

Metoda i projektowanie badań typu Integrated-Hierarchical Information Integration na potrzeby wyceny atrybutów jakościowych usługi transportowej¹

MICHAŁ WOLAŃSKI

dr, Szkoła Główna Handlowa,
Katedra Transportu,
al. Niepodległości 162, Warszawa,
michal.wolanski@sgh.waw.pl

BARTOSZ JAKUBOWSKI

mgr, Astarium sp. z o.o.,
ul. Francuska 23, Warszawa,
bartek@astarium.pl

Streszczenie. Przedmiotem artykułu jest opis metody Integrated-Hierarchical Information Integration (I-HII). Jest to jedyne podejście pozwalające na skuteczne uwzględnienie kilkunastu różnych atrybutów jakościowych w modelu wyboru środka transportu. W artykule opisano także rezultaty przeprowadzonego przez autorów badania, dotyczącego agregowania atrybutów jakościowych, zrealizowanego w celu zaprojektowania scenariuszy wywiadów I-HII. Metoda I-HII polega na modelowaniu wyboru za pomocą danych uzyskanych w wyniku eksperymentów, dotyczących deklarowanych preferencji (*stated choice*), przy czym poszczególne atrybuty jakościowe są grupowane (agregowane). W pojedynczym wywiadzie jedna grupa atrybutów prezentowana jest w sposób rozagregowany, pozostałe zaś – w sposób zagregowany. W ten sposób omija się ograniczenia percepcji respondentów, jakie występują przy jednoczesnym zaprezentowaniu kilkunastu atrybutów jakościowych. Wybór atrybutów oraz sposób ich pogrupowania nie powinien mieć charakteru arbitralnie narzuconego przez badaczy, lecz powinien wynikać z analizy powiązań identyfikowanych przez respondentów. Stąd też należy je ustalać empirycznie w sposób indywidualny dla każdego projektu. Na potrzeby niniejszego badania zostały przeprowadzone w pociągach SKM Trójmiasto (próba 265 respondentów, wywiady CAPI). W ich wyniku wstępną listę 34 atrybutów jakościowych zawężono do trzech grup najważniejszych jakości częściowych, liczących po trzy bądź cztery atrybuty. Są nimi: informacja o rozkładzie jazdy (w tym: informacja o rozkładzie na peronach, informacja o rozkładzie w Internecie, zapowiedzi / wyświetlacze pokazujące opóźnienia i zakłócenia), czas przejazdu oraz jego stałość (czas przejazdu, częstotliwość, niezawodność, punktualność) oraz czystość i komfort (czystość wewnętrzna pociągu, dostępność miejsc w pociągu, wygodne siedzenia) oraz dodatkowo cena.

Słowa kluczowe: jakość usług przewozowych, preferencje pasażerów, metoda Integrated-Hierarchical Information Integration

Wprowadzenie

Badania deklarowanych preferencji (*stated choice*) oparte na wielomianowej regresji logistycznej (*multinomial logit*) są cenną pomocą w konstruowaniu usług transportowych. Ogromną zaletą tego typu modeli jest fakt, że nie tylko pozwalają one zidentyfikować potrzeby klientów, ale również doprowadzają do cennych wniosków dotyczących gotowości do zapłaty za poszczególne atrybuty jakościowe. Jest to cecha, której nie ma większość klasycznych metod pomiaru preferencji konsumentów, takich jak rangowanie poszczególnych atrybutów jakościowych [1] czy metody regresyjne, np. metoda uporządkowanej regresji logistycznej [2]. Wcześniejsze badania – w tym przeprowadzone

przez autora [3] – wskazują również, że istnieją duże różnice między wynikami badań ważności poszczególnych atrybutów jakościowych z wykorzystaniem różnych metod. Przykładowo respondenci zapytani wprost rzadko przyznają, że cena usługi transportowej ma dla nich kluczowe znaczenie, co zachęca samorządy do podwyższania cen usług. Tymczasem modele logitowe wskazują, że wybór usługi jest w dużej mierze zdeterminowany właśnie przez ten atrybut [3]. Potwierdzają to doświadczenia różnych miast, które wskazują, że podwyżki cen biletów nie przynoszą spodziewanych efektów [4,5].

Niestety wadą modeli typu *stated choice* jest ograniczona praktyczna możliwość uwzględniania wielu atrybutów jakościowych usługi, stąd z reguły ogranicza się je do podstawowych cech, takich jak w przypadku komunikacji miejskiej czas, cena, częstotliwość i ewentualnie dwa–trzy inne atrybuty. Problem ten nie wynika bezpośrednio z kwestii matematycznych, lecz z ograniczonej percepcji respondentów badania – jeśli przedstawimy im naraz kilka czy kilkanaście atrybutów, to skupią się wyłącznie na kilku najważniejszych, pomijając pozostałe.

Tymczasem istnieje duża potrzeba zastosowania badań *stated choice* również do wyceny wielu innych atrybutów jakościowych, które są efektami różnych inwestycji. Takimi atrybutami mogą być chociażby lepsza dostępność biletów (za pośrednictwem automatów lub personelu), lepsza dostępność miejsc siedzących lub stojących w pojazdach, lepsza informacja pasażerska (np. w czasie rzeczywistym) czy lepsze wyposażenie pojazdów (np. klimatyzacja lub pojazdy nowe zamiast używanych).

