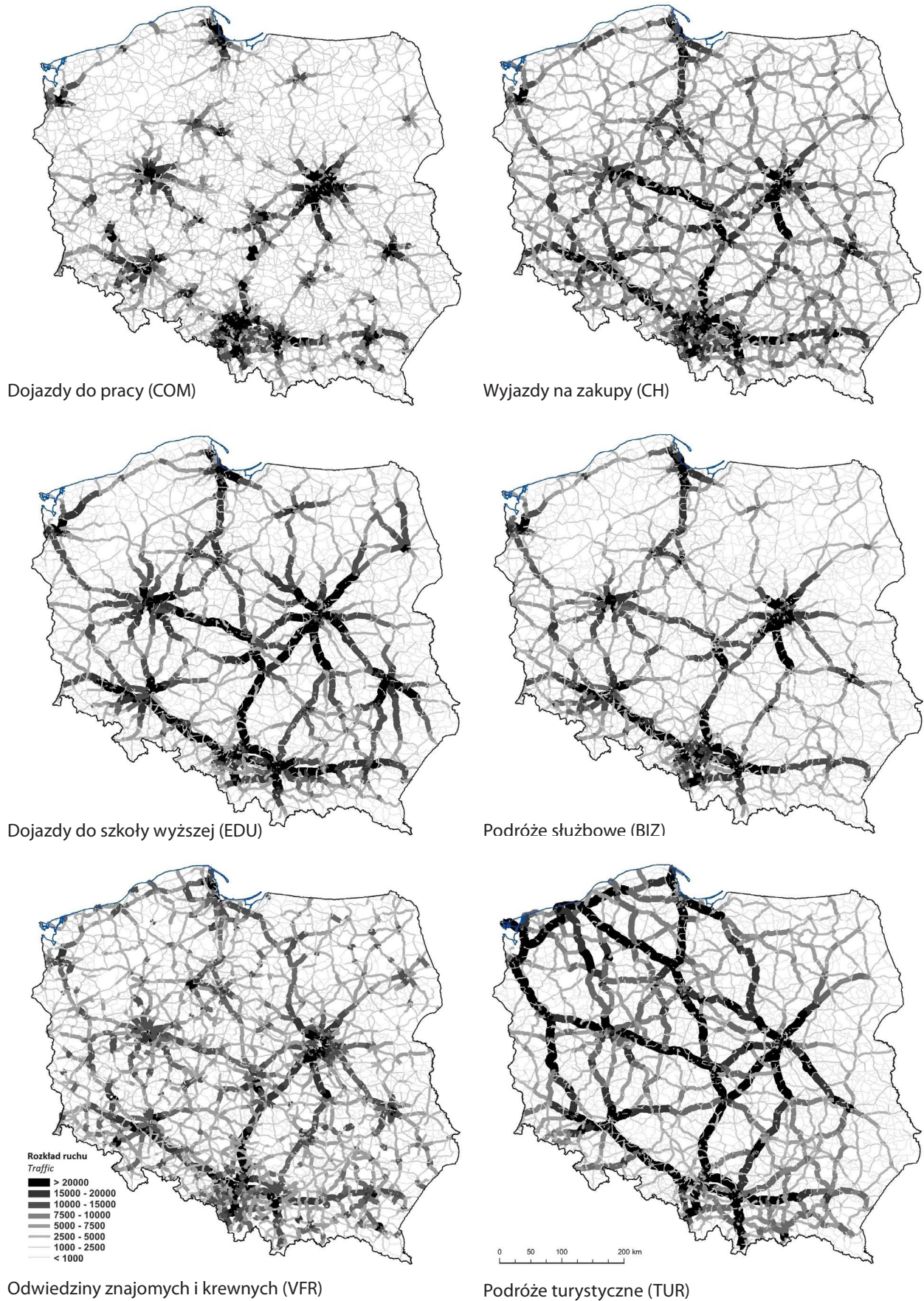
- dopasowane w skali całego kraju (wyjazdy na zakupy oraz odwiedziny znajomych i krewnych),
- niedoszacowane na obszarach peryferii wewnętrznych (dojazdy do pracy oraz podróże służ-

- bowe, przy czym w przypadku podróży służbowych nie dotyczy to obszarów Polski zachodniej),
- przeszacowane na głównych ciągach autostrad (wyjazdy na zakupy, dojazdy do szkoły wyższej, podróże turystyczne),
- przeszacowane na drogach dojazdowych do miejsc atrakcji ruchu (dojazdy do szkoły wyższej oraz podróże turystyczne, przy czym w pierwszym przypadku ośrodki akademickie są zlokalizowane w aglomeracjach, w drugim przypadku miejsca noclegowe – głównie na peryferiach badanego obszaru).

