

## ALTERNATYWNA MIARA SYNCHRONIZACJI ROZKŁADÓW JAZDY

Zapewnienie rytmiczności kursowania jest problemem istotnym dla funkcjonowania transportu zbiorowego. Brakowi regularności towarzyszy szereg niekorzystnych zjawisk, a najbardziej widocznym jest dublowanie się kursów autobusów. Analiza regularności kursowania jest uznawana za jeden z licznych sposobów oceny jakości miejskiego transportu zbiorowego. Pozwala bowiem odpowiedzieć na pytanie, jak zsynchronizowane są kursy środków miejskiego transportu zbiorowego w warunkach, gdy poruszają się one po wspólnym fragmencie trasy. W artykule przedstawiono wybrane wskaźniki regularności kursowania autobusowych linii komunikacyjnych oraz zdefiniowana została miara do nich alternatywna. Wartości wskaźników zostały obliczone dla przykładowego układu dwóch linii komunikacyjnych kursujących w wiązce, a ich analiza pozwoliła wybrać najlepsze (w aspekcie zapewnienia regularności) momenty odjazdu obu linii.

### WSTĘP

Jedną z największych wad miejskich komunikacji autobusowych jest tzw. „jazda stadami”. Pod tą kolokwialną nazwą kryje się zjawisko występujące wówczas, gdy na przystanek autobusowy jednocześnie przyjeżdżają co najmniej dwa autobusy różnych linii udających się w tym samym kierunku, po czym następuje kilkunasto- lub kilkudziesięciominutowa „luka”. Problem ten jest szczególnie zauważalny w miastach, w których linie komunikacyjne kursują w wysokich lub średnich interwałach. Dublowanie się środków miejskiego transportu wskazuje na brak regularności kursowania, skąd bezpośrednio wynika brak synchronizacji rozkładów jazdy. W obu przypadkach obniża się postrzegana przez pasażerów jakość komunikacji miejskiej.

### 1. ZNACZENIE SYNCHRONIZACJI ROZKŁADÓW JAZDY

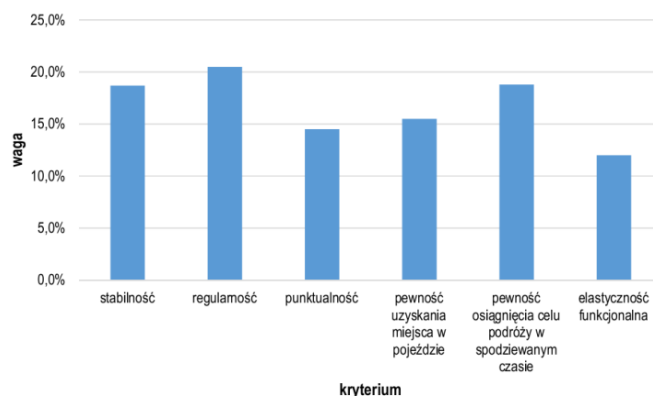
Regularność kursowania pojazdów komunikacji zbiorowej (zwana też rytmicznością) polega na tym, że kolejne pojazdy na liniach komunikacyjnych jadących w tym samym kierunku opuszczają lub mijają określony punkt (np. przystanek, węzeł przesiadkowy) w równych odstępach czasu. Z brakiem regularności związana jest grupa negatywnych zjawisk. Wśród najpoważniejszych z nich wyróżnia się m.in.:

- długi czas oczekiwania,
- zmniejszenie atrakcyjności oferty przewozowej,
- nierównomierne napełnienie pojazdów,
- nieefektywne wykorzystanie taboru,
- puste przebiegi autobusów.

Regularność jest jednym z ważniejszych kryteriów oceny komunikacji miejskiej. Przeprowadzone obserwacje i badania klasyfikują ją jako cechę niezawodności – obok stabilności, punktualności, pewności uzyskania miejsca w pojeździe, pewności osiągnięcia celu podróży w spodziewanym czasie, elastyczności – i w grupie tej uzyskuje największe znaczenie, co obrazuje rysunek 1 [5].

