

MODELOWANIE WPŁYWU ROZKŁADU JAZDY POCIĄGÓW NA WIELKOŚĆ RUCHU ORAZ PODZIAŁ MODALNY W PRZEWOZACH MIĘDZYAGLOMERACYJNYCH

Andrzej Żurkowski

dr inż., Instytut Kolejnictwa, ul. Chłopickiego 50, 04-275 Warszawa, tel.: +48 12 628 2828, e-mail: azurkowski@ikolej.pl

Streszczenie. Rozkład jazdy pociągów pasażerskich sporządzany jest na podstawie wykresu ruchu pociągów i stanowi podstawowy plan, według którego realizowany jest na kolei proces eksploatacyjny. Rozkład ten stanowi jednocześnie odwzorowanie oferty przewozowej dla pasażerów, a zatem tworzony jest z uwzględnieniem preferencji klientów. Nowoczesne, intermodalne systemy transportu publicznego w skali regionu lub kraju, a nawet w układzie międzynarodowym opierają się na gęstej i strukturalnej sieci kolejowych połączeń międzyaglomeracyjnych i międzyregionalnych. Oferta innych środków transportu publicznego, a zwłaszcza kolejowych i drogowych przewozów regionalnych zostaje dostosowana do tego podstawowego układu połączeń. Jednocześnie systemy takie, aby spełniały postulat rynkowej atrakcyjności wymagają zastosowania rozkładu symetrycznego o specyficznych zasadach konstrukcji. W artykule przedstawione zostaną przesłanki do oceny wpływu zastosowania takiego rozkładu na wielkość ruchu oraz podział modalny w tak funkcjonującym systemie transportu publicznego.

Słowa kluczowe: system transportowy, symetryczny rozkład jazdy, podział modalny

1. Wprowadzenie

Nowoczesny system transportu pasażerskiego składa się zasadniczo z dwu elementów: transportu publicznego oraz motoryzacji indywidualnej. Cechą charakterystyczną systemu społeczno-gospodarczego w krajach rozwiniętych jest duże i stale rosnące zapotrzebowanie na przewozy, którego wzrost jest zazwyczaj proporcjonalny do wzrostu wartości PKB, a w niektórych krajach rozwijających się – nawet szybszy. W ten sposób przewozy pasażerskie stale rosną pomimo imponującego wzrostu możliwości telekomunikacyjnych i teleinformatycznych, które nie zastępują jednak bezpośrednich kontaktów, np. biznesowych.

Z kilku ważnych względów, takich jak bezpieczeństwo komunikacyjne, ochrona środowiska czy też ekonomia w polityce transportowej regionalnej i krajowej oraz międzynarodowej (np. w Unii Europejskiej) za istotny cel uznaje się zwiększenie udziału transportu publicznego w ogólnym wolumenie przewozów.

W Polsce intensywny rozwój sieci autostrad oraz dróg krajowych powoduje, że atrakcyjność motoryzacji indywidualnej stale rośnie, chociaż inwestycje drogowe nie są w pełni wystarczające, aby skutecznie wyeliminować problemy z kongestią. Jednocześnie nieco spóźniona, ale realizowana konsekwentnie modernizacja sieci kolejowej oraz rosnące zakupy nowoczesnego taboru dokonywane przez przewoźników kolejowych doprowadzą zapewne w krótkim czasie do znacznej poprawy oferty przewozowej kolei.

W najbardziej rozwiniętych krajach europejskich system transportu publicznego opiera się na gęstej i nowoczesnej sieci połączeń kolejowych, wśród których dominującą rolę odgrywają połączenia międzyaglomeracyjne (tzw. *kwalifikowane*) oraz aglomeracyjne. Ich uzupełnieniem są połączenia międzyregionalne oraz regionalne o słabszej dynamice wzrostu. Tendencje takie wynikają bezpośrednio ze zmian w układzie osadniczym polegającym m. in. na postępującej urbanizacji.