Generalnie rzecz biorąc, istnieje stosunkowo niewiele udanych przypadków uwzględnienia dużej liczby atrybutów jakościowych w badaniach typu *stated choice*. Jedną z nielicznych podjął z sukcesem zespół wydziału *Business Engineering Westfälische Hochschule*, z którym autor niniejszego badania współpracował przy jego realizacji [6]. Próba ta bazuje na metodzie *Integrated-Hierarchical Information Integration* (I-HII), opisana w dalszej części pracy, a która w ogólności polega na przezwycięzeniu ograniczeń percepcji respondentów poprzez:

- uwzględnienie we wszystkich sytuacjach wyboru jedynie podstawowych atrybutów jakościowych, takich jak w przypadku usługi transportowej cena i ewentualnie czas przejazdu;
- pogrupowanie pozostałych atrybutów i przedstawianie respondentom w każdej sytuacji wyboru:

¹ © Transport Miejski i Regionalny, 2014. Wkład autorów w publikację: M. Wolański 50%, B. Jakubowski 50%.

- jednej z grup w postaci rozwiniętej do pojedynczych atrybutów (np. dostępność biletów rozwinięta do dostępności biletów w kasie na peronie, w automacie na peronie, przez Internet, przez smartfon oraz u konduktora),
- pozostałych grup atrybutów w formie zagregowanej.

Przeprowadzenie takiego badania następuje w praktyce dwufazowo – w pierwszej fazie dokonuje się wstępnych wywiadów, mających na celu odpowiednią selekcję i pogrupowanie aspektów jakościowych, a w drugiej fazie – przeprowadza się właściwe wywiady.

Metoda badań typu *stated choice*

Podstawową metodą modelowania, stosowaną w badaniach typu *stated choice*, jest metoda wielomianowego modelu logitowego (*Multinomial Logit* – MNL). Jak już wspomniano, pozwala ona nie tylko oceniać deklarowaną ważność poszczególnych parametrów, ale również ich rzeczywisty wpływ na wybory podejmowane przez konsumentów oraz – w późniejszym okresie – daje możliwość modelowania na tej podstawie zmiany liczby pasażerów po zmianie parametrów usług.

Dane do badania tego typu zbiera się za pomocą wywiadów lub ankiet. Respondentom przedstawia się w nich kilka hipotetycznych możliwości wyboru, spośród których muszą wybrać najbardziej korzystną dla siebie opcję – stąd nazwa badania preferencji deklarowanych (por. tabela 1).

Tabela 1

Przykładowa sytuacja wyboru w wywiadzie typu <i>stated choice</i>			
	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			

Źródło: [3]

Na podstawie zadeklarowanych przez pasażerów wyborów określa się funkcję użyteczności, w zależności od parametrów jakościowych, postaci ogólnej:

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

gdzie indeks i oznacza osobę, a j – konkretną opcję wyboru. Jako parametry określające jakość oznaczone x rozważa się poszczególne atrybuty.

Do określenia funkcji użyteczności wykorzystuje się zazwyczaj model logitowy programu NLogit 4.0 (lub innych, podobnych), bazujący na założeniu, że prawdopodobieństwo

(P) wyboru danej opcji j przez daną osobę i określone jest wzorem [7]:

$$P_{ij} = \frac{\exp(U_{ij})}{\sum_{i=n} \exp(U_{ij})}$$

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 określa się metodą największej wiarygodności.

Metoda *Integrated-Hierarchical Information Integration (I-HII)*

Jak już wspomniano na wstępie, problemem przy konstrukcji typowego badania *stated choice* jest ograniczona percepcja respondentów, prowadząca do uwzględniania jedynie kilku najważniejszych atrybutów jakościowych, co mocno ogranicza możliwość zastosowania tej metody przy bardziej skomplikowanych problemach decyzyjnych.

Jako pierwszy rozwiązanie omawianego problemu zaproponował J. Louviere [8], który przedstawiał metodę *Hierarchical Information Integration*. Polegała ona na podzieleniu atrybutów jakościowych w grupy (liczbę grup oznaczmy n), stworzeniu n subeksperymentów i uwzględnianiu w jednym subeksperymentcie (analogicznym do przedstawionego w poprzednim rozdziale) wyłącznie jednej grupy jakości częściowych – np. wyłącznie atrybutów związanych z dystrybucją biletów. Następnie wszystkie n grup jest łączone w jeden model za pomocą kolejnego eksperymentu (tzw. *bridging experiment* – eksperyment łączący), który uwzględnia każdą z grup jako pojedynczy atrybut i może mieć formę eksperymentu polegającego na wyborze jednej z opcji [9] lub typowego eksperymentu *stated choice*.

Metoda ta została skrytykowana przez Oppewala i innych [10] ze względu na złą jakość integracji pomiędzy submodelami. Struktura modelu nie mogła być przetestowana, przez co nie można było określić jej wiarygodności. Ponadto liczne wątpliwości budził proces łączenia submodeli w jeden model i określania wzajemnych relacji między parametrami estymowanymi w ramach różnych submodeli. Na bazie tej krytyki opracowano koncepcję *Integrated-Hierarchical Information Integration*, rozwiniętą następnie przez van de Vyvere i innych [11] oraz Molina i Timmermansa [12].

