



Podział zadań przewozowych

określa, jaka część podróży pieszych będzie realizowana środkami komunikacji zbiorowej i komunikacji indywidualnej. Model podziału zadań przewozowych stanowi istotny etap w modelowaniu ruchu, a jego znajomość ma istotne znaczenie dla prowadzenia właściwej polityki transportowej w miastach. Ocenia się, że efektywne zarządzanie podziałem zadań przewozowych pozwala zmniejszyć łączne koszty transportu o 20% do 30 %.

W artykule przedstawiono modele podziału zadań przewozowych opracowane na podstawie badań ruchliwości (wykonanych w ramach Kompleksowych Badań Ruchu) w wybranych polskich miastach (Kraków, Łódź, Katowice, Poznań, Warszawa). Analizowane modele mają w większości charakter logitowy, a sposób ich uzyskania wymaga przeprowadzenia kosztownych i czasochłonnych badań ankietowych. W wielu polskich miastach nie przeprowadzono tego typu badań i brak jest dostatecznej wiedzy co do udziału poszczególnych środków transportu w podróżach pieszych. W niniejszym artykule zaproponowano ponadto wykorzystanie wnioskowania rozmytego do modelowania udziału komunikacji indywidualnej i zbiorowej w podróżach bazującego na ilorazie kosztów uogólnionych podróży. Modele podziału zadań przewozowych mają ściśle lokalny charakter, ponieważ opracowane są na podstawie badań ankietowych mieszkańców danego miasta np. w ramach przeprowadzanego Kompleksowego Badania Ruchu (KBR). Badania uwzględniają zachowania komunikacyjne mieszkańców w zależności od motywacji, odległości czy czasu podróży.

Model podziału zadań przewozowych dla Krakowa

W roku 1996 przeprowadzono badania korytarzowe analizując linię szybkiego tramwaju w Krakowie. Badania ankietowe pozwoliły na wyznaczenie modelu

Podział zadań przewozowych (I) Przegląd modeli

Utworzono: środa, 10, sierpień 2011 09:10 Andrzej Szarata

podziału zadań przewozowych. Ankietowanych pytano o czas trwania podróży w motywacji dom – praca lub dom – szkoła różnymi środkami transportu z uwzględnieniem środka, którym najczęściej podróżują. W analizie uwzględniono odpowiedzi ankietowanych, którzy mają możliwość wyboru sposobu podróżowania. Na podstawie ankiet ustalono, że 41,9% gospodarstw domowych posiada jeden lub więcej samochodów. Przyjęto założenie, że osoba mająca wybór musi posiadać prawo jazdy i co najmniej jeden samochód osobowy w gospodarstwie.

Model ten odnosi się wyłącznie do pary źródło – cel, wewnątrz analizowanego korytarza. Wykorzystano binarny model logitowy ze względu na łatwość obliczeń i możliwość kalibracji na małej próbie (przeprowadzono łącznie 632 wywiady). Po analizie ankiety zdecydowano się na wybór czasu podróży, jako kryterium wpływającego na wybór środka transportu. Jako zmienną objaśniającą przyjęto iloraz czasu podróży samochodem osobowym oraz podróży środkami komunikacji publicznej (1) i (2):

$$U_{kz} = \frac{1}{1 + 2,5e^{-1,63 S_t}} \quad (1)$$

$$U_{ki} = 1 - U_{kz} \quad (2)$$

gdzie:

U_{kz} – udział podróży odbywanych komunikacją zbiorową;

S_t – iloraz czasu podróży samochodem osobowym do komunikacji zbiorowej;

U_{ki} – udział komunikacji indywidualnej.

W roku 2003 w Krakowie przeprowadzono Kompleksowe Badanie Ruchu. Na podstawie ankiet, oszacowano udział poszczególnych środków podróżowania w zależności od motywacji podróży. Dane te wykorzystano do kalibracji modelu. Udział ruchu pieszego w podróżach uzależniono od odległości do celu podróży i przedstawiono w postaci logitowej:

$$U_p = e^{\left(\frac{-x}{2770}\right)^2} \quad (3)$$

gdzie:

U_p – udział ruchu pieszego;

x – odległość po układzie ulicznym między źródłem a celem podróży.

Ustalono, że procent udziału komunikacji indywidualnej jest stały i nie zależy od

Podział zadań przewozowych (I) Przegląd modeli

Utworzono: środa, 10, sierpień 2011 09:10 Andrzej Szarata

odległości. Oznacza to, że na wielkość udziału poszczególnych środków transportu w podziale zadań przewozowych nie mają wpływu cechy sieci.

Jednakże dla motywacji dom – praca – dom i dom – inne – dom, znaleziono związek ze wskaźnikiem motoryzacji i do wyznaczenia udziału komunikacji indywidualnej skalibrowano model logitowy:

$$U_{ki} = \frac{e^z}{1 + e^z} \quad (4)$$

gdzie:

U_{ki} – udział komunikacji indywidualnej;

w – wskaźnik motoryzacji;

z – wartości parametru z zestawiono w tabelicy 1:

Motywacja	z	Współczynnik determinacji R^2
Dom – Praca - Dom	$z = 0,00582w - 1,98$	0,653
Dom - Inne-Dom	$z = 0,0106w - 3,58$	0,602
Dom – Nauka – Dom	Pominięto jako nieistotne	
Niezwiązane z domem	Nie dotyczy, przyjęto wartość średnią dla miasta	

W raporcie z Kompleksowych Badań Ruchu w Krakowie w roku 2003 podjęto również próbę uzależnienia wielkości udziału podróży odbywanych komunikacją zbiorową od ilorazu czasów podróży komunikacją zbiorową i komunikacją indywidualną. W tym przypadku przyjęto tę samą funkcję logitową (równanie 5):

$$U_{ki} = \frac{e^{z_c}}{1 + e^{z_c}} \quad (5)$$

$$z_c = 0,0685 \frac{t_{kz}}{t_{ki}} - 0,9060 \quad (6)$$

gdzie:

t_{kz} – czas podróży komunikacją zbiorową;

t_{ki} – czas podróży komunikacją indywidualną.

Zaproponowany model nie wykazuje jednak wysokiej zgodności z obserwacjami ($R^2=0,343$) i może być wykorzystany jako element pomocniczy w prognozowaniu.

Model podziału zadań przewozowych dla Warszawy

Warszawskie Badania Ruchu (WBR) zostały przeprowadzone w roku 1998. Łącznie ankietowano 2 016 gospodarstw domowych, co dało 10 691 wywiadów. Respondentów pytano o podróże wewnętrzne (podróże, których źródło i cel znajdowały się w Warszawie). Na tej podstawie określono podział zadań przewozowych dla ogółu podróży i dla podróży niepieszych (tablica 2):

Podział zadań przewozowych (I) Przegląd modeli

Utworzono: środa, 10, sierpień 2011 09:10 Andrzej Szarata

Środek transportu	Udział środka transportu w podróżach	
	Ogółem	Niepieszych
Pieszo	20,5%	*
Samochód osobowy (w tym taksówka)	26,2%	32,9%
Komunikacja zbiorowa	52,5%	66,0%
Rower	0,4%	0,6%
Inne	0,4%	0,5%

Spośród podróży niepieszych wydzielono grupę osób nie posiadających samochodu osobowego (40%) będących stałymi użytkownikami komunikacji zbiorowej oraz grupę osób, która nigdy nie zrezygnuje z używania samochodu osobowego (20%). Pozostała część to osoby mające wybór sposobu podróżowania. Dla tej grupy opracowano model podziału zadań przewozowych, uzależniony od czasu podróży samochodem osobowym i komunikacją zbiorową. Model przedstawia równanie:

$$IC_{ij} = \frac{1}{1 + e^{(0,01FT_{ij} - (0,014INVT_{ij} + 0,026LT_{ij})}} \quad (7)$$

gdzie:

IC_{ij} - udział komunikacji indywidualnej w podróżach z rejonu i do j;

FT_{ij} - czas podróży samochodem osobowym po sieci obciążonej;

$INVT_{ij}$ - czas jazdy komunikacją zbiorową;

LT_{ij} - czas tracony w podróży komunikacją zbiorową (czas dojścia, czas oczekiwania, czas tracony na przesiadki).

W roku 2005 przeprowadzono kolejne badanie ruchu w ramach Warszawskiego Badania Ruchu, którego wynikiem było określenie udziału poszczególnych środków transportu w podróżach niepieszych. Nie przedstawiono jednak modelu

wynikowego, a jedynie procentowy udział w rozróżnieniu na motywację.

Model podziału zadań przewozowych dla Łodzi

Na podstawie Kompleksowych Badań Ruchu przeprowadzonych w Łodzi w roku 1995, opracowano modele wydzielenia podróży pieszych oraz podziału zadań przewozowych. Dla opracowanego modelu skalibrowano parametry w zależności od motywacji podróży. Do wydzielenia podróży pieszych zastosowano model logitowy:

$$U_{NPij} = a + b \frac{e^{c(L_{ij}-d)}}{f + e^{c(L_{ij}-d)}} \quad (8)$$

gdzie:

U_{NPij} – udział podróży pieszych między rejonami i j;

L_{ij} – odległość z rejonu i do j [km];

a,b,c,d,f – parametry modelu, zestawione w tabelicy 3.

Motywacja	a	b	c	d	f
Dom – praca; praca dom	-0,1618	1,1552	1,4517	0,9894	1,2546
Dom – nauka; nauka - dom	-0,1618	1,1552	1,4517	0,9894	1,2546
Dom – inne; inne - dom	-0,0262	1,0075	1,8035	-1,1893	2,1517
Nie związane z domem	0,0114	0,9816	1,5286	0,9237	1,3716

Dla wydzielenia podróży odbywanych środkami komunikacji indywidualnej, przyjęto zależność:

$$U_{ki} = \frac{W_m W_g W_w W_n}{1000 W_p} \quad (9)$$

gdzie:

U_{ki} – udział komunikacji indywidualnej;

Podział zadań przewozowych (I) Przegląd modeli

Utworzono: środa, 10, sierpień 2011 09:10 Andrzej Szarata

W_m – wskaźnik motoryzacji, przyjęto na poziomie 235 samochodów na 1000 mieszkańców;

W_g – wskaźnik gotowości technicznej – przyjęto umownie jako 0,95;

W_w – wskaźnik wyboru samochodu osobowego, tablica 4;

W_n – wskaźnik napełnienia pojazdu, tablica 4;

W_p – wskaźnik pracujących – przyjęto 0,455 (na podstawie KBR95).

Motywacja	W_w	W_n
Dom – praca; praca – dom	0,590	1,40
Dom – nauka; nauka – dom	0,210	1,20
Dom – inne; inne - dom	0,520	1,45
Nie związana z domem	0,885	1,50

Model podziału zadań przewozowych dla Katowic

Ankietowanie w ramach Kompleksowego Badanie Ruchu dla Katowic, zostało przeprowadzone w roku 1998. Łącznie ankietowano ponad 6 300 mieszkańców (3 074 gospodarstwa domowe). Populacja została podzielona na 9 grup o jednorodnych zachowaniach komunikacyjnych. Dla każdej z grup, skalibrowano parametry modelu logitowego, wyrażonego równaniem:

$$U_{kz} = \frac{1}{(1 + a * e^{(b*x)})} \quad (10)$$

gdzie:

U_{kz} – prawdopodobieństwo wyboru komunikacji zbiorowej jako środka transportu;

x – iloraz czasu podróży samochodem osobowym i komunikacją zbiorową;

a, b – parametry modelu zależne od grupy zachowań komunikacyjnych.

