

ALTERNATYWNE METODY HIERARCHIZACJI POSTULATÓW PRZEWOZOWYCH ORAZ WYNIKI ICH ZASTOSOWANIA W POLSKICH MIASTACH

MICHAŁ WOLAŃSKI

dr, Katedra Transportu Szkoły
Głównej Handlowej w Warszawie,
al. Niepodległości 162,
02-554 Warszawa,
tel. 605 99 63 09,
michal.wolanski@sgh.waw.pl

Streszczenie. Artykuł przedstawia wyniki dwóch projektów badawczych, dotyczących hierarchizacji postulatów przewozowych. W pierwszym z nich dokonano porównania klasycznego podejścia, polegającego na pytaniu pasażerów wprost o znaczenie poszczególnych postulatów z uporządkowaną regresją logistyczną, szukającą zależności pomiędzy satysfakcją ogólną a satysfakcją z jakości częściowych. W drugim zestawiono uporządkowaną regresję logistyczną z wielomianową regresją logistyczną, opartą na modelu deklarowanego wyboru. Dodatkowo dokonano kilku prób modyfikacji tradycyjnego zestawu postulatów przewozowych.

Z punktu widzenia metodologicznego uporządkowana regresja logistyczna jest metodą umożliwiającą łatwe i szybkie diagnozowanie słabych oraz mocnych stron systemów transportowych, często nawet w oparciu o dane zastane. Natomiast wielomianowa regresja logistyczna wymaga znacznie bardziej skomplikowanych wywiadów, jednakże dostarcza bardzo użytecznych danych o decyzjach konsumenckich oraz umożliwia wycenę poszczególnych atrybutów jakościowych, takich jak np. pojedyncza przesiadka czy określony poziom wyposażenia pojazdu. Metoda ta pozwala również na skuteczną ocenę jakości konkretnego przewoźnika czy typu taboru.

Wyniki badań wskazują, że zmiana metody doprowadza do zwiększenia znaczenia niskiej ceny i krótkiego czasu przejazdu, które w większości dotychczasowych badań miały drugorzędne znaczenie. Przeprowadzone pilotaże wskazały także na dużą rolę takich aspektów związanych z komfortem podróży, jak: czystość, komfort termiczny, jakość pracy kierowców oraz wyposażenie pojazdów. Czynniki te nie były dotychczas traktowane jako samodzielne postulaty przewozowe, tymczasem warto je uwzględnić również przy klasycznej metodzie hierarchizacji potrzeb przewozowych.

Słowa kluczowe: transport zbiorowy, jakość, postulaty przewozowe, regresja logistyczna

Wprowadzenie

Po boomie badań marketingowych w transporcie miejskim w latach 90. w ostatnim czasie organizatorzy i przewoźnicy – przyzwyczajeni do dużej dostępności środków finansowych – stracili nieco kreatywności w rozpoznawaniu potrzeb pasażerów.

Obecnie jednak coraz gorsza sytuacja finansowa samorządów powinna skłaniać ku ponownemu naciskowi na racjonalizację działań inwestycyjnych i eksploatacyjnych, a to z kolei – do poszukiwania nowych metod badań potrzeb pasażerów, w tym również metod umożliwiających wycenę poszczególnych atrybutów jakościowych, tak aby nie przeinwestowywać w rzeczy zbędne, nie oferujące realnej wartości dla pasażerów.

Niniejszy artykuł ma na celu pokazanie różnych metod hierarchizacji potrzeb przewozowych pasażerów, alternatywnych do metody aktualnie dominującej, czyli pytania respondentów wprost o ważność poszczególnych atrybutów jakościowych. Prezentowane metody były stosowane przez autora w dwóch projektach badawczych, realizowanych w 2012 roku – wyniki badań będą zaprezentowane w artykule jako ilustracja opisywanych metod.

Jednocześnie autor – zainspirowany badaniami zagranicznymi – przeprowadził kilka eksperymentów dotyczących samego zestawu postulatów przewozowych, czyli jakości częściowych usługi transportowej. Weryfikowano m.in. istotność takich atrybutów, jak jakość pracy kierowcy czy czystość, dotychczas rzadko stosowanych w Polskich badaniach.

Przegląd wybranych wyników dotychczasowych badań

Jak już wspomniano, dotychczasowe badania dotyczące hierarchizacji postulatów przewozowych pasażerów w Polsce bazowały głównie na ocenie ważności poszczególnych atrybutów jakościowych, deklarowanych bezpośrednio przez pasażerów. Badania takie przeprowadzały przez dwie dekady, w szeregu miast, dwa zespoły uczonych – zespół Politechniki Krakowskiej (pod przewodnictwem profesora W. Starowicza) oraz Uniwersytetu Gdańskiego i Zarządu Komunikacji Miejskiej w Gdyni (pod przewodnictwem profesora O. Wyszomirskiego).