Koncepcja ta polega na tworzeniu subeksperymentów, w których jedna z grup atrybutów rozbita jest na pojedyncze atrybuty, pozostałe zaś prezentowane są w sposób zintegrowany. Efektem zastosowania tej metody jest cytowany już projekt przeprowadzony przez zespół Westfälische Hochschule, który stanowi pierwowzór prowadzonego badania. Przykładową sytuację wyboru przedstawia tabela 2. W tym przypadku jedna z uwzględnianych grup atrybutów (czystość i wygoda) jest przedstawiona w formie pojedynczych atrybutów (czystość toalety, czystość wnętrza,

dostępność miejsc, wygoda foteli). Pozostałe dwie – informacja i jakość połączenia – są natomiast przedstawione w sposób zagregowany i mogą być opisywane w skali dziesięciostopniowej od +++++ do ----, aczkolwiek do zaprojektowania eksperymentu w podanym przykładzie wykorzystano jedynie trzy najczęściej występujące oceny --, ++ oraz +++++.

Agregacja atrybutów do skali dziesięciostopniowej następuje w wyniku osobnego eksperymentu, na podstawie którego określa się powiązania pomiędzy pojedynczymi atrybutami a oceną zagregowaną (por. tabela 3).

Łącznie w cytowanym badaniu uwzględniono – oprócz ceny i czasu przejazdu – 10 atrybutów, które zostały pogrupowane w trzy grupy (por. tabela 4). Atrybuty te zostały wybrane i połączone w grupy na podstawie oddzielnego badania. Badanie to zostanie opisane w kolejnym rozdziale. Rzecz jasna wybór atrybutów może być poddyktowany ich istotnością dla pasażerów bądź istotnością dla rozwiązywanego problemu decyzyjnego.

Uzyskane dane przetwarzają się w sposób analogiczny do metody zaprezentowanej w poprzednim rozdziale, przy uwzględnieniu większego skomplikowania danych wejściowych. A zatem systematyczny komponent funkcji użyteczności V_{ir} dla alternatywy r w subeksperymencie i przyjmując postać:

$$V_{ir} = \mathbf{X}_{ir}\beta_i + \mathbf{G}_{rj}\gamma_j$$

gdzie \mathbf{X}_{ir} jest wektorem atrybutów (niezagregowanych), β – wektorem parametrów dla atrybutu, \mathbf{G}_{rj} – wektorem pozostałych atrybutów zagregowanych, γ_j – wektorem parametrów dla pozostałych atrybutów zagregowanych. Analogicznie zatem prawdopodobieństwo wyboru rozwiązania r spośród J możliwości w subeksperymencie i wynosi:

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

gdzie μ jest parametrem skalującym, wynoszącym dla pojedynczego modelu z reguły 1.

Metoda i wyniki eksperymentu wstępnego – grupowanie i wybór najważniejszych atrybutów jakościowych

Wyniki badania Westfälische Hochschule [13]

Selekcji atrybutów jakościowych do badania *I-HII* najlepiej dokonywać poprzez specjalny eksperyment polegający na grupowaniu atrybutów jakościowych przez pasażerów. Metoda eksperymentu – który został powtórzony w Polsce w ramach niniejszego badania – zostanie opisana w kolejnych częściach tego rozdziału. Na razie ograniczymy się do zacytowania wyników badania zespołu Westfälische Hochschule, które było pierwowzorem dla badania przeprowadzonego w ramach niniejszego projektu.

Badanie w formie wywiadów było przeprowadzane na dwóch próbach – pasażerów pociągów (w pociągach – 434

Tabela 2

Przykładowa sytuacja wyboru w wywiadzie typu I-HII		
Pociąg	Autobus	Samochód
Toaleta jest czysta	Toaleta jest brudna	
Podłoga się lepi, śmieci na fotelach	Podłoga się lepi, śmieci na fotelach	
Nie ma wolnych miejsc	Wolne miejsca są dostępne przez połowę podróży	
Fotele są wygodne	Fotele są wygodne	
Jakość połączenia ++	Jakość połączenia --	
Informacja --	Informacja + + + +	
Cena 3,60 €	Cena 4,40 €	Cena 9,00 €
Czas jazdy 45 minut	Czas jazdy 60 minut	Czas jazdy 35 minut
Wybieram tę opcję	Wybieram tę opcję	Wybieram tę opcję

Źródło: [6]

Tabela 3

Przykładowy eksperyment pozwalający na agregację atrybutów jakościowych w badaniu typu I-HII										
Grupa atrybutów: Jakość połączenia										
Punktualność	Spóźnienie do 3 min.	Spóźnienie 3-10 minut	Spóźnienie 10-20 minut							
Przesiadki	0 przesiadek	1 gwarantowana przesiadka	1 przesiadka bez gwarancji							
Częstotliwość	Co 30 minut	Co godzinę	Co 2 godziny							
Wybierz sumaryczną jakość połączenia:										
Ocena	+++++	++++	+++	++	+	-	--	---	----	-----

Źródło: [6]

Tabela 4

Łączna lista atrybutów uwzględnianych w badaniu I-HII Westfälische Hochschule					
Grupa	Atrybut	Poziom 1	Poziom 2	Poziom 3	Poziom 4
Jakość połączenia	Punktualność	Do 3 minut później	3-10 minut później	10-20 minut później	
	Liczba przesiadek	0 przesiadek	1 gwarantowana przesiadka	1 przesiadka bez gwarancji	
	Częstotliwość	Co 30 minut	Co godzinę	Co 2 godziny	
Komfort	Czystość toalety	Czysto	Brudno	Brak toalety	
	Czystość wnętrza	Czysto	Podłoga się lepi, śmieci na fotelach		
	Dostępność miejsc	Wolne miejsca są dostępne	Wolne miejsca są dostępne przez połowę podróży	Nie ma wolnych miejsc	
	Wygoda foteli	Fotele są wygodne	Fotele nie są wygodne		
Informacja	Informacja o rozkładzie na przystankach	Dostępna	Niedostępna		
	Informacja w pojeździe w razie zakłóceń	Głosowa i wyświetlacze	Głosowa	Wyświetlacze	Brak
	Informacja na przystanku w razie zakłóceń	Głosowa i wyświetlacze	Głosowa	Wyświetlacze	Brak
	Zapowiedzi przesiadek	Głosowa i wyświetlacze	Głosowa	Wyświetlacze	Brak

Źródło: [6]

osoby) i kierowców (w wydziałach komunikacji odpowiednich urzędów – 30 respondentów). W badaniu tym uwzględniono łącznie 32 atrybuty jakościowe wskazane w tabeli 4. Pogrupowano je w pięć grup za pomocą algorytmu PROXSCAL w programie SPSS. Następnie spośród trzech najważniejszych grup wybrano najistotniejsze czynniki, które w tabeli zaznaczono podkreśleniem. Ostateczny zestaw atrybutów zaprezentowano już we wcześniejszym rozdziale.

Sposób zebrania danych w badaniu SGH i Szybkiej Kolei Miejskiej w Trójmieście

Dane do analiz przeprowadzonych w ramach niniejszego badania zostały zebrane wśród pasażerów korzystających z pociągów PKP SKM w Trójmieście sp. z o.o. w dniach 8–19 października 2013 roku.

Ankieterzy korzystali z tabletu, za pomocą którego przeprowadzali trzyczęściowe wywiady. W części pierwszej pasażerowie odpowiadali na kilka ogólnych pytań dotyczących zwyczajów związanych z codziennym podróżowaniem. W części drugiej, za pomocą aplikacji Cardsort, ankietowani łączyli w grupy 34 cechy usługi przewozowej. Kryterium łączenia poszczególnych cech było subiektywne odczucie podobieństwa pomiędzy nimi. Liczba grup nie była ograniczona, podobnie jak ich liczebność. W trzeciej części kwestionariusza ankietowani, za pomocą skali od 1 (najmniej ważne) do 7 (najważniejsze), określali, jak ważne są dla nich poszczególne cechy usługi przewozowej. Przeprowadzono łącznie 265 wywiadów.

W badaniu uwzględniono listę atrybutów jakościowych zgodną z badaniem niemieckim, lekko dostosowaną w sformułowaniach do polskich realiów oraz rozszerzoną o dwa atrybuty – sprzedaż biletów przez Internet i smartfony.

Analiza danych – grupowanie

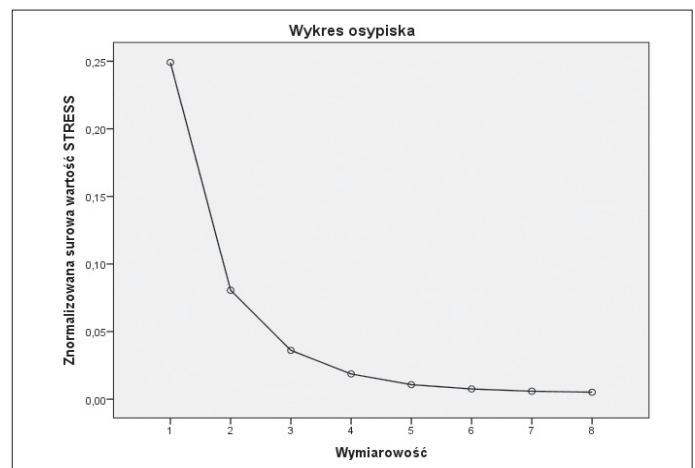
W pierwszym etapie wykorzystano wyłącznie dane z drugiej części wywiadów. Odrzucono 14 obserwacji, które były niekompletne (brak informacji o zgrupowaniu dla wszystkich cech). Z pozostałych utworzono 251 macierzy niepodobieństwa, które zostały zsumowane w celu uzyskania zagregowanej macierzy niepodobieństwa. W symetrycznej macierzy znalazły się dane pokazujące, ilu respondentów wskazało, że dwie wybrane cechy nie łączą się ze sobą.

Wygenerowana macierz została przeskalowana wielowymiarowo przy użyciu algorytmu PROXSCAL w programie SPSS dla wartości wymiarów od 1 do 8 (por. aneks nr 2 do niniejszego raportu). W konfiguracji wstępnej została wybrana opcja 100 tys. losowych startów, która powinna pozwolić na uzyskanie niższych wartości Stress. Zbieżność Stress oraz minimalna wartość Stress została ustalona na 0,0001. Szczegółowe wartości zawarto w tabeli 6.

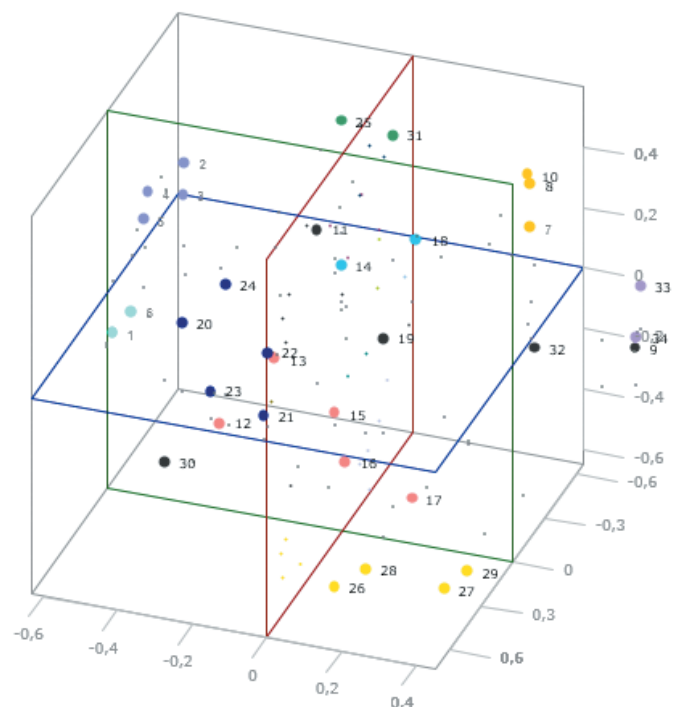
Na rysunku 1 znajduje się wykres znormalizowanych surowych wartości Stress w zależności od przyjętej liczby wymiarów. Dla zebranych danych nie jest możliwe wyznaczenie optymalnej liczby wymiarów na podstawie punktu przegięcia wykresu. W związku z tym do dalszych rozważań przyjęto rozwiązanie trójwymiarowe. Znormalizowana

surowa wartość Stress wynosi 0,02934, co oznacza doskonale dopasowanie pomiędzy danymi niepodobieństwami a tymi obliczonymi dla przestrzeni trójwymiarowej. Przyjęcie rozwiązania opierającego się na przestrzeni czterowymiarowej, pozwoliłoby na uzyskanie poprawy ww. wartości o zaledwie 0,0130, co nie zmienia istotnie dopasowania. Znacznie trudniejsze grupowanie cech w przestrzeni czterowymiarowej mogłoby natomiast pogorszyć końcowe wyniki.

Na rysunku 2 przedstawiono odwzorowanie cech w przestrzeni trójwymiarowej na podstawie ostatecznych współrzędnych uzyskanych ze skalowania wielowymiarowego w programie SPSS. Wyodrębnione grupy cech oznaczono różnymi kolorami. Ich odwzorowanie ortogonalne znajduje się na rysunku 3.



Rys. 1. Wykres znormalizowanej surowej wartości STRESS
Źródło: opracowanie własne



Rys. 2. Projekcja przestrzenna skalowania wielowymiarowego w przestrzeni trójwymiarowej
Źródło: opracowanie własne