Rytmiczność linii komunikacyjnych ustalana jest na etapie opracowywania rozkładów jazdy. Funkcjonuje ściśle określony schemat budowy rozkładu jazdy, mający na celu z jednej strony zaspokojenie możliwie jak największej ilości zgłaszanych potrzeb przewozowych, a z drugiej dostosowanie do zmieniających się w ciągu dnia warunków ruchu [6]. Spośród składowych tego algorytmu szczególną uwagę należy poświęcić synchronizacji linii komunikacyjnych. W skrócie polega ona na wyrównaniu interwałów czasowych między

dwoma kolejnymi kursami w wiązce linii, a gdy jest to niemożliwe – zminimalizowaniu odchylenia interwałów od interwału idealnego [4]. Celem procesu synchronizacji – najogólniej rzecz ujmując – jest zapewnienie regularności kursowania pojazdów komunikacji miejskiej.



Rys. 1. Wagi poszczególnych kryteriów cząstkowych w grupie niezawodności [5]

### 2. PRZEGLĄD WSKAŹNIKÓW SYNCHRONIZACJI

Najliczniejsza grupa wskaźników synchronizacji kursowania linii komunikacyjnych została podana w [1] i [2]. Oceny synchronizacji linii komunikacyjnych można przeprowadzić przy użyciu następujących miar:

- rozstęp interwałów:

$$SM_1 = \max_{j=1,2,\dots,t} d_j - \min_{j=1,2,\dots,t} d_j \text{ [min]} \quad (1)$$

- liczba różnych interwałów (podaje, na ile łatwe do zapamiętania są odjazdy powstałe w wyniku połączenia dwóch rozkładów jazdy):

$$SM_2 = L(d_j; j = 1, 2, \dots, t) \quad (2)$$

- interwał średni:

$$SM_3 = m = \frac{1}{t} \sum_{j=1}^t d_j \text{ [min]} \quad (3)$$

- odchylenie standardowe interwałów:

$$SM_4 = \sqrt{\text{Var}(d_j)} = \sqrt{\frac{1}{t-1} \sum_{j=1}^t (d_j - m)^2} \text{ [min]} \quad (4)$$

- udział najdłuższych interwałów:

$$SM_5 = \frac{L(d_j: j=1,2,\dots,t; d_j=d^*; d^* = \max_{j=1,2,\dots,t} d_j)}{t} \cdot 100 [\%] \quad (5)$$

- udział kursów straconych (określa udział kursów przyjeżdżających jednocześnie na przystanek wśród wszystkich kursów):

$$SM_6 = \frac{L(d_j: j = 1, 2, \dots, t; d_j = 0)}{t} \cdot 100 [\%] \quad (6)$$

gdzie:

- $d_j$  – interwał między dwoma kolejnymi pojazdami [min],
- $t$  – liczba wszystkich interwałów,
- $m$  – interwał średni.

Inną miarą regularności kursowania linii komunikacyjnych jest wskaźnik *PRDM* (*Percentage Regularity Deviation Mean* – średnie procentowe odchylenie regularności) [3]. Konstrukcja wskaźnika powoduje, że może być stosowany tylko dla sprawdzenia regularności kursowania jednej linii komunikacyjnej na określonym przystanku, stąd w rzeczywistości jego użyteczność jest mocno ograniczona (w celu analizy regularności linii na całej trasie należałoby zsumować wartości wskaźników po wszystkich przystankach tej trasy). Sposób obliczenia wskaźnika dla danej linii  $l$  na przystanku  $j$  określa wzór (7).

$$PRDM_{l,j} = \frac{\sum_i^{n_{l,j}-1} \left| \frac{H_{l,i,j} - H'_{l,i,j}}{H_{l,i,j}} \right|}{n_{l,j}} \cdot 100\% \quad (7)$$

gdzie:

- $H_{l,i,j}$  – interwał wynikający z rozkładu jazdy dla  $i$ -tego pojazdu (tzn. odstęp między pojazdem  $i$  oraz  $i + 1$ ) linii  $l$  na przystanku  $j$ ,
- $H'_{l,i,j}$  – rzeczywisty interwał dla  $i$ -tego pojazdu (tzn. odstęp między pojazdem  $i$  oraz  $i + 1$ ) linii  $l$  na przystanku  $j$ ,
- $n_{l,j}$  – liczba pojazdów linii  $l$  obsługujących przystanek  $j$ .