Sześć modeli jednomotywacyjnych stanowi teoretyczne ćwiczenie wstępne do konstrukcji modelu wielomotywacyjnego, w którym na podstawie udziałów poszczególnych motywacji w pracy przewozowej następuje próba zobrazowania całości ruchu w Polsce. Wartość opisanego ćwiczenia wyraża się jednak dodatkowo także w alternatywnym sposobie identyfikowania zróżnicowań przestrzennych podstawowych generatorów ruchu. Zróżnicowania te widoczne są nie tylko (jak w tradycyjnych analizach) w układzie powierzchniowym jednostek administracyjnych, ale również w układzie sieciowym (np. w podziale według kategorii drogi). Może być to użyteczne w prowadzeniu polityki transportowej, w szczególności zaś przy próbach integracji tej polityki z innymi politykami sektorowymi (np. kształtowania rynku pracy, polityką turystyczną itd.). Uzyskane wyniki mogą być np. pomocne w ocenie planowanych inwestycji pod kątem rodzajów ruchu (a zarazem np. grup społecznych), które będą głównymi beneficjentami podejmowanych działań.

4. Rezultaty badania – rozkład ruchu w modelu wielomotywacyjnym

W porównaniu do badania GUS i wyników *Badania pilotażowego...* (2015) w niniejszym opracowaniu założono dość wysoki udział w pracy przewozowej podróży długich (podróże służbowe, odwiedziny znajomych i krewnych oraz podróże turystyczne), które łącznie stanowią 38% przebiegów (w analizie GUS – podróże służbowe, potrzeby osobiste i spędzanie wolnego czasu to jedynie 24% łącznej pracy przewozowej w motoryzacji indywidualnej). Znacznie mniejszy jest również udział dojazdów do pracy (odpowiednio 47,5% w relacji do 60,4%). Zdaniem autorów, udział podróży długich w pracy przewozowej w badaniu GUS jest niedoszacowany (przynajmniej w odniesieniu do podróży międzygminnych). Można założyć, że badanie udziału poszczególnych motywacji w celu najlepszego dopasowania modelu powinno uwzględnić wyżej zarysowane różnice. W modelu wielomotywacyjnym posłużono się krzywymi opo-



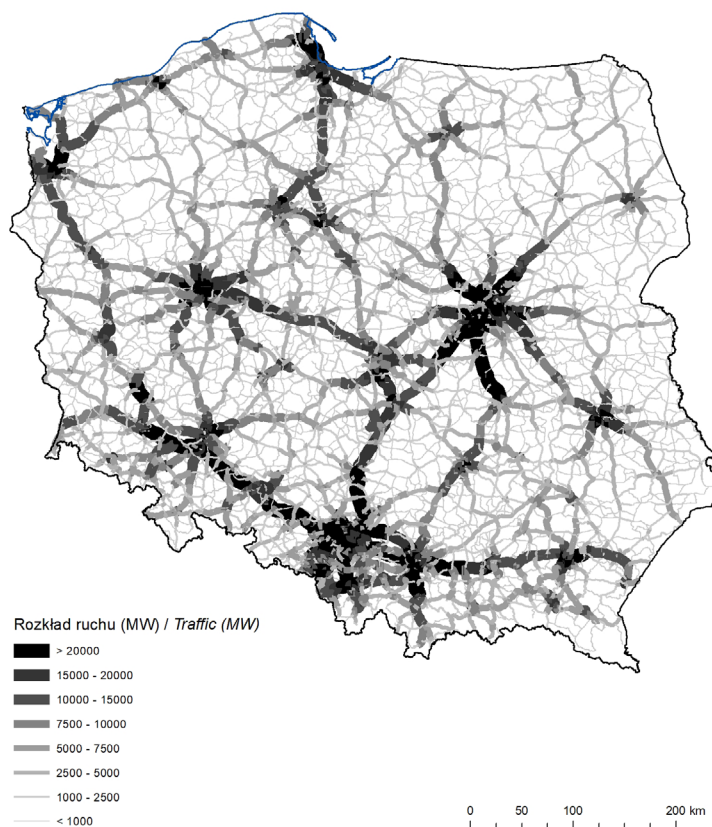
Ryc. 1. Hipotetyczny rozkład natężenia ruchu pojazdów osobowych w 2010 r. w poszczególnych motywacjach w przypadku gdy cały ruch na sieci jest w jednej motywacji (wraz z ruchem zewnętrznym). Ujęcie modelowe.