Profesor Starowicz konkludując swoje badania, przeprowadzone w czterech miastach (próby wynosiły od 364 do 899 pasażerów w każdym mieście), wskazał, że spośród dziesięciu rozważanych atrybutów jakościowych najważniejszymi były punktualność, niezawodność, częstotliwość, bezpieczeństwo i bezpośredniość [1]. W poszczególnych miastach były niewielkie różnice w priorytetyzacji tych potrzeb, co najprawdopodobniej wynikało ze zróżnicowania specyfiki lokalnej. Szczegółowe wyniki badań W. Starowicza zawiera tabela 1.

Zespół profesora Wyszomirskiego z reguły uzyskuje wyniki podobne do zespołu profesora Starowicza (por. również tabela 1), aczkolwiek istnieją pewne różnice. Przede wszystkim zespół gdyński zazwyczaj uzyskuje wyższy priorytet w przypadku postulatu bezpośredniości – co ciekawe, szczególnie wysoka rola tego atrybutu jakościowego jest w Gdyni, gdzie sieć połączeń oparta jest na wielu bezpośrednich liniach (często wysoka ranga postulatu może wynikać z zaniedbania danego atrybutu jakościowego).

¹ © Transport Miejski i Regionalny, 2012.

Wyniki badań zespołów prof. W. Starowicza i prof. O. Wyszomirskiego																			
	Badania prof. W. Starowicza															Badania prof. O. Wyszomirskiego			
	Kraków 2006	Lublin 2004	Kielce 2005	Rzeszów 2002	Nowy Sącz 2003	Lublin 2003	Gniezno 2003	Kędzierzyn 2004	Krosno 2002	Dębica 2002	Oświęcim 2003	Chrzanów 2002	Łódź 2006	Brzesko 2006	Wyniki zszytezywane	Gdynia 2006	Gdynia 2010	Pruszcz Gdański 2007	Pruszcz Gdański 2010
Punktualność	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	3	1	3	5	1	2	2	1	2
Niezawodność	2	2	2	3	2	3	2	3	1	2	1	3	1	3	2	8	6	7	7
Częstotliwość	4	4	5	4	6	2	8	4	4	3	4	5	2	1	3	3	4	3	3
Bezpieczeństwo	3	3	10	2	4	10	3	2	2	5	10	4	6	2	4	-	-	-	-
Bezpośredniość	6	5	3	6	3	6	9	5	5	8	2	8	8	9	5	1	1	2	4
Prędkość	5	8	6	7	5	5	10	6	6	1	5	6	7	7	6	7	7	6	6
Cena	8	6	9	5	9	7	4	7	10	9	7	2	5	4	7	5	5	5	1
Komfort	7	9	4	8	10	9	5	8	7	7	9	7	10	8	8	6	8	9	8
Dostępność	9	7	8	10	8	4	7	9	8	10	6	9	4	10	9	4	3	4	5
Informacja	10	10	7	9	7	8	6	10	9	6	8	10	9	6	10	10	10	10	10
Stałe częstotliwości	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	9	8	9

Źródła: Starowicz W., *Jakość przewozów w miejskim transporcie zbiorowym*, Politechnika Krakowska, Kraków 2007; Wyszomirski O., Hebel K., *Różnice w preferencjach i zachowaniach komunikacyjnych miast i gmin tworzących obszar aglomeracyjny*, „Biuletyn komunikacji miejskiej”, nr 12 (122)/2011, s. 21-23; Smirnow R., Wyszomirski O., *Preferencje i zachowania komunikacyjne mieszkańców Gdyni w 2006 r.*, „Biuletyn komunikacji miejskiej”, 10 (97)/2007, s. 66-69.

Przyczyn niewielkich rozbieżności pomiędzy badaniami Starowicza i Wyszomirskiego należy zatem raczej poszukiwać w różnicach metodologicznych i wyborze próby – badania tego pierwszego są z reguły przeprowadzane w pojazdach, a drugiego – w domach. Doprowadza to do różnej struktury próby, jeśli chodzi o częstotliwość korzystania z transportu miejskiego. Można podejrzewać, że osoby podróżujące rzadko – liczniej reprezentowane w badaniach ośrodka trójmiejskiego – mogą przykładać większą wagę do bezpośredniości.

Należy zauważyć, że badania zagraniczne, realizowane przy użyciu innych metod, dają inne rezultaty. Przykładowo badania przeprowadzone przez profesora D. Henshera i P. Prioni [4] w Sydney (Australia), korzystające z indeksu jakości, opartego na modelu wyboru i wielomianowej regresji logistycznej (będzie on opisany szczegółowo w dalszej części pracy), wskazały, że najważniejszymi parametrami kształtującymi satysfakcję pasażerów były ceny i czas jazdy. Oprócz tego dużą rolę grał czas dojścia do przystanków, przyjazność kierowców, płynność jazdy, bezpieczeństwo i czystość. Spośród czterech ostatnich atrybutów, tylko bezpieczeństwo było uwzględniane w cytowanych badaniach polskich.

