

Kazimierz JAMROZ
Politechnika Gdańska

ANALIZA MIAR NARAŻENIA NA RYZYKO W RUCHU DROGOWYM

Słowa kluczowe

Ruch drogowy, bezpieczeństwo, narażenie na ryzyko.

Streszczenie

Narażenie na ryzyko jest elementem składowym ryzyka społecznego. W artykule przedstawiono analizę miar narażenia na ryzyko w ruchu drogowym. Przedstawiono ewolucję definicji narażenia na ryzyko w ruchu drogowym, a następnie scharakteryzowano najczęściej stosowane i proponowane do analizy miary narażenia na ryzyko. Wykorzystując analizę regresji korelacji określono siłę współzależności pomiędzy piętnastoma miarami narażenia na ryzyko, a wybranymi miarami ryzyka społecznego dla danych z sześćdziesięciu krajów. Na podstawie wyników tej analizy zarekomendowano do dalszego stosowania trzynaście miar narażenia na ryzyko dzieląc je na dwie grupy: miary główne i miary pomocnicze. Na koniec zaproponowano zasady doboru miar narażenia na ryzyko w zależności od stopnia dostępności danych.

1. Wstęp

Jednym z podejść do budowy ilościowych modeli ryzyka jest podejście Kuhlmana [1], który stwierdza, że ryzyko może być rozumiane jako zagrożenie wystąpienia w przyszłości określonej szkody na pewnym ograniczonym obszarze w określonym przedziale czasu. Na tym obszarze znajduje się określony zbiór ludzi, którzy prowadzą pewną aktywność. Stąd ryzyko określa się najczę-

ściej jako wartość oczekiwaną strat (szkody), jaką może spowodować potencjalne źródło zagrożenia. Z takim przypadkiem mamy do czynienia, gdy zarządzanie ryzykiem prowadzi się na sieci dróg występującej na obszarze (np. kraju, regionu, miasta).

W zależności od dostępności danych o podróżach i mobilności społeczeństwa można zastosować różne miary ryzyka w ruchu drogowym [2, 3]. Najczęściej stosuje się dwie grupy miar określających:

- ryzyko indywidualne

$$RI = P \cdot S \quad (1)$$

- ryzyko społeczne:

$$RS = N \cdot P \cdot S \quad (2)$$

gdzie: RI – ryzyko indywidualne,
 RS – ryzyko społeczne,
 N – narażenie na ryzyko,
 P – prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia niebezpiecznego,
 S – straty, konsekwencje wystąpienia zdarzenia niebezpiecznego.

W obu przypadkach występuje narażenie na ryzyko. W przeszłości stosowano różne definicje narażenia. Jedną z pierwszych była definicja Carrolla [4], który „narażenie na ryzyko kierowcy” określił jako częstość zdarzeń drogowych, które kreuja ryzyko wypadku. Następnie Chapman [5] uogólnił to podejście do wszystkich uczestników ruchu i sytuacji i określił narażenie na ryzyko jako miarę możliwości, że wypadek może wystąpić. Wolfe [6] podał najszerszą definicję, w której narażenie na ryzyko może być miarą częstości bycia w danej sytuacji drogowej, której liczba może dojść do wypadku drogowego. Natomiast według Hauera [7] jednostka narażenia na ryzyko odpowiada próbie w probablistyce. W rezultacie każdej próby uczestnik ruchu jest lub nie jest uwikłany w wypadek drogowy. Miara ta może być wykorzystana do oceny stanu bezpieczeństwa systemu transportowego lub do określenia, jaka część społeczeństwa może być uwikłana w zdarzenia drogowe (wypadki i kolizje). Stopień uwikłania zależy od aktywności i mobilności społeczeństwa. Miarami narażenia na ryzyko mogą być miary określające możliwości podróżowania społeczeństwa zarówno pojazdami, jak i pieszo.

W dalszej części niniejszej pracy stosowano dwie definicje narażenia. Ogólną wypracowaną przez Zespół G-2 wyłoniony w ramach realizacji projektu ZEUS: *Narażenie* jest wyrażoną ilościowo lub jakościowo wielkością charakteryzującą źródło (czynnik) zagrożenia. Szczegółową, zaproponowaną przez autora niniejszego opracowania w odniesieniu do ruchu drogowego: *Narażenie*



w ruchu drogowym jest to liczba potencjalnych zdarzeń (sytuacji), w wyniku których uczestnicy ruchu drogowego podróżujący po sieci dróg mogą być uwikłani w zdarzenie niebezpieczne (kolizję lub wypadek drogowy) w przyjętej jednostce czasu na analizowanym obszarze, sieci dróg, odcinku drogi lub obiekcie drogowym (tunel, most, skrzyżowanie).

