

RENATA ŻOCHOWSKA

dr hab. inż., Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Katedra Systemów Transportowych i Inżynierii Ruchu, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, tel. +48 32 603 41 21, e-mail. renata.zochowska@polsl.pl

ALEKSANDER SOBOTA

dr inż., Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Katedra Systemów Transportowych i Inżynierii Ruchu, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, tel. +48 32 603 41 21, e-mail. aleksander.sobota@polsl.pl

GRZEGORZ KAROŃ

dr inż., Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Katedra Systemów Transportowych i Inżynierii Ruchu, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, tel. +48 32 603 41 59, e-mail. grzegorz.karon@polsl.pl

PIOTR SOCZÓWKA

mgr inż., Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Katedra Systemów Transportowych i Inżynierii Ruchu, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, tel. +48 32 603 41 59, e-mail. piotr.soczowka@polsl.pl

Postrzeganie płynności ruchu w świetle badań ankietowych¹

Streszczenie: Na procesy decyzyjne użytkowników systemu transportowego istotny wpływ mają indywidualne odczucia związane z przemieszczaniem się w sieci drogowo-ulicznej. Subiektywny charakter może mieć również pojęcie „ruchu płynnego”. Postrzeganie płynności ruchu jest zależne zarówno od typu użytkownika, jego preferencji i rodzaju podróży, jak i parametrów technicznych oraz lokalizacji drogi. Badania prowadzone w tym zakresie mogą zatem stanowić jeden z etapów budowy modelu opisującego funkcję płynności ruchu drogowego, która będzie uzupełnieniem mierników ilościowych i jakościowych ruchu. W artykule, oprócz prezentacji stanu zagadnienia, przedstawiono i porównano wyniki badań ankietowych przeprowadzonych wśród mieszkańców aglomeracji górnośląskiej oraz Bielska-Białej dotyczących postrzegania warunków ruchu miejskiego w kontekście pojęcia płynności ruchu. Odpowiedzi na pytania postawione w ankiecie dają obraz tego, jak rozumiane jest przez kierowców i pasażerów transportu indywidualnego pojęcie ruchu płynnego oraz, które czynniki odbierane są przez nich jako istotnie pogarszające ruch płynny. Może to stanowić przyczynek do rozszerzenia modelu podziału modalnego o czynnik uwzględniający wybór systemu transportowego ze względu na płynność ruchu.

Słowa kluczowe: płynność ruchu; modelowanie podróży; problem decyzyjny w transporcie.

Wprowadzenie

Poznanie preferencji komunikacyjnych mieszkańców prowadzone między innymi w ramach Kompleksowych Badań Ruchu (KBR) wykorzystywane jest w kształtowaniu podziału modalnego ruchu w mieście. Na ich podstawie podejmowane są decyzje w zakresie rozwoju systemu transportowego. Mogą to być decyzje o charakterze strategicznym wynikające z zapisów polityk transportowych, jak również konkretne decyzje dotyczące usprawnienia funkcjonowania publicznego transportu zbiorowego, gdyż to one mają na celu zmniejszenie skutków kongestii. Poprawnym jest, gdy decyzje, o których mowa, podejmowane są z wykorzystaniem narzędzi je wspomagających, np. modeli transportowych. Stąd też ba-

dania preferencji komunikacyjnych mieszkańców są istotne, gdyż umożliwiają zaobserwowanie zjawisk wpływających na decyzje podejmowane przez mieszkańców w zakresie wyboru sposobu podróżowania, a co za tym idzie, pozwalają dokładniej odwzorować ten proces podczas budowy lub aktualizacji modeli transportowych.

Badania, o których mowa, wykorzystuje się przy budowie modelu podziału zadań przewozowych w czterostopniowym modelu transportu, który to etap uznawany jest za najtrudniejszy z punktu widzenia modelowania, gdyż uzyskanie zadowalających wartości miar dopasowania modelu do danych empirycznych jest trudne. Wynika to również z faktu, że na problem decyzyjny przy wyborze sposobu podróżowania wpływ ma wiele czynników, zarówno o charakterze deterministycznym (np. oferta przewozowa, dostępność, posiadanie samochodu, inne), jak i losowym (np. warunki atmosferyczne, awarie własnego samochodu), które nie zawsze są poprawnie zidentyfikowane podczas realizacji badań ankietowych. Jednym z omawianych czynników jest niewątpliwie informacja o aktualnie panujących warunkach ruchu w sieci transportowej, która może wpłynąć na podjęcie decyzji o realizacji podróży, czasie rozpoczęcia podróży, trasie podróży czy wybranym środkiem transportu. Obecnie informacja o warunkach ruchu przekazywana jest z wykorzystaniem pojęcia płynności ruchu.

Mając powyższe na uwadze, nasuwają się pytania: W jakiej sytuacji ruchowej na drodze użytkownicy uznają, że ruch odbywa się płynnie? Przy jakiej prędkości pojazdów użytkownik uznaje ruch za płynny? Czy wszyscy użytkownicy w taki sam sposób postrzegają pojęcie płynności ruchu? Celem artykułu jest próba odpowiedzi na wyżej wymienione pytania, w kontekście możliwości rozszerzenia modelu rozkładu modalnego o czynnik uwzględniający wybór sposobu podróżowania ze względu na płynność ruchu.