Udział komunikacji indywidualnej uzyskano wg równania (2). W wyniku badań, wydzielono następujące grupy o jednorodnych zachowaniach komunikacyjnych: uczniowie, studenci, zatrudnieni z dostępem do samochodu, zatrudnieni bez dostępu do samochodu, niezatrudnieni z dostępem do samochodu i niezatrudnieni bez dostępu do samochodu. Parametry modelu zostały wyznaczone dla każdej z grup oddzielnie oraz dla wszystkich grup razem (model uogólniony). W modelu uogólnionym wartości parametrów odpowiadają: $a=5,9$; $b=-1,44$. Dla średniej

wartości ilorazu czasu podróży samochodem osobowym i komunikacją zbiorową ($x=0,71$) określono udział podróży odbywanych komunikacją publiczną na poziomie 32%. Dotyczy to osób mających wybór środka podróży. Można stwierdzić, że w Katowicach jest umiarkowany udział komunikacji zbiorowej w podróżach.

Model podziału zadań przewozowych dla Siemianowic Śląskich

Równolegle z badaniami przeprowadzonymi w Katowicach, prowadzono wywiady w ramach kompleksowego badania ruchu w Siemianowicach Śląskich. Łącznie uzyskano 2 654 wywiady przeprowadzone w 1 357 gospodarstwach domowych. Wielkość próby pomiarowej stanowiła 4% populacji. Na podstawie analizy wyników ankietowania zaproponowano logitowy model podziału zadań przewozowych. Opracowano modele dla każdej z grup o jednorodnych zachowaniach komunikacyjnych i zaproponowano model ogólny:

$$U_{kz} = \frac{1}{1 + 3,2 * e^{-0,68 * x}} \quad (11)$$

gdzie:

U_{kz} – prawdopodobieństwo wyboru komunikacji zbiorowej jako środka transportu;
 x – iloraz czasu podróży samochodem osobowym i komunikacją zbiorową.

Model podziału zadań przewozowych dla Poznania

W roku 2000 przeprowadzono w Poznaniu Kompleksowe Badania Ruchu. Ankiety przeprowadzono w 8 023 gospodarstwach domowych (25 775 osób) a także wśród prawie 1 000 mieszkańców akademików i internatów. Wielkość próby pomiarowej stanowiła 3,1% populacji. Jak wykazała analiza wyników badań, ruchliwość w Poznaniu jest stosunkowo wysoka, ponadto zakres analizy obejmuje nie tylko miasto, ale i obszar powiatu (różniące się istotnie w zakresie charakteru odbywanych podróży). W obszarze Poznania podróże odbywają się w zdecydowanej większości samochodem osobowym i komunikacją zbiorową, natomiast w obszarze powiatu ziemskiego występuje silniejsza rola innych form podróżowania, w tym form pośrednich (określanych jako „parakomunikacyjne”: wykorzystanie jednośladów czy podróże o charakterze „Park and Ride”). Ponieważ w różnych częściach powiatu występuje zróżnicowane znaczenie form „parakomunikacyjnych”, klasyczne reguły podziału modalnego są mało przydatne. Zdecydowano się na opracowanie modelu podziału zadań przewozowych w sposób wtórny, tj. poprzez budowę osobnych macierzy dla transportu indywidualnego i zbiorowego, opartych na zasadzie możliwego prognozowania podziałów na środki transportu potencjałów (produkcji i atrakcji).

Jednakże biorąc pod uwagę jedynie obszar miasta, w pracy skalibrowano logitowy model podziału zadań przewozowych uzależniając go od ilorazu czasu podróży komunikacją zbiorową i indywidualną. Opracowany model przedstawiają równania:

$$U_{kz} = \frac{1}{1 + 4,9e^{-0,74x}} \quad (12)$$

gdzie:

U_{kz} – prawdopodobieństwo wyboru komunikacji zbiorowej jako środka transportu dla osób mających możliwość wyboru;

x – iloraz czasu podróży samochodem osobowym i komunikacją zbiorową;

U_{ki} – prawdopodobieństwo wyboru komunikacji indywidualnej.

dr inż. Andrzej Szarata

Katedra Systemów Komunikacyjnych,
Politechnika Krakowska

Literatura jest publikowana w drugiej części artykułu.