W warunkach pełnej regularności kursowania pojazdów danej linii wskaźnik *PRDM* przyjmuje wartość 0%; wraz ze wzrostem wartości wskaźnika regularność kursowania ulega pogorszeniu.

Kolejnymi wskaźnikami są wskaźnik zawodności obsługi wskutek braku regularności  $P_0$  oraz probabilistyczny wskaźnik nieregularności  $R$  [5].

Pierwszy ze wskaźników oznacza prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia braku wolnego miejsca w przyjeżdżającym na przystanek pojeździe, wskutek jego przepelnienia. Stwierdzono, że zjawisko to występuje wówczas, gdy ruch pojazdów jest nieregularny, występują losowe wahania potoku pasażerskiego oraz jest niewystarczająca liczba miejsc w środkach transportu zbiorowego. W tabeli 1 podano skalę ocen dla tego wskaźnika.

**Tab. 1. Skala ocena dla wskaźnika  $P_0$  [5]**

Zakres wartości wskaźnika $P_0$	Ocena
0 – 0,01	bardzo dobra
0,02 – 0,03	dobra
0,04 – 0,06	dostateczna
0,07 i więcej	niedostateczna

Probabilistyczny wskaźnik nieregularności definiowany jest jako różnica między wartością 95-tego percentyla czasów oczekiwania w sytuacjach rzeczywistych, a wartością 95-tego percentyla czasów oczekiwania przy założeniu, że:

- pojazdy kursują z wysoką regularnością,
- odstępy między pojazdami są zawsze zgodne z rozkładem jazdy,

- pasażer zawsze może wsiąść do pierwszego nadjeżdżającego pojazdu.

Probabilistyczny wskaźnik nieregularności wyraża się wzorem:

$$R = 2,05 v_h^{1,7} \bar{h} \quad (8)$$

gdzie:

- $v_h$  – współczynnik zmienności interwałów:  $v_h = \frac{s_h}{\bar{h}}$ ,
- $s_h$  – odchylenie standardowe interwałów,
- $\bar{h}$  – interwał średni.

W sytuacji, gdy zmierzony interwał średni różni się od interwału z rozkładu jazdy, wartość wskaźnika  $R$  należy powiększyć o poprawkę  $\Delta R$ :

$$\Delta R = 0,95(\bar{h}_e - h_r) \quad (9)$$

gdzie:

- $\bar{h}_e$  – interwał zmierzony,
- $h_r$  – interwał z rozkładu jazdy.

W tabeli 2 podano skalę ocen dla tego wskaźnika.

**Tab. 2. Skala ocena dla wskaźnika  $R$  [5]**

Zakres wartości wskaźnika $R$	Ocena
0 – 0,9	bardzo dobra
1 – 2,9	dobra
3 – 4,9	dostateczna
5 i więcej	niedostateczna

Należy zaznaczyć, że wzór (8) może być stosowany tylko, gdy liczba pasażerów nie jest zbyt duża (tzn. gdy średnie napełnienie pojazdu zawiera się w granicach 60% – 80%). Poza tym probabilistyczny wskaźnik nieregularności może być stosowany tylko wówczas, gdy pasażer nie zna dokładnego rozkładu jazdy oraz dla linii kursujących w interwale 12 minutowym lub krótszym.

### 3. KONSTRUKCJA ALTERNATYWNEJ MIARY SYNCHRONIZACJI LINII KOMUNIKACYJNYCH

W warunkach pełnej synchronizacji kursów w ustalonym okresie kursowania interwał między dwoma kolejnymi kursami w wiązce ma tę własność, że jest stały i wynosi  $\bar{h}$  (jest to interwał idealny). Interwał ten można wyrazić dla danego zbioru wszystkich kursów  $K = [k_1, k_2, \dots, k_n]$  wszystkich linii tworzących wiązkę następująco:

$$\bar{h} = \frac{\rho}{\bar{K}} \quad (10)$$

gdzie:

- $\rho$  – długość okresu kursowania,
- $\bar{K}$  – liczba kursów ( $=n$ ).