Źródło: opracowanie własne.

ru przestrzeni identycznymi jak te, które były najlepiej dopasowane w poszczególnych motywacjach. Rozkład przestrzenny ruchu pojazdów osobowych w modelu wielomotywacyjnym jest zbliżony do rzeczywistego rozkładu ruchu w 2010 r. (ryc. 2). Najwyższym natężeniem ruchu cechują się drogi dojazdowe do aglomeracji, istniejące w 2010 r. fragmenty autostrad i dróg ekspresowych oraz tzw. gierkówka łącząca Warszawę z GOP.

Dopasowanie modelu jest lepsze ($R^2 = 0,75$), jeżeli uwzględni się jedynie odcinki dróg przekraczające granice powiatów (ryc. 3b).

Biorąc pod uwagę kategorie dróg model wielomotywacyjny jest relatywnie dobrze dopasowany na kluczowych drogach krajowych, charakteryzujących się wysokim natężeniem ruchu, choć zaznacza się problem ucieczki z dróg jednojezdniowych najbardziej obciążonych ruchem, przede wszystkim na po-

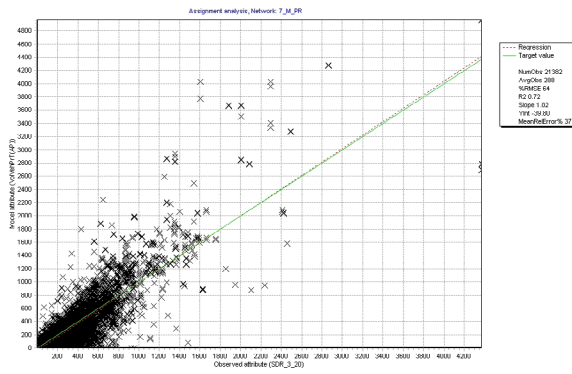


Ryc. 2. Hipotetyczny rozkład natężenia ruchu pojazdów osobowych w 2010 r. w modelu wielomotywacyjnym (MW).

Źródło: opracowanie własne.

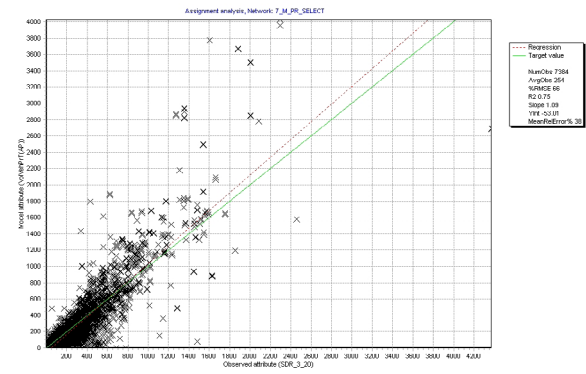
Model wielomotywacyjny jest dobrze dopasowany ($R^2 = 0,72$) (ryc. 3a). Wskaźnik determinacji jest tym samym wyższy niż w modelu bazowym (0,63) oraz wyższy niż w poszczególnych modelach jednomotywyacyjnych (0,39-0,66). Prowadzi to do wniosku, że połączenie sześciu motywacji w jednym modelu powiodło się i doprowadziło do poprawy jego dopasowania. Z drugiej strony wartość wskaźnika (0,72) jest jedynie nieznacznie wyższa od tej otrzymanej dla niektórych modeli jednomotywyacyjnych, gdzie podstawą do symulacji była gotowa więźba ruchu (np. dla dojazdów do pracy – 0,65 lub odwiedzin znajomych i krewnych – 0,66). Można zatem wnioskować, że dalsza poprawa dopasowania modelu może wymagać uwzględnienia regionalnych różnicowań w mobilności.