Dodatkowo wyniki badań dotyczących postrzegania pojęcia płynności ruchu porównano z badaniami prowadzonymi w 2009 roku, które zostały przedstawione między

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2018. Wkład autorów w publikację: R. Żochowska 25%, A. Sobota 25%, G. Karoń 25%, P. Soczówka 25%.

innymi w artykule [1], bowiem pozwoli to odpowiedzieć na pytanie, czy czas oraz miejsce zamieszkania to czynniki wpływające na postrzeganie płynności ruchu.

Płynność ruchu w świetle literatury

Pojęcie **płynności ruchu** wydaje się być intuicyjnie zrozumiałe. W literaturze spotyka się jednak różnorodne podejścia do jego definiowania [2]. Badania tego zjawiska prowadzono początkowo dla ruchu kolejowego [3, 4, 5]. Pojęcie płynności ruchu ma również swoje zastosowanie w ruchu lotniczym [6, 7]. Definicja **ruchu płynnego** opracowana na bazie teorii kolejek przez J. Wocha głównie dla potrzeb ruchu kolejowego została w kolejnych latach uogólniona dla *ruchu drogowego* [8]. J. Woch zdefiniował związek pomiędzy płynnością ruchu a intensywnością dla dowolnego typu strumienia ruchu na podstawie modelu ruchomego bufora. Inspiracją do sformułowania takich zależności były m.in. prace F. Haight'a [9], D. Drew [10] oraz D. Heidemanna [11].

Analizując przepływ potoku ruchu w sieci transportowej, można rozróżnić dwa typy ruchu płynnego: **swobodny**, ruch bez zakłóceń, charakteryzujący się możliwością wyboru prędkości niezależnie od innych użytkowników ruchu, oraz **wymuszony**, ruch o dużej intensywności, w którym pojazdy przemieszczają się ze stałą, akceptowalną prędkością, jednak jest ona ściśle zdeterminowana aktualnymi warunkami ruchu [1, 8]. W metodach szacowania przepustowości przyjmuje się, że granicą ruchu płynnego jest spadek prędkości poniżej arbitralnie ustalonej wartości prędkości [12]. Jako wymuszony należy traktować ruch pojazdów w kolumnie z podobnymi prędkościami bez możliwości wyprzedzania. W tym niestabilnym stanie strumienia nawet niewielki wzrost gęstości ruchu (dopływ pojazdów z wlotu lub przeszkoda na drodze) może spowodować utrudnienia w postaci tworzących się kolejek, w przypadku osiągnięcia gęstości maksymalnej.

Ruch płynny potoku o dużej gęstości, w odróżnieniu od potoku płynnego w ruchu swobodnym (o małej gęstości potoku i wyższej prędkości – prędkości w ruchu swobodnym), charakteryzuje się ponadto małą wariacją odstępów (luki) między pojazdami w potoku. Potok płynny przy dużej gęstości cechuje **równoodstępowość**. Ponadto w potokach gęstych minimalny odstęp bezpieczny (luka bezpieczna) jest stosunkowo mały, co powoduje, że wzrasta prawdopodobieństwo powstania zakłócenia w postaci nagłego spowolnienia (zatrzymania) pojazdów – w wyniku reakcji kierowcy na bodziec, jakim jest nagłe zmniejszenie luki za poprzednikiem [8, 13]. Rośnie więc również prawdopodobieństwo (ryzyko) powstawania kolejek pojazdów.

Uwzględniając możliwość formowania się kolejek pojazdów podczas zakłóceń płynności ruchu, można zapisać **warunek (konieczny i wystarczający) ruchu płynnego** jako [8, 14]:

$$E(Lp(Q)) \leq 1 \quad (1)$$

Warunek (1) oznacza, że w płynnym potoku ruchu o intensywności Q oczekiwana długość kolejki $E(Lp(Q))$ na pojedynczym odcinku o długości równej $1/k_{smooth}$ jest nie większa niż 1 pojazd (przy czym k_{smooth} oznacza gęstość potoku ruchu w ruchu płynnym). Podejście to przedstawiono również w publikacjach [13, 15] prezentujących zagadnienia modelowania płynności ruchu z wykorzystaniem ITS. Z kolei w pracy [16] zdefiniowano pojęcie ruchu płynnego jako ruchu charakteryzującego się **jednorodnością wartości prędkości na ustalonym poziomie** w kolejnych chwilach czasu. Przyjęty poziom tolerancji może być zróżnicowany i określany na podstawie indywidualnych ocen uczestników ruchu drogowego.