Korzystając z pojęcia stałego interwału w pełni zsynchronizowanej wiązce można stwierdzić, że najprostszym sposobem oceny synchronizacji dowolnej wiązki jest porównanie odchyleń interwałów między dwoma kolejnymi kursami od interwału idealnego, który teoretycznie występowałby, gdyby badana wiązka była zsynchronizowana. Takie postępowanie można przeprowadzić co najmniej dwo-

jako: sumując wartości bezwzględne odchyżeń interwałów od interwału idealnego<sup>1</sup> (wskaźnik  $S$ ) lub sumując kwadraty odchyżeń interwałów od interwału idealnego (wskaźnik  $S^*$ ).

Niech zatem  $K' = [k'_1, k'_2, \dots, k'_n]$  będzie zbiorem wszystkich kursów wszystkich linii tworzących wiązkę uporządkowanych w kolejności wykonywania, czyli  $k'_1 < k'_2 < \dots < k'_n$ . Proponowane wskaźniki synchronizacji  $S$  i  $S^*$  mają postać:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} |[t(k'_{i+1}) - t(k'_i)] - \tilde{h}| \quad (11)$$

oraz

$$S^* = \sum_{i=1}^{n-1} ([t(k'_{i+1}) - t(k'_i)] - \tilde{h})^2 \quad (12)$$

gdzie:

- $\tilde{h}$  – interwał idealny,
- $t(k'_i)$  – czas odjazdu kursu  $k'_i$ ,
- $n$  – liczność zbioru kursów  $K'$ .

Interpretacja tak zdefiniowanych miar nie nastęrcza trudności. Wraz ze wzrostem wartości wskaźnika  $S$  lub  $S^*$  synchronizacja wszystkich badanych kursów w ustalonej wiązce ulega pogorszeniu. Analogicznie spadek wartości wskaźników pociąga za sobą poprawę synchronizacji. W szczególności najmniejszą wartością, jaką mogą przyjąć miary jest 0, co należy utożsamiać z pełną synchronizacją kursów w wiązce.

Przekształcając równanie (11) do postaci (13), a równanie (12) do postaci (14) otrzymuje się dwie klasyczne miary rozproszenia (zmienności): odchylenie przeciętne  $d$  oraz odchylenie standardowe  $\sigma$  od interwału idealnego.

$$d = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} |[t(k'_{i+1}) - t(k'_i)] - \tilde{h}| \quad (13)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} ([t(k'_{i+1}) - t(k'_i)] - \tilde{h})^2} \quad (14)$$

## 4. PORÓWNANIE EFEKTYWNOŚCI WSKAŹNIKÓW

Porównania wartości wskaźników dla wybranego układu linii komunikacyjnych dokonano przy następujących założeniach:

- dane są dwie linie, oznaczone roboczo literami  $A$  oraz  $B$ , kursujące po wspólnej wiązce w okresie kursowania zawierającym się w przedziale  $[0;60]$  minut,
- znane są interwały kursowania linii komunikacyjnych: dla linii  $A$  – 5 minut, dla linii  $B$  – 13 minut.

Wobec powyższego momenty odjazdu kursów linii  $A$  i  $B$  będą układać się w ciąg arytmetyczny o różnicy odpowiednio 5 i 13 minut. Oznacza to, że wyznaczenie czasu odjazdu pierwszego kursu danej linii „wygeneruje” odjazdy pozostałych. Z założenia, że każda linia wykonuje w ustalonym okresie kursowania maksymalną liczbę kursów wynika, że odjazdy pierwszego kursu linii  $A$  mogą zmieniać się