jedynczych przeszacowanych odcinkach dróg wyłotowych do największych miast (Wrocławia, Poznania, Krakowa oraz Szczecina), co ilustruje ryc. 4. Niedoszacowanie ruchu wystąpiło natomiast na tzw. dużej obwodnicy Warszawy, co może wynikać z faktu, iż duży udział mają tu kierowcy indywidualni omijający przejazd przez stolicę. Innym wyjaśnieniem zjawiska jest również to, że brak wystarczającej liczby autostrad i dróg ekspresowych skutkowało w 2010 r., podobnie jak na innych drogach wojewódzkich w centrum Mazowsza, przenoszeniem ruchu na inne ciągi dróg, przede wszystkim długie odcinki dróg wojewódzkich, np. między Warszawą a Lublinem. Z kolei dopasowanie modelu na drogach wojewódzkich poza aglomeracjami ma charakter niedoszacowania,



Ryc. 3a. Dopasowanie modelu wielomotywacyjnego MW do SDR3 (GPR2010). Wszystkie odcinki sieci.

Źródło: opracowanie własne.

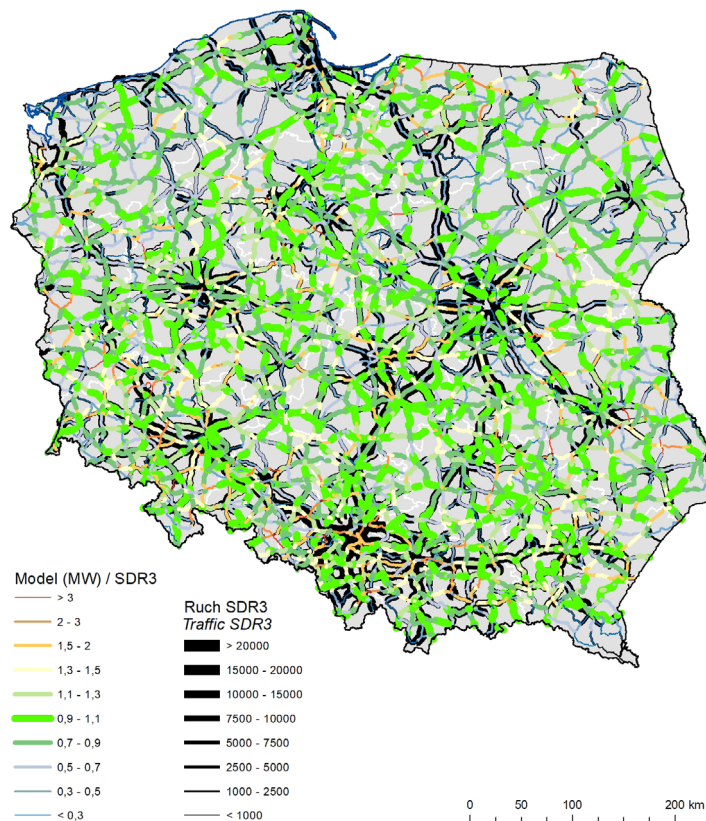


Ryc. 3b. Dopasowanie modelu wielomotywacyjnego MW do SDR3 (GPR2010). Odcinki sieci przekraczające granice powiatu.

Źródło: opracowanie własne.

co stanowi pewną odwrótność wniosków wynikających z modelu bazowego (gdzie wartości te były wyższe). Wraz z rozbudową infrastruktury i dokończeniem podstawowych ciągów dróg ekspresowych i autostrad (pełnych połączeń międzyaglomeracyjnych) problem przenoszenia ruchu na drogi niższej kategorii będzie tracił na znaczeniu. Dopasowa-

nie modelu na drogach wojewódzkich poza aglomeracjami, przede wszystkim na obszarze byłego Królestwa Kongresowego oraz na obszarach górskich w dużym stopniu ma charakter niedoszacowania, co stanowi pewną odwrótność wniosków wynikających z modelu bazowego (ludność do ludności).



Ryc. 4. Przeszacowanie / niedoszacowanie natężenia ruchu pojazdów osobowych w 2010 r. Model wielomotywacyjny (MW) a SDR3 (GPR2010).