Decyzje o wyborze środka transportu zależą od szeregu czynników czyli preferencji, składających się jednocześnie na zbiór tzw. cech usług transportowych. Dwie najbardziej oczywiste preferencje to cena i czas. W przypadku transportu publicznego (głównie na obszarach aglomeracji) cena jest zazwyczaj zunifikowana (bilety okresowe), natomiast czas podróży zależy nie tylko od prędkości handlowej pociągów, ale w dużej mierze także od liczby niezbędnych przesiadek oraz czasu traconego przez pasażerów na zmianę środka transportu. Stąd też przewoźnicy starają się tak ułożyć relacje pociągów, aby możliwie duża część potoku (prognozowanego) obsługiwana była połączeniami bezpośrednimi.

Ruch kolejowy, łączący zagadnienia techniczne i organizacyjne, dostarcza szeregu metod przygotowania takiej sieci połączeń, pozwalających osiągnąć opisany cel. Obecnie szczególnie nowoczesną jest konstruowanie tzw. symetrycznego rozkładu jazdy. W artykule podjęto próbę oceny, na ile doskonalenie takiego rozkładu pozwala wpływać na zwiększenie udziału transportu publicznego w podziale modalnym, a zatem na wzrost liczby podróżnych korzystających z takiego systemu.

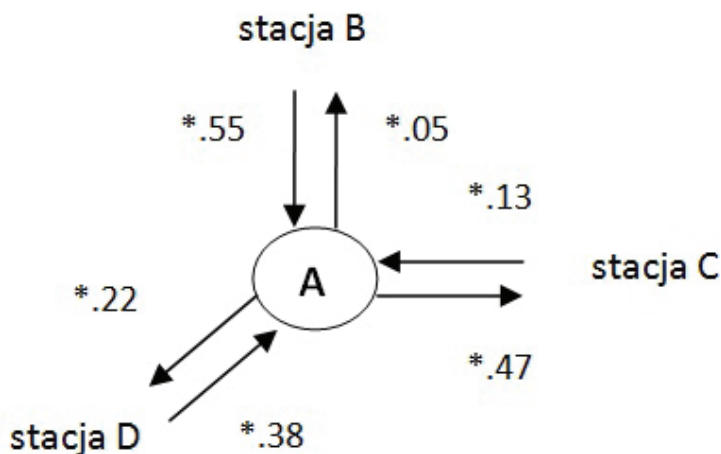
Rozważania na ten temat poprzedzono przeglądem literatury wprowadzającym podstawowe pojęcia z zakresu budowy symetrycznego rozkładu jazdy oraz wyboru preferencji związanych z opisywanym podejściem.

2. Przegląd literatury

Rozpatrywane zagadnienia mają charakter interdyscyplinarny. Metodami konstrukcji wykresu ruchu pociągów, będącego bazową formą rozkładu jazdy, czyli podstawowego planu pracy kolei, zajmuje się dyscyplina techniczna – ruch kolejowy. Pojęcie preferencji natomiast związane jest z modelowaniem podróży i prognozowaniem ruchu, które z kolei jest zastosowaniem metod ekonometrycznych służących do modelowania transportu.

Fundamentalne opracowania w zakresie **ruchu kolejowego** powstały już przed wielu laty, a ich autorami w Polsce byli profesorowie W. Wyrzykowski oraz B.

Gajda [2]. Istnieje wiele rodzajów wykresów ruchu, które rozwijały się w miarę postępu technologicznego na kolei. Próbę ich usystematyzowania przedstawiono w pracy [9]. Stosowany w nowoczesnych systemach kolejowych przewozów pasażerskich symetryczny rozkład jazdy [8] w swej konstrukcji opiera się na założeniu, że przyjazdy (oznaczane π_a) i odjazdy (π_d) z rozpatrywanej stacji w danym kierunku odbywają się „symetrycznie” w stosunku do wybranej osi na zegarze, jednakowej dla całej sieci połączeń. Zazwyczaj jest to oś przechodząca przez pełną godzinę (obrazuje to rys. 1).



Rys. 1. Przyjazdy i odjazdy pociągów ze stacji A
Zródło: opracowanie własne

Organizacja ruchu pociągów w oparciu o symetryczny rozkład jazdy ma bardzo istotne konsekwencje. Czasy podróży pomiędzy wszystkimi węzłami sieci kolejowej, w tym czasy przesiadania się podróżnych na stacjach węzłowych są jednakowe w obu kierunkach podróży. Oferta przewozowa kolei staje się w ten sposób przejrzysta i strukturalna, ułatwiając zaplanowanie podróży. Związek pomiędzy wartościami parametrów π_a oraz π_d (przyjazdy i odjazdy) opisuje równanie [4]:

$$\frac{(\pi_a + \pi_d) \cdot \text{mod } T}{2} = s \quad (1)$$

gdzie:

T – jest cyklem rozkładu jazdy (np. $T = 10, 15, 30$ lub 60 min.),

s – jest jego osią symetrii.