W Polsce badania podobnymi metodami były prowadzone przez profesora A. Rudnickiego, jeszcze w latach 90. ubiegłego wieku. [5]

Badanie w ramach Grupy Wymiany Doświadczeń Związku Miast Polskich

Pierwsze z opisywanych w niniejszej pracy badań zostało przeprowadzone na wiosnę 2012 na próbie 1607 pasażerów, zebranej w sześciu miastach, uczestniczących w projekcie Grupa Wymiany Doświadczeń – Transport Miejski, realizowanym przez Związek Miast Polskich (ZMP).

W badaniu uwzględniano zestaw piętnastu atrybutów jakościowych, którymi były (w kolejności występowania w scenariuszu wywiadu): ceny biletów, czas podróży, liczba przesia-

dek niezbędnych do odbycia podróży², komfort podróży w pojeździe, zróżnicowanie biletów, punktualność, jakość przystanków, poziom bezpieczeństwa w podróży, bliskość przystanku, częstotliwość kursowania autobusów, łatwość przesiadek, łatwość zakupu biletu, jakość informacji, niezawodność i jakość pracy kierowców. Wszystkie atrybuty były oceniane przez pasażerów w pięciostopniowej skali, a następnie respondenci deklarowali ich ważność w skali trzystopniowej.

Jak już wspomniano, interpretacja wyników bazowała na dwóch metodach – klasycznej ocenie ważności poszczególnych atrybutów jakościowych oraz uporządkowanej regresji logistycznej.

Uporządkowana regresja logistyczna została opracowana przez R. McKelvey'a i W. Zavionę [6,7]. W naszym przypadku ma ona na celu opisanie ogólnej satysfakcji użytkowników jako funkcji satysfakcji (oceny) z jakości częściowych, tj.:

$$y_i^* = \beta'x + \varepsilon_i$$

gdzie i jest indeksem obserwacji (respondenta), β wektorem współczynników modelu, a x wektorem ocen różnych atrybutów jakościowych (ze względu na wymogi programu Limdep/NLogit zastosowano skalę, w której 0 oznacza ocenę bardzo złą, a 4 – bardzo dobrą).

Cechą różniącą zastosowany model od popularnych modeli regresji jest fakt, że y_i^* nie oznacza generalnego poziomu satysfakcji, lecz funkcję użyteczności, która jest nieliniowo przekształcana w generalny indeks satysfakcji y_i (ponownie przyjmujący wartości od 0 do 4) za pomocą wartości progowych μ :

² Początkowo autor planował użyć – jak we wcześniejszych badaniach – terminu bezpośredniość. Członkowie Grupy wskazali jednak na niezrozumiałość tego terminu oraz możliwość nieporozumień (np. jeśli pasażer dokonuje dwóch przesiadek, nie oceni bezpośredniości dobrze, nawet jeśli są one dla niego nieuciążliwe). Autor w pełni przychylił się do tej argumentacji.

$$y_i = 0 \text{ jeżeli } \mu_{-1} < y_i^* \leq \mu_0$$

$$y_i = 1 \text{ jeżeli } \mu_0 < y_i^* \leq \mu_1$$

...

$$y_i = 4 \text{ jeżeli } \mu_{j-1} < y_i^* \leq \mu_j$$

Wartości β są dopasowywane metodą największej wiarygodności (*maximum likelihood*) [8, s. 108–109]. Regresja logistyczna oznacza, że zmienna ε ma rozkład normalny [8, s. 13–16].

Wyniki badania w zakresie klasycznej oceny ważności poszczególnych atrybutów jakościowych były praktycznie zgodne z wcześniejszymi badaniami polskich autorów – jako najważniejsze pasażerowie deklarowali punktualność, częstotliwość, bezpieczeństwo i niezawodność, są to zatem te same cztery atrybuty, co w przypadku badań profesora W. Starowicza, aczkolwiek w lekko innej kolejności. Zgodność ta wynika m.in. ze zgodności metody – badania ZMP były przeprowadzane z osobami podróżującymi w pojazdach.

Najbardziej znaczną różnicą była niska ranga postulatu „liczba przesiadek niezbędnych do odbycia podróży”, który zastąpił postulat bezpośredniości.

Natomiast analiza danych metodą uporządkowanej regresji logistycznej doprowadziło do znacznej zmiany hierarchii (por. tabela 2³). Dominujące postulaty przewozowe, determinujące ogólną satysfakcję pasażerów, to: komfort, czas, ceny i częstotliwość.

