

# Modelowanie podróży z przesiadkami w transporcie miejskim<sup>1</sup>

**KRZYSZTOF GRZELEC**

dr hab., Politechnika Gdańska,  
ul. Narutowicza 11–12, 80-233  
Gdańsk, e-mail: krzgrzel@pg.gda.pl

**MATEUSZ MILOCH**

mgr inż., absolwent Politechniki  
Gdańskiej 2016 r.,  
e-mail: mateusz@miloch.pl

**Streszczenie:** Przesiadki w podróżach realizowanych transportem zbiorowym w miastach są oceniane przez pasażerów negatywnie, jako dodatkowa uciążliwość podróży. Sieci połączeń transportu zbiorowego oparte na przesiadkach mogą być jednak bardziej efektywne. W określonych przypadkach połączenia z przesiadkami mogą być bardziej komfortowe od bezpośrednich, także według subiektywnej oceny pasażerów. Ważne jest zatem zidentyfikowanie czynników determinujących wybór określonego rodzaju podróży i determinant wpływających na zmianę zachowań pasażerów poprzez akceptację podróży z przesiadkami. W artykule zaprezentowano metodę przeprowadzania badań marketingowych, których celem jest identyfikacja zachowań transportowych i preferencji podróżnych dotyczących połączeń z przesiadkami. Opisano badania przeprowadzone wśród studentów Politechniki Gdańskiej, a także wyniki analizy uzyskanych danych w postaci statystyki opisowej i analizy niezależności i zależności. Przedstawiono także model matematyczny oparty na regresji logistycznej, który umożliwia określenie, jakie warunki powinny być spełnione, aby podróż z przesiadką została zaakceptowana przez pasażerów.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że najbardziej uciążliwymi cechami podróży z przesiadkami są: ryzyko spóźnienia się na przesiadkę oraz konieczność oczekiwania podczas przesiadki. Najlepszą rekompensatą za te uciążliwości jest skrócenie czasu podróży względem podróży bezpośredniej.

**Słowa kluczowe:** transport miejski, przesiadki, modelowanie.

## Wprowadzenie

Przesiadki w transporcie publicznym to temat, którego nie da się wyczerpać, zarówno w aspekcie badawczym, jak i polemicznym. Linia podziału pomiędzy zwolennikami połączeń z przesiadką o relatywnie wyższej częstotliwości a preferującymi połączenia bezpośrednie o dłuższym czasie podróży dzieli zarówno planistów, decydentów, jak i samych pasażerów.

Przesiadka traktowana jest zawsze jako niedogodność, chociaż liczba zwolenników połączeń bezpośrednich różni się w zależności od miasta. W Gdyni bezpośrednio od lat plasuje się na pierwszym miejscu wśród najważniejszych postulatów przewozowych [1]. Co ciekawe w tej samej aglomeracji, w miastach otaczających jej rdzeń, znaczenie bezpośredniości jest mniejsze – np. w gminie Pruszcz Gdański i Kolbudy bezpośredniość plasuje się odpowiednio na 4 i 3 miejscu [2]. Gdynianie od lat preferują (70% zwolenników) połączenia bezpośrednie kosztem niższej częstotliwości kursowania [1].

Zwolennicy połączeń z przesiadkami najczęściej wskazują na większą elastyczność w kształtowaniu sieci komuni-

kacyjnej, wyższe częstotliwości kursowania pojazdów na wspólnych, z reguły podstawowych trasach, mniejszą podatność pojazdów, zwłaszcza drogowych na opóźnienia czy wreszcie relatywnie niższy koszt obsługi przy tej samej liczbie wozokilometrów.

Zwolennicy podróży bezpośrednich najczęściej podnoszą argumenty krótszego czasu podróży, braku konieczności zmiany pojazdu (opuszczania miejsca siedzącego, przy niepewności, w jakich warunkach będą musieli kontynuować podróż), konieczności oczekiwania często w warunkach nie zabezpieczających przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi, przejścia pomiędzy peronami, przystankami i pokonywania wzniesień, schodów itp. Jest to tak zwany aspekt kosztów afektywnych [3].

Warunkiem funkcjonowania systemu przesiadkowego jest więc systemowa integracja oferty, obejmująca poszczególne atrybuty podróży decydujące o postrzeganiu jakości usług transportu publicznego. Analitycy wyróżniają przesiadki planowane i nieplanowane. Te pierwsze to połączenia, które zostały zaprojektowane w fazie kształtowania sieci transportowej, przy czym zwraca się uwagę na konieczność równoległego planowania wszystkich elementów systemu. Jako nieplanowane uznawane są połączenia, które pasażerowie realizują niejako samorzutnie bez dodatkowych udogodnień w tym zakresie [4].

Niektórzy autorzy [5] wyróżniają trzy główne atrybuty obniżające użyteczność podróży dla pasażera: czas podróży, koszt i wysiłek, jaki trzeba podjąć w celu realizacji podróży. Autorzy ci zbadali uciążliwość przesiadek pomiędzy lokalnymi środkami transportu publicznego (autobusem, tramwajem, metrem) i pociągiem. W badaniach wykorzystano modele logitowe, które wykazały, że postrzegana uciążliwość przesiadek zależy od takich atrybutów podróży, jak czas przesiadki, rodzaj środka transportu, rodzaj połączenia i udogodnień na stacjach i dworcach kolejowych oraz indywidualnych cech: częstotliwość podróży, motyw/cel podróży, wiek. Istotnym stwierdzeniem wpływającym z przywołanych badań jest możliwość kształtowania oferty w dostosowaniu do określonej grupy preferującej takie, a nie inne atrybuty podróży. Jeżeli w danym kursie lub następujących po sobie kursach dominującą grupę stanowią np. uczniowie lub studenci, to należy tak kształtować określone elementy oferty przewozowej, aby odpowiadała ona ich oczekiwaniom.