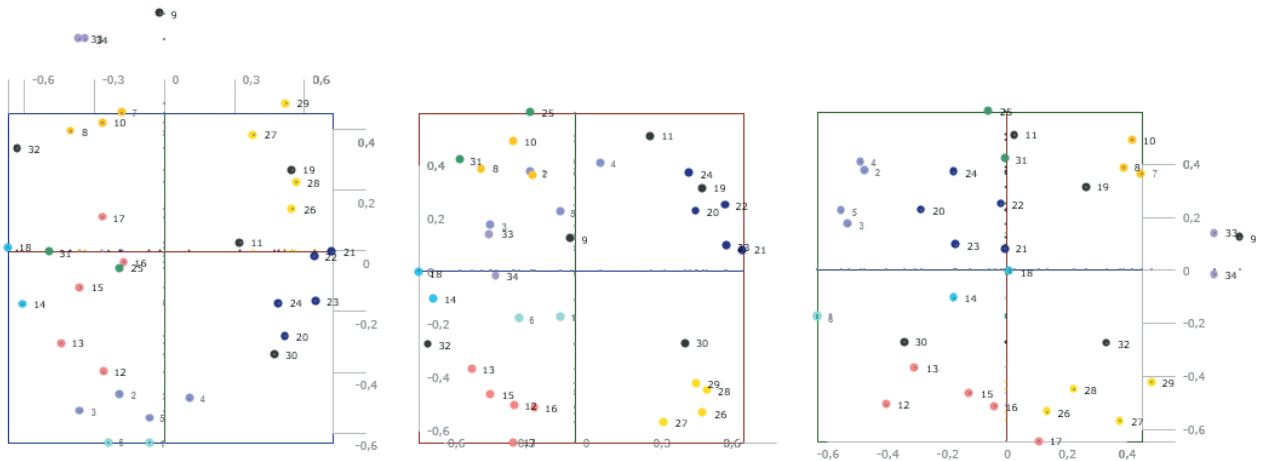
Wyniki badania wstępnego Westfälische Hochschule									
Grupa	Cecha	Deklarowana ważność cechy – badania w pociągach				Deklarowana ważność cechy – badania kierowców			
		N	średnia	odch. std	mediana	N	średnia	odch. std	mediana
A	Jakość połączenia								
	1 Pewność przesiadek	434	5,81	1,39	6	30	6,27	1,28	7
	2 Częstotliwość	433	5,38	1,18	5	30	5,50	0,97	5
	3 Łączny czas podróży	434	5,21	1,22	5	30	5,13	1,07	5
	4 Niezawodność	433	6,45	0,86	7	30	6,30	1,15	7
	5 Punktualność	434	6,24	0,94	6	30	6,27	0,78	6
	6 Liczba przesiadek	433	4,91	1,59	5	30	5,33	1,56	6
B1	Kanały dystrybucji biletów na stacjach								
	7 Automaty biletowe na peronach	415	5,04	1,82	5	29	5,28	1,39	5
	8 Możliwość zakupu biletów w kasie / kiosku	403	4,46	1,82	5	29	5,03	1,95	5
B1	Kanały dystrybucji biletów w pociągach								
	9 Automaty biletowe w pociągach	414	4,85	1,80	5	29	5,14	1,33	5
	10 Możliwość zakupu biletu u konduktora	411	4,50	1,79	5	29	5,31	1,49	6
	Przyjazny personel								
	11 Przyjazny personel	416	5,85	1,23	6	29	6,07	1,16	7
C	Informacja								
	12 Informacja w pojeździe dotycząca przesiadek	418	4,75	1,64	5	30	5,47	1,53	6
	13 Zapowiedzi na przystankach w razie zakłóceń	427	6,37	0,98	7	30	6,47	0,68	7
	14 Zapowiedzi w pojazdach w razie zakłóceń	427	6,31	1,01	7	30	6,47	0,73	7
	15 Informacja o rozkładzie na przystankach	429	5,70	1,26	6	30	5,97	0,89	6
	16 Wyświetlacze na peronach pokazujące opóźnienia lub zakłócenia	425	6,26	1,02	7	30	6,43	0,63	7
	17 Wyświetlacze zewnętrzne na pociągach	419	4,64	1,63	5	30	5,57	1,14	6
	18 Wyświetlacze wewnętrzne w pociągach pokazujące przesiadki	409	4,82	1,56	5	30	5,17	1,51	5
	Informacja rozkładowa w Internecie								
	19 Informacja rozkładowa w Internecie	428	5,81	1,42	6	30	6,17	0,87	6
D	Komfort								
	20 Miejsce na większy bagaż w pociągu	432	4,12	1,80	4	30	4,37	1,73	5
	21 Wygodne siedzenia	433	4,43	1,46	4	30	4,13	1,50	5
	22 Czystość toalet	430	5,40	1,69	6	30	5,97	1,65	7
	23 Czystość zewnętrzna pociągu	429	3,39	1,66	3	30	3,17	1,49	3
	24 Czystość wewnętrzna pociągu	430	5,63	1,17	6	30	6,03	0,96	6
	25 Dostępność miejsc w pociągu	433	4,94	1,51	5	30	4,90	1,52	5
	Cena								
	26 Cena	432	5,65	1,40	6	30	5,80	1,24	6
E1	Bezpieczeństwo na peronie								
	27 Ochrona na peronie	417	5,13	1,68	6	30	5,67	1,45	6
	28 Monitoring na peronie	417	5,06	1,79	5	30	5,47	1,93	6
E1	Bezpieczeństwo w pociągu								
	29 Ochrona w pociągu	415	4,96	1,70	5	30	5,03	2,09	6
	30 Monitoring w pociągu	417	4,77	1,83	5	30	5,17	1,95	6
	Wiaty na przystanku								
	31 Wiaty na przystanku	419	4,17	1,70	4	30	4,97	1,45	5
	Przyjazny personel								
	32 Przejrzystość taryfy	411	6,00	1,23	6	29	6,62	0,62	7

Źródło: [13]

Tabela 6

Wartości Stress dla różnych liczb wymiarów				
Liczba wymiarów	Znormalizowana surowa wartość STRESS	STRESS-I	Spadek znormalizowanej surowej wartości STRESS	Spadek wartości STRESS-I
1	0,2144	0,4631	0,7856	0,5369
2	0,0696	0,2639	0,1448	0,1992
3	0,0293	0,1713	0,0403	0,0926
4	0,0164	0,1280	0,0130	0,0433
5	0,0104	0,1018	0,0060	0,0262
6	0,0072	0,0847	0,0032	0,0171
7	0,0053	0,0729	0,0019	0,0117
8	0,0042	0,0645	0,0012	0,0084

Źródło: opracowanie własne



Rys. 3. Ortogonalna projekcja skalowania wielowymiarowego w przestrzeni trójwymiarowej. Kolejno od lewej na osiach x i y , x i z oraz y i z .

Źródło: opracowanie własne

Wyznaczone grupy to:

- A. informacja pasażerska (podzielona na wyróżniające się podgrupy: statyczną i dynamiczną),
- B. czas przejazdu i jego stałość,
- C. taryfa,
- D. czystość i komfort w pojazdach,
- E. bezpieczeństwo,
- F. dystrybucja biletów (podzielona na wyróżniające się podgrupy: stacjonarne kanały dystrybucji i mobilne kanały dystrybucji)
- G. jakość przesiadek.