O ile w przypadku czasu, ceny i częstotliwości udało się uzyskać dużą zbieżność z wynikami zacytowanych badań D. Henshera, a także innych autorów zagranicznych, o tyle duże wątpliwości może budzić atrybut komfortu zastosowany poprzez analogię do wcześniejszych badań krajowych. Uzyskał on bardzo duże znaczenie w modelu, jednak może budzić trudności interpretacyjne. Czy bowiem komfort oznacza dla respondentów podróz w pojeździe dobrze wyposażonym, czy może po prostu czystym i dogrzany? Dobrą dostępność miejsc siedzących czy może płynną jazdę? Można wręcz postawić dość skrajną tezę, że tak ogólne sformułowanie jak „komfort” jest niejako synonimem satysfakcji, a zatem zaobserwowana relacja ma charakter oczywisty. Tematyka ta będzie kontynuowana w dalszej części artykułu, gdyż w kolejnym badaniu zdecydowano się na zastąpienie komfortu zestawem bardziej szczegółowych atrybutów jakościowych.

Należy również podkreślić, że wśród istotnych statystycznie atrybutów, determinujących ogólną satysfakcję pasażerów znalazła się, wprowadzona eksperymentalnie, jakość pracy kierowców. Zajęła ona ósme miejsce w modelu regresji logistycznej i siódme przy ocenie bezpośredniości.

Do ciekawych wniosków doprowadza również analiza modeli skonstruowanych dla pojedynczych miast. Ze względu na objętość artykułu, omówiona ona zostanie na przykładzie jednego atrybutu i dwóch miast, których nazw nie możemy podać, ze względu na zastrzeżenia władz miejskich.

³ Tabela ta zawiera wszystkie postulaty przewozowe, które były istotne statystycznie przy poziomie ufności 95%, również we wszystkich kolejnych modelach – jeśli nie wskazano inaczej – stosowano poziom ufności 95%.

Tabela 2

Model regresji logistycznej w badaniu ZMP – porównanie z modelem deklarowanej ważności				
Wszystkie miasta (n = 1607, generalna satysfakcja = 2,74)				
	Uporządkowana regresja logistyczna		Deklarowana ważność	Poziom satysfakcji
	Parametr	Kolejność w hierarchii	Kolejność w hierarchii	
Stała	-1,395	–	–	–
Komfort podróży w pojeździe	0,680	1	11	2,69
Czas podróży	0,539	2	5	2,68
Ceny biletów	0,471	3	6	2,15
Częstotliwość	0,365	4	2	2,54
Niezawodność	0,359	5	4	2,78
Bezpieczeństwo	0,271	6	3	2,85
Punktualność	0,233	7	1	2,57
Jakość pracy kierowców	0,193	8	7	2,97

*Poziom satysfakcji: 0 bardzo zły, 4 – bardzo dobry, oceny rzędu 2,75 oznaczają zatem dobry minus.

Tabela 3

Model uporządkowanej regresji logistycznej dla miasta A – porównanie z modelem deklarowanej ważności				
Miasto A (n = 580, ogólny poziom satysfakcji = 2,83)				
	Uporządkowana regresja logistyczna		Deklarowana ważność	Poziom satysfakcji
	Parametr	Kolejność w hierarchii	Kolejność w hierarchii	
Stała	–1,863	–	–	–
Komfort podróży w pojeździe	0,925	1	10	2,75
Czas podróży	0,911	2	7	2,86
Ceny biletów	0,320*	6	5	2,38
Częstotliwość	–	–	3	2,61
Niezawodność	0,389	4	2	2,95
Bezpieczeństwo	–	–	4	2,95
Punktualność	–	–	1	2,78
Jakość pracy kierowców	0,468	3	6	3,14
Bliskość przystanku	0,344	5	9	3,05

* Istotne przy poziomie ufności 85%.

Tabela 4

Model uporządkowanej regresji logistycznej dla miasta B – porównanie z modelem deklarowanej ważności				
Miasto B (n = 389, ogólny poziom satysfakcji = 2,73)				
	Uporządkowana regresja logistyczna		Deklarowana ważność	Poziom satysfakcji
	Parametr	Kolejność w hierarchii	Kolejność w hierarchii	
Stała	–1,886	–	–	–
Komfort podróży w pojeździe	0,751	2	10	2,62
Czas podróży	0,515	3	3	2,50
Ceny biletów	0,842	1	6	1,76
Częstotliwość	0,416	5	2	2,50
Niezawodność	0,490	4	4	2,54
Bezpieczeństwo	–	–	5	2,72
Punktualność	0,306	6	1	2,29
Jakość pracy kierowców	0,264*	7	8	2,79
Jakość przystanków	0,247*	8	13	2,45

* Istotne przy poziomie ufności 90%.