w przedziale  $[0;4]$  minut, czyli linia  $A$  ma 5 możliwych momentów odjazdu (standardem jest, że czasy odjazdów to „pełne” minuty). Z kolei odjazdy pierwszego kursu linii  $B$  mogą zmieniać się w przedziale  $[0;7]$  minut, czyli linia  $B$  ma 8 możliwych momentów odjazdu. Łącznie istnieje zatem 40 możliwych kombinacji odjazdów obu linii. Interwał idealny w wiązce – obliczony zgodnie ze wzorem (10) – wynosi 3,5 minuty<sup>2</sup>. W tabeli 3 przedstawiono wyniki obliczeń dla wybranych wskaźników synchronizacji dla wszystkich tych kombinacji. Ograniczenie obliczeń tylko do wskaźników  $SM_1, SM_2, SM_3, SM_4, SM_5, SM_6, S$  oraz  $S^*$  jest celowe. Jak zauważono wcześniej wskaźnik  $PRDM$  nie może być stosowany do badania regularności kursowania kilku linii w wiązce, a jedynie do badania pojedynczej linii, natomiast probabilistyczny wskaźnik nieregularności można stosować dla linii kursujących w interwale nie dłuższym niż 12 minut.

**Tab. 3.** Wartości wskaźników synchronizacji w zależności od momentów odjazdu linii  $A$  oraz linii  $B$  – opracowanie własne

Czas odjazdu pierwszego kursu [min]		Wartość wskaźnika							
Linia A	Linia B	$SM_1$	$SM_2$	$SM_3$	$SM_4$	$SM_5$	$SM_6$	$S$	$S^*$
0	0	5	6	3,44	1,75	44%	6%	24	46
	1	5	6	3,44	1,75	44%	6%	24	46
	2	5	6	3,44	1,75	44%	6%	24	46
	3	5	6	3,44	1,75	44%	6%	24	46
	4	5	6	3,50	1,79	50%	6%	25	48
	5	5	6	3,56	1,79	50%	6%	25	48
	6	5	6	3,63	1,75	50%	6%	24	46
1	0	5	6	3,50	1,79	50%	6%	25	48
	1	5	6	3,44	1,75	44%	6%	24	46
	2	5	6	3,44	1,75	44%	6%	24	46
	3	5	6	3,44	1,75	44%	6%	24	46
	4	5	6	3,44	1,75	44%	6%	24	46
	5	5	6	3,50	1,79	50%	6%	25	48
	6	5	6	3,56	1,79	50%	6%	25	48
2	0	5	6	3,63	1,75	50%	6%	24	46
	1	5	6	3,50	1,79	50%	6%	25	48
	2	5	6	3,44	1,75	44%	6%	24	46
	3	5	6	3,44	1,75	44%	6%	24	46
	4	5	6	3,44	1,75	44%	6%	24	46
	5	5	6	3,44	1,75	44%	6%	24	46
	6	5	6	3,50	1,79	50%	6%	25	48
3	0	5	6	3,56	1,79	50%	6%	25	48
	1	5	6	3,50	1,79	50%	6%	25	48
	2	5	6	3,44	1,75	44%	6%	24	46
	3	5	6	3,44	1,75	44%	6%	24	46
	4	5	6	3,44	1,75	44%	6%	24	46
	5	5	6	3,44	1,75	44%	6%	24	46
	6	5	6	3,44	1,75	44%	6%	24	46
4	0	5	6	3,50	1,79	50%	6%	25	48
	1	5	6	3,50	1,79	50%	6%	25	48
	2	5	6	3,56	1,79	50%	6%	25	48
	3	5	6	3,63	1,75	50%	6%	24	46
	4	5	6	3,63	1,75	50%	6%	24	46
	5	5	6	3,69	1,66	50%	6%	23	42
	6	5	6	3,69	1,66	50%	6%	23	42

Z tabeli 3 wynika, że wskaźniki  $SM_1$  (rozstęp interwałów),  $SM_2$  (liczba różnych interwałów) i  $SM_6$  (udział kursów straconych) nie różnicują wariantów rozkładu odjazdów, wskaźnik  $SM_5$  (udział najdłuż-

<sup>1</sup> Wariant ten jest mniej wrażliwy na wartości skrajne.