Specyficzne mechanizmy związane z powstawaniem kongestii różnią się w zależności od klasy drogi i mają wpływ na oczekiwania użytkowników i postrzeganie przez nich płynności ruchu [17]. Ruch w gęstych sieciach miejskich, w przeciwieństwie do ruchu zamiejskiego, w dłuższych horyzontach czasu **nie może być więc traktowany jako swobodny ruch płynny**. Jedynie w krótkich przedziałach czasu, w przypadku przemieszczania się pomiędzy węzłami sieci, można mówić o chwilowej płynności ruchu. Z punktu widzenia płynnego przepływu potoku ruchu kongestia stanowi znaczną uciążliwość. W obszarach miejskich jest to spowodowane [18] przede wszystkim mniejszymi odległościami między pojazdami wynikającymi z niższych prędkości. W takiej sytuacji sieć transportowa jest szczególnie podatna na zaburzenia płynności ruchu prowadzące do rozprzestrzeniania się tzw. fali zaburzeniowej i tworzenia kongestii wtórnej [19].

Określenie związku pomiędzy płynnością ruchu a intensywnością prowadzi do sformułowania **zagadnienia optymalizacji ruchu** w węzle oraz w sieci transportowej [8, 20]. Według J. Wocha [8] optymalny ruch w sieci transportowej warunkowany jest optymalizacją ruchu w poszczególnych elementarnych węzłach tej sieci. Jedynie analiza kolizyjności w węzłach elementarnych zapewnia dokładną ocenę płynności ruchu. W tym celu J. Woch [8] zaproponował algorytm o charakterze dualnym, pozwalający zarówno na wydzielenie węzłów krytycznych (ujęcie „sieciovie”), jak i określenie potoków zakłóconych (ujęcie „potokowe”). Z jednej strony więc zakłócony potok wskazuje miejsce potencjalnych największych korzyści z poprawy organizacji ruchu, z drugiej – struktura kolejek w złożonych węzłach krytycznych odwzorowuje rezerwy przepustowości w ich węzłach elementarnych, pozwalając na sformułowanie optymalnego wariantu organizacji ruchu. Podejście to zostało rozszerzone w pracach [13, 16].

Warto podkreślić, że **oczekiwania płynność ruchu** jest pojęciem subiektywnym zależnym zarówno od typu użytkownika i jego oczekiwań w odniesieniu do jakości funkcjonowania systemu transportowego, jak i kategorii oraz lokalizacji drogi. W określonych warunkach ruchu pewien poziom zakłócenia jest możliwy do zaakceptowania. Potwierdzają to wyniki badań ankietowych mieszkańców miast przedstawione w publikacji [1].

Charakterystyka prowadzonych badań

W artykule analizie poddano wyniki badań postrzegania warunków ruchu miejskiego w kontekście płynności ruchu prowadzone w roku 2009 oraz 2014. Na przełomie marca i kwietnia 2009 roku wykonano badania metodą wywiadu bezpośredniego wśród mieszkańców 13 miast aglomeracji górnośląskiej (Będzin, Bytom, Chorzów, Czeladź, Dąbrowa Górnicza, Gliwice, Katowice, Mysłowice, Ruda Śląska, Siemianowice Śląskie, Sosnowiec, Świętochłowice, Zabrze). W analizie uwzględniono 650 ankiet. Natomiast w 2014 roku badania przeprowadzono na przełomie października i listopada wśród mieszkańców Bielska-Białej. Również wykorzystano metodę wywiadu bezpośredniego. W analizie uwzględniono 7848 ankiet.

Zarówno w 2009, jak i w 2014 roku osobom ankietowanym zadawano dwa pytania dotyczące pojęcia płynności ruchu w mieście.

Pytanie 1 brzmiało: *Jak Pan(i) postrzega tak popularne obecnie pojęcie płynności ruchu?* Wyróżniono następujące odpowiedzi:

- A – możliwość jazdy po mieście z dowolnie wybraną przez siebie prędkością (w ramach obowiązujących ograniczeń);
- B – możliwość jazdy po mieście z prędkością, z którą jeżdżą inni kierowcy, ale mając pewność, że nie będą tworzyły się korki uliczne;
- C – możliwość jazdy po mieście z prędkością, z którą jeżdżą inni kierowcy, ale dopuszczalne są chwilowe nieduże korki uliczne;
- D – możliwość jazdy z małą prędkością (nawet dopuszczalne są drobne korki uliczne), ale ważne, aby jazda była ciągła – bez zatrzymań.

Pytanie 2 brzmiało: *Biorąc pod uwagę Pana(i) doświadczenie w poruszaniu się samochodem po mieście, proszę powiedzieć, które z następujących zdarzeń Pana(i) zdaniem w największym stopniu utrudnia utrzymanie płynnego ruchu w mieście?*

Wyróżniono następujące odpowiedzi:

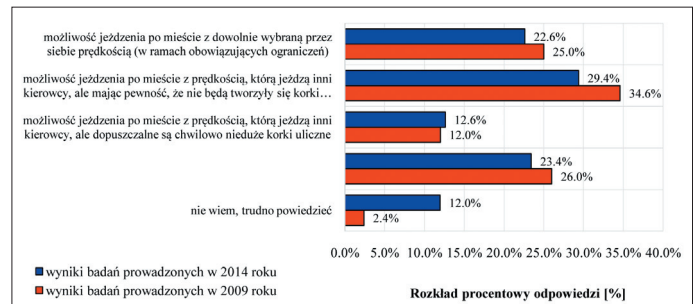
- F – duże natężenie ruchu, nieprzestrzeżenie przepisów drogowych przez innych kierowców, niewłaściwe zachowanie innych uczestników ruchu;
- G – różnego rodzaju losowe zdarzenia drogowe, np.: kolizje i wypadki drogowe, awarie świateł, awarie pojazdów;
- H – silne opady deszczu, śniegu, gęsta mgła itp.;
- I – roboty drogowe.