W pierwszym z miast (miasto A) ceny biletów były bardzo niskie, nie podwyższane od kilku lat, a w drugim (miasto B) – niedługo przed badaniem dokonano podwyżki i stały się one dość wysokie. W efekcie, chociaż deklarowana ważność cen w obu miastach specjalnie się nie różniła (wręcz w mieście A była minimalnie wyższa – por. tabele 3 i 4), to jednak w modelu dla miasta B ceny wyraźnie determinowały satysfakcję pasażerów, co oznaczało że istnieje pewna grupa osób niezadowolona z powodu komunikacji właśnie z powodu wysokich cen. Z kolei w mieście A wpływ cen na satysfakcję był niewielki i niezbyt istotny statystycznie.

Co ciekawe, niskie ceny biletów w mieście A nie znalazły odzwierciedlenia w ich dobrej ocenie (choć była ona dobra w poszczególnych miastach) – wynosiła 2,38, co wyraźnie zaniżało ogólne postrzeganie jakości komunikacji w tym mieście i było tylko nieznacznie lepsze od postrzegania cen biletów w ogóle badanych miast.

Podobnych zależności dla innych miast i innych atrybutów jakościowych znaleziono więcej, co wskazuje na dużą użyteczność diagnostyczną modelu uporządkowanej regresji logistycznej jako metody pozwalającej na szybkie wskazanie dobrych i złych stron danego systemu komunikacji miejskiej.

Badanie w ramach konkursu grantów Szkoły Głównej Handlowej

Zrealizowany wspólnie z ZMP projekt dostarczył na tyle rokujące wyniki, a jednocześnie postawił nowe pytania, że w sierpniu 2012 roku autor postanowił przeprowadzić kolejne badanie z wykorzystaniem regresji logistycznej o postaci uporządkowanej oraz dodatkowej metody – regresji logistycznej o postaci wielomianowej, która zostanie opisana w dalszej części niniejszego rozdziału.

Głównym celem badania było porównanie jakości postrzeganej pomiędzy przewoźnikami prywatnymi i komunalnymi (wyniki przeanalizowane pod tym względem będą opublikowane w osobnym artykule), jednakże dostarczyło ono również ciekawych informacji dotyczących postulatów przewozowych.

W badaniu udział wzięło około 2000 pasażerów, przy czym co drugi wywiad miał na celu zebranie danych do modelu w postaci uporządkowanej, a co drugi – do modelu w postaci wielomianowej. Dobór próby ukierunkowany był na cel badania, a zatem wywiady przeprowadzono w dwóch miastach (mieście B z rozdziału 2 oraz mieście C), wyłącznie na liniach, na których kursują przewoźnicy komunalni i prywatni. Obniża to użyteczność danych do pozostałych celów.

Wywiad dostarczający danych do modelu w postaci uporządkowanej był oparty na czternastu atrybutach ocenianych w skali pięciostopniowej: ceny biletów, jakość przystanków, zróżnicowanie oferty biletów, punktualność, poziom bezpieczeństwa osobistego w podróży, płynność jazdy, temperatura w pojeździe, liczba niezbędnych przesiadek, czas podróży, czystość pojazdu, wyposażenie i wystrój pojazdu, niezawodność transportu miejskiego, pracę kierowcy w zakresie udzielania informacji i sprzedaży biletów oraz dostępność satysfakcjonującego miejsca w pojeździe.

Pojedynczy wywiad mający zapewnić dane do wielomianowej regresji logistycznej zawierał trzy sytuacje wyboru (łącznie przy użyciu programu NGene wygenerowano 10 różnych scenariuszy, zawierających w sumie 30 sytuacji wyboru). Każda sytuacja wyboru składała się z trzech opcji, różniących się 7 atrybutami jakościowymi (por. tabela 5). Poziom atrybutów jakościowych określany był każdorazowo w skali trzystopniowej (ze względu na pilotażowy charakter badania i dużo atrybutów):

- czas i cena – + 10%, bez zmian –10%;
- częstotliwość – co 10, 20 i 30 minut;
- przesiadki – 0, 1 lub 2;
- wyposażenie, czystość i jakość pracy kierowcy – trzystopniowe skale opisowe.

Tabela 5

Przykładowa pojedyncza sytuacja wyboru, stanowiąca źródło danych do modelu regresji logistycznej w postaci wielomianowej – łącznie wygenerowano 30 takich sytuacji, a pojedynczy wywiad zawierał ich trzy			
	Opcja 1	Opcja 2	Opcja 3
Czas	10% wolniej	aktualna podróż	10% szybciej
Wyposażenie pojazdu	średnie niskopodłogowy, bez klimatyzacji, zapowiedzi przystanków na wyświetlaczach		średnie niskopodłogowy, bez klimatyzacji, zapowiedzi przystanków na wyświetlaczach
Częstotliwość	co 30 minut		co 10 minut
Czystość w pojeździe	średnio czysto		średnio czysto
Liczba przesiadek	0 przesiadek		2 przesiadki
Kierowca	mało pomocny, ostro hamuje i przyspiesza		pomocny, prowadzi płynnie
Cena	10% taniej		10% drożej
Wybieram tę opcję			

Kwestionariusze były przygotowane w taki sposób, aby sytuacje wyboru były pokazywane pasażerom (tzn. sytuacje wyboru były wydrukowane dużą czcionką).