Zazwyczaj $s = 0$ (por. rys. 1), a wówczas dla $T = 60$:

$$\pi_a + \pi_d = 60 \quad (2)$$

W polskiej literaturze przedmiotu brak jest szczegółowych opracowań na temat symetrycznego rozkładu jazdy. Bardzo obfita jest natomiast literatura zagra-

niczna z fundamentalną monografią na temat wykresów ruchu I. Hansena oraz J. Pachla [3] i szeregiem prac K. Nachtigalla, Ch. Liebchena, J.Ch. Villumsena czy Th. Lindnera. Omówienie podstawowych zagadnień oraz dokładniejszy przegląd literatury przedmiotu znaleźć można w artykułach autora referatu [7,8,9].

Symetryczny rozkład jazdy jest bardzo nowoczesną formą organizacji przewozów pasażerskich, ale wymaga dużej dyscypliny w procesie eksploatacyjnym. Koncentrując się wyłącznie na fazie organizacji przewozów warto zauważyć, że możliwe jest przygotowanie wielu różnych wariantów siatki połączeń, które prowadzą do identycznej liczby i częstotliwości pociągów na poszczególnych odcinkach, natomiast różnią się liczbą podróży bezpośrednich oraz sumą czasów traconych przez pasażerów na przesiadki na stacjach węzłowych.

Z punktu widzenia przewoźnika każdy z wariantów można ocenić w dwu podstawowych wymiarach: kosztowym i przychodowym. Wśród wielu elementów składających się na koszty w różnych wariantach wiele jest identycznych. Przykładowo praca eksploatacyjna (liczba pociągokilometrów) jest w każdym z nich identyczna, generując takie same koszty dostępu do infrastruktury czy zużycia energii trakcyjnej. Niefortunne ułożenie rozkładu jazdy może natomiast powodować konieczność zatrudnienia nadmiernej liczby składów [7]. Po stronie przychodowej właściwe przygotowanie oferty przewozowej pozwala wygenerować większą liczbę podróży, co naturalnie przekłada się na przychody przewoźnika.

Ocena wpływu jakości takiej oferty na wielkość przewozów jest zasadniczym przedmiotem dalszych rozdziałów. Przechodząc zatem do zagadnień z dziedziny modelowania rozpatrzmy zbiór preferencji podróźnych. Ich zestawienie na podstawie doświadczeń polskich zawarto w tab. 1. Szersze omówienie zagadnienia preferencji znaleźć można w pracy prof. E. Załogi [6].

Tabela 1. Przegląd preferencji podróźnych

Lp.	Nazwa preferencji (czynnika wyboru)	Znaczenie (opis)
1.	cena	koszt podróży odczuwany przez pasażera
2.	czas przejazdu	czas podróży odczuwany przez pasażera
3.	bezpośredniość	możliwość odbycia podróży bez przesiadania się
4.	dostępność geograficzna	odległość do najbliższego terminala (dworzec, przystanek, lotnisko)
5.	dostępność czasowa	zgodność godzin kursowania z oczekiwaniem podróźnych
6.	bezpieczeństwo komunikacyjne	prawdopodobieństwo szczęśliwego zrealizowania podróży
7.	bezpieczeństwo osobiste	ocena zagrożeń typu przestępczego
8.	komfort	wygoda podróżowania
9.	planowość	zgodność podróży z rozkładem jazdy lub przewidywaniem (samochód)
10.	zawodność	prawdopodobieństwo unieruchomienia środka transportowego
11.	elastyczność	możliwość modyfikowania trasy podróży

Źródło: oprac. własne na podstawie [6]

W tak ustalonym zbiorze preferencji wyróżnić można ich podzbiór, który związany jest z rozkładem jazdy (jako planem pracy kolei). Są to zatem: (2) czas przejazdu, (3) bezpośredniość oraz (5) dostępność czasowa.