W Polsce model regresji logistycznej wykorzystał m.in. M. Wolański [6] do analizy hierarchizacji postulatów przewozowych i porównania jakości pomiędzy przewoźnikami prywatnymi i komunalnymi oraz R. Kucharski,

<sup>1</sup> ©Transport Miejski i Regionalny, 2017. Wkład autorów w publikację: K. Grzelec 50%, M. Miloch 50%.

T. Kulpa i A. Szarata w modelu wyboru środka transportu indywidualnego i zbiorowego w dojazdach do i z pracy w Warszawie [7].

### **Integracja systemowa transportu miejskiego jako determinanta akceptacji podróży z przesiadkami**

Jak już stwierdzono, warunkiem akceptacji podróży z przesiadkami, w sposób nie powodujący „ucieczki” pasażerów do samochodów osobowych, jest systemowa integracja, która powinna obejmować wszystkie elementy oferty przewozowej.

M. Bauer [8] wymienia następujące zasady kształtowania sieci transportu publicznego w miastach małych i średnich:

- dopasowanie układu linii do przemieszczeń pasażerów,
- zapewnienie powiązań bez przesiadek na najważniejszych relacjach,
- zapewnienie co najmniej średnich częstotliwości kursowania na najważniejszych liniach,
- kumulacja linii w korytarzach w celu zapewnienia wysokiej częstotliwości wiązki linii,
- hierarchizacja układu linii,
- kształtowanie węzłów przesiadkowych na styku obszaru miejskiego i podmiejskiego,
- planowanie linii typowo miejskich jako średnicowych,
- planowanie linii podmiejskich jako promienistych dojeżdżających do obszaru śródmiejskiego.

Część z tych postulatów ma na tyle uniwersalny charakter, że może być zastosowana także w dużych miastach i aglomeracjach. Część powinna ulec modyfikacji – dyskusyjne jest np. wprowadzanie linii pozamiejskich do ścisłego centrum, które coraz częściej zamieniane jest w strefę ruchu uspokojonego. W takim wypadku należy zapewnić dogodne warunki przesiadki na obrzeżach tych obszarów.

Istotną funkcję pełni koordynacja rozkładów jazdy. Postulowany jest podział na linie priorytetowe, podstawowe, uzupełniające i marginalne oraz stosowanie taktów charakteryzujących się powtarzalnością w cyklu 60 min.[9] Zapewnia to optymalizację oferty przewozowej.

Elementem oferty przewozowej są także obiekty infrastrukturalne: przystanki, perony, dworce. Ich wyposażenie powinno być na tyle bogate, aby pasażerowi podróżującemu z przesiadką zmniejszyć dyskomfort związany z koniecznością chwilowej przerwy w podróży. Odległości przejść powinny być minimalizowane, należy unikać sytuacji, w której przesiadający się muszą pokonywać różnice poziomów, poszczególne perony powinny posiadać zadaszenia, a w określonych przypadkach także ściany chroniące zez wiatrem.

Taryfy to kolejny element prowadzący do pełnej integracji systemu. Niestety prawo w Polsce nie sprzyja integracji taryfowo-biletowej, stąd w większości przypadków integracja jest częściowa, nieodpowiadająca oczekiwaniom wszystkich pasażerów. Bilet elektroniczny, bez względu na czy jego nośnikiem będzie karta, czy aplikacja w urządzeniach mobilnych, już stał się obowiązującym standar-

dem. Należy jednak zwrócić uwagę, że bezkrytyczny optymizm zwolenników uczynienia z tej formy płatności uniwersalnego instrumentu badań popytu już obecnie napotyka na ograniczenia organizacyjne (konieczność używania karty lub telefonu przez wszystkich pasażerów, w tym uprawnionych do przejazdów bezpłatnych) i formalno-prawne, związane z ochroną danych osobowych.

O pojazdach w zintegrowanym systemie można napisać krótko: powinny być nowoczesne, niskopodłogowe, klimatyzowane, monitorowane, wyposażone w biletomaty i oczywiście czyste.

Ostatnim, choć nie wyczerpującym elementem zintegrowanego systemu jest informacja o usługach. Tabliczki z rozkładami papierowymi są zastępowane tablicami elektronicznymi pokazującymi czas rzeczywisty lub tzw. e-papierem. Planery podróży umożliwiają zaplanowanie alternatywnych wariantów przejazdu, zmniejszając poziom niepewności czasu, kosztu i wysiłku w realizacji podróży.

Wszystkie wymienione elementy powinny być planowane systemowo jako wzajemnie kompatybilne i uzupełniające się. W rezultacie system transportu miejskiego powinien tworzyć łańcuch logistyczny, w którym pasażer na wejściu do systemu jest przemieszczany (celowo użyto w tym miejscu imiesłowu przymiotnikowego biernego, a nie czasownika, aby podkreślić podobieństwa dotyczące istoty realizacji procesu przemieszczania, zachowując oczywiście bezwzględnie podmiotowy charakter pasażera) i doprowadzany do miejsca docelowego zgodnie z atrybutami, które są dla niego najważniejsze.

### **Cel opracowania**

Przesiadanie się będzie zawsze przez pasażerów oceniane jako uciążliwość, gdyż wiąże się z wykonywaniem dodatkowych czynności w trakcie podróży. Pasażerowie, w zamian za akceptację takich uciążliwości, oczekują swoistej rekompensaty w postaci poprawy innych niż bezpośrednio cech podróży związanych z jej komfortem i czasem. Wielkość oczekiwanej rekompensaty może zależeć od wielu czynników.

W celu oceny racjonalności funkcjonowania przesiadek należy przeprowadzić analizy uwzględniające ich wady i zalety zarówno od strony popytowej, jak i podażowej. Zasadność przesiadek zależy od uwarunkowań miejscowych, na które składają się głównie zagospodarowanie przestrzenne, w tym układ sieci transportowej oraz preferencje podróżnych. Każdy przypadek powinien być zatem poprzedzony ich rozpoznaniem w sytuacji oczekiwanej zmiany zachowań transportowych pasażerów.