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie powyższych obserwacji można wnioskować, że tam gdzie koncentracja atrakcji (w sensie wyróżnionych motywacji, tj. miejsc pracy, przedsiębiorstw, miejsc atrakcyjnych turystycznie, szkół wyższych itd.) jest relatywnie niewielka w relacji do potencjału demograficznego (gęstość ludności), w procesie modelowania należałoby znaleźć dodatkowe atrakcje na poziomie lokalnym, takie jak lokalne sklepy (obszary niedoszacowane w modelu wielomotywacyjnym są również najczęściej niedoszacowane w modelu wyjazdów na zakupy), kościoły, przychodnie, apteki, przedszkola, szkoły podstawowe i inne usługi użyteczności publicznej, warsztaty samochodowe itd., które stają się „prawdziwymi” celami podróży na obszarach wiejskich. Ludność na obszarach peryferyjnych okazała się bardziej mobilna niż wynikałoby to z rozkładu wyróżnionych atrakcji. Prowadzi to do wniosku, że istnieją tam „atrakcje” nie ujęte w modelowaniu lub też takie, które umykają statystyce bazowej (np. szara sfera gospodarki).

W rejonie aglomeracji, w tym głównie Warszawy w obu modelach występuje niedoszacowanie, zwłaszcza na drogach wojewódzkich (niektórych doprowadzających oraz obwodowych). Może to oznaczać, że w rzeczywistości miasta te (a szczególnie stolica) mają (względem wykorzystanych oficjalnych danych statystycznych) większą ludność (niezameldowani), większy poziom migracji, ale także większą koncentrację miejsc pracy (szara strefa). Z drugiej strony, poza Warszawą, na wybranych odcinkach dróg krajowych prowadzących do dużych miast ruch jest przeszacowany. Można zatem wnioskować na obszarach aglomeracyjnych również o ucieczkę pewnej liczby kierowców z dróg krajowych na drogi wojewódzkie i szukaniu alternatywnych ścieżek przejazdu do rdzenia aglomeracji.

Interesujące zagadnienie stanowi przeszacowanie ruchu na trasach na styku regionów małopolskiego i śląskiego oraz wielkopolskiego i łódzkiego. Można to tłumaczyć strukturalnym niedopasowaniem sąsiadujących gospodarek regionalnych (np. między przemysłowym Śląskiem i wielofunkcyjnym „usługowym” Krakowem) osłabiającym np. ruch w ramach podróży służbowych.

Do powyższych obserwacji dochodzą czynniki związane z procesem tworzenia się sieci drogowej (proces ten był szczególnie intensywny w 2010 r.). W przypadku tras obwodowych i ich niedoszacowania w modelu nie należy wykluczać czynnika negatywnej percepcji przejazdu przez duże ośrodki (czas przejazdu postrzegany jest jako gorszy, niż w rzeczywistości ma miejsce, częściowo w wyniku braku rozeznania kierowców w zakresie nowopowstałych tras obwodowych w miastach, a częściowo ze względu na intensywny w 2010 r. proces budowy nowych

odcinków tras obwodowych i dróg ekspresowych). Występujące na wielu odcinkach remonty i modernizacje mogły skutkować chęcią poszukiwania przez kierowców alternatywnych tras obwodowych. Ponadto niektóre odcinki autostrad i dróg ekspresowych były fragmentaryczne, w budowie itd., tzn. brakowało efektu sieciowości.

Podsumowanie i wnioski

Generalnie wysoki poziom dopasowania w modelach jednomotywacyjnych (poza ruchem turystycznym) świadczy o koncentrowaniu się różnych rodzajów ruchu na tych samych odcinkach (efekt skupienia wielu funkcji społeczno-gospodarczych w tych samych ośrodkach, ale także po części rezultat silnego zróżnicowania jakościowego polskiej infrastruktury drogowej). Modele wyjazdów na zakupy oraz odwiedzin znajomych i krewnych w największym stopniu rozkładają ruch również na drogi wojewódzkie na obszarach pozametropolitalnych. Jednomotywacyjny model dojazdów do pracy nie doszacowuje obszarów wiejskich (poza policentrycznym Podkarpaciem), a nieznacznie przeszacowuje niektóre aglomeracje, co można ostrożnie wiązać z wyższym udziałem transportu publicznego w dojazdach. Model podróży służbowych jest odzwierciedleniem podziału na Polskę zachodnią (relatywnie dobre dopasowanie) i wschodnią (niedoszacowanie spowodowane mniejszą ilością przedsiębiorstw). Częściowo przeszacowane są też niektóre trasy do Krakowa, Poznania, Wrocławia, przy niedoszacowaniu Warszawy.

Model wielomotywacyjny jest najlepiej dopasowanym modelem ($R^2 = 0,72$, a przy uwzględnieniu jedynie odcinków przekraczających granicę powiatu – nawet 0,75). Prowadzi to do wniosku, że połączenie sześciu motywacji w jednym modelu powiodło się i doprowadziło do poprawy jego dopasowania, szczególnie na kluczowych drogach krajowych charakteryzujących się wysokim natężeniem ruchu (Rosik i in., 2018).