Pytania i odpowiedzi formułowano w taki sposób, aby były jak najbardziej zrozumiałe dla ankietowanych, celowo nie wykorzystując poprawnej terminologii (np. używano określenia „korki uliczne”).

Wyniki badań i ich analiza

Analiza odpowiedzi na pytanie 1: *Jak Pan(i) postrzega tak popularne obecnie pojęcie płynności ruchu?*

Na rysunku 1 przedstawiono rozkład procentowy odpowiedzi na pytanie 1, tj.: *Jak Pan(i) postrzega tak popularne*



Rys. 1. Rozkład procentowy odpowiedzi na pytanie 1 uzyskany na podstawie wyników badań prowadzonych w 2009 i 2014 roku

Źródło: opracowanie własne

obecnie pojęcie płynności ruchu? Rozkład uwzględnia wyniki badań przeprowadzonych w 2009 oraz 2014 roku.

Ankietowani najczęściej postrzegają pojęcie płynności ruchu jako: *możliwość jeżdżenia po mieście z prędkością, którą jeżdżą inni kierowcy, ale mając pewność, że nie będą tworzyły się korki uliczne*. Oznacza to, że około 30% ankietowanych nie dopuszcza powstawania kolejek pojazdów w sieci drogowej. W przeciwnym wypadku uznaje się, że ruch nie odbywa się płynnie. Widać to zarówno w badaniach prowadzonych w 2009, jak i 2014 roku. W obu badanych okresach ankietowani wybierają najczęściej te same odpowiedzi.

Przedstawione wyżej wyniki świadczą o tym, że użytkownicy systemu transportowego w większości mają wyobrażenie o pojęciu płynności ruchu. Jednak niewielkie różnice w udziale procentowym odpowiedzi pomiędzy najczęściej wybieraną odpowiedzią (średnio 32%) oraz trzecią najczęściej wybieraną (średnio 23,8%) potwierdzają tezę, że interpretacja pojęcia płynności ruchu przez ankietowanych jest różna.

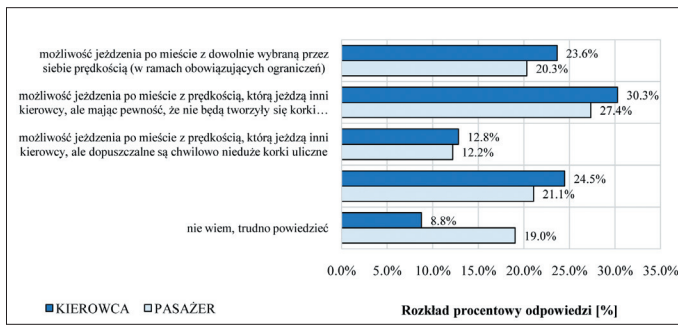
W pierwszej i trzeciej najczęściej wybieranej odpowiedzi ankietowani postrzegali ruch jako płynny, gdy możliwy jest wybór prędkości bądź jazda odbywa się z prędkością przybliżoną do prędkości rozwijanej przez innych kierowców, jednak ważne, aby nie tworzyły się „korki uliczne”. Zatem występowanie zatrzymań w ruchu to zjawisko, które według średnio 55,8% ankietowanych (z dwóch okresów badawczych) nie jest utożsamiane z ruchem płynnym.

Analizę odpowiedzi na pytanie 1 według sposobu użytkownika samochodu przedstawiono na rysunkach 2 i 3.

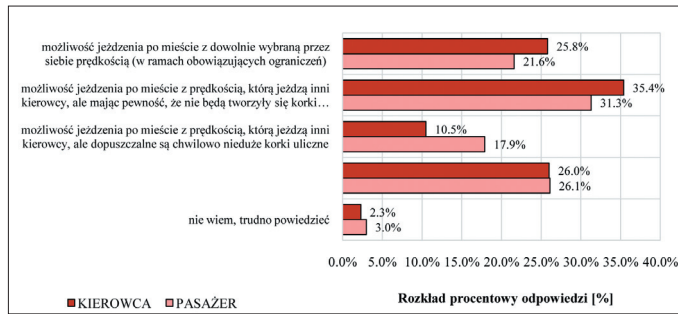
Kierowcy oraz pasażerowie najczęściej wskazywali odpowiedź: *„możliwość jazdy po mieście z prędkością, z którą jeżdżą inni kierowcy, ale mając pewność, że nie będą tworzyły się korki uliczne”*. Obserwuje się to zarówno w badaniach przeprowadzonych w roku 2009, jak i w 2014. Kierowcy częściej wskazują tę odpowiedź (30,3% odpowiedzi w 2014 roku i 35,4% w 2009 roku) aniżeli pasażerowie (27,4% odpowiedzi w 2014 roku i 31,3% w 2009 roku).

Warto podkreślić, że kierowcy oraz pasażerowie, zarówno w badaniach prowadzonych w 2014, jak i w 2009 roku wskazywali taką samą kolejność najczęściej udzielanych odpowiedzi.

Ocenę wyników uzyskiwanych odpowiedzi na pytanie 1 uzupełniono o analizę statystyczną. Wykonano test niez-



Rys. 2. Rozkład procentowy odpowiedzi na pytanie 1 z podziałem na sposób użytkownika samochodu uzyskany na podstawie wyników badań prowadzonych w 2014 roku
Źródło: opracowanie własne



Rys. 3. Rozkład procentowy odpowiedzi na pytanie 1 z podziałem na sposób użytkownika samochodu uzyskany na podstawie wyników badań prowadzonych w 2009 roku
Źródło: opracowanie własne

leżności χ^2 . Sprawdzano zależność wyboru odpowiedzi na pytanie od tego, czy respondent był kierowcą, czy pasażerem. Przyjęto poziom istotności 0,05. Na podstawie granicznej wartości statystyki χ^2_{gr} oraz wartości statystyki χ^2_{emp} uzyskanej na podstawie badań empirycznych określono zależność między zmiennymi. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabelicy 1.

Wyniki przedstawione w tabelicy 1 wskazują, że zmienne są niezależne dla badań prowadzonych w 2009 roku. Przeprowadzono je w aglomeracji górnośląskiej. Natomiast wyniki testu χ^2 wskazują, że zmienne są zależne dla badań prowadzonych na obszarze Bielska-Białej w 2014 roku. Oznacza to, że dla obszaru aglomeracji górnośląskiej analiza wyników badań z podziałem na sposób wykorzystania samochodu przez respondentów nie jest zasadna ze względu na brak istotnej (statystycznie) różnicy w odpowiedziach na pytanie 1 udzielanych przez kierowców i pasażerów. Zgoda odmienna sytuacja obserwowana jest dla mniejszego obszaru, tj. miasta Bielsko-Biała, gdzie wyniki badań niezależności wskazują na zasadność podziału struktury respondentów według powyższego kryterium.

Tabela 1

Wyniki testu niezależności χ^2 dla odpowiedzi na pytanie 1, uwzględniając strukturę osób według sposobu wykorzystania samochodu					
Lp.	Rok wykonania badań	Obszar, w którym wykonano badania	Graniczna wartość statystyki χ^2_{gr}	Empiryczna wartość statystyki χ^2_{emp}	Wniosek
1	2009	aglomeracja górnośląska	5,991	1,019	zmiennie niezależne
2	2014	Bielsko-Biała	9,488	124,384	zmiennie zależne

Źródło: opracowanie własne

Wydaje się, że zakres przestrzenny obszaru, na którym prowadzono badania, może mieć wpływ na otrzymane wyniki, bowiem badania z 2009 roku prowadzono w 13 miastach stanowiących aglomerację górnośląską. Jest to obszar heterogeniczny pod kątem podziału administracyjnego, zagospodarowania przestrzennego czy struktury sieci transportowej. Natomiast Bielsko-Biała to jeden spójny organizm miejski. Respondenci podróżujący po obszarze aglomeracji górnośląskiej na co dzień spotykają się ze znacznie większym zróżnicowaniem czynników wpływających na postrzeganie płynności ruchu. Na przykład w aglomeracji górnośląskiej występują autostrady, których nie ma w Bielsku-Białej.

Dodatkowo przeprowadzono parametryczny test dla dwóch wskaźników struktury wyznaczając statystykę Z_{emp} . Dla poziomu istotności 0,05 wartość graniczna statystyki $Z_{gr} = 1,96$. Porównano udziały procentowe poszczególnych odpowiedzi dla dwóch okresów badawczych (2009 i 2014 roku), uwzględniając jednocześnie strukturę respondentów według sposobu wykorzystania samochodu. Wyniki analizy (dla dwustronnego obszaru krytycznego) przedstawiono w tabeli 2.

Wyniki przedstawione w tabeli 2 wskazują w większości przypadków na to, że różnica między udziałem procentowym odpowiedzi udzielanych przez respondentów danej kategorii (podział według sposobu wykorzystania samochodu przez osoby ankietowane) nie jest istotna statystycznie. Oznacza to, że udział procentowy odpowiedzi na dane pytanie nie zależy od okresu, a tym samym obszaru realizacji badań. Różnice istotne statystycznie zaobserwowano jedynie dla dwóch porównywanych wartości.

Analiza odpowiedzi na pytanie 2: *Biorąc pod uwagę Pana(i) doświadczenie w poruszaniu się samochodem po mieście, proszę powiedzieć, które z następujących zdarzeń Pana(i) zdaniem w największym stopniu utrudnia utrzymanie płynnego ruchu w mieście?*

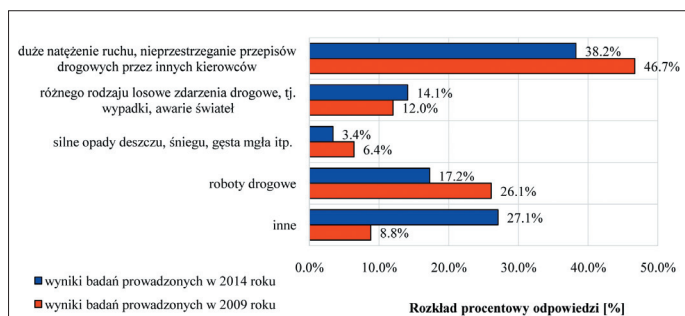
Na rysunku 4 przedstawiono rozkład procentowy odpowiedzi na pytanie 2, tj.: *Biorąc pod uwagę Pana(i) doświadczenie w poruszaniu się samochodem po mieście, proszę powiedzieć, które z następujących zdarzeń Pana(i) zdaniem w największym stopniu utrudnia utrzymanie płynnego ruchu w mieście?*

Tabela 2

Wyniki testu dla dwóch wskaźników struktury dla odpowiedzi na pytanie 1, uwzględniając strukturę osób według sposobu wykorzystania samochodu					
Lp.	Odpowiedzi	Podział respondentów według sposobu wykorzystania samochodu przez osoby ankietowane			
		Kierowca		Pasażer	
		Wartość statystyki	Wniosek	Wartość statystyki Z_{emp}	Wniosek
1	A	1,095	N	0,361	N
2	B	2,392	T	0,994	N
3	C	-1,487	N	1,925	N
4	D	0,757	N	1,375	N
5	E	1,095	N	-4,675	T

Oznaczenia w kolumnie „Wniosek”: „T” – różnica jest istotna statystycznie, „N” – różnica nie jest istotna statystycznie;
Oznaczenia w kolumnie „Odpowiedzi”: E – nie wiem, trudno powiedzieć.

Źródło: opracowanie własne



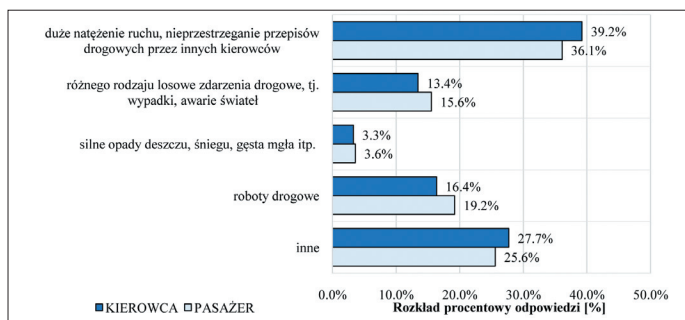
Rys. 4. Rozkład procentowy odpowiedzi na pytanie 2 uzyskany na podstawie wyników badań prowadzonych w 2014 i 2009 roku

Źródło: opracowanie własne

Wyniki badań prowadzonych w 2009 i 2014 roku wskazują, że według ankietowanych czynnikami wpływającymi na utrzymanie płynnego ruchu w mieście są przede wszystkim te, związane m.in. z dużym natężeniem ruchu, nieprzestrzeganie przepisów drogowych przez innych kierowców czy niewłaściwym zachowaniem innych uczestników ruchu. Czynniki losowe czy atmosferyczne zostały wskazywane przez ankietowanych znacznie rzadziej.

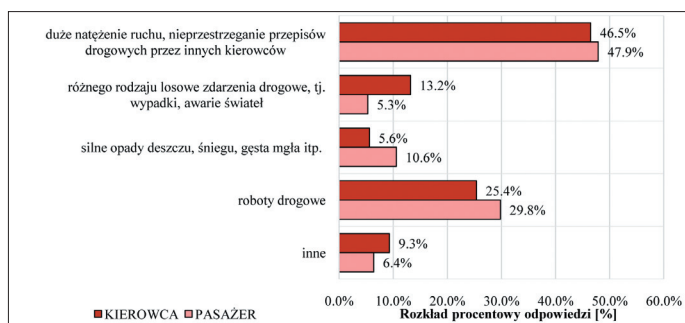
Na rysunku 5 i 6 przedstawiono rozkład procentowy odpowiedzi na pytanie 2 według sposobu wykorzystania samochodu.

Zarówno kierowcy, jak i pasażerowie najczęściej wskazują, że czynniki związane z dużym natężeniem ruchu, nieprzestrzeganie przepisów drogowych przez innych kierowców czy niewłaściwym zachowaniem innych uczestników ruchu są tymi, które w największym stopniu utrudniają utrzymanie płynnego ruchu w mieście. Według



Rys. 5. Rozkład procentowy odpowiedzi na pytanie 2 z podziałem sposobu wykorzystania samochodu przez ankietowane osoby uzyskany na podstawie wyników badań prowadzonych w 2014 roku

Źródło: opracowanie własne



Rys. 6. Rozkład procentowy odpowiedzi na pytanie 2 z podziałem sposobu wykorzystania samochodu przez ankietowane osoby uzyskany na podstawie wyników badań prowadzonych w 2009 roku

Źródło: opracowanie własne

badan prowadzonych w 2014 roku ponad 25,6% pasażerów i 27,7% kierowców uznało, że utrzymanie płynnego ruchu w mieście utrudnione jest przez inne czynniki niż te wymienione w ankiecie. Natomiast według badań wykonywanych w 2009 roku 25,4% kierowców oraz 29,8% pasażerów uważa, że za utrudnienia utrzymania płynności ruchu w mieście odpowiadają roboty drogowe.

Ocenę wyników uzyskiwanych odpowiedzi na pytanie 2 także uzupełniono o analizę statystyczną. Podobnie jak dla pytania nr 2 wykonano test niezależności χ^2 . Wyniki obliczeń przedstawiono w tabelicy 3.

Wyniki przedstawione w tabelicy 3 wskazują, że zmienne są niezależne dla badań prowadzonych w 2009 roku, a dla badań z roku 2014 są one zależne. Wyniki analizy są analogiczne jak te uzyskane dla pytania 1.

Tabela 3

Wyniki testu niezależności χ^2 dla odpowiedzi na pytanie 2, uwzględniając strukturę osób według sposobu wykorzystania samochodu					
Lp.	Rok wykonania badań	Obszar, w którym wykonano badania	Graniczna wartość statystyki χ^2_{gr}	Empiryczna wartość statystyki χ^2_{emp}	Wniosek
1	2009	aglomeracja górnośląska	3,841	0,081	zmienne niezależne
2	2014	Bielsko-Biała	7,815	17,037	zmienne zależne

Źródło: opracowanie własne

Podobnie, jak w przypadku pytania 1, przeprowadzono analizę z wykorzystaniem testu dla dwóch wskaźników struktury. Analiza również dotyczyła udziałów procentowych poszczególnych odpowiedzi dla dwóch okresów badawczych (2009 i 2014 roku), uwzględniając jednocześnie strukturę respondentów według sposobu wykorzystania samochodu. Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 4.

Wyniki przedstawione w tabeli 4 wskazują w większości przypadków na to, że różnica między udziałem procentowym odpowiedzi udzielanych przez respondentów danej grupy osób (podział według sposobu wykorzystania samochodu przez osoby ankietowane) jest istotna statystycznie. Oznacza to, że według ankietowanych w aglomeracji gór-

Tabela 4

Wyniki testu dla dwóch wskaźników struktury dla odpowiedzi na pytanie 2, uwzględniając strukturę osób według sposobu wykorzystania samochodu					
Lp.	Odpowiedzi	Podział respondentów według sposobu wykorzystania samochodu przez osoby ankietowane			
		Kierowca		Pasażer	
		Wartość statystyki	Wniosek	Wartość statystyki Z_{emp}	Wniosek
1	F	3,245	T	2,317	T
2	G	-0,159	N	-2,709	T
3	H	X	X	X	X
4	I	5,222	T	2,526	T
5	J	-9,211	T	-4,216	T

Oznaczenia w kolumnie „Wniosek”: „T” – różnica jest istotna statystycznie, „N” – różnica nie jest istotna statystycznie;
Oznaczenia w kolumnie „Odpowiedzi”: J – inne.

Źródło: opracowanie własne

nośląskiej inne czynniki wpływają na postrzeganie utrudnień w utrzymaniu płynnego ruchu w mieście niż w Bielsku-Białej. Jest to zjawisko naturalne, bowiem oba obszary charakteryzują różne warunki ruchu panujące w sieci transportowej, różna struktura sieci oraz jej parametry techniczne. Wartości w tabeli 4 przedstawione jako X oznaczają, że nie wyznaczono wartości statystyki ze względu na małą liczebność próby.

Wnioski

Wyniki badań prowadzonych w 2009 roku wskazywały, że ruch płynny postrzegany jest przez 26% ankietowanych jako w ogóle możliwość poruszania się w sieci objętej kongestią. W badaniach z 2014 roku odnotowano 23,4% takich odpowiedzi. Wydaje się zatem, że mieszkańcy miast przyzwyczaili się do ruchu w kolejkach, które są zjawiskiem powszechnie występującym, zwłaszcza w miastach. Co więcej, takie określenie ruchu płynnego może być związane z tym, że zakłócenia są traktowane przez mieszkańców jako przejściowe trudności, które w przyszłości ustaną. Świadczy o tym również fakt, że roboty drogowe jako czynniki utrudniające utrzymanie płynnego ruchu w mieście zostały wskazane przez 26,1% osób ankietowanych w 2009 roku i 17,2% w roku 2014.

Najczęściej jednak za ruch płynny postrzega się możliwość jazdy po mieście z prędkością, z którą jeżdżą inni kierowcy, ale mając pewność, że nie będą tworzyły się kolejki pojazdów. W 2009 roku taką odpowiedź wskazało 34,6% osób ankietowanych, a w 2014 roku 29,4%. Ma to związek również z czynnikami, które wpływają na utrzymanie płynnego ruchu w mieście. Według badań są one związane z m.in. z dużym natężeniem ruchu, nieprzestrzeganiem przepisów drogowych przez innych kierowców czy niewłaściwym zachowaniem innych uczestników ruchu. Takie odpowiedzi zostały wskazane przez 46,7% ankietowanych osób w 2009 roku i przez 38,2% w 2014.

Warto zauważyć, że postrzeganie ruchu płynnego różni się w zależności od sposobu wykorzystania samochodu. Na przykład podczas badań w 2009 roku 5,3% pasażerów uznało, że za utrudnienia utrzymania płynności ruchu w mieście odpowiadają różnego rodzaju zdarzenia losowe. Takie zdanie miało w tamtym czasie 13,2% kierowców. Z kolei w badaniach z 2014 roku ponad 15,6% pasażerów wskazało ten czynnik, a kierowców było 13,4%.

Przeprowadzony test χ^2 dla odpowiedzi na pytanie 1 i 2 wskazuje, że podział respondentów według grupy osób (podział według sposobu wykorzystania samochodu przez osoby ankietowane) nie jest zasadny dla obszaru aglomeracji górnośląskiej, a jest zasadny dla miasta Bielsko-Biała.

Wyznaczona statystyka parametrycznego testu dla dwóch wskaźników struktury wskazuje, że postrzeganie płynności ruchu nie zależy od obszaru realizacji badań. Natomiast od tego czynnika zależy postrzeganie przez respondentów utrudnień utrzymania płynnego ruchu w mieście.

Reasumując, można rozważyć wprowadzenie w modelu podziału modalnego o dodatkowe kryterium wyboru pomiędzy transportem indywidualnym a zbiorowym, uwzględniające czynnik związany z płynnością ruchu.

Literatura

1. Sobota A., Karoń G., *Postrzeganie warunków ruchu miejskiego – płynność ruchu – wyniki badań ankietowych*, Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP, Oddział w Krakowie, seria: Materiały Konferencyjne, 2009, zeszyt 148.
2. Sobota A., *Płynność ruchu w świetle badań naukowych*, Katowice, Wydział Transportu Politechniki Śląskiej, 2009.
3. Węgierski J., *Metody probabilistyczne w projektowaniu transportu szynowego*, WKiŁ, Warszawa 1971.
4. Woch J., *Podstawy inżynierii ruchu kolejowego*, WKiŁ, Warszawa 1983.
5. Potthoff G., *Teoria potoków ruchu kolejowego*, WKiŁ, Warszawa 1973.
6. Malarski M., *Inżynieria ruchu lotniczego*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.
7. Dmochowski P.A., Skorupski J., *Air Traffic Smoothness as a Universal Measure for Air Traffic Quality Assessment*, *Procedia Engineering*, no 134, 2016.
8. Woch J., *Kształtowanie płynności ruchu w gęstych sieciach transportowych*, Polska Akademia Nauk – oddział w Katowicach, Komisja Transportu, Wydawnictwo Szumacher, Kielce 1998.
9. Haight F., *Mathematical theories of traffic flow*, Academic Press, New York, 1963.
10. Drew D., *Traffic flow theory and control*, Mc Graw – Hill Book Company, New York 1968.
11. Heidemann D. *A queueing theory approach to speed – flow – density relationships*, [in:] *Transportation and Traffic Theory*, 103 – 118, Pergamon 1996.
12. Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M., *Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i praktyka*, WKiŁ, Warszawa 2008.
13. Karoń G., Żochowska R., *Modelling of Expected Traffic Smoothness in Urban Transportation Systems for ITS Solutions*, "The Archives of Transport", Vol. 33, Issue 1, Warsaw, 2015.
14. Karoń G., Żochowska R., Sobota A., *Oczekiwana płynność ruchu w gęstych sieciach zatłoczonych – wąskie gardło sieci transportowej aglomeracji*, „Logistyka”, 2014, nr 6 (dodatek elektroniczny „Logistyka-nauka”).
15. Żochowska R., Karoń G., *ITS services packages as a tool for managing traffic congestion in cities* [in:] "Intelligent Transportation Systems – Problems and Perspectives" (Ed. A. Sładkowski, W. Pamuła), Springer-Verlag, series: "Studies in Systems, Decision and Control", Vol. 32, Springer International Publishing Switzerland 2016.
16. Żochowska R., *Wielokryterialne wspomaganie podejmowania decyzji w zastosowaniu do planowania tymczasowej organizacji ruchu w sieciach miejskich*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2015.
17. *Managing urban traffic congestion*, European Conference of Ministers of Transport Report, OECD Publishing, Paris 2007.
18. Szoltysek J., *Podstawy logistyki miejskiej*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 2007.
19. Żochowska R., Karoń G., Sobota A., *Zarządzanie kongestią w sieciach miejskich – wybrane aspekty*, „Logistyka”, 2014, nr 6 (dodatek elektroniczny „Logistyka-nauka”).
20. Woch J., *Aktualna wersja teorii płynności ruchu*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Transport, z. 58, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.