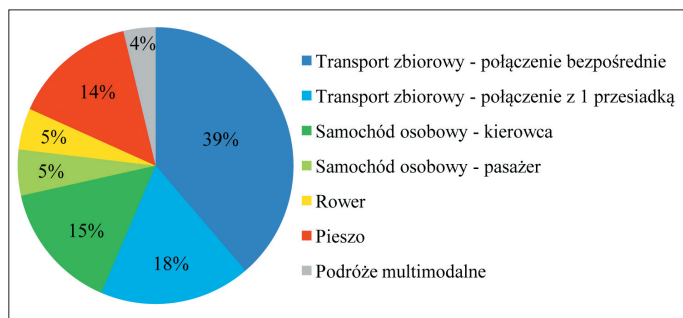
### **Dobór próby i metoda przeprowadzania badania**

W celu wskazania najbardziej uciążliwych cech przesiadek oraz identyfikacji preferencji pasażerów w podróżach z przesiadkami przeprowadzono własne badania ankietowe. Zbadano próbę około 200 studentów Politechniki Gdańskiej, dobierając losowo semestralne grupy do badań. Studenci są wyróżniającym się segmentem pasażerów transportu zbiorowego, ze względu na relatywnie dużą liczbę realizowanych podróży w ciągu doby [9], co sprzyja

przyjętemu celowi badań. Badania przeprowadzono metodą audytoryjną na Politechnice Gdańskiej. Umożliwiło to wyjaśnienie respondentom wybranych fragmentów kwestionariusza (bez wpływania na sposób udzielenia odpowiedzi), a to było szczególnie ważne, ze względu na wysoki poziom skomplikowania niektórych pytań. W celu poznania zachowań transportowych wykorzystano metodę fotografii dnia – studenci określali, w jaki sposób podróżowali do Politechniki Gdańskiej w dniu przeprowadzania badania.

### Informacje o aktualnie realizowanych podróżach

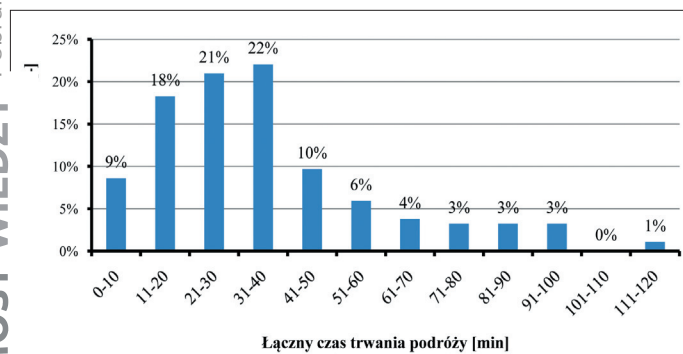
Jak pokazuje rysunek 1, ponad połowa (57%) respondentów w dniu przeprowadzania badania zrealizowała swoją podróż do Politechniki Gdańskiej z wykorzystaniem środków transportu zbiorowego. W przybliżeniu co trzecia (32%) osoba z tej grupy przesiadała się podczas swojej podróży. Studenci charakteryzują się zatem wysokim udziałem podróży realizowanych transportem zbiorowym oraz relatywnie częstym wykonywaniem przesiadek. Są zatem świadomi zalet i wad podróżowania z przesiadkami, dzięki czemu wyniki badania można uznać za miarodajne. Jedynie 4% studentów wykorzystuje w ramach dojazdu do Politechniki Gdańskiej kilka rodzajów środków transportu. Do tej grupy należą także wszystkie osoby wykonujące co najmniej dwie przesiadki.



Rys. 1. Sposoby realizowania podróży do Politechniki Gdańskiej

Średnia wartość całkowitego czasu podróży do Politechniki Gdańskiej wynosi 35,9 minuty. Odchylenie standardowe wynosi 23,4 minuty, a współczynnik zmienności 65%, zatem zróżnicowanie tego parametru jest duże.

Podróże z przesiadką trwają średnio 62 minuty, podczas gdy podróże bezpośrednie realizowane transportem zbiorowym trwają średnio 37 minut. Współczynnik wydłużenia



Rys. 2. Histogram łącznego czasu podróży

podróży z przesiadką wynosi więc 1,67. Z jednej strony realizacja podróży długich, czyli często także na długich dystansach, może wymagać wykonywania przesiadek ze względu na niską częstotliwość lub całkowity brak oferowanych podróży bezpośrednich do Politechniki Gdańskiej z oddalonych miejsc. Z drugiej strony natomiast wydłużenie całkowitego czasu podróży może być spowodowane czasem „traconym” na przesiadki. Realizowane przez respondentów przesiadki trwają przeciętnie 6 minut. Stanowi to jedynie 24% całkowitego wydłużenia średniego czasu podróży z przesiadką względem podróży bez przesiadki. Różnica w czasie trwania podróży bezpośredniej i z przesiadką wynika zatem z obydwu wymienionych przyczyn.

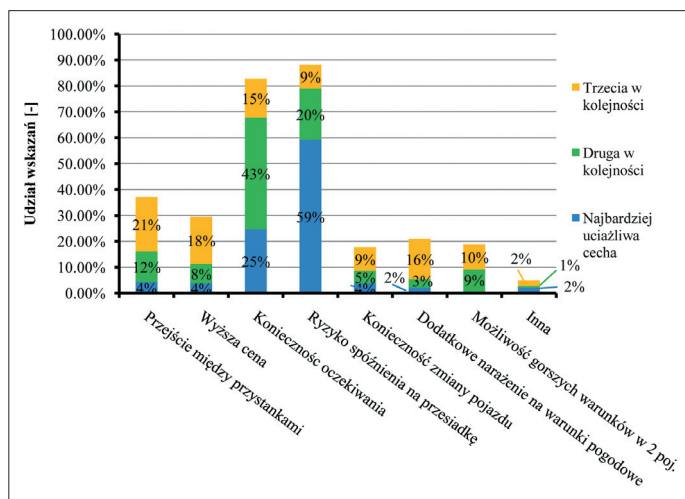
Na całkowity czas przesiadki składa się czas przejścia między przystankami, który wynosi średnio 2 minuty (33%), a także czas oczekiwania na przystanku, który wynosi średnio 4 minuty (67%). Około 66% osób spośród studentów, którzy aktualnie nie korzystają z transportu zbiorowego w podróżach do Politechniki Gdańskiej, zadeklarowało, że po zapewnieniu oferty przewozowej spełniającej ich indywidualne oczekiwania zaakceptuje zmianę sposobu podróżowania na transport zbiorowy. Potwierdza to fakt, że studenci są skłonni do dokonywania zmian w zachowaniach transportowych. Ponad połowa (58%) z nich zgodzi się na realizację podróży transportem zbiorowym wyłącznie w przypadku, gdy oferowane im połączenie będzie bezpośrednie.