Regresja logistyczna o postaci wielomianowej pozwala nie tylko oceniać deklarowaną ważność poszczególnych parametrów, ale również ich rzeczywisty wpływ na wybory podejmowane przez pasażerów oraz – w późniejszym okresie – modelować na tej podstawie zmiany liczby pasażerów po zmianie parametrów usług. Jest to niezmiernie istotne, albowiem np. pasażerowie mogą deklarować, iż komfort w pojeździe jest dla nich ważny, może nawet wpływać na ich satysfakcję, jednakże jeśli będą mieli do wyboru metodę podróży bardziej komfortową, ale droższą, okaże się, że ich gotowość do płacenia za wyższy komfort jest bardzo niewielka bądź zerowa.

Na podstawie zadeklarowanych przez pasażerów wyborów określa się funkcję użyteczności, w zależności od parametrów jakościowych, postaci ogólnej: [9, s. N9–17]

$$y_{ij}^* = \beta'x + \varepsilon_{ij}$$

gdzie indeks i oznacza osobę, a j – konkretną opcję wyboru.

Jako parametry określające jakość oznaczone x rozważano w pełnym modelu siedem atrybutów:

- cenę wyrażoną w złotych na podróż (w razie potrzeby przeliczaną z cen biletów okresowych);
- czas jazdy wyrażony w minutach;

- liczbę przesiadek wyrażoną w wartościach absolutnych;
- częstotliwość wyrażoną w minutach pomiędzy satysfakcjonującymi pasażera odjazdami (z matematycznego punktu widzenia była to zatem de facto odwrotność częstotliwości);
- wyposażenie pojazdu, czystość oraz jakość pracy kierowcy w trójstopniowej skali, szczególnie zdefiniowanej w kwestionariuszu (1 – najlepsze, 3 – najgorsze).

Dodatkowo w modelach regresji logistycznej o postaci wielomianowej można dodawać dodatkowe zmienne zero-jedynkowe dla opcji „aktualna podróż”. Mogą one np. określać przewoźnika, rodzaj taboru czy jego markę. Zmienne te przyjmują wówczas wartości niezerowe jedynie dla opcji „aktualna podróż”. Innymi słowy, parametry przy tych zmiennych mogą wskazywać, jak bardzo obecnie wykorzystywana opcja podróży jest preferowana względem alternatywnych, w zależności od formy własności przewoźnika. Rozwiązanie to sprawdza się bardzo dobrze, np. w systemach rozliczeń z przewoźnikami [2].

Do określenia funkcji użyteczności wykorzystano model regresji logistycznej programu NLogit 4.0, bazujący na założeniu, że prawdopodobieństwo (P) wyboru danej opcji j przez daną osobę i określone jest wzorem: [7, s. N9–18]:

$$P_{ij} = \frac{\exp(U_{ij})}{\sum_{j=0}^J \exp(U_{ij})}$$

Oznacza to, że im opcja jest lepsza, tym większe prawdopodobieństwo wyboru, jednak cały czas podział zadań przewozowych jest jedynie proporcjonalny do użyteczności i również gorsze (wg modelu) opcje zyskują pewną liczbę użytkowników.

Parametry β określano ponownie metodą największej wiarygodności.

Otrzymany w ramach projektu model regresji logistycznej w postaci uporządkowanej wskazał, że spośród atrybutów, które zastąpiły komfort, największe znaczenie grały czystość i temperatura w pojeździe (por. tabela 6). Należy przy tym zwrócić uwagę, że badanie było przeprowadzane w sierpniu 2012 roku, który był wyjątkowo ciepłym miesiącem, a w obu miastach niektóre pojazdy posiadały wyjątkowo zły przewiew (mało okien uchylnych i brak klimatyzacji).

Mniejszą – acz znaczną – rolę spośród atrybutów zastępujących komfort grają również wyposażenie pojazdu i dostępność miejsc. Należy jednak podkreślić, że są one mniej ważne niż np. ceny biletów, co znaczy, że tłumaczenie podwyżek cen poprawą komfortu może nie być działaniem właściwym.

Co ciekawe, w modelu tym nie znalazły się czasy przejazdu, co można tłumaczyć wakacjami i relatywnym zadowoleniem z tego parametru, tym bardziej że w mieście B w okresie poza wakacyjnym czasy przejazdu miały znacznie większy wpływ na satysfakcję.

