

MARIUSZ KIEĆ

dr inż., Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, tel. 12 6282158, e-mail: mkieci@pk.edu.pl

SYLWIA POGODZIŃSKA

mgr inż., Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, tel. 12 6282158, e-mail: spogodzin-ska@pk.edu.pl

Ocena stanu bezpieczeństwa ruchu drogowego na drogach wchodzących w skład ISSRRP¹

Streszczenie: W artykule przedstawiono ocenę bezpieczeństwa ruchu drogowego dla dróg wchodzących w skład systemu obszarowego sterowania ruchem, na przykładzie Inteligentnego Systemu Sterowania Ruchem Regionu Podhalańskiego (ISSRRP). Ocena brd została przeprowadzona za pomocą metody ilorazu szans („odds ratio”). Wykorzystując dane o zdarzeniach drogowych z lat 2009–2014, oszacowano zmianę stanu bezpieczeństwa ruchu oddzielnie dla dróg wojewódzkich i krajowych wchodzących w skład systemu sterowania oraz dla całego systemu. Przedstawiono również zmianę rodzaju i przyczyn wypadków na drogach objętych systemem sterowania ruchem. Miernikami kwantyfikującymi stan bezpieczeństwa ruchu były: liczby wypadków, rannych i ofiar śmiertelnych oraz wskaźniki wypadkowe (gęstości wypadków, względnego wskaźnika wypadkowego i wskaźnika zagrożenia). Wykazano negatywny wpływ, w okresie po wprowadzeniu ISSRRP, na bezpieczeństwo ruchu głównie dla dróg krajowych wchodzących w skład systemu w odniesieniu do grupy referencyjnej, składającej się z wybranych dróg krajowych w Małopolsce.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo ruchu drogowego, ISSRRP, sterowanie ruchem, iloraz szans, ITS, wypadek

Wprowadzenie

Z roku na rok liczba pojazdów zarejestrowanych w Polsce rośnie. Na przestrzeni ostatnich pięciu lat (2009–2014) wzrost ten wyniósł około 20,2% [1]. Postępujący rozwój motoryzacji, wynikający z rosnącego popytu na podróże, przyczynia się do wzrostu zatłoczenia w sieci drogowo-ulicznej. Prowadzi to w konsekwencji do zwiększenia strat czasu pojazdów, zmniejszenia poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego, wzrostu zużycia paliwa i uciążliwości ruchu dla środowiska, pogorszenia stanu nawierzchni itd. Rozbudowa układu drogowo-ulicznego nie zawsze jest dobrym rozwiązaniem. Wynika to z ograniczeń terenowych (występujących zwłaszcza na terenie zabudowanym) oraz chęci ochrony niektórych terenów przed nadmiernym ruchem (np. centra miast, obszary mieszkaniowe, rekreacyjne). Ponadto rozbudowa sieci drogowo-ulicznej to proces bardzo kosztowny i rozległy w czasie, a efekty, które ze sobą niesie, mogą być krótkotrwałe. Od lat prowadzone są prace mające na celu rozwój metod pozwalających na dynamiczne sterowanie ruchem w sieciach drogowych z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi ITS również na drogach zamiejskich, głównie szybkiego ruchu. Przykładem Inteligentnych Systemów Transportowych są systemy in-

formujące kierujących pojazdami o zatłoczeniach na drodze za pomocą znaków zmiennej treści bądź kanałów informacji takich jak Internet, GSM, GPS.

Jednym z newralgicznych obszarów zamiejskich w Polsce, który charakteryzuje się znacznymi okresowymi przeciążeniami ruchu, jest region podhalański, obejmujący połączenie drogowe Krakowa i Zakopanego. Na początku 2012 roku uruchomiony został Inteligentny System Sterowania Ruchem Regionu Podhalańskiego (ISSRRP) obejmujący swoim zasięgiem sieć dróg krajowych, wojewódzkich oraz powiatowych przebiegających przez obszar Podhala [2]. Wprowadzenie systemu miało na celu poprawę warunków ruchu w okresach przeciążenia sieci drogowej na odcinku Zakopane–Kraków poprzez zmianę rozkładu natężenia. Zmiana ruchu w sieci drogowej może przyczynić się do zmiany warunków ruchu, jak również poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego. Celem artykułu jest ocena bezpieczeństwa ruchu drogowego na drogach wojewódzkich i krajowych (objętych działaniem ISSRRP) w okresie po wprowadzeniu systemu obszarowego sterowania ruchem, co pozwoli oszacować jego wpływ na brd. Ocena przeprowadzona została również w odniesieniu do rodzajów i przyczyn występowania wypadków drogowych w regionie podhalańskim. Analizę przeprowadzono w oparciu o relatywne miary zmiany liczby wypadków, rannych i ofiar śmiertelnych oraz wskaźników wypadkowych na sieci dróg krajowych i wojewódzkich objętych systemem ISSRRP, wyznaczone w okresie trzech lat po oddaniu systemu do użytkowania.