Pięć cech nie znalazło się w żadnej grupie. Są to: informacja o rozkładzie jazdy na smartfon, przyjazny personel, miejsce na większy bagaż w pociągu, wiaty na przystanku, automaty biletowe w pociągach. W tabeli 7 przedstawiono szczegółowy podział cech wraz z liczbą ich ocen, średnią, odchyleniem standardowym i medianą. Cechy, które nie znalazły się w żadnej grupie, zostały umieszczone jak najbliżej grup, w których potencjalnie mogłyby się znaleźć. Z powodu błędu w kodzie kwestionariusza dane dla cech o numerach 19 i 20 zostały utracone.

Odpowiedzi respondentów były dość zróżnicowane, o czym świadczą duże wartości odchylenia standardowego. Jednocześnie istnieje wyraźny związek pomiędzy średnią oceną danej cechy a jej odchyleniem standardowym – tj. im większe znaczenie miała cecha dla podróżnych, tym bardziej byli zgodni w jej ocenie.

Analiza danych – weryfikacja

W celu zweryfikowania, czy przedstawiony wyżej podział na 6 grup oraz 5 oddzielnych cech dobrze odzwierciedla faktyczne odpowiedzi respondentów, dla każdej obserwacji obliczono współczynnik Randa. Wskazuje on zbieżność grupowań, tj. liczbę identycznie zgrupowanych par atrybutów w stosunku do wszystkich możliwych par (kombinacji).

Na rysunku 4 znajduje się rozkład tych współczynników. Ich średnia wyniosła 0,716, odchylenie standardowe – 0,128, a mediana – 0,722. Uzyskany wynik pozwala ocenić dopasowanie danych jako dobre. Alternatywnie testowano też wariant z włączeniem dwóch cech (automaty bi-

letowe w pociągach oraz informacja o rozkładzie jazdy na smartfon) do najbliższych im grup, jednak otrzymane wyniki były gorsze od zaprezentowanego powyżej.

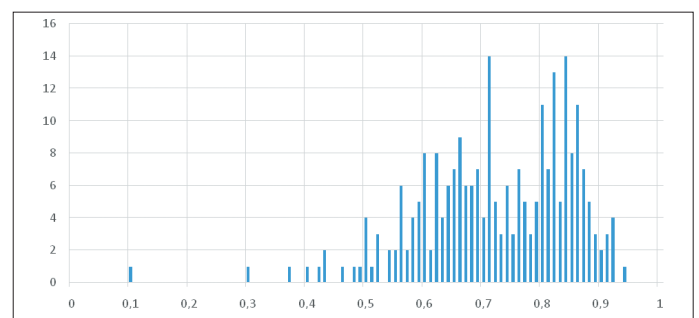
Wnioski z badania

Okazało się, że pasażerowie SKM w bardzo zróżnicowany sposób grupowali cechy usługi transportowej. Grupami o najmniejszych różnicach były grupy: bezpieczeństwo, dystrybucja biletów, czystość i komfort w pojazdach. Odległości pomiędzy cechami w pozostałych grupach były znacznie większe. Jednocześnie odchylenie standardowe ważności cech było odwrotnie proporcjonalne do średniej ważności danej cechy. Oznacza to, że im ważniejsza była dana cecha, tym pasażerowie zgodnie ją oceniali.

Respondentom łatwiej było łączyć ze sobą mniej ważne cechy, takie jak kwestie dotyczące przesiadek, kanałów sprzedaży czy bezpieczeństwa, natomiast rozmijali się w ocenie podobieństwa cech szczególnie dla nich ważnych, takich jak niezawodność czy punktualność.

Wszystkie cechy otrzymały bardzo wysokie oceny ważności. W przypadku żadnej z nich mediana nie wynosiła mniej niż 5, a średnia – 4. Obserwując średnie wartości ważności cech, można wywnioskować, iż pasażerowie uważają za ważniejsze te elementy usługi transportowej, które obecnie są świadczone przez SKM, natomiast za nieistotne uważają te, których obecnie przewoźnik w ogóle nie świadczy (np. możliwość zakupu biletu przez Internet czy smartfon).

Przeprowadzony projekt pozwolił przygotować się do dalszego etapu badań – uzyskać wiedzę dotyczącą metody *Integrated-Hierarchical Information Integration* oraz stworzyć