Czas przejazdu jest tu rozumiany nie tylko jako czas jazdy w pociągach, ale – jak już wcześniej wspomniano – uwzględniający również czas tracony na przesiadki na stacjach węzłowych. **Bezpośredniość** oznacza udział przejazdów bezpośrednich w stosunku do ogólnej liczby relacji w których przemieszczają się podróżni. **Dostępność czasowa** może być odwzorowana średnim czasem oczekiwania na najbliższe połączenie przy zadanym, losowym rozkładzie podróżnych zgłaszających się na poszczególne stacje.

Wśród wielu możliwych wariantów ułożenia rozkładu jazdy celem byłoby zastosowanie takiego z nich, który pozwoli na uzyskanie maksymalnej wartości funkcji wyboru P_{pub} , czyli transportu publicznego:

$$P_{pub} \rightarrow \max \tag{3}$$

W ogólności udział P_K środka transportu K w przewozach realizowanych na rozpatrywanym obszarze (przez środki transportu k) ma postać modelu logitowego [5]:

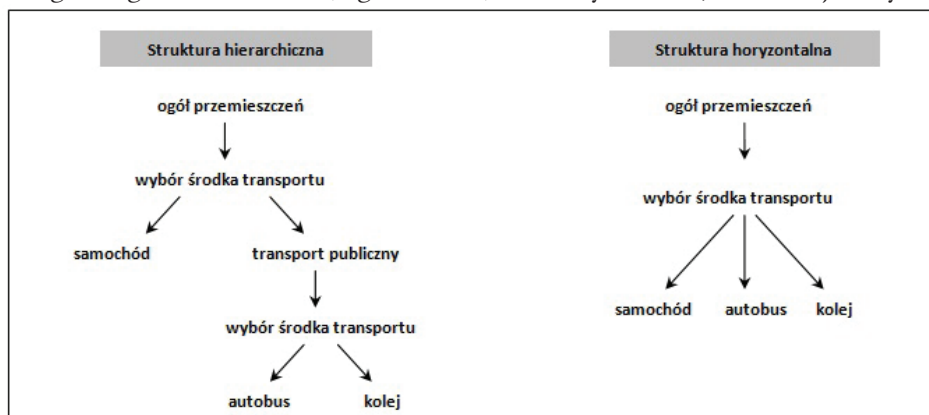
$$P_K = \frac{\exp(-\beta \cdot C_K)}{\sum_k \exp(-\beta \cdot C_k)} \tag{4}$$

gdzie:

C_k – jest kosztem uogólnionym,

β – parametr, który charakteryzuje m. in. rozrzut jako miarę zróżnicowania (rozproszenia rozkładu statystycznego) w podziale modalnym.

W literaturze rozważane są dwie podstawowe struktury multimodalnego modelu logitowego: hierarchiczna (zagnieżdżona) oraz horyzontalna, co obrazuje to rys. 2.



Rys. 2. Struktury modeli logitowych

Źródło: [1]{5}

Zgodnie z założeniem przyjętym w rozdziale 1 w dalszych rozważaniach rozpatrywana będzie struktura hierarchiczna, odnosząca się do transportu publicznego

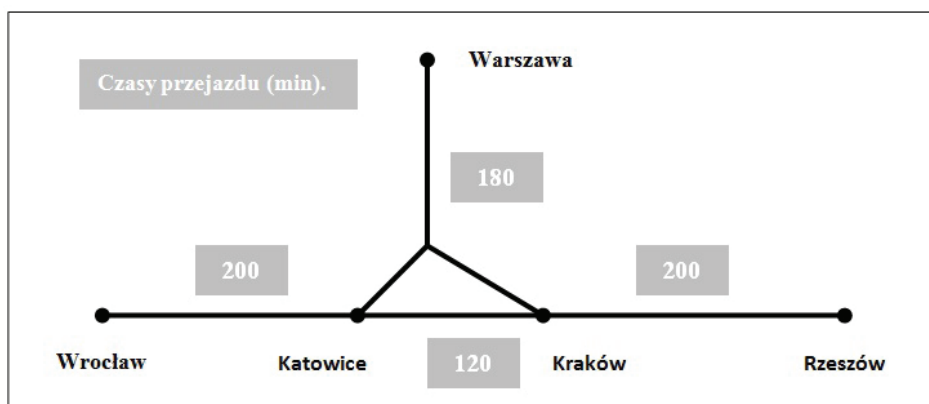
opartego na systemie międzyaglomeracyjnych przewozów kolejowych konfrontowanych z motoryzacją indywidualną.