Opis systemów obszarowych sterowania ruchem i ich wpływu na bezpieczeństwo ruchu

Głównym celem rozkładu ruchu w sieci z wykorzystaniem systemów ITS jest efektywne wykorzystanie rezerw przepustowości tkwiących w układzie drogowym. W związku z powyższym podstawowym zadaniem systemu obszarowego sterowania ruchem jest wskazywanie kierowcom alternatywnych tras charakteryzujących się wyższym komfortem jazdy i krótszym czasem przejazdu. W przypadku systemu ISSRRP informacje o czasach przejazdu poszczególnymi odcinkami ustalane są na podstawie rzeczywistych czasów podróży analizowanymi trasami. Dane te są następnie wyświetlane na tablicach zmiennej treści (VMS) umieszczonych przy drodze, udostępniane w Internecie oraz za pomocą bezpłatnej aplikacji do nawigacji GPS możliwej do pobrania na telefon komórkowy. Za granicą rozwijane są

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2016. Wkład autorów w publikację: M. Kieć – 50%, S. Pogodzińska – 50%

również systemy, w których informacje o czasach przejazdu poszczególnymi trasami są przekazywane kierowcom poprzez specjalne urządzenia zamontowane w pojeździe.

Funkcjonowanie systemu obszarowego sterowania ruchem, oprócz poprawy warunków ruchu, może mieć wpływ na brd i, jak wskazują badania zagraniczne, wpływ ten jest niejednoznaczny [3]. Gdy część potoku pojazdów kierowana jest na trasę alternatywną, natężenie ruchu na drodze głównej ulega redukcji. Mniejsze natężenie ruchu jest równoznaczne z większą swobodą wyboru prędkości i manewrowania, a tym samym z wyższym komfortem podróżowania i mniejszym prawdopodobieństwem wystąpienia zdarzenia drogowego. Należy jednak zaznaczyć, że na drogach alternatywnych, na których natężenie ruchu pojazdów wzrasta, efekt stosowania systemu jest odwrotny (tj. mniejsza swoboda manewrowania i wyboru prędkości, niższy komfort jazdy, większe prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia drogowego). Ponadto drogi alternatywne często charakteryzują się niższym standardem technicznym niż trasy główne. Istnieje wówczas zagrożenie, że nie będą one przygotowane do obsługi większego potoku pojazdów. Funkcjonowanie systemu obszarowego sterowania ruchem może również wpływać na zmianę rozkładu kierunkowego w przekroju i struktury kierunkowej ruchu na skrzyżowaniach, co w konsekwencji prowadzić może do zwiększenia liczby wypadków powodowanych manewrami na skrzyżowaniach.

Innym niekorzystnym efektem wprowadzenia systemów sterowania ruchem może być rozproszenie i odwrócenie uwagi kierujących od sytuacji na drodze w miejscach umieszczenia tablic VMS ([3], [4]). Użytkownicy skupiający się na informacjach wyświetlanych na tablicach mogą popełniać więcej błędów, a tym samym przyczynić się do zwiększenia liczby sytuacji konfliktowych. Podczas zbliżania się do tablic VMS znaczna część kierowców redukuje prędkość przejazdu m.in. w celu: wydłużenia czasu obserwacji treści wyświetlanych na tablicach VMS, czy zahamowania za pojazdem poprzedzającym [5], co powoduje wzrost dyspersji prędkości. Częstsze hamowania i zmiany pasów ruchu oraz poszukiwanie możliwych wyjazdów z drogi wpływa na wzrost zagrożenia wypadkami ([6], [7]).

System obszarowego sterowania ruchem częściej spotyka się w miastach niż na drogach zamiejskich. System taki funkcjonuje m.in. w norweskim mieście Trondheim. Badania ankietowe prowadzone wśród tamtejszych kierowców potwierdziły negatywne oddziaływanie tablic VMS na poziom koncentracji kierowców. Niemal 10% badanych zgodziło się, że są rozpraszeni przez treści wyświetlane na tablicach, niektórzy mieli trudności z ich odczytaniem [8].

Efekt dynamicznego wskazywania trasy poprzez informacje przesyłane do urządzenia zamontowanego w pojeździe był wielokrotnie badany. Jedne z analiz przeprowadzanych dla Londynu [9] wykazały wzrost liczby zdarzeń drogowych w powiązaniu ze wzrostem udziału pojazdów wyposażonych w urządzenia pokładowe. Zakładając, że udział ten wynosi 100%, koszty zdarzeń drogowych wzrastają o 1,5%. Przyjmując, że z urządzeń pokładowych korzysta 30%, 20% i 10% wszystkich kierowców, koszty te są

mniejsze. Opisyany powyżej wzrost liczby zdarzeń wynika z faktu, że w celu skrócenia czasu podróży kierowcy często zmieniają trasę przejazdu. Zwiększa się tym samym liczba wykonywanych manewrów oraz aktywność pojazdów w sieci, co prowadzi do wzrostu prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia drogowego. Badania [10] sugerują, że rozkład ruchu w sieci miejskiej zapewniający najkrótszy czas przejazdu prowadził do wzrostu liczby wypadków. Można to tłumaczyć tym, że czas podróży jest minimalizowany, gdy ruch rozkładany jest równomiernie w całej sieci, w związku z czym żaden odcinek nie jest obciążony bardziej od innych. Taki model rozkładu ruchu generuje wiele sytuacji konfliktowych na skrzyżowaniach, a tym samym prowadzi do wzrostu liczby zdarzeń drogowych [11]. Należy zwrócić uwagę, że prowadzone badania efektywności systemów pod względem bezpieczeństwa ruchu opisują systemy stosowane na drogach miejskich.