### Postrzeżenie przesiadek przez podróżnych

W ocenie studentów warunki wykonywanych przez nich przesiadek podczas podróży do Politechniki Gdańskiej, pod względem odległości przejścia między przystankami i wyposażenia węzłów przesiadkowych, są dobre. Taką ocenę wskazało aż 83% respondentów, którzy aktualnie podróżują do miejsca nauki transportem zbiorowym z przesiadkami. Jedynie 5% osób oceniło warunki przesiadki jako złe. Można zatem stwierdzić, że aktualne standardy dotyczące węzłów przesiadkowych zlokalizowanych na trasach do Politechniki Gdańskiej spełniają podstawowe wymagania stawiane przez pasażerów.

Respondenci byli proszeni o wskazanie trzech najbardziej – ich zdaniem – uciążliwych cech podróży z przesiadką i uporządkowanie ich w kolejności od najbardziej uciążliwej. Jak przedstawia rysunek 3, zdecydowanie najczęściej wskazywane były dwie cechy: *ryzyko spóźnienia się na przesiadkę* (88%) oraz *konieczność oczekiwania* (83%). Zdecydowanie mniej osób wskazało *przejście między przystankami* (37%) oraz *wyższą cenę biletu* (30%). Relatywnie nieduże znaczenie dla pasażerów mają: *konieczność zmiany pojazdu* (18%), rozumiana jako wszystkie dodatkowe czynności związane z opuszczaniem pojazdu pierwszego i wsiadaniem do pojazdu drugiego, *dotatkowe narażenie na warunki pogodowe* (21%) oraz *możliwość gorszych warunków w drugim pojeździe* (19%) – przykładowo na skutek utraty miejsca siedzącego zajmowanego w pierwszym pojeździe.

*Ryzyko spóźnienia się na przesiadkę* dotyczy pewności realizacji podróży w zaplanowanym czasie. W przypadku opóźnionego przyjazdu na przystanek/węzeł przesiadkowy

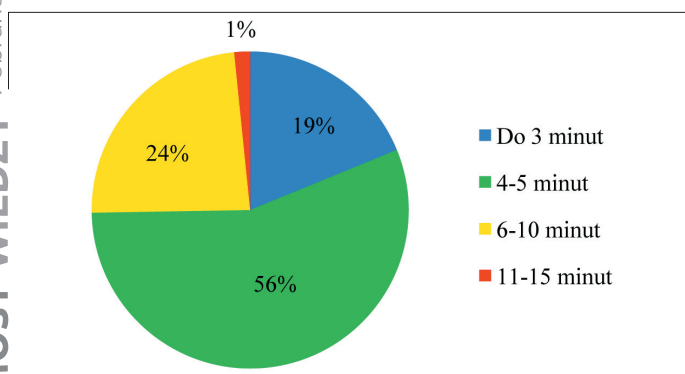


Rys. 3. Najbardziej uciążliwe cechy podróży z przesiadkami

pojazdu, którym realizowany jest pierwszy przejazd podczas podróży z przesiadką, istnieje szansa spóźnienia się na odjazd pojazdu, w którym zaplanowano realizację drugiego przejazdu. Taka sytuacja skutkuje wydłużonym czasem oczekiwania na kolejny kurs w danej relacji. Uciążliwość z tym związana może być zredukowana poprzez zapewnienie wysokiej częstotliwości kursowania pojazdów na określonym odcinku, a także poprzez wprowadzenie przesiadek gwarantowanych, podczas których opóźniany jest odjazd drugiego pojazdu w przypadku późniejszego od planowanego przyjazdu pojazdu pierwszego.

*Ryzyko spóźnienia się na przesiadkę* rzadziej wskazują jako jedną z najbardziej uciążliwych cech podróży osoby podróżujące aktualnie do Politechniki Gdańskiej środkami transportu indywidualnego. Może to wynikać z ich mniejszego doświadczenia w realizowaniu podróży z przesiadkami. *Ryzyko spóźnienia się na przesiadkę* jest zatem w rzeczywistości bardziej uciążliwe, niż oceniają to osoby, które aktualnie nie przesiadają się lub przesiadają się rzadko (w podróżach nie związanych z dojazdem do miejsca nauki).

Minimalizacja uciążliwości *konieczności oczekiwania* podczas przesiadki jest możliwa głównie poprzez redukcję czasu trwania oczekiwania. Również na ten parametr ma wpływ wysoka częstotliwość kursowania pojazdów, jednak kluczowa w tym względzie jest odpowiednia synchronizacja przyjazdów i odjazdów pojazdów, między którymi wykonywane są przesiadki.