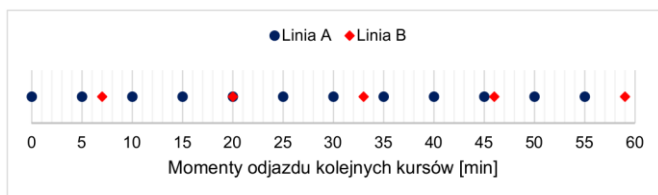
<sup>2</sup> Gdy przyjmując, że długość okresu kursowania wynosi 60 to otrzymujemy 3,529412, jeśli 59 – w chwili 60 odjazd nie jest możliwy – 3,470588, przyjęto „kompromisowo” 3,5 co odpowiada długości okresu kursowania 59,5. Nie ma to wpływu na wynik końcowy.

szych interwałów) przyjmuje dwie wartości, a wskaźniki  $SM_4$  (odchylenie standardowe)  $S$  oraz  $S^*$  przyjmują po 3 wartości. Zauważmy, że wskaźniki te są zgodne w tym sensie, że rozwiązania najlepsze w sensie wskaźnika  $S$  są najlepszymi w sensie wskaźnika  $S^*$  (i na odwrót) oraz najlepszymi w sensie wskaźnika  $SM_4$  oraz rozwiązania najgorsze w sensie wskaźnika  $S$  są najgorszymi w sensie wskaźnika  $S^*$  (i na odwrót) oraz najgorszymi w sensie wskaźnika  $SM_4$ . Jednak najlepsze (najgorsze) rozwiązanie w sensie wskaźnika  $SM_4$  nie musi oznaczać najlepszego (najgorszego) rozwiązania w sensie wskaźników  $S$  i  $S^*$ . Wskaźnik  $SM_3$  przyjmuje 5 różnych wartości – więc w tym przykładzie najlepiej różnicuje rozwiązania, jednak jego wskazania są sprzeczne ze wskazaniami wskaźników  $SM_4$ ,  $S$  i  $S^*$ . Największą wartość (więc wskazując na rozwiązanie najgorsze) przyjmuje, gdy pozostałe wskaźniki przyjmują wartość najmniejszą (więc wskazują na rozwiązanie najlepsze), rozwiązania wskazywane jako najgorsze według wskaźników  $SM_4$ ,  $S$  i  $S^*$  są „przeciętne” według wskaźnika  $SM_3$  (przyjmuje wartość drugą lub trzecią w rosnącym ciągu wartości). Zauważmy jeszcze, że wskaźnik  $SM_5$  przyjął wartość najmniejszą, gdy wartość najmniejszą przyjął wskaźnik  $SM_3$  (i tylko wtedy), a wartość największą zarówno dla rozwiązań najlepszych jak i najgorszych w sensie wskaźników  $SM_4$ ,  $S$  i  $S^*$ .

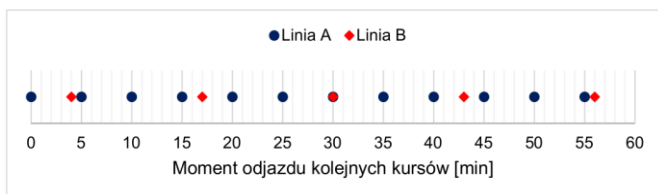
Wskaźniki  $S$  i  $S^*$  nie osiągają dla przyjętych danych wartości 0, a stąd płynie wniosek, że nie jest możliwa pełna synchronizacja wszystkich kursów linii  $A$  i  $B$  w rozpatrywanej wiązce. Najniższe wartości – równe 23 oraz 42 odpowiednio dla miary  $S$  i  $S^*$  – wskaźniki te przyjmują, gdy:

- momenty odjazdu linii  $A$  układają się w ciąg: 0 – 5 – 10 – 15 – 20 – 25 – 30 – 35 – 40 – 45 – 50 – 55 oraz momenty odjazdu linii  $B$  układają się w ciąg: 7 – 20 – 33 – 46 – 59 (i układ ten schematycznie przedstawiono na rysunku 2) lub
- momenty odjazdu linii  $A$  układają się w ciąg: 4 – 9 – 14 – 19 – 24 – 29 – 34 – 39 – 44 – 49 – 54 – 59 oraz momenty odjazdu linii  $B$  układają się w ciąg: 0 – 13 – 26 – 39 – 52.