Metoda analiz bezpieczeństwa ruchu dla ISSRRP

Do oceny zmian stanu bezpieczeństwa ruchu drogowego zastosowano metodę ilorazu szans (*odds ratio OR*) [12], która określa stosunek szansy wystąpienia danego zdarzenia (w danej grupie) do wystąpienia tego samego zdarzenia w innej grupie porównywanej (kontrolnej). Za pomocą wskaźnika *OR* można określić, o ile większa ($OR > 1$) bądź mniejsza ($OR < 1$) jest szansa wystąpienia danego zdarzenia. Wartość zbliżona do wartości 1 oznacza brak wpływu analizowanego czynnika (wprowadzonej zmiany) na szansę wystąpienia danego zdarzenia.

$$OR = \frac{A/B}{C/D} \quad [-] \quad (1)$$

gdzie:

- A – liczba zdarzeń w analizowanej grupie po wprowadzeniu zmian
- B – liczba zdarzeń w analizowanej grupie przed wprowadzeniem zmian
- C – liczba zdarzeń w grupie kontrolnej po wprowadzeniu zmian
- D – liczba zdarzeń w grupie kontrolnej przed wprowadzeniem zmian.

Dodatkowo w celu oceny statystycznej istotności oszacowanego wpływu wyznaczono przedziały ufności z prawdopodobieństwem 95%. Przedział ufności dla szacowanego wpływu wyznacza się z następującego wzoru:

$$PU = \exp(\ln(OR) \pm SE\ln(OR)) \quad [-] \quad (2)$$

gdzie:

- $\ln(OR)$ – logarytm naturalny z oszacowanego wpływu (ilorazu szans)
- $SE\ln(OR)$ – błąd standardowy logarytmu ilorazu szans wyznaczony wg wzoru:

$$SE\ln(OR) = \sqrt{\frac{1}{A} + \frac{1}{B} + \frac{1}{C} + \frac{1}{D}} \quad [-] \quad (3)$$

Zastosowana metoda pozwala w sposób uproszczony oszacować stan bezpieczeństwa ruchu drogowego, z pominięciem istotnych ograniczeń oceny wymaganej w przypadku stosowania regresyjnych modeli wypadkowych.

Zmianę poziomu bezpieczeństwa ruchu na analizowanych odcinkach określono na podstawie miar bezwzględnych tj. liczby wypadków, ofiar śmiertelnych i rannych dla ogółu wypadków (w grupach przyczyn i rodzajów zdarzeń), jak również miar względnych [13]:

- wskaźnika gęstości wypadków, będącego ilorazem liczby wypadków i całkowitej długości dróg w sieci, który określa średnią liczbę wypadków jaka przypada na odcinek drogi o jednostkowej długości.

$$D_w = \frac{\sum W_i}{\sum L_i} \quad \text{[wyp/km]} \quad (4)$$

gdzie:

$\sum W_i$ – sumaryczna liczba wypadków dla analizowanego odcinka

$\sum L_i$ – całkowita długość analizowanego odcinka [km];

- względnego wskaźnika wypadkowego, który wiąże liczbę wypadków zarejestrowanych na danym odcinku drogowym z pracą przewoźową.

$$U_w = \frac{\sum W_i * 10^6}{T * 365 * \sum Q_i * L_i} \quad \text{[wyp/mln pojem/rok]} \quad (5)$$

gdzie:

Q_i – średniodobowe natężenie ruchu w roku dla danego odcinka [P/dobę]

L_i – długość odcinka [km]

T – okres analizy [lata],

W_i – liczba wypadków na odcinku o długości L_i i natężeniu Q_i ;

- wskaźnika zagrożenia, równego średniej geometrycznej wskaźnika gęstości wypadków i względnego wskaźnika wypadkowego:

$$W_z = \sqrt{D_w * U_w} \quad \text{[-]} \quad (6)$$

gdzie:

D_w – wskaźnik gęstości wypadków dla danego odcinka [wyp/km]

U_w – względny wskaźnik wypadkowy dla danego odcinka [wyp/mln pojkm/rok].

Ocena bezpieczeństwa ruchu dla ISSRRP

Ocenę wpływu wprowadzenia ISSRRP na bezpieczeństwo ruchu przeprowadzono na podstawie obserwowanej liczby: wypadków, rannych i ofiar śmiertelnych w okresie „przed” i „po” uruchomieniu systemu. Analiza polegała na wyznaczeniu zmiany poszczególnych miar brd na drogach objętych systemem ISSRRP w okresie trzech lat po wprowadzeniu systemu (tj. lata 2012–2014) w stosunku do trzyletniego okresu przed (tj. lata 2009–2011) i porównaniu tych zmian ze zmianami dla dróg grupy kontrolnej w tym samym okresie czasu.

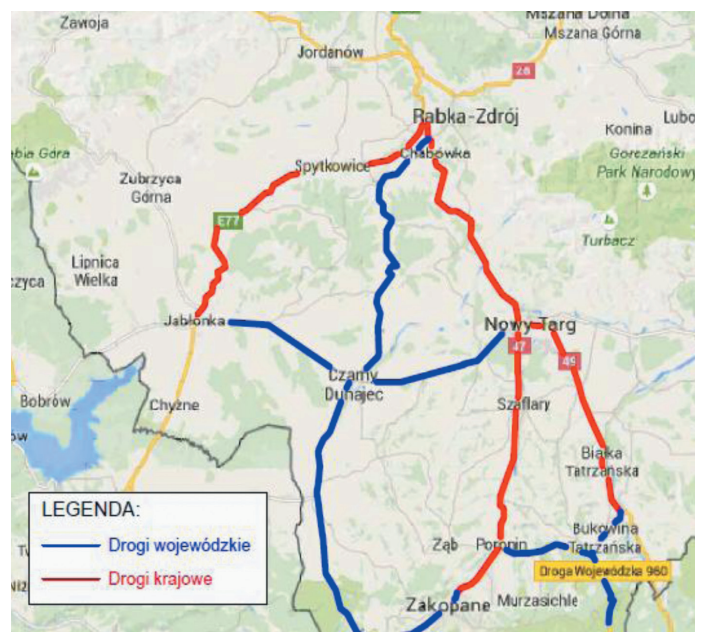
W analizach bezpieczeństwa ruchu, przeprowadzonych przez autorów, jako drogi objęte systemem sterowania należy rozumieć odcinki dróg krajowych (DK) i wojewódzkich (DW) przedstawione na rysunku 1, tj.:

- DK 7 Chabówka–Jabłonka,
- DK 47 Chabówka–Zakopane,
- DK 49 Nowy Targ–Czarna Góra,
- DW 957 Jabłonka–Nowy Targ,
- DW 958 Chabówka–Zakopane,
- DW 960 Bukowina Tatrzańska–Brzegi,
- DW 961 Poronin–Bukowina Tatrzańska.

Na drogach tych natężenie ruchu pojazdów może się zmieniać w zależności od funkcjonowania systemu i informacji wyświetlanych na znakach VMS.

Grupę kontrolną stanowiły odcinki dróg krajowych jednojezdniowych i wojewódzkich w granicach województwa małopolskiego, położone na południe od miasta Kraków (z wyłączeniem odcinków objętych systemem sterowania). Takie założenie jest uzasadnione rozwiązaniem geometrycznym dróg w regionie podhalańskim, które charakteryzują się większą krętością i pochyleniami podłużnymi niż odcinki zlokalizowane w części północnej województwa małopolskiego.

Analizą objęto w sumie 177,17 km dróg wchodzących w skład ISSRRP (w tym 94,47 km dróg wojewódzkich i 82,70 km dróg krajowych) oraz 1591,98 km dróg grupy kontrolnej (w tym 1046,58 km dróg wojewódzkich i 545,40 km dróg krajowych). Z analiz wyłączone zostały drogi powiatowe wchodzące w skład ISSRRP. Powodem były trudności z oszacowaniem na nich zmienności ruchu oraz lokalizacji zdarzeń drogowych. Ponadto istotna zmiana natężenia ruchu pojazdów może wystąpić tylko na jednej drodze powiatowej tj. drodze nr 1648K Zakopane–Wierch Poroniec.



Rys. 1. Sieć dróg krajowych i wojewódzkich uwzględniona w analizach
Źródło: opracowanie własne na podstawie www.google.pl/maps

Zmianę stanu bezpieczeństwa ruchu drogowego opisaną ilorazem szans wyznaczono zgodnie ze wzorem 1 zarówno dla miar bezpośrednich tj. liczby wypadków (W), rannych (R) i ofiar śmiertelnych (Z), jak i dla względnego wskaźnika wypadkowego (U_w) i wskaźnika zagrożenia (W_z). Iloraz szans dla oceny brd w obszarze objętym ISSRRP przyjmuje następującą ogólną postać:

$$OR = \frac{\text{system "po"/system "przed"}}{\text{sieć "po"/sieć "przed"}}$$

gdzie:

- system „po”* – liczba zdarzeń drogowych/wskaźnik wypadkowy w okresie po oddaniu systemu ISSRRP do eksploatacji (tj. w latach 2012–2014) dla analizowanych dróg objętych systemem sterowania
- system „przed”* – liczba zdarzeń drogowych/wskaźnik wypadkowy w okresie przed oddaniem systemu ISSRRP do eksploatacji (tj. w latach 2009–2011) dla analizowanych dróg objętych systemem sterowania
- sieć „po”* – liczba zdarzeń drogowych/wskaźnik wypadkowy w okresie po oddaniu systemu ISSRRP do eksploatacji (tj. w latach 2012–2014) dla odcinków referencyjnych (grupa kontrolna)
- sieć „przed”* – liczba zdarzeń drogowych/wskaźnik wypadkowy w okresie przed oddaniem systemu ISSRRP do eksploatacji (tj. w latach 2009–2011) dla odcinków referencyjnych (grupa kontrolna).

W okresie trzech lat przed oddaniem ISSRRP do eksploatacji zarejestrowano 361 wypadków na analizowanych drogach objętych systemem (w tym 150 na DW i 211 na DK) i 2831 wypadków w grupie kontrolnej (w tym 1461 na DW i 1370 na DK). W latach 2012–2014 liczba ta wynosiła odpowiednio 360 (w tym 124 na DW i 236 na DK) i 2269 (w tym 1230 na DW i 1039 na DK).

Wszystkie odcinki uwzględnione w analizie podzielono na odcinki referencyjne. Dla dróg wojewódzkich odcinki referencyjne przyjęto zgodnie z ewidencją prowadzoną przez zarząd dróg. W przypadku dróg krajowych założono, że odcinki referencyjne to odcinki o stałym średniodobowym natężeniu ruchu pojazdów ustalonym w trakcie Generalnego Pomiaru Ruchu z roku 2010. Dane wypadkowe zostały pozyskane z Systemu Ewidencji Wypadków i Kolizji (SEWiK), a średniodobowe natężenia ruchu pojazdów w kolejnych latach, niezbędne do obliczenia względnego wskaźnika wypadkowego, obliczono na podstawie danych z GPR 2005 i GPR 2010 przy zastosowaniu metody wskaźnikowej opracowanej przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA) [14].

Miary względne brd obliczono osobno dla każdego odcinka referencyjnego z wyróżnieniem okresu „przed” i „po” uruchomieniu ISSRRP. Względny wskaźnik wypadkowy

jest zależny od średniodobowego natężenia ruchu pojazdów i przyjmuje różne wartości w kolejnych latach oraz dla poszczególnych odcinków. Zatem wyznaczając wartość tego wskaźnika dla danego odcinka referencyjnego „przed” wdrożeniem ISSRRP, jako liczbę zdarzeń drogowych przyjęto sumaryczną liczbę zdarzeń z okresu 3 lat (2009–2011), a za średniodobowe natężenie ruchu pojazdów – średnią arytmetyczną natężeń z okresu 2009–2011. Analogicznie obliczono wartość względnego wskaźnika wypadkowego dla okresu „po”.

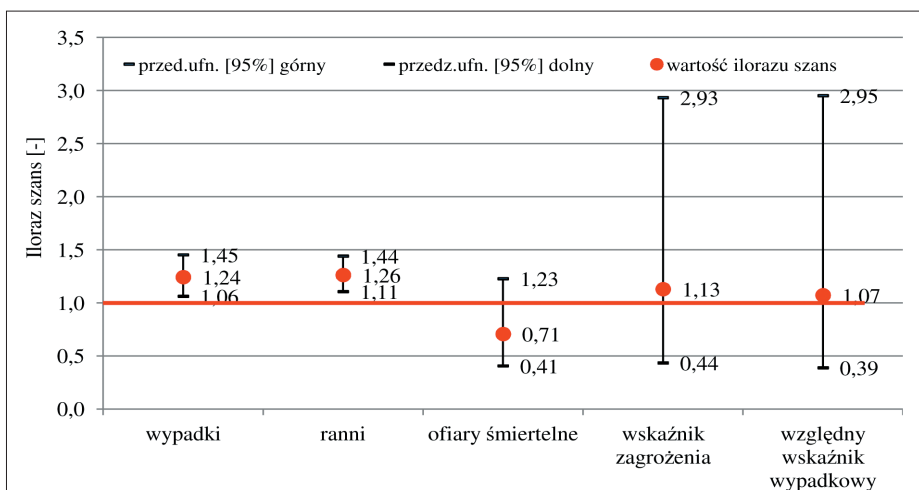
W tabeli 1 przedstawione zostały wyniki oszacowania wpływu wdrożenia ISSRRP na zmianę bezpieczeństwa ruchu drogowego wyznaczone za pomocą wartości ilorazów szans wraz z zakresem przedziałów ufności dla prawdopodobieństwa 95%. Statystycznie istotne wyniki uzyskano wyłącznie dla liczby wypadków i rannych w przypadku dróg krajowych. Analiza wskazuje, że liczba wypadków i rannych na analizowanych drogach krajowych wchodzących w skład ISSRRP jest większa odpowiednio o około 47% i 42% w stosunku do dróg grupy referencyjnej, co wskazuje na istotne pogorszenie stanu brd na drogach objętych analizą. W pozostałych przypadkach dla dróg krajowych wartość OR wynosiła powyżej 1, jednakże zakres przedziału ufności (przyjmując wartości poniżej i powyżej 1) nie pozwala na jednoznaczny oceną efektu. W przypadku dróg wojewódzkich wchodzących w skład ISSRRP wszystkie miary okazały się być statystycznie nieistotne, a wartość OR wyniosła około 1 (z wyjątkiem liczby ofiar śmiertelnych).

Tabela 1

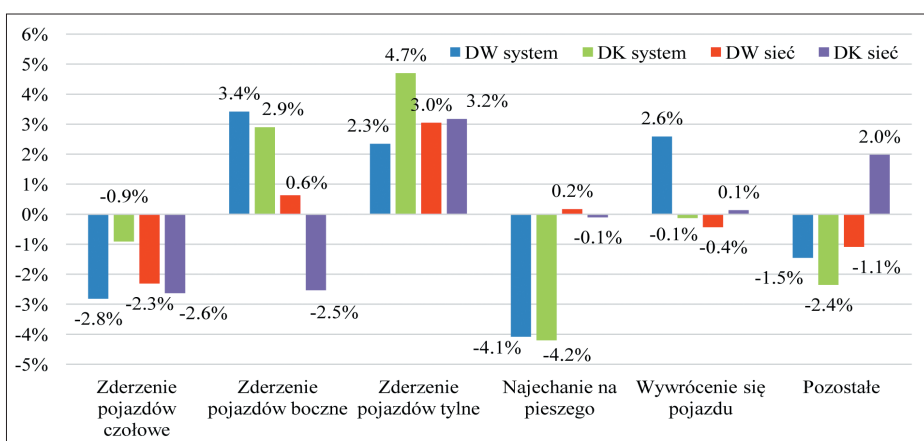
Iloraz szans dla miar bezpośrednich i pośrednich na drogach wojewódzkich i krajowych						
Miara bezpieczeństwa ruchu	Drogi krajowe			Drogi wojewódzkie		
	PU dolny	OR	PU górny	PU dolny	OR	PU górny
Liczba wypadków	1,20	1,47	1,81	0,76	0,98	1,26
Liczba rannych	1,20	1,42	1,68	0,87	1,08	1,68
Liczba ofiar śmiertelnych	0,53	1,01	1,93	0,10	0,33	1,03
Względny wskaźnik wypadkowy	0,18	1,30	9,62	0,29	0,95	3,13
Wskaźnik zagrożenia	0,33	1,30	5,03	0,26	0,99	3,82

Podobne wyniki jak dla dróg krajowych uzyskano w przypadku oceny sumarycznego efektu dla wszystkich dróg funkcjonujących w systemie ISSRRP (tj. krajowych i wojewódzkich, rys. 2). Analiza wskazuje na statystycznie istotny wzrost liczby wypadków i rannych wynoszący około 25% względem grupy kontrolnej. Wpływ na taki wynik ma głównie pogorszenie się stanu brd na drogach krajowych wchodzących w skład systemu. Iloraz szans dla wskaźników wypadkowych (uwzględniający w sposób szacunkowy wpływ natężenia ruchu) również wskazuje na wzrost względem grupy kontrolnej o około 10%, jednakże ze względu na nadmierny rozstęp przedziału ufności efekt ten jest statystycznie nieistotny.

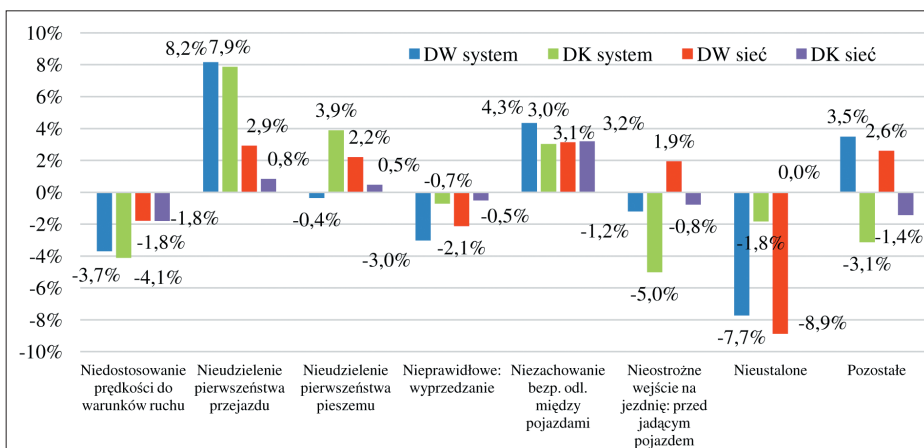
Zgodnie z doświadczeniami zagranicznymi, dla systemów obszarowego sterowania ruchem należy spodziewać się zmian w strukturze wypadków. Dlatego w kolejnym kroku analiz oceniono bezwzględną zmianę udziału procentowego wybranych rodzajów i przyczyn wypadków dla okresu



Rys. 2. Ocena stanu bezpieczeństwa ruchu w systemie ISSRRP



Rys. 3. Zmiana udziału procentowego rodzaju wypadków w analizowanej sieci dróg po wprowadzeniu ISSRRP



Rys. 4. Zmiana udziału procentowego przyczyn wypadków w analizowanej sieci dróg po wprowadzeniu ISSRRP

„przed” i „po” wprowadzeniu ISSRRP dla dróg wojewódzkich i krajowych. Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono te przyczyny i rodzaje wypadków, które występują najczęściej (pozostałe przyczyny i rodzaje zostały zebrane w jednej grupie).

Analiza wskazuje na redukcję udziału zderzeń czołowych oraz wzrost zderzeń bocznych (z wyjątkiem grupy kontrolnej dla dróg krajowych) i tylnych w całkowitej liczbie wypadków po wprowadzeniu ISSRRP w stosunku do okresu „przed”. Szczególnie dużą zmianę zaobserwowano w przypadku zderzeń tylnych. Zmiana udziału zderzeń tylnych i czołowych we wszystkich analizowanych grupach wskazuje na ogólną tendencję w zmianie struktury wypadków, co może być związane ze wzrostem natężenia ruchu.

Efektom występowania wzrostu udziału zderzeń tylnych i bocznych jest równoczesny wzrost udziału wypadków związanych z niezachowaniem bezpiecznej odległości między pojazdami i nieudzieleniem pierwszeństwa przejazdu. Równocześnie nastąpiła redukcja wypadków związanych z nadmierną prędkością. Wyniki te mogą potwierdzać tezę o wzroście liczby wypadków związanych z manewrami na skrzyżowaniach oraz zwiększeniem ekspozycji na ryzyko.

W celu oceny statystycznej zmiany rodzajów i przyczyn wypadków wyznaczono wartości ilorazów szans rodzajów i przyczyn wypadków wraz z przedziałami ufności dla liczby wypadków (W), rannych (R) i ofiar śmiertelnych (Z) (tabela 2 i 3). Wyniki statystycznie istotne zaznaczono kolorem

Tabela 2

Iloraz szans rodzajów wypadków na drogach wojewódzkich i krajowych ISSRRP							
Rodzaj zdarzenia PU dolny		Drogi krajowe			Drogi wojewódzkie		
		PU dolny	OR	PU górny	PU dolny	OR	PU górny
Zderzenie pojazdów czołowe	W	1,00	1,67	2,78	0,50	0,94	1,76
	R	1,01	1,46	2,09	0,71	1,12	1,79
	Z	0,60	2,21	8,19	0,02	0,22	1,90
Zderzenie pojazdów boczne	W	1,22	1,82	2,71	0,67	1,09	1,79
	R	0,95	1,31	1,80	0,81	1,22	1,85
	Z	0,14	0,84	4,97	-	-	-
Zderzenie pojazdów tylne	W	0,98	1,60	2,59	0,41	0,96	2,26
	R	1,06	1,60	2,40	0,52	1,17	2,59
Najeżdżanie na pieszego	W	0,79	1,22	1,89	0,50	0,83	1,37
	R	0,85	1,35	2,15	0,51	0,84	1,38
	Z	0,41	1,15	3,17	0,11	0,83	6,08
Wywrócenie się pojazdu	W	0,60	1,42	3,37	0,58	1,60	4,44
	R	1,03	2,19	4,68	0,42	0,92	2,01
Pozostałe	W	0,61	1,07	1,86	0,55	0,99	1,77
	R	0,77	1,24	2,00	0,70	1,12	1,81
	Z	0,02	0,25	2,64	-	-	-

Tabela 3

Iloraz szans przyczyn wypadków na drogach wojewódzkich i krajowych ISSRRP							
Przyczyna zdarzenia PU dolny		Drogi krajowe			Drogi wojewódzkie		
		PU dolny	OR	PU górny	PU dolny	OR	PU górny
Niedostosowanie prędkości do warunków ruchu	W	0,83	1,29	2,01	0,53	0,90	1,52
	R	0,73	1,03	1,46	0,80	1,19	1,78
	Z	0,13	0,70	3,84	0,07	0,83	9,69
Nieudzielenie pierwszeństwa przejazdu	W	1,34	2,21	3,62	0,71	1,35	2,55
	R	0,87	1,29	1,91	0,82	1,42	2,45
	Z	0,03	0,18	1,11	-	-	-
Nieudzielenie pierwszeństwa pieszemu	W	1,16	2,97	7,59	0,20	0,57	1,62
	R	1,31	3,19	7,80	0,19	0,54	1,51
Nieprawidłowe wyprzedzanie	W	0,64	1,43	3,22	0,34	0,90	2,37
	R	0,55	1,15	2,40	0,24	0,59	1,45
	Z	0,29	3,27	36,31	-	-	-
Niezachowanie bezp. odl. między pojazdami	W	0,83	1,46	2,58	0,39	1,01	2,62
	R	1,13	1,84	3,00	0,43	0,98	2,25
Nieostrożne wejście na jezdnię przed jadącym pojazdem	W	0,45	0,93	1,92	0,02	0,18	1,84
	R	0,37	0,84	1,94	0,02	0,19	1,99
	Z	0,30	1,24	5,11	-	-	-
Nieustalone	W	0,32	0,96	2,84	0,56	0,99	1,72
	R	0,39	1,06	2,86	0,50	0,88	1,52
	Z	0,19	2,18	25,02	0,19	0,90	4,23
Pozostałe	W	0,91	1,37	2,08	0,58	1,03	1,84
	R	1,34	1,88	2,65	0,72	1,15	1,84
	Z	0,14	0,75	4,09	-	-	-

zółtym. Występują one wyłącznie w przypadku dróg krajowych i wskazują na wzrost analizowanych efektów względem grupy kontrolnej. Dla dróg wojewódzkich oszacowane efekty zmian są nieistotne statystycznie. W takim przypadku przedstawione wartości ilorazu szans (OR) należy traktować jako niejednoznaczne. W przypadku ofiar śmiertelnych wnioskowanie na ich temat ze względu na małe zbiorczy jest utrudnione.

Wyniki wskazują na istotny wzrost zderzeń czołowych (dla wypadków i rannych), bocznych (wypadki), tylnych (rannych) oraz wywróceń pojazdów (ranni) na drogach krajowych względem grupy kontrolnej.

Podsumowanie

Przedstawione badania wskazują na negatywną, istotną statystycznie, zmianę stanu bezpieczeństwa ruchu na drogach ISSRRP. Powodowane jest to przede wszystkim znacznym wzrostem liczby wypadków i rannych na drogach krajowych względem odcinków referencyjnych (OR > 1). W przypadku dróg wojewódzkich wpływ ten jest niejednoznaczny. Wykazano nieznaczną poprawę stanu bezpieczeństwa ruchu (OR < 1) na drogach wchodzących w skład systemu względem grupy kontrolnej, jednakże wpływ ten nie jest istotny statystycznie.

Przeprowadzona ocena ma charakter ogólny i wymaga dalszych analiz. Nie uwzględniono w nich szeregu czynników mogących mieć bezpośredni wpływ na brd, m.in. zagospodarowanie otoczenia drogi, parametry geometryczne i wyposażenie przekroju poprzecznego, wielkości natężenia poprzecznych potoków ruchu. Dalsze analizy powinny być ukierunkowane na zastosowanie regresyjnych modeli wypadkowych, które pozwoliłyby z większą dokładnością wskazać, które czynniki infrastrukturalne i w jakim stopniu decydują o zmianie stanu brd na sieci dróg wchodzących w skład ISSRRP.

Literatura

- GUS, Departament Handlu i Usług: *Transport. Wyniki działalności w 2014 r.* Warszawa 2015.
- Kieć M., Pogodzińska S., *Ocena wpływu obszarowego sterowania ruchem na sieci dróg zamiejskich na bezpieczeństwo ruchu*, „Logistyka”, 2015 nr 3.
- Vaa T., Gelau C., Penttinen M., Spyropoulou I. *ITS and effects on road traffic accidents – State of the art*. Paper presented at the 13th World Congress on ITS, London 2006.
- Rothengatter T., Carbonell-Vaya E., de Ward D., Brookhuis K.A., *On the measurement of driver mental workload*. In J.A. Rothengatter & E. Carbonell Vaya (Eds.), *Traffic and Transport Psychology. Theory and application* (161–171). Oxford: Pergamon, 1997.
- Erke A., Sagberg F., *Effects of Variable Message Signs (VMS) on driver attention and behaviour*, Association for European Transport, 2006.
- Erke A., Sagberg F., Hagman, R., *Effects of route guidance variable message signs (VMS) on driver behaviour*. Transportation Research Part F, 10, 447–457, Elsevier, 2007.
- Erke H., Gottlieb W., *Psychologische Untersuchung der Wirksamkeit von Wechselverkehrszeichenanlagen*, Verfahren für die zentrale Dokumentation der wegweisenden Beschilderung an Autobahnen. Heft 289. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik. Bundesminister für Verkehr, Abteilung Strassenbau, Bonn-Bad Godesberg, 1980.
- Høye A., Sørensen M., Elvik R., Akhtar J., Nævestad T., Vaa T., *Evaluation of variable message signs in Trondheim*, TØI Report, Oslo, Norway, 1153/2011, 2011.
- Stoneman B., *The effects of dynamic route guidance in London*. Research Report 348. Transport Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, 1992.
- Maher M. J., Hughes P. C., Smith M. J., Ghali M. O., *Accident and Travel Time-Minimising Routeing Patterns in Congested Networks*. Traffic Engineering and Control, 34, 414–419, 1993.
- Abdulhai B., Look H., *Safety benefits of dynamic route guidance: boon or boondoggle?*, Intelligent Transportation Systems, Proceedings. The IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems, 2002.
- Elvik R., Høye A., Vaa T., Sørensen M., *The handbook of road safety measures. Second edition*, Emerald Group Publishing, 2009.
- Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M., *Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i praktyka*, WKŁ, Warszawa 2011.
- <http://www.gddkia.gov.pl/pl/992/zalozenia-do-prognoz-ruchu>