4. Dopuszczalny czas oczekiwania podczas przesiadki

Kwestia oczekiwania była przedmiotem innego pytania z kwestionariusza. Respondenci byli pytani, jak długie oczekiwanie podczas wykonywania przesiadki będzie dla nich akceptowalne. Uzyskane wyniki przedstawia rysunek 4. Jedynie 19% osób wskazało, że powinno ono wynosić nie więcej niż 3 minuty. Pozostałe osoby uznają dłuższy czas trwania oczekiwania za akceptowalny, z czego większość (69%) osób pod warunkiem, że nie przekroczy on 5 minut. Wartość ta może być zatem traktowana jako graniczna przy projektowaniu synchronizacji odjazdów. W celu wyznaczenia odstępu czasowego między przyjazdem pierwszego pojazdu a odjazdem drugiego do wartości 5 minut należy dodać czas potrzebny na przejście między przystankami. Odstęp czasowy powinien być jednak dostosowany do miejscowych warunków i nie powinien być zbyt krótki ze względu na wcześniej opisaną możliwość opóźnienia przyjazdu pierwszego pojazdu i ryzyko spóźnienia się na przesiadkę.

Respondenci oceniali także uciążliwość podróży z jedną przesiadką, dwiema przesiadkami oraz trzema lub większą liczbą przesiadek w skali od 0 do 10, gdy 0 oznaczało podróż bezpośrednią, a 10 największy stopień uciążliwości. Średnie oceny wyniosły odpowiednio:

- 3,52 dla podróży z jedną przesiadką,
- 7,01 dla podróży z dwiema przesiadkami,
- 9,53 dla podróży z trzema i większą liczbą przesiadek.

Podróż z dwiema przesiadkami jest zatem dwukrotnie bardziej uciążliwa od podróży z jedną przesiadką. Również dodanie trzeciej przesiadki do podróży realizowanej z dwiema przesiadkami zwiększy uciążliwość podróży. Aby przekonać pasażerów do podróżowania z przesiadkami, należy zagwarantować im wspomnianą wcześniej rekompensatę w postaci poprawy warunków podróży w innych atrybutach niż bezpośrednio. W przypadku podróży z dwiema, trzema lub większą liczbą przesiadek rekompensata powinna być odpowiednio większa.

### Model logitowy skłonności do podróży z przesiadkami

W celu uzyskania informacji o preferencjach podróżnych i wpływie poszczególnych parametrów podróży z przesiadką na ocenę jej komfortu, a także określenia, czy dana podróż z przesiadką w praktyce będzie postrzegana jako bardziej komfortowa od podróży bezpośredniej, stworzono model matematyczny. Model miał przedstawić, jak pasażerowie będą postrzegali podróż, jeżeli połączenie bezpośrednie zostanie zastąpione połączeniem z przesiadką. Głównym źródłem danych do modelu było pytanie zawierające sytuacje wyboru wzorowane na wykorzystanych w badaniach przeprowadzonych i opisanych przez M. Wolańskiego [6]. Przykład sytuacji wyboru prezentuje tabela 1. Respondenci, którzy podróżowali w dniu przeprowadzenia badania transportem zbiorowym bez przesiadki, wybierali pomiędzy aktualnie realizowaną podróżą (opcja 2) a alternatywną podróżą z przesiadką, scharakteryzowaną parametrami różniącymi się od podróży aktualnie wykonywanej. Analogicznie respondenci, którzy wskazali, że dojechali na Politechnikę Gdańską z przesiadką, wybierali między aktualnie realizowaną podróżą a alternatywną podróżą bezpośrednią.

Tabela 1

Przykładowa tabela sytuacji wyboru		
Wyróżnienie	Opcja 1	Opcja 2
Liczba przesiadek	1	Aktualna podróż
Łączny czas podróży	-10%	
Liczba odjazdów w godzinie (czas oczekiwania na kolejny kurs)	-25% (+50%)	
Cena biletu	Bez zmian	
Warunki przesiadki	Przeciętne	
<b>Wybór:</b>		

Parametry różniące obie podróże wyrażane były w procentach i dotyczyły łącznego czasu podróży, częstotliwości kursowania oraz ceny biletu, czyli cech, na które może mieć wpływ zwiększenie efektywności systemu transportu zbiorowego związane z wprowadzeniem struktury przesiadkowej sieci połączeń. Ze względu na możliwą błędną interpretację pojęcia zmiany częstotliwości (częstotliwość, według definicji, oznacza odstęp czasowy między kolejnymi odjazdami pojazdów tej samej linii [8], a nie liczbę odjazdów w jednostce czasu – jak relatywnie często interpretowali to w ramach badań pilotażowych respondenci) parametr ten został dodatkowo opisany poprzez podanie zmiany wartości dla obu tych interpretacji.

Alternatywna podróż z przesiadką dodatkowo opisana została warunkami przesiadki, a w przypadku aktualnie realizowanych podróży z przesiadką przed respondentami stawiano dodatkowe pytanie o ocenę aktualnych warunków przesiadki. Jak wcześniej wspomniano, cecha ta odnosi się do odległości przejścia między przystankami i jakości infrastruktury węzła przesiadkowego. Każdy z respondentów, realizujących w dniu przeprowadzenia badania podróż do Politechniki Gdańskiej z wykorzystaniem środków transportu zbiorowego, dokonywał wyboru pomiędzy aktualną a alternatywną podróżą trzykrotnie, w sytuacjach wyboru różniących się parametrami podróży alternatywnej. Pozostałe osoby pomijały opisywane pytanie. Na potrzeby badania stworzono 20 wersji kwestionariusza, które zawierały różne wartości parametrów opisujących podróż alternatywną. Parametry dobrano w sposób losowy, po czym zredukowano układy parametrów ocenione jako skrajnie korzystne (nierealne do wdrożenia) lub skrajnie niekorzystne dla pasażerów na podstawie przeprowadzonych badań pilotażowych.