Rys. 4. Rozkład współczynników Randa dla danych empirycznych

Tabela 7

Grupy cech oraz ich statystyki opisowe						
Grupa	Cecha	N	średnia	Odchylenie standardowe	mediana	
A1	Statyczna informacja pasażerska					
14	Informacja o rozkładzie na peronach	259	6,25	1,26	7	
18	Informacja rozkładowa w Internecie	260	6,34	1,15	7	
A2	Dynamiczna informacja pasażerska					
12	Zapowiedzi dotyczące przesiadek	260	5,38	1,86	6	
13	Zapowiedzi na peronach w razie opóźnień lub zakłóceń	260	6,28	1,20	7	
15	Wyświetlacze pokazujące opóźnienia lub zakłócenia	258	6,16	1,24	7	
16	Wyświetlacze zewnętrzne na pociągach	259	5,31	1,63	6	
17	Wyświetlacze wewnętrzne w pociągach pokazujące przesiadki	260	5,02	1,92	5	
	Informacja o rozkładzie jazdy na smartfon					
32	Informacja o rozkładzie jazdy na smartfon	259	4,50	2,09	5	
B	Czas przejazdu i jego stałość					
2	Częstotliwość	258	6,13	1,25	7	
3	Łączny czas podróży	258	5,97	1,38	7	
4	Niezawodność	257	6,46	1,14	7	
5	Punktualność	257	6,58	1,11	7	
C	Taryfa					
25	Ceny	260	6,33	1,18	7	
31	Przejrzystość taryfy	258	5,82	1,41	6	
D	Czystość i komfort w pojazdach					
20	Wygodne siedzenia	0				
21	Czystość toalet	260	5,62	1,70	6	
22	Czystość zewnętrzna pociągu	260	4,87	1,68	5	
23	Czystość wewnętrzna pociągu	260	6,17	1,20	7	
24	Dostępność miejsc w pociągu	260	6,15	1,18	7	
	Przyjazny personel					
11	Przyjazny personel	258	5,67	1,58	6	
	Miejsce na większy bagaż w pociągu					
19	Miejsce na większy bagaż w pociągu	0				
E	Bezpieczeństwo					
26	Ochrona na peronie	259	5,27	1,58	5	
27	Monitoring na peronie	260	5,40	1,51	6	
28	Ochrona w pociągu	258	5,31	1,56	6	
29	Monitoring w pociągu	260	5,40	1,60	6	
	Wiaty na przystanku					
30	Wiaty na przystanku	260	5,68	1,40	6	
F1	Stacjonarne kanały dystrybucji biletów					
7	Automaty biletowe na peronach	256	4,71	1,91	5	
8	Możliwość zakupu biletów w kasie / kiosku	258	5,35	1,69	6	
10	Możliwość zakupu biletów u konduktora	257	5,09	1,83	5	
F2	Mobilne kanały dystrybucji biletów					
33	Możliwość zakupu biletu przez Internet	258	4,88	1,91	5	
34	Możliwość zakupu biletu przez smartfon	258	4,28	2,08	5	
	Automaty biletowe w pociągach					
9	Automaty biletowe w pociągach	257	4,94	1,97	5	
G	Jakość przesiadek					
1	Pewność przesiadek	257	4,82	2,28	6	
6	Liczba przesiadek	257	4,51	2,09	5	

Źródło: opracowanie własne

zestaw zmiennych o najważniejszym znaczeniu dla pasażerów. Są nimi zmienne i grupy zmiennych:

- cena,
- informacja o rozkładzie jazdy:
 - informacja o rozkładzie na peronach,
 - informacja o rozkładzie w Internecie,
 - zapowiedzi / wyświetlacze pokazujące opóźnienia i zakłócenia,
- czas przejazdu oraz jego stałość:
 - czas przejazdu,
 - częstotliwość,
 - niezawodność,
 - punktualność,
- czystość i komfort:
 - czystość wewnętrzna pociągu,
 - dostępność miejsc w pociągu,
 - wygodne siedzenia.

W szczególności należy zauważyć, że wśród najważniejszych atrybutów jakościowych znalazła się czystość, nieuwzględniana w większości wcześniejszych badań w Polsce, a uznana za bardzo ważną już we wcześniejszych analizach autora [2].

Literatura

1. Starowicz W., *Jakość przewozów w miejskim transporcie zbiorowym*, Politechnika Krakowska, Kraków 2007.
2. Hensher D., Prioni P., *Service Quality Index for Area-wide Contract Performance Assessment*, „Journal of Transport Economics and Policy”, 1 (36)/2002.
3. Wolański M., *Alternatywne metody hierarchizacji postulatów przewozowych oraz wyniki ich zastosowania w polskich miastach*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2012, nr 12.
4. *Po podwyżce cen biletów ZTM zarabia... mniej o 16 mln*, „Gazeta Stołeczna” 16.07.2013, http://warszawa.gazeta.pl/warszawa/1,34862,14283475,Po_podwyżce_cen_biletow_ZTM_zarabia_mniej_o_16.html, dostęp w dniu 14.11.2012.
5. *Podwyżki biletów nie przyniosły spodziewanych dochodów*, „Gazeta Olsztyńska”, 17.02.2012, <http://olsztyn.wm.pl/86474,Podwyżki-biletow-nie-przyniosly-spodziewanych-dochodow.html>, dostęp w dniu 14.11.2012.
6. Richter C., Keuchel S., *Modelling Mode Choice in Passenger Transport with Integrated Hierarchical Information Integration*, „Journal of Choice Modelling”, 5(1)/2012.
7. Greene W., NLogit version 4.0, Reference Guide, Econometric Software, Plainview 2007.
8. Louviere J., Timmermans H., *Hierarchical Information Integration Applied to Residential Choice Behavior*, „Geographical Analysis”, 22(2)/1990.
9. Louviere J., *Hierarchical information integration: a new approach: a new approach for the design and analysis of complex multiattribute judgment problems*, „Advances in Consumer Research”, 11/1984.
10. Oppewal H., Loviere J., Timmermans H., *Modeling hierarchical conjoint processes with integrated choice experiments*, „Journal of Marketing Research”, 31(1)/1994.
11. Vyvere Y. van de, Oppewal H., Timmermans H., *The validity of hierarchical information integration choice experiments to model residential preference and choice*, „Geographical analysis”, 6(4)/1998.
12. Molin E., Timmermans H., *Hierarchical information integration experiments and integrated choice experiments*, „Transport reviews”, 29(5)/2009.
13. Richter C., Keuchel S., *Deriving Constructs for Hierarchical Information Integration Experiments in Regional Public Transport*, „Procedia – Social and Behavioural Sciences”, 2012, nr 54.