W kolejnym rozdziale w oparciu o przykład obliczeniowy rozpatrzony zostanie problem, na ile właściwe ułożenie rozkładu jazdy może podnieść atrakcyjność transportu publicznego, co w ujęciu modelu logitowego przekłada się na wzrost jego udziału w ogólnym podziale zadań przewozowych.

3. Przykład obliczeniowy

3.1. Sieć połączeń i wielkość potoków

W celu przeanalizowania tak postawionego zagadnienia rozpatrzmy sieć połączeń kolejowych przedstawioną na rys. 3. Prezentowany przykład rozpatrywany był we wcześniejszym artykule autora [8], gdzie przedmiotem rozważań była metoda wyboru takiego układu połączeń, który minimalizuje sumę czasów oczekiwania przez podróżnych na stacjach węzłowych. Uzyskane rozwiązania zostaną obecnie wykorzystane do przeanalizowania wpływu preferencji podróżnych.



Rys. 3. Przykład sieci połączeń kwalifikowanych

Źródło: [8]

Założmy zatem, że prognozowane wielkości **strug relacyjnych** pomiędzy pięcioma rozpatrywanymi miastami są na stępujące (tab. 2). Dla uproszczenia przyjęto, że zapotrzebowanie na przewozy jest symetryczne. Ogólna liczba pasażerów podróżujących na dobę w jednym kierunku na całej rozpatrywanej sieci wynosi zatem 20 960 osób.

Tabela 2. Zapotrzebowanie na przewozy – strugi relacyjne (dane przykładowe)

	Warszawa	Katowice	Kraków	Wrocław	Rzeszów
Warszawa	–	3 920	4 780	2 850	870
Katowice	3 920	–	1 220	2 300	820
Kraków	4 780	1 220	–	1 830	1 700
Wrocław	2 850	2 300	1 830	–	670
Rzeszów	870	820	1 700	670	–

Zakładamy także, że wszystkie wymienione stacje mogą być początkami i końcami relacji pociągów oraz na odcinkach Wrocław – Katowice – Kraków – Rzeszów można ułożyć tylko jedną relację. Uwzględniając powyższe założenia otrzymuje się cztery możliwe warianty ułożenia ośmiu dopuszczalnych relacji pociągów na rozpatrywanej sieci połączeń kolejowych, co przedstawiono w tab. 3.

Potoki odcinkowe nie zależą od wybranego układu relacji i wynoszą odpowiednio: na CMK 12 420 pasażerów na dobę w jednym kierunku, Wrocław – Katowice 7 650, Katowice – Kraków 4 540 oraz Kraków – Rzeszów 4 060. Natomiast zastosowanie jednego z czterech wariantów oznacza inną liczbę podróżnych, którzy muszą przesiadać się na stacjach węzłowych.

Tabela 3. Warianty układu relacji pociągów na sieci połączeń z rys. 3

Relacje	Wariant	I	II	III	IV
1	Warszawa – Katowice	X		X	
2	Warszawa – Kraków	X	X		
3	Warszawa – Wrocław		X		X
4	Warszawa – Rzeszów			X	X
5	Wrocław – Rzeszów	X			
6	Wrocław – Kraków			X	
7	Katowice – Rzeszów		X		
8	Katowice – Kraków				X

Po przeprowadzeniu obliczeń [8] otrzymujemy następujące liczby osób l , które w poszczególnych wariantach (I – IV) skorzystają z połączeń bezpośrednich:

$$l_I = 17\,240 \text{ (82,3\% ogółu podróżnych),}$$

$$l_{II} = 17\,590 \text{ (83,9\%),}$$

$$l_{III} = 15\,610 \text{ (74,5\%),}$$

$$l_{IV} = 17\,640 \text{ (84,2\%).}$$

Zaproponowane warianty połączeń prowadzą zatem do zbliżonych wyników. Zależnie od wybranego układu relacji pociągów liczba podróżnych, którzy musieliby skorzystać z przesiadania się na stacjach węzłowych wynosi od 15,8 do 25,5 procent, a zatem różnica pomiędzy najlepszym i najgorszym wariantem wynosi niespełna 10%. Ocena taka nie uwzględnia jednak czasu, jaki łącznie tracony jest na zrealizowanie wszystkich przesiadek. Czas ten zależy od sposobu ułożenia tras pociągów na symetrycznym wykresie ruchu. Kontynuacja przykładu w tym zakresie zostanie poprzedzona przygotowaniem odpowiedniego modelu.