Za zmienną zależną w modelu przyjęto wybór pomiędzy podróżą bezpośrednią i podróżą z przesiadką. Jako bazowy, czyli kodowany jako 0, przyjęto wybór połączenia bezpośredniego, natomiast jako jeden kodowano wybór połączenia z przesiadką. W modelu wykorzystano sze obserwacje pochodzące od osób, które aktualnie podróżowały z przesiadkami do Politechniki Gdańskiej. ymagało to przeliczenia parametrów uwzględnionych sytuacjach wyboru w taki sposób, aby podróż bezpośrednia była bazową. W modelowaniu wykorzystano reszję logistyczną, co jest zalecane przy badaniu zmiennych dichotomicznych (binarnych), które z założenia nie ciągłe [11]. Regresja logistyczna pozwala na wyznacze-

nie prawdopodobieństwa wystąpienia badanego zjawiska, w analizowanym przypadku prawdopodobieństwa wyboru połączenia z przesiadką.

W końcowym modelu, oprócz zmiennych pochodzących z sytuacji wyboru, uwzględniono także *długi czas podróży bezpośredniej* (aktualnej lub alternatywnej, w zależności od występowania przesiadek w aktualnej podróży), który był traktowany jako ogólny wskaźnik długości podróży i kodowany binarnie: jako jeden, gdy podróż trwała dłużej niż 50 minut, i jako zero, gdy podróż trwała krócej. Wcześniej przeprowadzone analizy bardziej rozbudowanych modeli wykazały, że nieistotne statystycznie są zmienne:

- *przeciętny czas podróży bezpośredniej* kodowany jako jeden, gdy podróż trwała od 31 do 50 minut i jako zero w pozostałych przypadkach;
- *częstotliwość kursowania pojazdów w podróży bezpośredniej* jako ogólny wskaźnik częstotliwości kursowania pojazdów danego połączenia;
- interakcja (iloczyn) *przeciętnego czasu podróży bezpośredniej z procentową zmianą czasu podróży*;
- interakcja (iloczyn) *długiego czasu podróży bezpośredniej z procentową zmianą czasu podróży*;
- interakcja (iloczyn) *liczby odjazdów w godzinie z procentową zmianą częstotliwości*.

Podział czasu podróży bezpośredniej na dwie zmienne fikcyjne (*przeciętny czas podróży bezpośredniej i długi czas podróży bezpośredniej*) umożliwił stwierdzenie, że w grupach pasażerów podróżujących do 30 minut i od 31 do 50 minut prawdopodobieństwo wyboru połączenia z przesiadką jest podobne, na co wskazuje brak istotności statystycznej zmiennej *przeciętny czas podróży bezpośredniej* w modelu. Prawdopodobieństwo wyboru połączenia z przesiadką jest natomiast większe w przypadku osób, których podróż trwa ponad 50 minut. Takie osoby zatem chętniej akceptują połączenie z przesiadką.

Nieistotne statystycznie okazały się także interakcje pomiędzy zmiennymi dotyczącymi czasu trwania podróży i częstotliwości kursowania pojazdów. Prawdopodobieństwo wyboru połączenia z przesiadką zależy od *zmiany czasu podróży*. Znaczenie *zmiany czasu podróży* przy wyborze podróży z przesiadką nie zależy jednak od *czasu trwania podróży bezpośredniej* (bazowej). Analogicznie prawdopodobieństwo wyboru połączenia z przesiadką zależy od *zmiany liczby odjazdów w godzinie* (częstotliwości). Znaczenie *zmiany liczby odjazdów w godzinie* przy wyborze podróży z przesiadką nie zależy jednak od *częstotliwości kursowania pojazdów połączenia bezpośredniego* (bazowego).

Model bez wyżej wymienionych zmiennych jest istotny statystycznie, co potwierdzają wyniki testu ilorazu wiarygodności. Współczynnik  $R^2$  Negelkerke dla modelu wynosi 0,31. Oznacza to, że 31% zmian zmiennej zależnej jest tłumaczonych przez przyjęte zmienne niezależne. Biorąc pod uwagę, że badane są preferencje pasażerów, jest to wartość akceptowalna i świadcząca o tym, że model jest lepszy od modelu losowego. Poniżej zamieszczono wynikowy wzór umożliwiający obliczenie prawdopodobieństwa wyboru połączenia z przesiadką, który jest wynikiem przeprowadzonych analiz.

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(1,57 + t - 0,037 \cdot \Delta t + 0,014 \cdot \Delta f - 0,021 \cdot \Delta c + w)}}$$

gdzie:

$P$  – prawdopodobieństwo wyboru przez pasażera połączenia z przesiadką [-],

$t$  – czas podróży bezpośredniej [-]:

$t = 0$ , dla czasu podróży bezpośredniej wynoszącego do 50 minut,

$t = 1,03$ , dla czasu podróży bezpośredniej wynoszącego ponad 50 minut,

$\Delta t$  – procentowa zmiana czasu trwania podróży w podróży z przesiadką względem podróży bezpośredniej [%],

$\Delta f$  – procentowa zmiana liczby odjazdów w godzinie pojazdów w danej relacji podróży z przesiadką względem podróży bezpośredniej [%],

$\Delta c$  – procentowa zmiana ceny biletu w podróży z przesiadką względem podróży bezpośredniej [%],

$w$  – warunki przesiadki, dotyczące odległości przejścia i jakości infrastruktury [-]:

$w = -0,97$ , dla złych warunków przesiadki,

$w = 0$ , dla przeciętnych warunków przesiadki,

$w = 0,88$ , dla dobrych warunków przesiadki.

Wynik powyższej funkcji może być traktowany również jako ogólny wskaźnik jakości proponowanej zmiany w ofercie przewozowej. Gdy  $P$  przyjmuje wartości wyższe od 0,5, podróż z przesiadką można ocenić jako lepszą od podróży bezpośredniej, gdyż prawdopodobieństwo wyboru połączenia z przesiadką jest wtedy większe od prawdopodobieństwa wyboru połączenia bezpośredniego, które wynosi 1-  $P$ .

Podstawowe parametry uwzględnionych w modelu zmiennych zawiera tabela 2. Do określenia, które ze zmiennych niezależnych mają największy wpływ na zmienną zależną, w modelach opartych na regresji logistycznej, wyznacza się statystykę Walda [11]. Im większa jest wartość tego parametru, tym większy wpływ ma dana zmienna na badane zjawisko. W analizowanym przypadku największą wartością statystyki Walda, oprócz wyrazu wolnego, charakteryzuje się zmienna *procentowa zmiana czasu podróży*. Oznacza to, że pasażerowie chętniej zaakceptują wprowadzenie przesiadek, w sytuacji, gdy jednocześnie skróceniu ulegnie całkowity czas trwania podróży.

Tabela 2

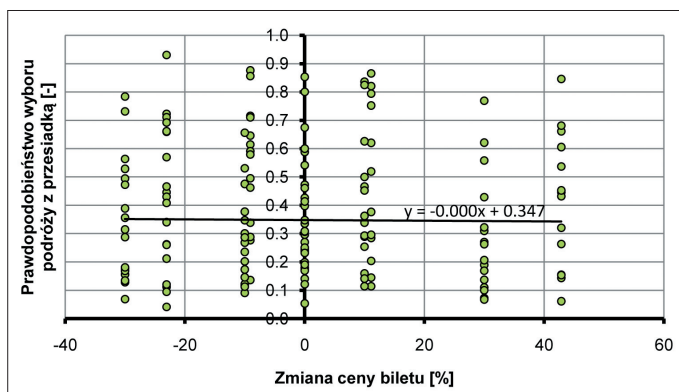
Parametry zmiennych uwzględnionych w modelu				
naczenie	Zmienna	Współczynnik b [-]	Statystyka Walda [-]	Iloraz szans [-]
$a$	Wyraz wolny	-1,57	36,13	0,21
$t_2$	Długi czas podróży bezpośredniej	1,03	17,41	2,81
$\Delta t$	Procentowa zmiana czasu podróży	-0,037	29,26	0,96
$\Delta f$	Procentowa zmiana liczby odjazdów w godzinie	0,014	25,87	1,01
$\Delta c$	Procentowa zmiana ceny biletu	-0,021	10,96	0,98
$w_1$	Złe warunki przesiadki	-0,97	4,93	0,38
$w_2$	Dobre warunki przesiadki	0,88	9,67	2,43

Przesiadanie wiąże się z wykonywaniem dodatkowych czynności, takich jak: wysiadanie i wsiadanie do pojazdu, przejście między przystankami i oczekiwanie, które powodują, że podróż się wydłuża. Skrócenie czasu podróży jest możliwe w przypadku przesiadki na szybszy środek transportu. Struktury sieci połączeń oparte na przesiadkach będą zatem najbardziej efektywne w systemach transportu miejskiego, w których funkcjonuje metro, kolej lub szybki tramwaj. W pozostałych systemach uzasadnione będzie wprowadzenie ekspresowych linii autobusowych, które będą stanowiły szybkie, magistralne połączenia między głównymi miejscami docelowymi codziennych podróży (np. centrum miasta) a węzłami przesiadkowymi, do których pasażerowie dowożeni będą innymi liniami.

Duże znaczenie w modelu ma także procentowa *zmiana liczby odjazdów w godzinie*. Na tę cechę może mieć bezpośrednio wpływ wprowadzenie przesiadek. Struktury sieci połączeń oparte na przesiadkach są bardziej elastyczne, przez co umożliwiają bardziej odpowiednie dopasowanie popytu do podaży, co przekłada się na większą efektywność układu. W rezultacie w określonych warunkach możliwe jest zwiększenie częstotliwości kursowania pojazdów bez konieczności zwiększania wielkości pracy eksploatacyjnej. Operacja taka odbywa się jednak kosztem zdolności przewozowej na niektórych odcinkach układu połączeń.

Cenne informacje o postrzeganiu przesiadek dostarczają także parametry ilorazu szans. Szanse są stosunkiem prawdopodobieństwa zaistnienia danego zdarzenia do prawdopodobieństwa jego niezastnienia. Iloraz szans jest natomiast stosunkiem szansy wystąpienia danego zjawiska w pierwszej grupie do szansy wystąpienia tego samego zjawiska w drugiej grupie [11]. Przykładowo, na podstawie przeprowadzonych badań możliwe jest stwierdzenie, że szansa wyboru podróży z przesiadką jest:

- 2,81-krotnie większa w przypadku osób podróżujących bezpośrednio ponad 50 minut w stosunku pozostałych podróży,
- 1,45-krotnie większa przy zmniejszeniu o 10% czasu podróży,
- 1,15-krotnie większa przy zwiększeniu o 10% liczby odjazdów w godzinie w danej relacji,
- 1,24-krotnie większa przy zmniejszeniu o 10% ceny biletu,
- 2,43-krotnie większa w przypadku występowania dobrych warunków przesiadki w porównaniu do przeciętnych warunków przesiadki,
- 1,99-krotnie większa przy zmniejszeniu czasu przejazdu o 30% niż przy zwiększeniu liczby odjazdów w godzinie w danej relacji o 30%,
- 1,60-krotnie większa przy zmniejszeniu czasu przejazdu o 30% niż przy zmniejszeniu ceny biletu o 30%,
- 1,24-krotnie większa przy zmniejszeniu ceny biletu o 30% niż przy zwiększeniu liczby odjazdów w godzinie w danej relacji o 30%,
- 1,81-krotnie większa w przypadku zapewnienia dobrych warunków przesiadki niż przy zmniejszeniu czasu podróży o 10%.



Rys. 5. Zależność prawdopodobieństwa wyboru połączenia z przesiadką od zmiany ceny biletu

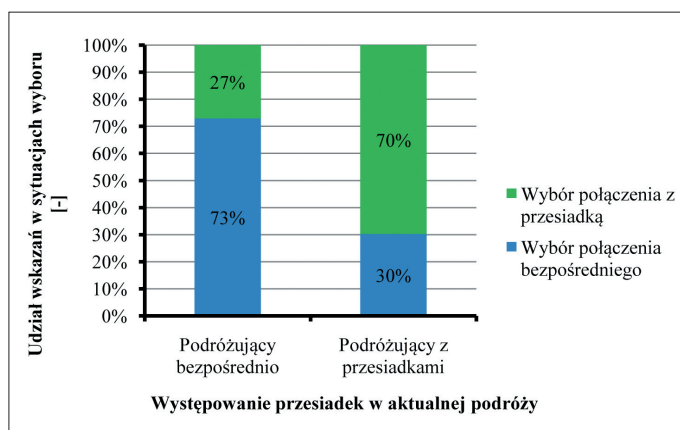
Interesującą zależność prezentuje wykres (rysunek 5). Naniesiono na nim wartości prawdopodobieństwa wyboru połączenia z przesiadką dla wszystkich obserwacji w zależności od procentowej zmiany ceny biletu. Współczynnik kierunkowy linii trendu dla zależności badanego zjawiska od procentowej zmiany ceny biletu jest bliski zeru. Można stwierdzić, że cecha ta w analizowanych obserwacjach w mniejszym stopniu ma wpływ na podejmowane decyzje. Prawdopodobieństwo wyboru podróży z przesiadką w większym stopniu zależy więc od pozostałych cech.

Jak pokazuje rysunek 6, respondenci częściej wybierali, w sytuacjach wyboru, podróże realizowane aktualnie, a nie podróże alternatywne. Zwraca także uwagę fakt, że 70% osób podróżujących aktualnie z przesiadką odrzuciło zaproponowane rozwiązanie połączenia bezpośredniego, co oznaczać może, wobec odrzucenia po badaniach pilotażowych nierealnych do realizacji w praktyce (skrajnych) rozwiązań w zakresie oferty przewozowej, relatywnie dobrze dostosowaną obecną ofertę usług do potrzeb i oczekiwań pasażerów. Podróżni są w pewnym stopniu przyzwyczajeni do stanu istniejącego i niechętnie akceptują zmiany w ofercie przewozowej w zakresie bezpośredniości połączeń.

## Podsumowanie

Planowanie układu transportu miejskiego wymaga podejścia systemowego i realizacji badań wskazujących, które atrybuty podróży są dla pasażerów istotne. Umożliwia to efektywne kształtowanie poszczególnych cech oferty przewozowej. Przesiadki są przez pasażerów oceniane z reguły negatywnie, ale w określonych warunkach, przy zapewnieniu odpowiedniej rekompensaty za uciążliwości związane z przesiadkami, mogą być traktowane jako równie lub nawet bardziej atrakcyjne niż podróże bezpośrednie. Najważniejszą cechą, która ma wpływ na ogólną ocenę jakości podróży wykonywanej transportem miejskim przez studentów Politechniki Gdańskiej, w tym podróży z przesiadkami, jest łączny czas trwania podróży. Dla osób przesiadających się istotna jest również minimalizacja uciążliwości przesiadek, tj. ryzyka spóźnienia się na kolejną przesiadkę i oczekiwania na przystanku podczas przesiadki. Ścieżki połączeń oparte na przesiadkach będą najbardziej efektywnie funkcjonowały w dużych miastach, w których występują szybkie środki transportu miejskiego.

Zaprezentowana w artykule metoda przeprowadzania badań oparta na sytuacjach wyboru i modelu regresji logi-



Rys. 6. Udział wskazań w sytuacjach wyboru w zależności od występowania przesiadek w aktualnie wykonywanej podróży

stycznej jest użyteczna dla praktyki gospodarowania w transporcie miejskim. Z powodzeniem może być wykorzystywana do rozpoznawania zachowań, potrzeb i preferencji transportowych podróżnych, przy czym zaleca się tworzenie osobnych modeli dla różnych segmentów podróżnych (wyodrębnionych według kryterium statusu społeczno-zawodowego i wieku – w zależności od specyfiki obszaru lub linii komunikacyjnych), a także dla grup motywacji (celów) podróży, pogrupowanych według kryteriów podróży obligatoryjnych i fakultatywnych lub bardziej szczegółowo podróży: bezwzględnie obligatoryjnych, względnie obligatoryjnych, fakultatywnych i incydentalnych.

## Literatura

1. *Preferencje i zachowania komunikacyjne mieszkańców Gdyni*, Raporty z badań marketingowych z lat 2008–2015, ZKM w Gdyni.
2. *Preferencje i zachowania transportowe mieszkańców Gminy Pruszcz Gdański w 2010 r.*, Raport z badań MZKZG, Gdańsk 2011.
3. *Preferencje i zachowania transportowe mieszkańców Gminy Kolbudy w 2013 r.*, Raport z badań MZKZG, Gdańsk 2014.
4. Wyszomirska-Góra M., *Psychologiczne determinanty wyboru środka transportu w codziennych podróżach miejskich*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2013, nr 1.
5. Chowdhury S., Ceder A., *Definition of Planned and Unplanned Transfer of Public Transport Service and User Decisions to Use Routes with Transfers*, <http://citeseerx.ist.psu.edu>, dostęp 02.10.2016.
6. Schakenbos R., La Paix L., Nijentstein S., Guers K.T., *Valuation of a transfer in multimodal public trip*, „Transport Policy”, 2016, No 46.
7. Wolański M., *Alternatywne metody hierarchizacji postulatów przewozowych oraz wyniki ich zastosowania w polskich miastach*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2012, nr 12.
8. Kucharski R., Kulpa T., Szarata A., *Model wyboru środka transportu do i z pracy w Warszawie*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2016, nr 8.
9. Bauer M., *Zasady kształtowania marszrut linii autobusowych w miastach średnich*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2012, nr 11.
10. *Transport Miejski. Ekonomia i Organizacja*, Pod red. O. Wyszomirskiego, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2008.
11. *Preferencje i zachowania transportowe mieszkańców Gdyni w 2015 r.*, Raport z badań marketingowych, Gdynia 2016.
12. Danieluk B., *Zastosowanie regresji logistycznej w badaniach eksperymentalnych*, „Psychologia społeczna”, 2010, nr 2–3, tom 5.