Najwyższe wartości – równe 25 oraz 48 odpowiednio dla miary  $S$  i  $S^*$  – wskaźniki te przyjmują dla kilku układów odjazdu badanych linii komunikacyjnych, m.in. gdy odjazdy linii  $A$  mają postać: 0 – 5 – 10 – 15 – 20 – 25 – 30 – 35 – 40 – 45 – 50 – 55 oraz odjazdy linii  $B$  mają postać: 4 – 17 – 30 – 43 – 56 (rysunek 3).



**Rys. 2.** Momenty odjazdu kolejnych kursów linii  $A$  i  $B$  w warunkach najlepszej synchronizacji ze względu na wskaźnik  $S$  i  $S^*$  – opracowanie własne



**Rys. 3.** Momenty odjazdu kolejnych kursów linii  $A$  i  $B$  w warunkach najgorszej synchronizacji ze względu na wskaźnik  $S$  i  $S^*$  – opracowanie własne

Zarówno dla układów odpowiadających najlepszej, jak i najgorszej synchronizacji wspólny pozostaje rozstęp interwałów oraz liczba

różnych interwałów. Znamienne jest również to, że zawsze (w tym przykładzie) – niezależnie od stopnia regularności kursowania – występuje jeden przypadek dublowania się kursów.

Wskaźniki  $S$  i  $S^*$  „dokonały” identycznej klasyfikacji dla wszystkich 40 rozwiązań dopuszczalnych. Nie należy jednak traktować tego jako reguły.

Warto zauważyć, iż użyteczność zaproponowanych miar nie ogranicza się jedynie do badania regularności układu dwóch linii w wiązce (układ ten jest przypadkiem szczególnym, charakteryzującym się znacznym uproszczeniem). Możliwa jest przy ich użyciu analiza regularności wielu linii w wiązce, co ma miejsce w warunkach rzeczywistych.

## BIBLIOGRAFIA

1. Dźwigoń W., *Synchronizacja rozkładów jazdy w transporcie zbiorowym*, „Transport miejski i regionalny”, nr 12/2006, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej, s. 38 – 42.
2. Dźwigoń W., Hempel L., *Zur Synchronisation Von Linien Im ÖPNV*, 17th International Conference on the Applications of Computer Science and Mathematics in Architecture and Civil Engineering K. Gürlebeck and C. Könke, Weimar, Germany, 12 – 14 July 2006.
3. Hakkesteept P., *Strategic operational control in public transport*, Delft University of Technology, 1986.
4. Oziomek J., Rogowski A., *Zagadnienie synchronizacji linii komunikacyjnych w transporcie publicznym*, „Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe”, nr 1-2/2016, Instytut Naukowo-Wydawniczy „SPATIUM” sp. z o.o., s. 12 – 15.
5. Rudnicki A., *Jakość komunikacji miejskiej*, Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji Miejskiej, Kraków 1999.
6. Wyszomirski O., *Transport miejski – ekonomika i organizacja*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2010.

## The alternative measure of the synchronization of timetables

*Ensuring the regularity of running bus lines is a significant problem of public transport. Lack of the regularity causes lots of adverse effects and the most prominent is the duplication of the courses. The analysis of the regularity of the courses is one of many ways to evaluate the quality of urban public transport. It enables to answer the question, how the courses of urban public transport are synchronized, when they divide the common segment of routes. This article presents the selected measures of the regularity of the bus lines and defines the alternative one. Their values were calculated for the sample of two bus lines running in a bundle and their analysis allowed to choose the best (in terms of ensuring the regularity) moments of the departure of both lines.*

Autorzy:

mgr inż. **Jakub Oziomek** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki

dr hab. inż. **Andrzej Rogowski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki