

PORÓWNANIE MODELI PODRÓŻY DLA WYBRANYCH DUŻYCH POLSKICH MIAST

Andrzej Rudnicki

prof. dr hab. inż., Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, tel. +48 12 628 3084, e-mail: ar@transys.wil.pk.edu.pl

Streszczenie. Na podstawie przeprowadzonych w ostatnich kilkunastu latach kompleksowych badań ruchu opracowane zostały modele odwzorowujące zachowania komunikacyjne mieszkańców miast. Dokonano porównania uzyskanych modeli dla miast: Gdańsk, Kraków, Łódź, Poznań, Szczecin. Analizowano modele odnoszące się do następujących stadiów zbiorczego modelu podróży: potencjały ruchotwórcze, przestrzenny rozkład podróży, podział zadań przewozowych. Porównania objęły zarówno modele ogólne jak i odnoszące się do poszczególnych grup motywacyjnych podróży i dotyczyły: uwzględnianych czynników wpływu, postaci funkcji i wartości ich parametrów, a w szczególności wykresów ilustrujących przebieg funkcji. Sformułowano obszerną listę wniosków i rekomendacji, z generalną konkluzją o braku możliwości stworzenia wspólnego modelu podróży, który opisywałby zachowania komunikacyjne mieszkańców dla wszystkich dużych polskich miast.

Słowa kluczowe: obszary zurbanizowane, modele podróży, analizy porównawcze

1. Wprowadzenie

Porównanie będzie obejmować modele cztero-stadiowe, w których potencjały ruchotwórcze są opisywane formułami regresji dla rejonu komunikacyjnego, a rozkład przestrzenny jest typu grawitacyjnego. To znaczy, że nie będą brane pod uwagę modele, dla których potencjały ruchotwórcze wyznacza się analizą kategorii, a rozkład przestrzenny - modelem pośrednich możliwości. Rozważane będą tylko modele odwzorowujące stan istniejący, z pominięciem modeli adaptowanych dla celów prognostycznych, tzn. przyszłych horyzontów czasu. W porównaniach całkowicie pominięte będzie stadium rozkładu ruchu w sieci, który - jak wydaje się jest - nie jest specyficzne (w sensie zachowań komunikacyjnych) dla poszczególnych miast, choć może się różnić przyjętymi w poszczególnych badaniach formułami funkcji oporu połączenia.

Dla pozostałych trzech stadiów analiza porównawcza dotyczy uwzględnianych czynników wpływu, stopnia agregacji lub dezagregacji (według motywacji, środka przewozowego lub obszaru miasta), postaci formuł modeli i ich parametrów oraz przebiegu wykresu funkcji wpływu.

Przeszkodą w analizach były trudności w dostępie do w pełni opisanych modeli (nie zawsze ujawniane są ich parametry), występowały pomyłki w opisie wzorów

oraz braki w jednoznacznym określeniu czynnika wpływu i jednostki w jakich się wyraża. Z reguły nie podawane były zakresy ważności wzorów (wynikające z zebranego materiału empirycznego). Do analizy brane były modele na podstawie ostatnich przeprowadzonych i opracowanych kompleksowych badań ruchu dla danego miasta. Należy zaznaczyć, że nie zawsze instytucje zamawiające te badania wymagają od wykonawcy opracowania modeli, poprzestając na żądaniu przedstawienia tylko liczbowych zestawień, bez podania formuł uogólniających.

Przeprowadzone w niniejszym artykule analizy powinny dać odpowiedź w jakim zakresie jest możliwe porównanie modeli dla poszczególnych miast i co z tego porównania wynika oraz przynajmniej wstępną ocenę możliwości stworzenia ogólnego modelu podróży, który byłby ważny dla wszystkich polskich dużych miast.

Wybór miast do analiz był warunkowany kilkoma czynnikami: powinny przedstawiać ten sam typ modelu; model powinien być dostępny, w tym wystymowane wartości jego parametrów, a ponadto nie powinny to być modele starsze niż z 2000 r.

W niniejszym artykule uwzględniono w różnym stopniu szczegółowości następujące miasta: Gdańsk (460 tys. mieszkańców), Kraków (760), Łódź (720), Poznań (550), Szczecin (410), dla których dostępne były wartości parametrów modeli, dające możliwość do porównań w świetle powyższych warunków. Trafność, w tym jakość analizowanych modeli może być oceniana uzyskanymi wartościami wskaźnika determinacji R^2 . Są na ogół wysokie (tj. bliskie 1), ale ponieważ nie we wszystkich przypadkach zostały ujawnione, dlatego nie zostały zestawione przy poszczególnych estymowanych zależnościach.

2. Potencjały ruchotwórcze

Potencjał ruchotwórczy określa liczbę podróży odbywanych w jednostce czasu, związanych z danym obszarem (rejonem komunikacyjnym). Modele odnoszą się zwykle do okresu doby dnia roboczego i określają liczbę podróży rozpoczynanych na danym obszarze (potencjał generujący ruch) oraz kończonych na danym obszarze (potencjał absorbujący ruch). Modele budowane są dla poszczególnych motywacji podróży zgodnie z tab. 1.

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

<i>Motywacja</i>	<i>Gdańsk</i> [8]	<i>Kraków</i> [6]	<i>Łódź</i> [4]	<i>Poznań</i> [2]	<i>Szczecin</i> [9]	<i>Warszawa</i> [3]
dom-praca	X	X	X	X	X	X
praca-dom	X	X	X	X	X	X
dom-nauka	X		X			
nauka-dom	X		X			
dom-szkola		X		X	X	X
szkola-dom		X		X	X	X
dom-uczelnia		X		X	X	X

uczelnia-dom		X		X	X	X
dom-zakupy				X	X	
zakupy-dom				X	X	
dom-centrum handlowe				X	X	
centrum handlowe-dom				X	X	
dom-rozrywka				X	X	
rozrywka-dom				X	X	
dom - wypoczynek				X		
wypoczynek - dom				X		
dom-biznes					X	
biznes-dom					X	
dom-inne	X	X	X	X	X	X
inne-dom	X	X	X	X	X	X
nie związane z domem	X	X	X	X	X	X

Warunkiem porównywalności modeli dla potencjałów ruchotwórczych jest przede wszystkim pełna rozłączność grup motywacyjnych, co jest warunkiem koniecznym, ale jeszcze nie wystarczającym. Z tego wynika, że można porównywać motywacje „dom-praca” oraz „praca-dom” we wszystkich zestawianych miastach. Dotyczy to także motywacji „nie związane z domem”. Motywacje „dom-inne” i „inne-dom” nie dają się porównać z nazywanymi w taki sam sposób w Poznaniu i Szczecinie. Motywacje „dom-nauka” oraz „nauka-dom” można wprost porównywać w Gdańsku i Łodzi, natomiast z pozostałymi miastami - dopiero po zsumowaniu potencjałów dla motywacji: „dom-szkola”, „szkola-dom”, „dom-uczelnia”, „uczelnia-dom”.

Drugim warunkiem koniecznym porównywania modeli jest występowanie takiego samego czynnika wpływu (zmiennej objaśniającej w modelu regresji) lub możliwość sprowadzenia do tego takiego czynnika. Zmienne objaśniające są charakterystykami demograficznymi osób zamieszkałych w rejonach oraz parametrami opisującymi aktywności w nich realizowane. W modelach opracowanych dla miast wymienionych w tab. 1 przewijają się blisko 30 różnych zmiennych objaśniających.

Potencjały ruchotwórcze modeluje się najczęściej zależnościami liniowymi. Dla Gdańska opracowane zostały [6] również modele nieliniowe, w postaci potęgowej lub potęgowo-wykładniczej. Jednoczynnikowe modele liniowe, zwłaszcza bez składnika stałego, jakie daje się opracować dla większości grup motywacyjnych są najbardziej dogodnie w interpretacji i do porównań. Wówczas potencjał ruchotwórczy jest proporcjonalny do wartości parametryzującej czynnik wpływu. W takich przypadkach bez sporządzania wykresu funkcji można momentalnie porównać modele sporządzone dla różnych miast, jednakże pod warunkiem, że zmienna objaśniająca jest tego samego typu.

Przedstawienie wszystkich możliwych porównań wyników uzyskiwanych z modeli dla poszczególnych grup motywacyjnych oraz dla miast przekraczałoby znacznie ramy niniejszego artykułu. Dlatego dla ilustracji uczyniono to tylko dla jednej motywacji „dom- praca” dla potencjału generującego ruch.

Motywacja „dom-praca”

Przeliczenie (w razie takiej potrzeby) ze zmiennej objaśniającej źródłowej na zmienną objaśniającą „liczba mieszkańców” dokonano korzystając z danych GUS¹, co pozwala sekwencyjnie dojść w końcu do takiej samej zmiennej objaśniającej, jaką jest liczba mieszkańców. Niestety, dane GUS odnoszą się do całości miasta, a nie do poszczególnych rejonów komunikacyjnych, co jest potrzebne dla celów modelowania.

Estymowany formułami regresji potencjał ruchotwórczy odnosi się do rozważanego rejonu komunikacyjnego i określa liczby wszystkich odbywanych podróży (zarówno pieszych, jak i niepieszych) w dzień roboczy. Przy każdym z miast podano rok przeprowadzenia wywiadów ankietowych, będących podstawą budowy modeli. Dla poszczególnych miast zestawiono formuły na potencjał wytwarzający ruch P_w [liczba podróży na dobę]:

Gdańsk, 2009 r. [8]:

$$P_w = 0,33 * x_m \quad (1)$$

gdzie: x_m - liczba mieszkańców rejonu komunikacyjnego;

Kraków, 2003 r. [6]:

$$P_w = 0,707 * x_p \quad (2)$$

x_p - liczba osób pracujących spośród zamieszkujących rejon komunikacyjny;

$$x_p = 0,43 * x_w$$

x_w - liczba mieszkańców w wieku produkcyjnym zamieszkujących rejon komunikacyjny; $x_w = 0,64 * x_m$;

$$P_w = 0,20 * x_m \quad (3)$$

Łódź, 2000 r. [4]:

$$P_w = 0,456 * x_w \quad (4)$$

x_w - liczba mieszkańców w wieku 19 ÷ 60 lat (kobiety) i 19 ÷ 65 lat (mężczyźni), zamieszkujących rejon komunikacyjny (czyli liczba mieszkańców w wieku produkcyjnym) $x_w = 0,62 * x_m$

$$P_w = 0,28 * x_m \quad (5)$$

Poznań, 2013 r. [2]:

$$P_w = 0,50 * x_w \quad (6)$$

x_w - liczba mieszkańców w wieku produkcyjnym; $x_w = 0,63 * x_m$

$$P_w = 0,32 * x_m \quad (7)$$

1 http://stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/L_ludnosc_stan_struktura_30-06-2013.pdf

Szczecin, 2010 r. [5]:

$$P_w = 0,342 * x_m \quad (8)$$

x_m - liczba mieszkańców.

W źródłowych postaciach pięciu powyższych wzorów na potencjał ruchotwórczy występują trzy różne zmienne objaśniające. Najbardziej adekwatną zmienną objaśniającą dla motywacji „dom-praca” wydaje się być liczba osób pracujących spośród zamieszkujących rejon komunikacyjny. Niestety, dane w tej kwestii nie są możliwe do uzyskania ze statystyk GUS dla poszczególnych rejonów komunikacyjnych. Natomiast najłatwiejszą do uzyskania daną jest liczba mieszkańców rejonu. W tab. 2 podano dla porównania wyniki obliczeń wzorami (1), (3), (5), (7), (8) dla rejonu komunikacyjnego o przykładowej liczbie mieszkańców.

Tabela 2. Zestawienie wartości dobowego potencjału generującego ruch dla przykładowego rejonu komunikacyjnego o liczbie mieszkańców 10 000.

Miasto	Gdańsk	Kraków	Łódź	Poznań	Szczecin
Potencjał generującego ruch w motywacji „dom-praca”	3300	2000	2800	3200	3400

Występują różnice w poszczególnych miastach w wartościach potencjału ruchotwórczego, częściowo nieznaczne, a częściowo znaczne. Bardzo niski potencjał generujący ruch dla Krakowa w porównaniu z pozostałymi miastami można (ale tylko częściowo) tłumaczyć wysokim udziałem studentów oraz mieszkańców w wieku poprodukcyjnym w ogólnej liczbie mieszkańców.

3. Rozkład przestrzenny podróży

Macierz określająca międzyrejonową więźbę podróży składa się z elementów P_{ij} , które zgodnie z modelem grawitacyjnych można estymować wzorem:

$$P_{ij} = \frac{G_i A_j f_{ij}(L_{ij})}{\sum_{j=1}^n A_j f_{ij}(L_{ij})} \quad (9)$$

gdzie:

- P_{ij} – liczba podróży rozpoczynanych w rejonie i oraz kończonych w rejonie j ;
- G_i – liczba podróży generowanych w rejonie źródłowym i ;
- A_j – liczba podróży absorbowanych w rejonie docelowym j ;
- f_{ij} – wartość funkcji oporu dla relacji pomiędzy rejonem i oraz j ;
- L_{ij} – odległość między rejonem i oraz j .

Standardowo funkcja oporu ma postać:

$$f_{ij}(L_{ij}) = a L_{ij}^b e^{cL_{ij}} \quad (10)$$

gdzie: a , b , c są parametrami funkcji.

L_{ij} zwykle jest brane jako odległość pomiędzy środkami ciężkości rejonów, liczona po sieci transportowej (sieci ulic bądź sieci tras komunikacji zbiorowej). Dystans L_{ij} jest też wyrażany czasem podróży pomiędzy rejonami komunikacyjnymi, zwykle po sieci nieobciążonej ruchem. Ze względu na daleko posuniętą analogię do fizycznego prawa grawitacji, niekiedy jako L_{ij} bierze się jako odległość w linii prostej pomiędzy środkami ciężkości rejonów komunikacyjnych. Parametr a ma charakter kalibrujący, b oraz c są parametrami kształtu funkcji oporu czaso-prze-strzeni.

Ważne jest zaznaczenie czy funkcja oporu odnosi się do wszystkich podróży (w tym pieszych). W takim przypadku rosnącym wartościom L_{ij} odpowiadają malejące wartości funkcji oporu. W przypadku analizowania tylko ruchu niepieszego prawie nie występują bardzo krótkie podróże realizowane samochodem osobowych bądź komunikacją zbiorową, stąd powyższa zasada zmian wartości funkcji oporu ulega zakłóceniu w zakresie podróży bardzo krótkich.

Modele wszystkich analizowanych miast posługują się powyższą postacią funkcji oporu (podawaną wprost lub dającą się przekształcić do tej postaci, wychodząc z podanej postaci źródłowej), co umożliwia porównanie tych modeli. Istotą porównania będzie analizowanie w jakim stopniu zwiększająca się odległość międzyrejonowa wpływa na zmniejszenie liczby podróży między rejonami. W tym celu wyliczane będą wartości członu $L_{ij}^b e^{cL_{ij}}$ odpowiedzialnego za kształt funkcji oporu. Aby porównanie funkcji oporu uczynić możliwym przyjęto unormować je do wartości 1 dla odległości $L_{ij} = 1$ km. Jest to w praktyce minimalna odległość między sąsiadującymi rejonami komunikacyjnymi. Należy zwrócić uwagę, że zmniejszające się wartości funkcji oporu oznaczają zwiększający się opór oraz odwrotnie.

Porównanie zostanie przeprowadzone dla kilku grup motywacyjnych podróży dla poszczególnych miast, tj. Krakowa, Łodzi, Poznania i Szczecina, dla których czynnikiem wpływu jest odległość międzyrejonowa. Do analiz porównawczych nie jest możliwe włączenie modelu dla Gdańska, w którym czynnikiem wpływu jest czas podróży. Wykładniki potęgi i funkcji wykładniczej zestawiono z dwoma, wyjątkowo z trzema miejscami znaczącymi, zaokrąglając wartości zestawiane w materiałach źródłowych podawane zupełnie niepotrzebnie z bardzo dużą liczbą cyfr, sugerującą nieistniejącą wysoką dokładność oszacowania.

Parametr b jest ujemny o wartościach bezwzględnych rzadko przekraczających 1. Dodatkowo wartości b oznaczałyby, że w miarę wzrostu długości podróży, wartości tego członu wzoru i w efekcie także wartości całej funkcji oporu rosłyby, co oznaczałoby, że w miarę wzrostu odległości międzyrejonowej (tj. długości podróży) opór malałby, a nie rósłby. Parametr c jest ujemny o wartościach bardziej bliskich zera niż jedności, co oznacza że ten człon wzoru na opór w miarę wzrostu odległo-

ści jest nieznacznie malejący. Zrezygnowano z wykorzystania modeli, w których obie wartości wykładników były dodatnie.

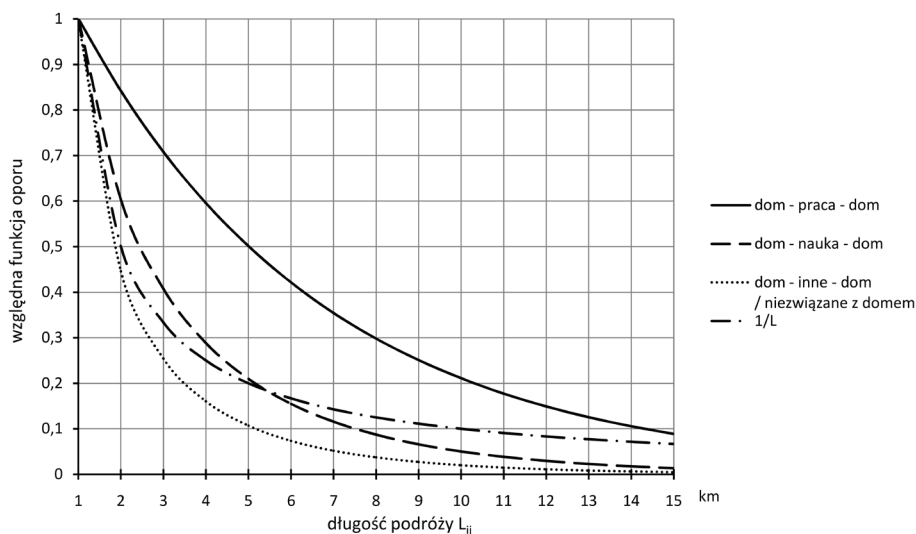
Nie sposób jest tylko na podstawie znajomości wartości wykładników funkcji oporu porównać siłę wpływu długości podróży. Dlatego sporządzono wykresy (rys. 1 ÷ 5) względnych funkcji oporu, tj. unormowanych w punkcie [1; 1], na podstawie których wprost widoczne są różnice dla poszczególnych grup motywacyjnych i miast.

Kraków

Tabela 3. Wartości parametrów kształtu funkcji oporu dla Krakowa w 2003 r. {6}.

Motywacja podróży	<i>b</i>	<i>c</i>
dom-praca-dom	0,00	-0,17
dom- nauka-dom	-0,40	-0,23
dom-inne-dom nie związane z domem	-0,85	-0,22

Z przebiegu wykresów na rys. 1 wynika, że opór odległości dla podróży w motywacjach „dom-praca-dom” jest wyraźnie słabszy niż dla pozostałych motywacji „dom-nauka-dom”, „dom-inne-dom”, „nie związane z domem”. Dla porównania dodano wykres odwrotności długości podróży, nawiązujący do fizycznego prawa grawitacji (odwrotna proporcjonalność do kwadratu odległości), który odzwierciedla ogólną tendencję w przebiegu wykresów innych niż dla motywacji „dom-praca-dom”. W motywacji „dom-nauka-dom”, opór odległości jest mniejszy niż dla motywacji „dom-inne-dom” oraz „nie związane z domem”. To wszystko potwierdzałoby tezę, że wpływ długości podróży (odległości między rejonami) jest o wiele silniejszy dla podróży fakultatywnych niż dla obligatoryjnych.



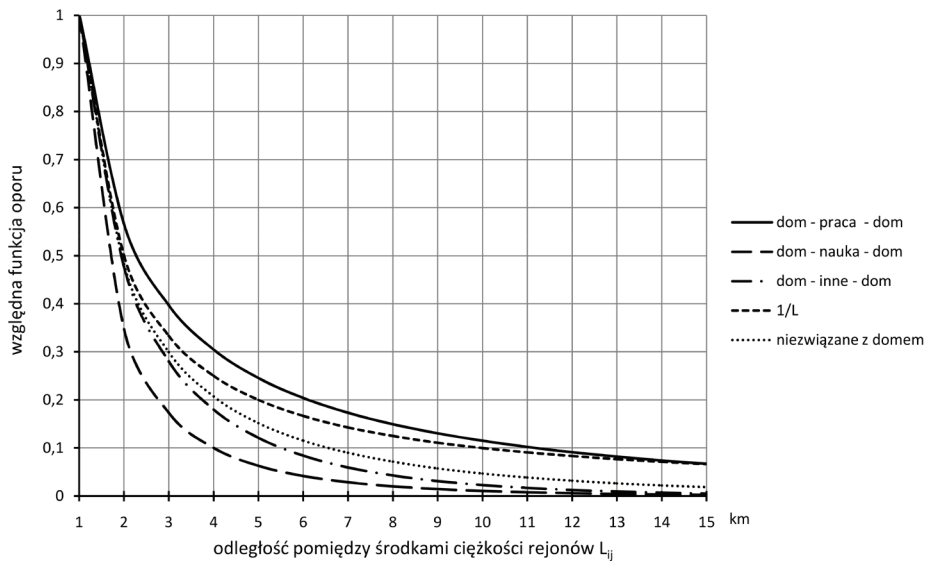
Rys. 1. Względne funkcje oporu dla kilku grup motywacyjnych podróży dla Krakowa

Łódź

Tabela 4. Wartości parametrów kształtu funkcji oporu dla Łodzi w 2000 r. {4}.

Motywacja podróży	b	c
dom-praca-dom	-0,76	-0,046
dom-nauka-dom	-1,27	-0,18
dom-inne-dom	-0,74	-0,23
nie związane z domem	-0,90	-0,11

Widoczny jest (rys. 2) wyraźny wpływ narastającej długości podróży na zmniejszanie się wartości funkcji oporu. Bardzo silny wpływ długości podróży uwidacznia się dla motywacji „dom-nauka-dom”, natomiast stosunkowo słaby dla motywacji „dom-praca-dom”, dla której wykres przebiega nieco ponad wykresem odwrotności długości podróży. Wykresy dla motywacji „dom-inne-dom” oraz „nie związane z domem” mają zbliżony, a przy tym pośredni przebieg między skrajnymi wykresami. W tym przypadku podróże fakultatywne mają większy opór tylko od jednej motywacji obligatoryjnej, tj. „dom-praca-dom”.



Rys. 2. Względne funkcje oporu dla kilku grup motywacyjnych podróży dla Łodzi

Poznań

Tabela 5. Wartości parametrów kształtu funkcji oporu dla Aglomeracji Poznańskiej w 2013 r. {2}.

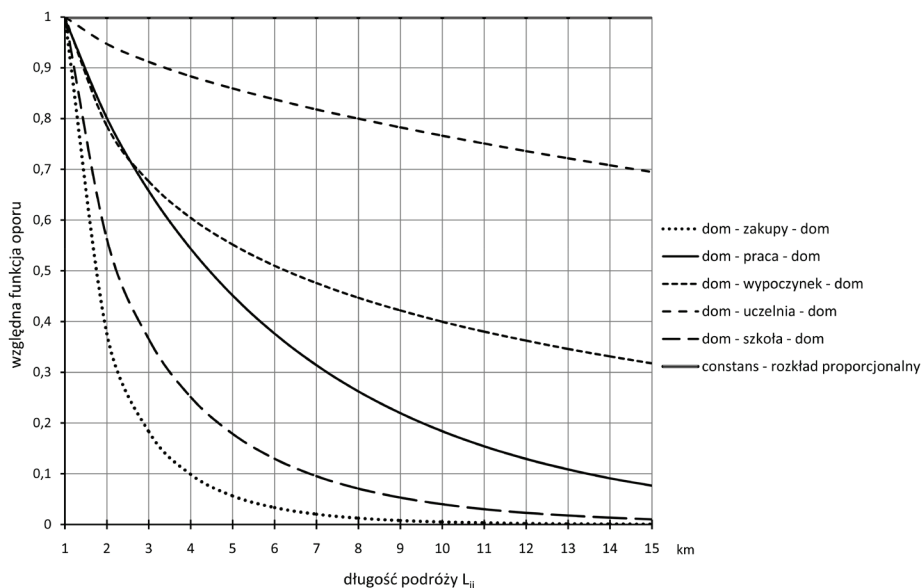
Motywacja podróży	b	c
dom-praca-dom	-0,069	-0,17
dom-szkoła-dom	-0,50	-0,23
dom-uczelnia-dom	-0,057*	-0,015*
dom-zakupy-dom	-0,89	-0,36
dom-centrum handlowe-dom	-0,27	-0,62

dom-rozrywka-dom	-1,11	-0,079
dom-wypoczynek-dom	-0,32	-0,021
dom-inne-dom	-0,54	-0,21
nie związane z domem	-0,73	-0,11

*) założone wartości hipotetyczne

Ze względu na czytelność, na rys. 3 przedstawiono wykresy unormowanej funkcji oporu tylko dla różniących się wyraźnie od siebie pięciu spośród dziewięciu grup motywacyjnych. Wykres dla motywacji „dom-centrum handlowe-dom” jest bardzo zbliżony do wykresu dla motywacji „dom-zakupy-dom”; wykresy dla motywacji „dom-rozrywka-dom” oraz „nie związane z domem” są zbliżone do wykresu dla motywacji „dom-praca-dom”, natomiast wykres dla motywacji „dom-inne-dom” jest zbliżony do wykresu dla motywacji „dom-szkoła-dom”.

W materiale źródłowym [2] dla motywacji „dom-uczelnia-dom” uzyskano zaskakujący intuicyjnie wykres funkcji oporu, która rośnie a nie maleje w miarę wzrostu długości podróży. Autorzy raportu [2] wyjaśniają to następująco: „W rzeczywistości oporem przestrzeni kierują się jedynie studenci rezydencjonalni (na stacjach) wybierający swoje miejsce zamieszkania w stosunku do lokalizacji uczelni. Niestety, w zmiennych objaśniających, tych studentów rezydencjonalnych możemy mieć niedoszacowanych. Liczba studentów w rejonach była określona na podstawie dokładnych danych o zameldowaniu oraz liczby studentów w akademikach; studenci na stacjach nie zameldowani nie byli ujawnieni. Stąd prawdopodobne przegięcie wykresu w nielogiczną stronę” oraz konkluzja „Bardzo prawdopodobne jest, że rozkład przestrzenny w tej motywacji bez „studentów – rezydentów” jest proporcjonalny”.



Rys. 3. Względne funkcje oporu dla kilku grup motywacyjnych podróży dla Aglomeracji Poznańskiej

Gdyby zmienić znaki w wykładnikach funkcji oporu dla motywacji „dom-uczelnia-dom” z dodatnich (jak w materiale źródłowym) na ujemne (jak w tab. 5), to przy takim hipotetycznym założeniu otrzymuje się wykres unormowanej funkcji oporu jak na rys. 3, który jest bliski rozkładowemu proporcjonalnemu (stała wartość funkcji oporu), jednak z dość powolnym zmniejszaniem się jej wartości wraz z wydłużającą się długością podróży.

Nie zaskakuje relatywnie mały opór dla motywacji „dom-wypoczynek-dom”. Rozmieszczenie większości miejsc wypoczynku na obrzeżach powiatu poznańskiego (ziemskiego) sprawia, że podejmowane są tam podróże o charakterze rekreacyjnym, pomimo znacznej odległości. W podróżach obligatoryjnych, motywacja „dom-praca-dom” ma wyraźnie większe wartości unormowanej funkcji oporu (czyli mniejszy większy opór przestrzeni - co logiczne) niż motywacja „dom-szkoła-dom”. Największy opór reprezentują, co nie jest zaskoczeniem, motywacje związane z handlem, lecz można było się spodziewać, że motywacja „dom-centrum handlowe-dom” będzie mieć wyraźnie mniejszy opór przestrzeni niż „dom-zakupy-dom”.

Szczecin

Tabela 6. Wartości parametrów kształtu funkcji oporu dla Szczecina w 2010 r.[5]

<i>Motywacja podróży</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
dom-praca	-0,39	-0,12
praca-dom	-0,55	-0,11
dom-szkoła	-1,24	-0,065
szkoła-dom	-0,34	-0,064
dom-zakupy	-1,69	-0,077
zakupy-dom	-0,75	-0,11
dom-centrum handlowe	-0,22	-0,042
centrum handlowe-dom	-0,24	-0,31
dom-rozrywka	-0,37	-0,27
rozrywka-dom	-0,32	-0,14
dom-biznes	-0,36	-0,16
biznes-dom	-0,55	-0,11
dom-inne	-1,03	-0,036
inne-dom	-0,35	-0,15
nie związane z domem	-0,96	-0,064
wszystkie motywacje dla lewobrzeżnej części miasta [9]	-0,34	-0,10

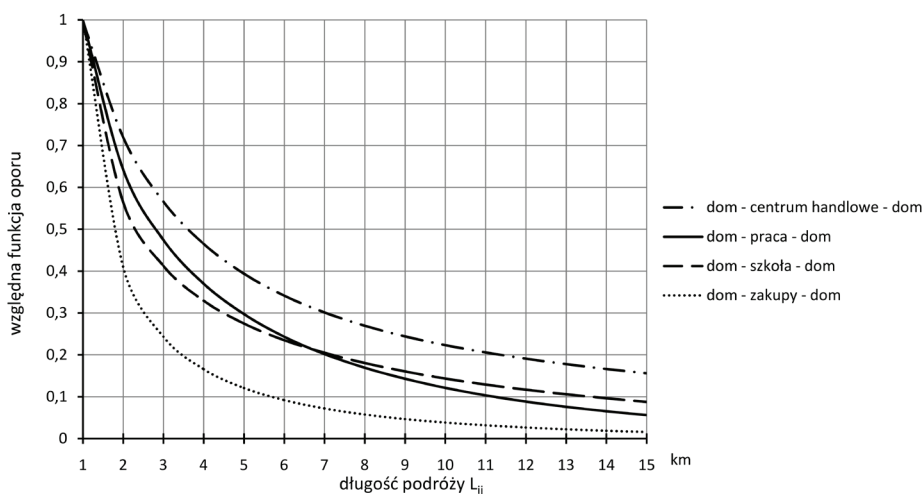
W modelowaniu funkcji oporu dla Szczecina wzięto pod uwagę w [5] bardzo dużą liczbę motywacji, w tym wyodrębniając zwierciadlane, np. „dom-praca” i „praca-dom”. Nie połączenie zwierciadlanych motywacji w jedną, obejmującą także relację powrotną do domu można uznać za błąd metodyczny. Funkcje oporu dla symetrycznych motywacji różnią się wartościami parametrów i w konsekwencji przebiegiem wykresów funkcji, w wielu przypadkach nawet bardzo znacznie (ze względu na obszerność nie zostały tu one oddzielnie przedstawione). Porównywa-

ne odpowiadające sobie wartości funkcji oporu dla relacji „powrotnej” w stosunku do relacji „inicjującej” okazały się:

- znacznie większe dla zagregowanych motywacji: „dom-szkoła-dom”, „dom-zakupy-dom”; dom-inne-dom”;
- prawie takie same dla zagregowanej motywacji: „dom-biznes-dom”;
- nieznacznie mniejsze dla zagregowanych motywacji: „dom-praca-dom”, „dom-rozrywka-dom”;
- znacznie mniejsze dla zagregowanej motywacji: „dom-centrum handlowe-dom”.

Nie widać tu jakiejś prawidłowości, np. spodziewanej, że dla powrotów do domu wartości funkcji oporu są większe, czyli że długość podróży działa wówczas mniej zniechęcająco na realizację podróży. Mogłoby się wydawać, że „radość” z powrotu z pracy do domu powinna sprawiać, że opór długości podróży powinien być mniejszy niż w podróży z domu do pracy, a wyszło odwrotnie. Natomiast taka „radość” uwidacznia się dla powrotów ze szkoły do domu. Zaskakujące są przeciwne kierunki relacji: silnie wzrastający opór odległości przy powrotach do domu z zakupów detalicznych, natomiast silnie malejący w podróży powrotnych z zakupów w centrum handlowym. Czyżby odzwierciedlało to odmienny poziom „satysfakcji” z tych zakupów ?

Te anomalie wskazują na niecelowość oddzielnego wyznaczania wartości parametrów funkcji oporu dla zwierciadlanych motywacji, np. „dom-praca” oraz „praca-dom”, lecz stworzenie połączonej motywacji, w tym przypadku „dom-praca-dom”, jak to uczyniono we wcześniej analizowanych miastach.



Rys. 4. Względne funkcje oporu dla kilku grup motywacyjnych podróży dla Szczecina

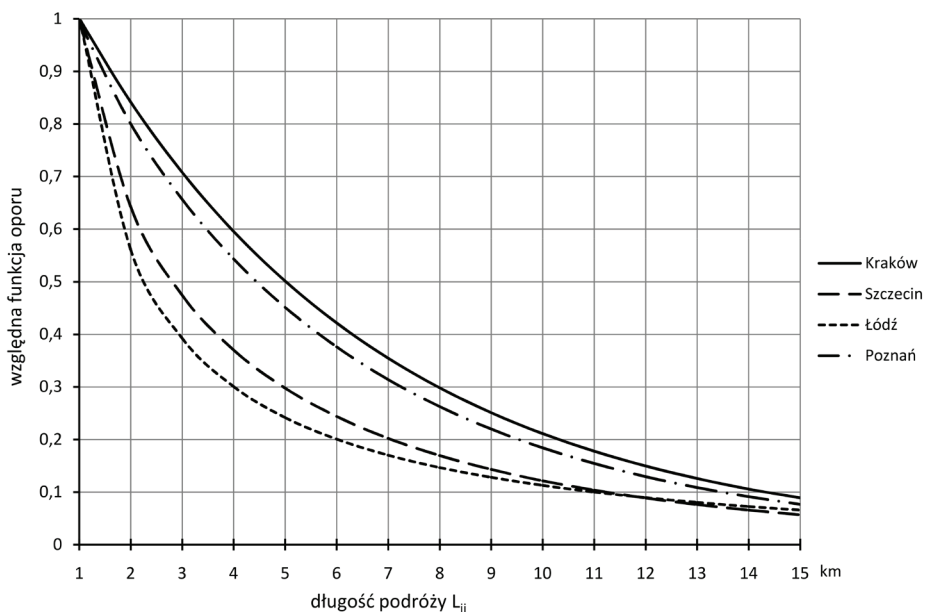
W dalszych analizach dla Szczecina połączono zwierciadlane motywacje i wyznaczono dla złączonej motywacji wartości funkcji oporu jako średniej z wartości cząstkowych. Wykresy czterech funkcji oporu przedstawiono na rys. 4. Ze

względu na czytelność rysunku nie pokazano pozostałych. Wykresy unormowanej względnej funkcji oporu dla motywacji „dom-biznes-dom” oraz „dom-rozrywka-dom” prawie nie różnią się od motywacji „dom-praca-dom”, natomiast wykres dla motywacji „dom-inne-dom” jest prawie identyczny jak dla motywacji „dom-szkoła-dom”. Dla grupy motywacyjnej „nie związane z domem” przebieg wykresu funkcji oporu w zakresie krótkich odległości jest zbliżony do wykresu dla motywacji „dom-centrum handlowe-dom”, a dla długich podróży - do wykresu „dom-praca-dom”.

Pokazany na rys. 4 bardzo wyraźnie słabszy wpływ odległości dla motywacji „dom-centrum handlowe-dom”, niż dla motywacji „dom-zakupy-dom” jest zgodny z intuicją: w celach drobniejszych zakupów podróżuje się głównie do pobliskich sklepów, natomiast nie czuje się oporu przy podejmowaniu dojazdów do dużo dalej położonych galerii bądź supermarketów. Dla motywacji „dom-praca-dom” i „dom-szkoła-dom” wykresy funkcji oporu mają dość zbliżone przebiegi, pośrodku pomiędzy wykresami dla motywacji: „dom-centrum handlowe-dom” oraz „dom-zakupy-dom”.

Analizę modeli funkcji oporu dodatkowo komplikuje fakt, że modele otrzymane dla lewobrzeżnej i prawobrzeżnej części Szczecina różnią się dość istotnie [9].

Porównanie pomiędzy miastami



Rys. 5. Względne funkcje oporu dla grupy motywacyjnej podróży „dom-praca-dom” dla kilku polskich miast

Porównanie motywacji „dom-praca-dom” (rys. 5) pokazuje, że wpływ długości podróży jest najslabszy w Krakowie oraz w Aglomeracji Poznańskiej, a wyraźnie silniejszy w Szczecinie i Łodzi. Być może ma to związek z rozciągłością miasta na

kierunku wschód - zachód (Kraków) oraz rozległym obszarem analizy (Poznań). W zakresie najczęstszych długości podróży (tj. $4 \div 6$ km) iloraz wartości funkcji oporu skrajnych wykresów wynosi ok. 2.

Oznaczałoby to, że w Krakowie i w Aglomeracji Poznańskiej o wiele częściej podejmowane są dłuższe podróże niż w Łodzi i w Szczecinie. Porównanie z wynikami uzyskanymi nie dla miasta Poznania, lecz dla Aglomeracji Poznańskiej nie jest w pełni uprawnione, ze względu na większy zasięg terytorialny aglomeracji oraz częściową autonomię ośrodków satelickich Poznania w zakresie szkół, miejsc pracy i podstawowych usług. Porównanie unormowanych funkcji oporu dla miast, w których motywacja „dom- nauka-dom” obejmuje zarówno szkolnictwo podstawowe jak i wyższe pokazuje, że największy opór przestrzeni występuje w Łodzi, a najmniejszy w Szczecinie, przy czym różnice są dość znaczne. Kraków przedstawia pośrednią tendencję. Rzadziej modelowane motywacje można porównać dla Poznania i Szczecina. Mniejszy opór przestrzeni uzyskano dla Szczecina niż dla Poznania: nieznacznie dla motywacji „dom-zakupy-dom”, dość znacznie dla motywacji „dom-rozrywka-dom” i bardzo znacznie dla motywacji „dom-centrum handlowe-dom”.

Wnioski ogólne dotyczą funkcji oporu

1. Dla krótkich podróży (od 1 do 5 km) funkcja oporu dla każdej motywacji szybko maleje, tzn. że opór odległości szybko rośnie, a dla dalej zwiększających się długości podróży - maleje ale już coraz wolniej.
2. Występuje istotne zróżnicowanie funkcji oporu dla poszczególnych grup motywacyjnych podróży w każdym z analizowanych miast. Zatem wyznaczając analitycznie elementy więzby ruchu należy to robić oddzielnie dla każdej z podstawowych grup motywacyjnych.
3. Występują niekiedy duże różnice w przebiegu unormowanych względnych funkcji oporu dla poszczególnych miast oraz brak prawidłowości w odniesieniu do grup motywacyjnych, co nie czyni nadziei na możliwość stworzenia wspólnego modelu podróży dla dużych miast.
4. Przebieg wykresów unormowanej funkcji oporu dla wszystkich motywacji znajduje się dość blisko wykresu odwrotności długości podróży.
5. Nie powinno się przesadzać w uwzględnianiu zbyt wielu grup motywacyjnych w tworzeniu modeli rozkładu przestrzennego podróży. Należy łączyć zwierciadlane grupy motywacyjne w jedną.
6. Celowe jest rozdzielenie motywacji edukacyjnych na dwie, tj. związane ze szkolnictwem podstawowym i średnim oraz z wyższym. Dyskusyjna jest potrzeba rozdzielenia motywacji związanych z handlem na zakupy w sklepach oraz w handlowych centrach wielkopowierzchniowych. Wydzielenie motywacji związanych z wypoczynkiem jest uzasadnione w przypadkach, jeśli dużo obszarów i obiektów oferujących te usługi znajduje się w obrębie obszaru badania.

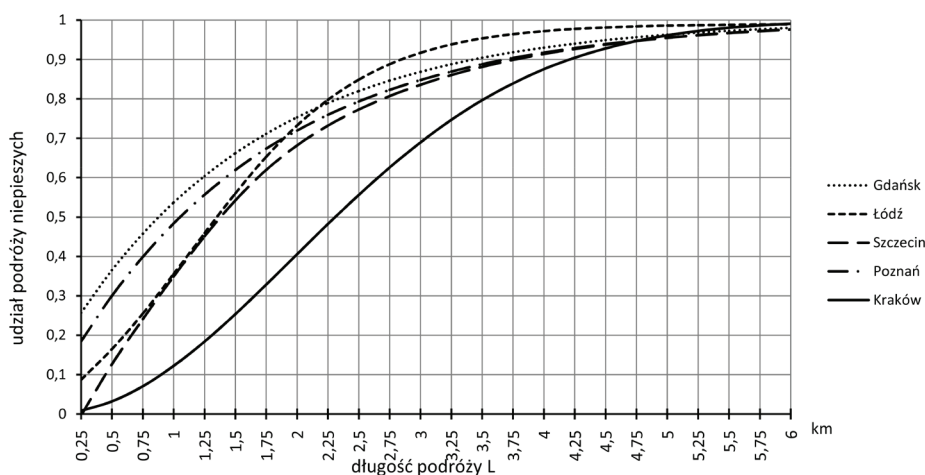
7. Ze względów interpretacyjnych lepiej byłoby operować odwrotnością funkcji oporu. Wtedy rosnącym długościom podróży odpowiadałby zwiększony opór przestrzeni.

4. Podział zadań przewozowych

4.1. Wyzdzielanie ruchu niemotoryzowanego

W procedurze modelowania stadium podziału zadań przewozowych pierwszym krokiem jest oddzielenie ruchu pieszego. Pozostały ruch traktuje się jako ruch zmotoryzowany (transport zbiorowy oraz indywidualny). Wyjaśnienie wymaga miejsce ruchu rowerowego w tak zagregowanym podziale. Ruch ten może być modelowany łącznie z ruchem pieszym - w tym przypadku zasięg podróży grupy środków lokomocji: pieszy plus rowerowy zwiększyłby się nawet do kilkunastu kilometrów, ale ze względu na obecnie bardzo mały udział ruchu rowerowego w podróżach nie miałyby to większego wpływu na rozkład prawdopodobieństwa wyboru środka niemotoryzowanego w funkcji długości podróży.

Źródłowe formuły prowadzące do oddzielenia podróży pieszych z ogółu podróży określają w poszczególnych miastach wprost: udział podróży pieszych bądź udział podróży niepieszych. W dalszych wszystkich analizach wzory będą podawane w postaci sprowadzonej do udziału podróży niepieszych, co wymagało ujednoczenia wychodząc ze źródłowej postaci wzoru. Zestawione formuły określają udział ruchu międzyrejonowego. Z punktu widzenia formalnego nie wiadomo czy ich ważność rozciąga się na podróże wewnątrzrejonowe. We wszystkich wzorach czynnikiem wpływu jest odległość L między środkami rejonów liczona po sieci ulic, co można interpretować jako długość podróży. Wykresy zależności funkcji dla poszczególnych miast pokazano na rys. 6.



Rys. 6. Udział podróży niepieszych w funkcji długości podróży dla analizowanych miast

Poniżej zestawiono formuły na udział podróży niepieszych w funkcji długości podróży L dla poszczególnych miast.

Gdańsk, 2009 r. [1]:

$$U_{np} = 1 - 0,87 e^{-0,63L} \quad (11)$$

Kraków, 2003 r. [6]:

$$U_{np} = 1 - e^{-0,13L^2} \quad (12)$$

Łódź, 2000 r. [4]:

Ogólna postać wzoru:

$$U_{np} = a + b \frac{e^{c(L_y - d)}}{f + e^{c(L_y - d)}} \quad (13)$$

Parametry formuły (13) dla czterech motywacji podróży zostały zestawione w tab. 7.

Tabela 7. Wartości parametrów funkcji na udział podróży niepieszych dla Łodzi

Motywacja	a	b	c	d	f
dom-praca	-0,16	1,15	1,45	0,99	1,25
dom-inne	-0,03	1,01	1,80	1,19	2,15
nie związane z domem	0,01	0,98	1,53	0,92	1,37

Nie podano wartości parametrów dla motywacji „dom-nauka”. Raport [4] podaje takie same wartości jak dla motywacji „dom- praca”, co jest nieprawdopodobne jako wynik oddzielnie przeprowadzanej kalibracji.

Wykresy różnią się istotnie w zakresie długości podróży do 1,5 km. Np. dla $L = 1$ km, U_{np} dla motywacji: „dom-praca” = 0,36; „dom-inne” = 0,22; „nie związane z domem” = 0,45. W dalszym przebiegu wykresy różnią się nieznacznie. Dla porównań z innymi miastami przyjęto wykres dla motywacji „dom-praca” jako pokazujący przeciętną tendencję dla Łodzi wpływu odległości podróży na udział podróży niepieszych.

Poznań, 2013 r. [2]:

$$U_{np} = 1 - 0,95 e^{-0,61L} \quad (14)$$

Szczecin 2009 r. [5]:

$$U_{np} = 1 - 2,45^{-0,72(L-0,2)} - 0,058 e^{-1,67(L-0,8)^2} \quad (15)$$

Z tej formuły o źródłowo bardzo skomplikowanej postaci wynika, że dodatnie wartości U_{np} uzyskuje się dla $L > 0,25$ km.

Zwraca uwagę różnorodność postaci formuł dla analizowanych miast. Przebieg wykresów jest bardzo podobny dla Łodzi i Szczecina oraz dla Gdańska i Poznania. Wyraźnie odmienny przebieg ma wykres dla Krakowa, z wysokim udziałem podróży realizowanych pieszo na krótkie dystanse np. dla $L = 1$ km $U_p = 1 - U_{np} = 1 - 0,12 = 0,88$ (t.j. 88%). Natomiast dla Gdańska ten udział wynosi tylko 52 %. Dla Łodzi i Szczecina jest to wartość pośrednia - 65%. Przyczyn tego zróżnicowania można by upatrywać w niejednakowym udziale podróży pieszych w poszczególnych miastach. Mogłoby to znaleźć potwierdzenie dla Krakowa z bardzo wysokim udziałem podróży pieszych - 29% [7]. Również duże różnice pomiędzy skrajnymi wykresami występują dla długości podróży 3 km. Dla Krakowa $U_p = 0,69$ a dla Łodzi $U_{np} = 0,91$. Dla długości powyżej podróży 5 km udział ruchu pieszego w żadnym z miast nie przekracza 4%. Porównanie wykresów na rys. 6 skłania do stwierdzenia, że występuje specyfika zachowań komunikacyjnych w poszczególnych dużych miastach odnośnie udziału podróży pieszych i w konsekwencji podróży niepieszych, co raczej wyklucza możliwość stworzenie wspólnego modelu w tym zakresie.

Stosowany sposób połączenia centroidy z siecią ulic, nawet więcej niż zgrubnie odwzorowuje rzeczywiste sieci piesze. Potrzebna byłaby zmiana podejścia co do reprezentacji w modelu sieci ciągów dostępnych dla ruchu pieszego, polegająca na dodatkowym kodowaniu tych elementów sieci ciągów pieszych, które nie mają odpowiednika w sieci ulic przeznaczonych dla ruchu samochodowego.

4.2. Udziały poszczególnych środków transportowych w podróżach niepieszych

Kolejnym krokiem jest oddzielnie podróży rowerowych od podróży zmotoryzowanych. Modele takie uzyskano tylko dla Poznania 2013 r. [2]:

- dla motywacji obligatoryjnych:

$$U_r = 0,18 e^{-0,17L} \quad (16)$$

- dla motywacji fakultatywnych:

$$U_r = 0,13 e^{-0,15L} \quad (17)$$

gdzie:

U_r – udział podróży rowerowych w podróżach niepieszych,

L – długość podróży w relacji źródło – cel.

W tab. 8 zestawiono wartości U_r dla kilku długości podróży.

Tabela 8. Udział podróży rowerowych w podróżach niepieszych w Aglomeracji Poznańskiej (na podstawie [2]):

Długość podróży [km]	0,5	1	2	3	5	10	15
Udział podróży rowerowych w podróżach niepieszych:							
- motywacje obligatoryjne	0,16	0,15	0,13	0,11	0,08	0,03	0,01
- motywacje fakultatywne	0,12	0,11	0,10	0,08	0,06	0,03	0,01

Dla krótkich podróży rower przejmuje kilkanaście procent podróży niepieszych, przy czym nieznacznie więcej w podróżach obligatoryjnych niż fakultatywnych. Dla podróży o długościach powyżej 10 km udział rowerów jest już śladowy. Wartości te korespondują z ogólnym bardzo małym 1,5% udziałem podróży rowerowych [2] w Aglomeracji Poznańskiej, pomimo, że badania ankietowe przeprowadzone zostały w maju, czyli w okresie dogodnym klimatycznie dla użytkowania rowerów.

Stosowane w Polsce modele rozdzielające podróże niepiesze na komunikację indywidualną (samochód osobowy) oraz na komunikację zbiorową (autobus, tramwaj, kolej) jako czynnik wpływu biorą na ogół iloraz czasów podróży tymi środkami transportu. W modelach bardziej rozwiniętych, zamiast czasu rzeczywistego bierze się czas ekwiwalentny (uwzględniający zróżnicowaną uciążliwość poszczególnych składników podróży), bądź koszt uogólniony (Szczecin [5]). Zatem dla każdej relacji międzyrejonowej udziały samochodu osobowego i komunikacji zbiorowej w podróżach są różne. Inne podejście (np. Kraków [6] Łódź [4], Warszawa [3]) próbuje uzależnić udział samochodu osobowego w podróżach od wskaźnika motoryzacji oraz od wskaźnika wyboru tego środka transportowego. Ten ostatni wskaźnik sprawia, że udział samochodu osobowego w podróżach rośnie wolniej niż proporcjonalnie do wskaźnika motoryzacji.

Przykładowo dla Krakowa ([6] 2003 r.) udział U_o komunikacji indywidualnej (samochodu osobowego) w podróżach związanych z danym rejonem komunikacyjnym można było aproksymować funkcją liniową:

$$U_o = 6 + 0,12 W_m [\%] \quad (18)$$

W_m - wskaźnik motoryzacji w rejonie komunikacyjnym [sam. osobowych/1000 mieszkańców].

W zakresie ważności formuły (18), to jest w przedziale W_m od 170 do 260, czyli przy wzroście motoryzacji o 58%, udział samochodu osobowego w podróżach wzrasta w punktach procentowych z 27 do 38% czyli o 11%, co odpowiada względnemu przyrostowi o 40%.

Wpływ ilorazu czasu podróży na wybór środka transportu w podróżach niepieszych wyrażany jest na ogół w postaci:

Udział podróży komunikację zbiorową:

$$U_z = \frac{1}{1 + a e^{bs}} \quad (19)$$

Udział podróży komunikację indywidualną (samochód osobowy) U_o

$$U_o = 1 - U_z \quad (20)$$

gdzie:

s jest ilorazem czasu podróży T_o (lub kosztu uogólnionego) komunikacją indywidualną do czasu podróży T_z (lub kosztu uogólnionego) komunikację zbiorową:

$$s = \frac{T_o}{T_z} \quad (21)$$

a i b są to parametry modelu:

- dla Gdańska, 2009 r. [1]: $a = 1,85$; $b = -0,73$,
- dla Poznania, 2013 r. ściślej dla Aglomeracji Poznańskiej [2] $a = 5,19$;
 $b = -1,74$.

- dla Krakowa, 2003 r. [6] wzór ma podobną postać, lecz operuje odwrotnością

$$s \text{ czyli } 1/s \text{ jako iloraz } \frac{T_z}{T_o}.$$

Po przekształceniu formuły źródłowej podanej w [6] otrzymuje się:

$$U_z = \frac{1}{1 + 0,40 e^{0,069 / s}} \quad (22)$$

W przypadku Szczecina czynnikiem wpływu jest różnica czasów podróży komunikacją zbiorową i komunikacją indywidualną:

$$r = T_z - T_o \quad (23)$$

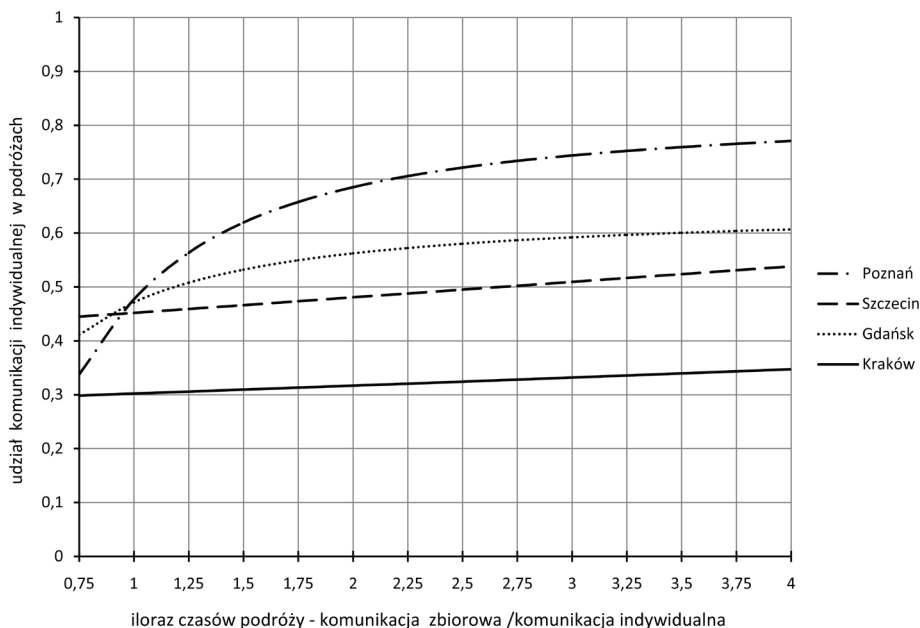
Zamiast rzeczywistego czasu podróży brany jest pod uwagę czas postrzegany jako suma ważonych czasów poszczególnych składników podróży, w tym ekwiwalent czasowy kosztu parkowania samochodu osobowego. Ta odmienność ujęcia osłabia trafność porównań wyników z innymi miastami. Aby uzyskać jak najlepszą porównywalność z modelami dla innych miast, założono tu, że $T_o = 20$ minut, natomiast T_z będzie krotnością tego czasu. Wówczas po przekształceniach formuły źródłowej podanej w [5] otrzymuje się:

$$U_z = \frac{1}{1 + 0,73 e^{0,115 / s}} \quad (24)$$

Na rys. 7 przedstawiono wykresy zależności udziału U_o komunikacji indywidualnej w podróżach pieszych od ilorazu $T_z / T_o = 1/s$ w przedziale jego zmienności $[0,75; 4,0]$. Daje się zauważyć słaby (poza Poznaniem w zakresie $[0,75; 2,0]$) wzrost udziału U_o w miarę wzrostu ilorazu T_z / T_o , szczególnie w zakresie wartości większych od 2. Oznacza to, że już nie ma istotnego znaczenia czy czas podróży komunikacją zbiorową jest 2 czy 4 razy dłuższy niż samochodem osobowym - udział samochodu osobowego w podróżach prawie już nie wzrasta. Ten relatywnie słaby wpływ ilorazu czasów podróży na podział zadań przewozowych w podróżach pieszych sugerowałby nie przecenianie efektu działań podnoszących prędkości podróży w komunikacji zbiorowej, jeśli pozostanie ona nadal kilkakrotnie mniejsza niż prędkość podróży osiągnięta samochodem osobowym.