3.2. Binarny model logitowy

W procesie modelowania wykorzystany zostanie model logitowy opisany równaniem (4) w postaci binarnej, a zatem dla wartości $k = 2$. Z uwagi na brak odpowiednich danych, których pozyskanie wymagałoby dużego projektu badawczego, kalibracja tego modelu zostanie przeprowadzona w oparciu o dane [5] typowe dla podróży międzymiastowych oraz podziału modalnego samochod (1) – kolej (2).

Koszt uogólniony C_{ij} dla każdej relacji (i, j) oraz środków transportu 1 i 2 obliczony zostaje w oparciu o następujące zależności:

$$C_{ij}^1 = t_{ij} \cdot q + F_{ij}^1 + \delta \quad (5)$$

$$C_{ij}^2 = (t_{ij} + t_{nij}) \cdot q + F_{ij}^2 + \delta \quad (6)$$

gdzie:

- t_{ij} – czas jazdy w samochodzie lub w pociągu,
- t_{nij} – czas przesiadania się podróżnych na stacjach węzłowych,
- q – jednostkowa wartość czasu podróży,
- F_{ij} – koszt przejazdu,
- δ – parametr charakteryzujący pozostałe elementy kosztu uogólnionego.

Wartości C_{ij} , q oraz F_{ij} są znane, podobnie jak wyjściowe proporcje wyboru obu środków transportu, czyli P_1 oraz P_2 . Wartości parametrów λ oraz δ można oszacować stosując metodę regresji liniowej [5]:

$$P_1 = \frac{1}{1 + \exp\{-\lambda(C_2 + \delta - C_1)\}}$$

$$P_2 = 1 - P_1 = \frac{\exp\{-\lambda(C_2 + \delta - C_1)\}}{1 + \exp\{-\lambda(C_2 + \delta - C_1)\}} \quad (7)$$

Wówczas:

$$P_1 / (1 - P_1) = 1 / \exp\{-\lambda(C_2 + \delta - C_1)\} = \exp\{\lambda(C_2 + \delta - C_1)\} \quad (8)$$

gdzie:

- λ – miara zróżnicowania rozkładu (iloraz wariancji i wartości oczekiwanej),
- P_1 – udział przewozów samochodem,
- P_2 – udział przewozów koleją.

Po zlogarytmizowaniu obu stron oraz uporządkowaniu wyrażenia otrzymujemy:

$$\ln[P_1 / (1 - P_1)] = \lambda(C_2 - C_1) + \lambda\delta \quad (9)$$

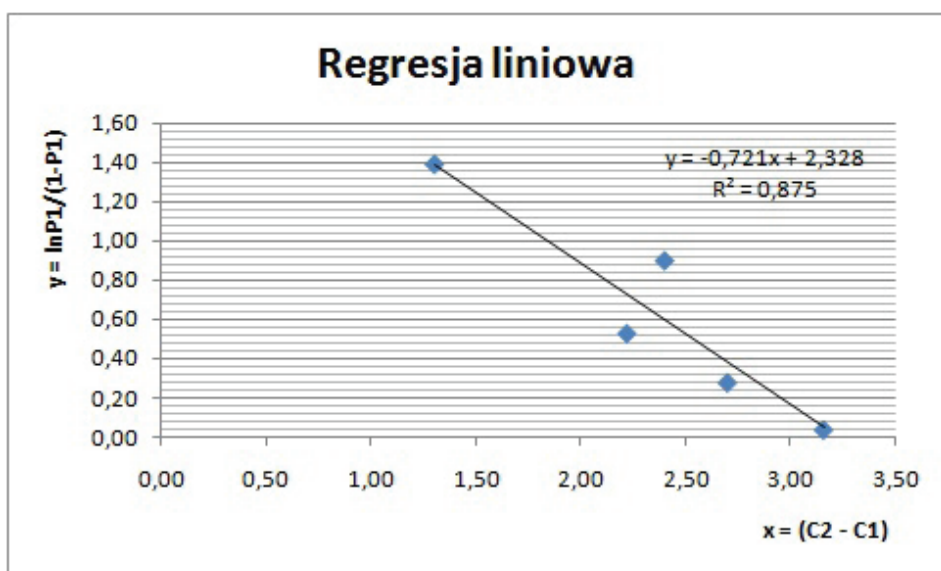
W pracy [5] zaproponowano obliczenie parametrów λ oraz δ za pomocą metody wykreślnej przy wykorzystaniu danych zawartych w tab. 4.