Tabela 6

Model regresji logistycznej w postaci uporządkowanej – wyniki badania SGH			
Miasta B i C (n= 1006, poziom zadowolenia = 2,91)			
	Uporządkowana regresja logistyczna		Poziom satysfakcji
	Parametr	Kolejność w hierarchii	
Stała	-1,54	–	–
Czystość	0,58	1	2,89
Temperatura w pojeździe	0,54	2	2,44
Ceny biletów	0,48	3	1,99
Wyposażenie pojazdu	0,27	4	2,90
Punktualność	0,27	5	2,88
Dostępność miejsc	0,27	6	2,96
Płynność jazdy	0,27	7	2,80
Informacja / sprzedaż biletów	0,26	8	3,10

Tabela 7

Model regresji logistycznej w postaci wielomianowej – wyniki badania SGH		
	Parametr funkcji użyteczności	Gotowość do zapłaty za jednostkową zmianę
Czas podróży [min]	-0,087	0,05 [zł/min], 3,28 [zł/h]
Wyposażenie [skala 3-stopniowa]	-0,454	0,28 [zł/jeden stopień]
Częstotliwość (odstęp między kursami) [min]	-0,038	0,02 [zł/min odstęp]
Czystość [skala 3-stopniowa]	-0,268	0,17 [zł/jeden stopień]
Liczba przesiadek	-0,911	0,57 [zł/przesiadkę]
Jakość pracy kierowcy [skala 3-stopniowa]	-0,104	0,07 [zł/jeden stopień]
Cena [zł/podróż]	-1,594	

Natomiast wyniki modelowania przy użyciu regresji logistycznej wielomianowej wskazują, że głównym czynnikiem determinującym użyteczność jest cena przejazdu (por. tabela 7).

Spośród pozostałych czynników duże znaczenie odgrywa liczba przesiadek – jako „rekompensatę” za dodatkową przesiadkę pasażer oczekuje ceny biletu niższej o 57 groszy lub skrócenia czasu przejazdu o około 11 minut, a także wyposażenie pojazdu (może to być spowodowane dużą gotowością do zapłaty za klimatyzację, jednak ta gotowość nie ma charakteru całorocznego) oraz czystość.

Zdziwiającym wynikiem jest niska wartość czasu pasażerów, wynosząca raptem 3,28 zł/h. Istnieje kilka alternatywnych wytłumaczeń tego zjawiska. Może się okazać, że rzeczywiście komunikację miejską mogą wybierać osoby o niskiej wartości czasu – zwłaszcza w okresie wakacyjnym, kiedy można stosunkowo swobodnie podróżować samochodem (badanie było przeprowadzane w miastach o wielkości ok. 300 tys. mieszkańców). W celu weryfikacji tej tezy, należałoby przeprowadzić podobne badania poza okresem wakacyjnym oraz wśród ogółu mieszkańców miasta.

Może się również okazać, że pytania zostały zadane w sposób niewłaściwy – warto zatem równoległe przeprowadzić próby z inną konstrukcją sytuacji wyboru.

Należy jednak podkreślić, że ogromnym atutem regresji logistycznej w postaci wielomianowej jest możliwość weryfikacji rzeczywistej (finansowej) wartości różnych aspektów jakości dla klientów. W ten sposób możemy na przykład zweryfikować, czy systemy biletowe oparte na kartach zbliżeniowych lub dynamiczna informacja pasażerska rzeczywiście dostarczają oczekiwanej wartości dla klientów, czy też lepiej skupić się na bardziej podstawowych kwestiach, takich jak czystość, regularność kursowania i niskie ceny.

Chociaż nie jest to przedmiotem niniejszego artykułu, warto wspomnieć, że w przeprowadzonym badaniu porównywano również jakość postrzeganą poszczególnych przewoźników. Badanie pozwoliło obiektywnie zidentyfikować jednego z przewoźników wyraźnie odstającego in minus od pozostałych operatorów komunikacji miejskiej w mieście B (znacznie wyraźniej niż badanie polegające na bezpośredniej ocenie jakości), a wyniki badania były zgodne z intuicją i doświadczeniem pracowników zarządu transportu w tym mieście. W ten sposób badania oparte na regresji logistycznej w postaci wielomianowej mogą być dobrym uzupełnieniem systemu rozliczeń pomiędzy organizatorem i przewoźnikiem, motywując tego drugiego do ogólnej troski o pasażerów. Naturalnie jednak takie działania wymagają jeszcze dalszych pilotaży.

Podsumowanie

Alternatywne i rzadko obecnie stosowane metody hierarchizacji potrzeb transportowych, zaprezentowane w niniejszym tekście, są w stanie rzucić inne światło na potrzeby pasażerów oraz dostarczyć decydentom dodatkowych danych.