Występują bardzo duże różnice w przebiegu wykresów między miastami. W Poznaniu udział komunikacji indywidualnej w podróżach w całym zakresie

zmienności ilorazu T_z / T_o [1,5; 4,0] jest nawet ponad dwukrotnie większy niż w Krakowie - przeciętnie odpowiednio 70% i 32%. Odzwierciedla to częściowo relacje tego udziału, wyznaczonego dla całej populacji podróży dla Krakowa (39% według KBR 2003 [7]) oraz dla Aglomeracji Poznańskiej (76% według KBR 2013 [2]).



Rys. 7. Udział komunikacji indywidualnej w podróżach niepieszych w analizowanych miastach w funkcji ilorazu czasów podróży

Dla Gdańska i Szczecina przebieg wykresów jest pośredni pomiędzy skrajnymi wykresami dla Poznania i Krakowa, przy czym dla ilorazu T_z / T_o większego od 1,5 udział komunikacji indywidualnej jest dla Gdańska o ok. 7% większy niż dla Szczecina. Ze względu na rozbieżności w przebiegu wykresów funkcji, szczególnie w zakresie małych wartości stosunku T_z / T_o , to raczej nie można oczekiwać, aby było możliwe stworzenie wspólnego modelu określającego dla dużych polskich miast udziały komunikacji zbiorowej i indywidualnej w podróżach.

5. Wnioski i rekomendacje

1. Warunkiem uzyskania pełnej porównywalności modeli jest dostępność modeli odnoszących się do tej samej grupy motywacyjnej podróży, tego samego czynnika wpływu i tej samej jednostki czynnika wpływu.
2. Stosunkowo duże podobieństwo między analizowanymi dużymi polskimi miastami (w sensie podobnej siły wpływu czynników) wykazują modele

- regresji na potencjały ruchotwórcze oraz modele wydzielające ruch niepieszy. Funkcje oporu czaso-przestrzeni dla poszczególnych miast na ogół różnią się znacznie.
3. W kilku przypadkach wyniki uzyskane z podawanych formuł modeli muszą wzbudzać niepokój. Nie wystarczy legitymizować trafność rekomendacji modelu wysokimi wartościami współczynnika determinacji uzyskanymi w procesie kalibrowania parametrów. Ważne jest także potwierdzenie logicznego kierunku czynników wpływu na wartości parametrów opisujących zachowania komunikacyjne mieszkańców.
 4. Prowadzone tu analizy bardziej od przedstawienia wyników (ze względu na wątpliwości dotyczące wartości parametrów wykorzystanych modeli) miały za zadanie pokazanie możliwości i sposoby porównania modeli w poszczególnych miastach, w celu wykazania podobieństw lub różnic w zachowaniach komunikacyjnych. Ze względu na niepewność wykorzystywanych formuł i nieokreślenie założeń, uzyskane wyniki porównań należy przyjmować z dużą ostrożnością.
 5. Na podstawie skalibrowanych modeli nie rysuje się obecnie możliwość stworzenia wspólnego modelu podróży, który opisywałby zachowania komunikacyjne mieszkańców dla wszystkich dużych polskich miast.
 6. Przydałby się bardziej krytyczny stosunek twórców modeli do wartości parametrów podawanych w raportach, a zwłaszcza w publikacjach, aby uniknąć przypadków podawania niesprawdzonych, a niekiedy błędnych wyników. Autorzy tych opracowań powinni brać większą odpowiedzialność za przedstawiane modele. Ewentualnie omyłkowo podawane wartości parametrów modeli niekoniecznie oznaczają, że budowane na ich podstawie prognozy ruchu są błędne.
 7. Na postać modeli ma duży wpływ rodzaj wykorzystywanego w modelowaniu oprogramowania (np. Visum, Cube, Aimsun, EMMME). Występowanie elementów różniących się wskazuje - jak należałoby przypuszczać - na poszukiwanie formuł najlepiej dostosowujących się do specyfiki analizowanego miasta.
 8. Podjęte analizy porównawcze wskazują na potrzebę standaryzacji „Kompleksowych badań ruchu” w zakresie zawartości pytań ankietowych, definiowania i precyzowania pojęć oraz ujawniania założeń ich przeprowadzania. Pożądane byłoby, aby standaryzacja objęła także czynniki wpływu występujące w modelach.
 9. Gdyby udało się zestandaryzować „Kompleksowe badania ruchu” oraz ujednoczyć postać formuł w modelach, a także doprecyzować zasady kodowania poszczególnych sieci transportowych, wówczas wyniki porównań modeli cząstkowych byłyby bardziej miarodajne oraz ocena możliwości (lub jej braku) stworzenia ogólnego modelu dla dużych miast byłaby bardziej przekonująca.
 10. Celowe byłoby uzyskanie grantu, aby stworzyć model ogólny, który obowiązywałby dla małych (a nawet także średnich) miast. Każde z takich

miast ma trudności z wygospodarowaniem odpowiednich środków finansowych, aby same mogło przeprowadzić „Kompleksowe badania ruchu” i na tej podstawie zbudować własny model podróży.

Bibliografia

- [1] Birr K., Budziszewski T., Zawisza M., Jamroz L., Wybrane problemy modelowania podróży transportem zbiorowym na przykładzie Gdańska. Modelowanie podróży i prognozowanie ruchu. Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK, Oddział w Krakowie, seria Materiały Konferencyjne nr 2(98)2012, Modelowanie podróży i prognozowanie ruchu, Kraków 2012.
- [2] Biuro Inżynierii Transportu, Millward Brown, Badania i opracowanie planu transportowego Aglomeracji Poznańskiej. Raport z drugiego etapu opracowania - badania modelowe, Poznań 2014.
- [3] Biuro Planowania Rozwoju Warszawy, Aktualizacja modelu ruchu kołowego indywidualnego dla Warszawy dla szczytu porannego i popołudniowego na rok 2010, Warszawa 2010.
- [4] Biuro Planowania Rozwoju Warszawy, Studium systemu komunikacyjnego dla miasta Łodzi, Warszawa 2001.
- [5] Ove Arup & Partners International Ltd. So. z o.o. Oddział w Polsce, KBR w Szczecinie, Warszawa 2011.
- [6] Pracownia Badań Społecznych, Kompleksowe Badania Ruchu - Kraków 2003, Przetwarzanie wyników badań, Modelowanie ruchu, Sopot 2004.
- [7] Pracownia Badań Społecznych, Kompleksowe Badania Ruchu - Kraków 2003, Synteza I etapu prac, Wyniki badań zachowań transportowych, preferencji oraz ruchu samochodów ciężarowych, Sopot 2003.
- [8] Romanowska A., Jamroz K., Budziszewski T., Problemy modelowania liczby podróży generowanych i absorbowanych na przykładzie Gdańska, Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK, Oddział w Krakowie; seria Materiały Konferencyjne nr 1(97)2012. Modelowanie podróży i prognozowanie ruchu, Kraków 2012.
- [9] Sarbiewska J., Mokrzański M., Konarski A., Tworzenie modeli podróży na przykładzie miasta Szczecin, Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK, Oddział w Krakowie, seria Materiały Konferencyjne nr 1(97)2012, Modelowanie podróży i prognozowanie ruchu, Kraków 2012.
- [10] Zawisza M., Maciasz K., Budziszewski T., Birr K., Jamroz K., Wybrane problemy modelowania rozkładu przestrzennego i czasu podróży na przykładzie Gdańska, Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK, Oddział w Krakowie, seria Materiały Konferencyjne nr 1(97)2012, Modelowanie podróży i prognozowanie ruchu, Kraków 2012.