Tabela 4. Dane do kalibracji modelu podziału modalnego

relacja	samochód		kolej		Udział kolei [%]
	t_j [h]	F [€]	t_j [h]	F [€]	
A	3,05	9,90	2,50	9,70	0,20
B	4,05	13,10	2,02	14,00	0,49
C	3,25	9,30	2,25	8,60	0,43
D	3,50	11,20	2,75	10,30	0,29
E	2,45	6,10	2,04	4,70	0,37

Źródło: {5}

Zastosowanie metody wykreślnej oraz dokładne obliczenie parametrów modelu ułatwia zastosowanie arkusza kalkulacyjnego *Excela*.



Rys. 4. Kalibracja parametrów modelu binarnego

Źródło: obliczenia własne na podstawie {5}

Ostatecznie binarny model logitowy tłumaczący podział modalny samochód – kolej w przewozach pomiędzy miastami przyjmuje postać:

$$P_2 = 1 - P_1 = \frac{\exp\{-0,721 \cdot (C_2 + 3,229 - C_1)\}}{1 + \exp\{-0,721 \cdot (C_2 + 3,229 - C_1)\}} \quad (10)$$

3.3. Ocena wpływu preferencji podróżnych

Załóżmy, że po analizie wariantów układu relacji pociągów I – IV do dalszych rozważań przyjęto wariant I. Dla układu relacji pociągów Warszawa – Katowice, Warszawa – Kraków oraz Wrocław – Rzeszów istnieje możliwość ułożenia symetrycznego rozkładu jazdy w następującym porządku:

- odjazdy pociągów z Warszawy w kierunku Krakowa i Katowic następują w odstępie 10 minut, przy czym jako dwa odrębne przypadki rozpatruje się kolejność wyprawiania pociągów z Warszawy,
- odjazdy pociągów z Wrocławia w kierunku Rzeszowa następują 0, 5, 10, 15, 20, 25 lub 30 minut po pełnej godzinie.

Otrzymuje się w ten sposób 14 wariantów ułożenia symetrycznego rozkładu jazdy (przedstawiony w tab. 4), z których 8 generuje minimalny czas przesiadania się podróżnych na stacjach Katowice i Kraków, wynoszący łącznie 40 minut.

Tabela 5. Rozkład czasów przesiadek (źródło: {8}, obliczenia własne).

Odjazdy z Wrocławia	*.00	*.05	*.10	*.15	*.20	*.25	*.30
Relacja z Warszawy do Katowic, potem do Krakowa							
Przesiadka w Katowicach [min]	25	20	15	10	5	60	55
Przesiadka w Krakowie [min]	15	20	25	30	35	40	45
Relacja z Warszawy do Krakowa, potem do Katowic							
Przesiadka w Katowicach [min]	15	10	5	60	55	50	45
Przesiadka w Krakowie [min]	25	30	35	40	45	50	55

Źródło: oprac. własne na podstawie {8}

Obecnie można zastosować model (10) w celu sprawdzenia, w jaki sposób podane czasy przesiadek wpływają na podział modalny samochód – kolej, co zostanie przeprowadzone dla dwu strug relacyjnych podróżnych: Warszawa – Wrocław oraz Warszawa – Rzeszów.

Obliczenia przeprowadzono w arkuszu kalkulacyjnym Excel, przyjmując następujące wartości: ceny biletów wg taryfy PKP Intercity SA dla pociągów TLK (2 klasa), czas i odległości jazdy samochodem na podstawie kalkulatora internetowego (www.odleglosci.info). Czas jazdy pociągów na poszczególnych odcinkach pokazano na rys. 3. Przeciętną wartość jednej godziny czasu podróжного przyjęto równą 20 zł.

Zestawienie wyników przeprowadzonych obliczeń zawiera tab. 6.

Tabela 6. Wyniki zastosowania binarnego modelu logitowego

Czas przesiadania na stacji Katowice [min]	25	20	15	10	5
Czas przesiadania na stacji Kraków [min]	15	20	25	30	35
Udział kolei w przewozach Warszawa – Wrocław [%]	12,3	13,3	14,4	15,6	16,8
Udział kolei w przewozach Warszawa – Rzeszów [%]	28,4	26,6	24,9	23,2	21,6

Źródło: obliczenia własne

Wyniki modelowania potwierdzają, że wydłużenie podróży związane z koniecznością przesiadania się podróżnych zmniejsza atrakcyjność przejazdu kolejną. W zależności od rozpatrywanego połączenia, scharakteryzowanego kosztem uogólnionym, wydłużenie przesiadki o 5 minut oznacza spadek o 1-2 procent.

Zakładając, że przyjęte w danych strugi relacyjne z Warszawy do Wrocławia i Rzeszowa wynoszą odpowiednio 2 850 oraz 870 osób na dobę i dotyczą przy-

padku 15 minut na przesiadkę w Katowicach oraz 25 w Krakowie okazuje się, że najkorzystniejszym rozwiązaniem jest wytrasowanie odjazdów z Wrocławia 20 lub 10 minut po pełnej godzinie (w zależności od kolejności pociągów na CMK), gdyż łączna liczba podróżnych w obu relacjach zwiększy się z 3 720 do 4 080 pasażerów na dobę w jednym kierunku.

4. Podsumowanie

Uzyskanie oczekiwanego wzrostu udziału transportu publicznego w całkowitym wolumenie przewozów pasażerskich w zależy w znacznej mierze od prawidłowego przygotowania oferty przewozowej. W przewozach kolejowych pomiędzy aglomeracjami nowoczesna oferta opiera się na symetrycznym rozkładzie jazdy. Jego zastosowanie znakomicie ułatwia pasażerom zaplanowanie podróży, opartej na strukturalnym i czytelnym rozkładzie jazdy.

Wykres ruchu takiego rozkładu opiera się na bardzo sztywnych założeniach, stąd konieczne jest staranne jego przygotowanie, aby uniknąć na przykład niepotrzebnego zatrudniania dodatkowych składów.

W artykule przedstawiono rynkowe uwarunkowania wyboru takiego wariantu symetrycznego rozkładu jazdy, który pozwala zwiększyć atrakcyjność kolei w tych relacjach, które wymagają przesiadania się pasażerów na stacjach węzłowych. Zastosowany w tym binarny celu model logitowy stanowi dogodne narzędzie modelowania i poszukiwania racjonalnego rozwiązania planu transportowego.

Bibliografia

- [1] Bonnel P., *Prévoir la demande de transport*. Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées. Paris 2004.
- [2] Gajda B., *Technika ruchu kolejowego. Cz. 2. Technologia ruchu kolejowego*. WKiŁ Warszawa 1978.
- [3] Hansen I., Pacht J. (red.), *Railway Timetable & Traffic*. Eurailpress, Hamburg 2008.
- [4] Liebchen Ch., *Periodic Timetable Optimization in Public Transport*. Technische Universität, Berlin 2006.
- [5] Ortúzar J., Willumsen L. G., *Modelling transport*. John Wiley & Sons, LTD. Chichester 2006.
- [6] Załoga E., *Strategie rynkowe wobec zmian w preferencjach podróżnych*. Wyd. Nauk. US, Szczecin 1998.
- [7] Żurkowski A., *Badanie wpływu rytymizacji rozkładu jazdy na wykorzystanie taboru w przewozach pasażerskich*. Logistyka 4/2011.

-
- {8} Żurkowski A., Zastosowanie symetrycznego rozkładu jazdy w przewozach międzyaglomeracyjnych. Prace Naukowe PW „Transport” zeszyt 97, Warszawa 2013.
- {9} Żurkowski A., Ewolucja i nowoczesne zasady budowy wykresu ruchu pociągów pasażerskich. Logistyka 2/2014.