Z kolei tam, gdzie koncentracja wyróżnionych atrakcji jest relatywnie niewielka w relacji do potencjału demograficznego (gęstość ludności), w procesie modelowania należałoby znaleźć dodatkowe atrakcje na poziomie lokalnym, które stają się „prawdziwymi” celami podróży na obszarach wiejskich. Ludność na obszarach peryferyjnych okazała się bardziej mobilna niż wynikałoby to z rozkładu wyróżnionych atrakcji. Prowadzi to do wniosku, że istnieją tam „atrakcje” nie ujęte w modelowaniu lub też takie, które umykają statystyce bazowej. Do powyższych obserwacji dochodzą czynniki związane z procesem tworzenia się sieci drogowej, szczególnie intensywnym w 2010 r.

Piśmiennictwo

- Badanie pilotażowe zachowań komunikacyjnych ludności w Polsce, 2015, Etap III – raport końcowy, Praca badawcza w ramach projektu „Wsparcie systemu monitorowania polityki spójności w perspektywie finansowej 2007-2013 oraz programowania i monitorowania polityki spójności w perspektywie finansowej 2014-2020”, GUS w Warszawie i Centrum Badań i Edukacji Statystycznej GUS w Jachrance.
- Chmielewski J., Olenkiewicz-Trempała P., 2018, Analysis of Selected Types of Transport Behaviour of Urban and Rural Population in the Light of Surveys, Recent Advances in Traffic Engineering for Transport Networks and System, Lecture Notes in Networks and Systems, 21, Springer, Heidelberg, 27-36.
- Komornicki T., 2003, Factors of development of car ownership in Poland, Transport Reviews, 23, 4, Taylor and Francis, London, 413-432.
- Komornicki T., 2011, Przemiany mobilności codziennej Polaków na tle rozwoju motoryzacji, Prace Geograficzne, 227, Warszawa.
- Krajowy Model Ruchu, 2007, Politechnika Warszawska, opracowany w oparciu o Generalny Pomiar Ruchu 2005.
- Kulpa T., Szarata A., 2017, Development of the Transport Model for the Masovian Voivodeship, Contemporary Challenges of Transport Systems and Traffic Engineering. Lecture Notes in Networks and Systems, 2, Springer, Heidelberg, 193-204.
- Lijewski T., 1998, Rozmieszczenie ruchu drogowego w Polsce, Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG, IV, Warszawa–Rzeszów, 57-66.
- Rosik P., Komornicki T., Goliszek S., 2018, Traffic Modeling in Poland at the Municipal Level. Multi-purpose Model [w:] Sierpiński, G. (red.), Integration as Solution for Advanced Smart Urban Transport Systems, Springer International Publishing, 129-140 (15th Scientific and Technical Conference “Transport Systems. Theory & Practice 2018”, Selected Papers).
- Rosik P., Komornicki T., Goliszek S., Śleszyński P., Szarata A., Szejgiec-Kolenda B., Pomianowski W., Kowalczyk K., 2018, Kompleksowe modelowanie osobowego ruchu drogowego w Polsce i identyfikacja jego lokalnych uwarunkowań społeczno-ekonomicznych, Prace Geograficzne IGiPZ PAN, 267, Warszawa.
- Rosik P., Kowalczyk K., 2015, Rozwój infrastruktury drogowej i kolejowej a przesunięcie modalne w Polsce w latach 2000-2010, Prace Geograficzne, 248, Warszawa.
- Rosik P., Stępnia M., Wiśniewski R., 2010, Dojazdy do pracy do Warszawy i Białegostoku – alternatywne podejście metodologiczne, Studia Regionalne i Lokalne, 2, 77-98.
- Rudnicki A., 2014, Porównanie modeli podróży dla wybranych dużych polskich miast, Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK, Oddział w Krakowie, seria Materiały Konferencyjne, 1(103), Modelowanie podróży i prognozowanie ruchu, Kraków.
- Sierpiński G., 2017, Distance and frequency of travels made with selected means of transport – a case study for the Upper Silesian conurbation (Poland), Intelligent Transport Systems and Travel Behaviour, Advances in Intelligent Systems and Computing, 505, Springer, Heidelberg, 75-85.