Zaletą uporządkowanej regresji logistycznej są niskie wymagania w zakresie danych wejściowych – wystarczy ocena jakości całkowitej oraz jakości cząstkowych. Metoda ta jest zatem możliwa do zastosowania nawet jako narzędzie obróbki danych zebranych wcześniej, przy okazji innych projektów, jeśli tylko oceniane było ogólne postrzeganie jakości oraz postrzeganie jakości cząstkowych. Uporządkowana regresja logistyczna pozwala na bardzo precyzyjną diagnozę systemów transportowych, łatwo wskazując na ich wady i zalety, co pokazano na przykładzie porównania ważności cen biletów w dwóch miastach.

Wielomianowa regresja logistyczna pozwala z kolei na precyzyjną wycenę różnych atrybutów jakościowych oraz wskazuje na wpływ danych atrybutów na podejmowane przez pasażerów wybory, a nie tylko na ich zadowolenie. Jest zatem bardzo pomocna przy podejmowaniu konkretnych decyzji inwestycyjnych. Pozwala również na ocenę różnych przewoźników czy typów taboru.

Ponadto przeprowadzone badania dostarczają rekomendacji w zakresie konstrukcji zestawów postulatów przewozowych – nawet jeśli pozostajemy przy klasycznej metodzie hierarchizacji postulatów przewozowych. Z pewnością wśród atrybutów jakościowych należy uwzględnić czystość, komfort termiczny, dostępność miejsc i jakość pracy kierowców.

Natomiast w zakresie wyników rola takich atrybutów jakościowych, jak czas i cena, może być większa, niż wynikało to z wcześniejszych badań. A zatem wyniki przeprowadzonych badań powinny przypominać zarządzającym komunikacją miejską, aby dążąc do unowocześniania systemów komunikacyjnych, nie ulegali pogoni za gadżetami, lecz pamiętali o prostych atrybutach jakościowych, takich jak czystość, wentylacja, niskie ceny i atrakcyjny czas podróży.

Należy jednak przestrzegać przed uogólnianiem danych z jednych miast na inne, tym bardziej że w badaniach zaprezentowanych w rozdziale 3 wybór próby nie miał być reprezentatywny dla ogółu pasażerów w sieci, a samo badanie było przeprowadzone w lecie – a zatem konkretne rekomendacje dla konkretnych miast wymagają badań sporządzanych lokalnie, przy odpowiednim wyborze próby. Co więcej, wyniki badań mogą być różne w różnych porach roku, a to dostarcza nam ciekawych danych o zróżnicowaniu preferencji pasażerów w czasie. Oczywiście badania przeprowadzane w miesiącach uznanych za reprezentatywne (jesiennych i wiosennych) mogą mieć charakter zbliżony do średnich preferencji w ciągu roku, jednakże np. znaczenie takiego atrybutu jak komfort termiczny może być wyjątkowo ważne w lecie i zimie, rzadko uwzględnianych w dotychczasowych studiach.

W szczególności pożądanymi byłyby badania metodą wielomianowych modeli regresji logistycznej, sporządzone na podstawie wywiadów przeprowadzanych w domach, na próbie reprezentatywnej dla ogółu mieszkańców. Badanie takie pozwoliłoby m.in. zweryfikować tezę, czy faktycznie rzeczywista wartość czasu osób wybierających komunikację miejską jest tak niska, jak wskazuje na to przeprowadzona analiza pilotażowa, osoby o wyższej wartości czasu wybierają transport indywidualny.

Literatura

1. Starowicz W., *Jakość przewozów w miejskim transporcie zbiorowym*, Politechnika Krakowska, Kraków 2007.
2. Wyszomirski O., Hebel K., *Różnice w preferencjach i zachowaniach komunikacyjnych miast i gmin tworzących obszar aglomeracyjny*, „Biuletyn komunikacji miejskiej”, 2011, nr 12 (122).
3. Smirnow R., Wyszomirski O., *Preferencje i zachowania komunikacyjne mieszkańców Gdyni w 2006 r.*, „Biuletyn komunikacji miejskiej”, 2007, nr 10 (97).
4. Hensher D., Prioni P., (2002), *Service Quality Index for Area-wide Contract Performance Assessment*, „Journal of Transport Economics and Policy”, 2002, nr 1 (36).
5. Rudnicki A., *Jakość komunikacji miejskiej*, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji, Kraków 2009.
6. McKelvey R., Zavoina W., *An IBM Fortran IV Program to Perform N-Chotomus Multivariate Probit Analysis*, „Behavioural Science”, 1971, nr 16 (2).
7. McKelvey R., Zavoina W., *A Statistical Model for the Analysis of Ordered Level Dependent Variables*, „Journal of Mathematical Sociology”, 1975, nr 4.
8. Greene W., Hensher D., *Modeling ordered choices*, A Primer, Cambridge University Press, Cambridge 2010.
9. Greene W., NLogit version 4.0, Reference Guide. Econometric Software, Plainview 2007.