2. Charakterystyka stosowanych miar narażenia

W prowadzonych analizach bezpieczeństwa ruchu drogowego w wielu krajach świata i w organizacjach międzynarodowych stosuje się powszechnie trzy miary narażenia w ruchu drogowym: liczbę mieszkańców LM, liczbę pojazdów LP oraz pracę przewozową pojazdów PP. Najszersze badania miar narażenia na ryzyko przeprowadzono ostatnio w ramach projektu SafetyNet [8]. Wytypowano tam dziewięć miar narażenia na ryzyko i przeprowadzono analizę dostępności do tych danych w bazach danych, a także możliwości uzyskania danych do określania tego narażenia, tzw. RED (*risk exposure data*). W podsumowaniu tego projektu stwierdzono, że najbardziej obiecującymi miarami narażenia na ryzyko są praca przewozowa pojazdów P_{PP} i praca przewozowa osób P_{PO} i one powinny być rozwijane. W tabeli 1 zestawiono poziom dostępności do danych o poszczególnych miarach narażenia na ryzyko w wybranych krajach europejskich, bazach międzynarodowych i w Polsce.

Tabela 1. Dostępność danych o miarach narażenia na ryzyko

Miara		Krajowe bazy danych ^{*)}	Ogólne bazy danych ^{**)}	Polska ^{***)}
		dostępność [%]	dostępność [%]	
Liczba mieszkańców	L_M	100	100	+
Liczba kierowców	L_{KP}	62	0	-
Liczba pojazdów	L_P	63	100	+
Długość dróg	L_D	54	80	+
Zużycie paliwa	Z_P	46	40	-
Praca przewozowa – pojazdy	P_{PP}	23	100	-
Praca przewozowa – osoby	P_{PO}	19	100	-
Liczba podróży	L_{PO}	4	0	-
Czas podróży	T_{PO}	4	0	-

Oznaczenia:

*) – opracowanie własne na podstawie danych z 26 krajów Europy [8],

***) – opracowanie własne na podstawie danych z 5 międzynarodowych baz danych (EUROSTAT, ECMT, UNECE, IRTAD, IRF) [8],

****) – dane dostępne „+”, dane niedostępne „-”, [8].

Z tego zestawienia wynika, że jedynie liczba mieszkańców LM jest dobrze dostępna we wszystkich bazach danych. Przy czym najmniej dostępne są najbardziej obiecujące miary narażenia na ryzyko: liczba podróży osób LPO i czas



podróży osób TPO. Niestety w polskich oficjalnych bazach dostępne są tylko trzy najprostsze dane (liczba mieszkańców LM, liczba pojazdów LP i długość dróg LD). Są to dane statystyczne, brakuje jednak danych prognostycznych. W podsumowaniu raportu z tych badań [8] stwierdzono, że należy ujednoczyć dane o narażeniu na ryzyko, metody ich zbierania oraz metody szacowania. Należy rozwijać prowadzenie badań terenowych ruchu i badań zachowań transportowych, umożliwiających szacowanie miar ryzyka.

Biorąc powyższe pod uwagę przeprowadzono analizę możliwości szacowania niedostępnych w Polsce miar narażenia na ryzyko oraz miar, które mogą być stosowane do porównań międzynarodowych. Przyjęto następującą metodologię badań [9]:

- wybór kandydatów na miary narażenia w ruchu drogowym na podstawie studiów literatury,
- określenie wielkości wpływu wybranych miar narażenia w ruchu drogowym na wybrane miary ryzyka społecznego wraz z wyborem najbardziej istotnych miar narażenia na ryzyko (na podstawie zebranych danych z wielu krajów świata),
- opracowanie modeli szacowania wybranych miar narażenia na ryzyko (na podstawie zebranych danych z wybranych krajów świata).

3. Charakterystyka miar narażenia w ruchu drogowym

W tabeli 2 przedstawiono piętnaście przyjętych w niniejszej pracy kandydatów na miary narażenia zaproponowane dla obszaru kraju. Miary te charakteryzują główne źródła zagrożenia: człowieka, pojazdy, drogę, ruch drogowy lub otoczenie.

Liczba mieszkańców LM to liczba obywateli danego kraju zamieszkująca na obszarze analizowanego kraju w analizowanym roku. Dane o liczbie mieszkańców dostępne są w bazach statystycznych. Dotyczy to danych aktualnych jak i prognozowanych (np. WHO podaje prognozę liczby mieszkańców w poszczególnych krajach do roku 2030). Miara ta reprezentuje wpływ człowieka na ryzyko.

Powierzchnia obszaru (kraju, regionu) PO jest to powierzchnia wyrażona w km², jaką dysponuje analizowany kraj w analizowanym roku. Dane te są wielkościami niezmiennymi przez wiele lat i są dostępne w rocznikach statystycznych. Miara ta reprezentuje wpływ otoczenia na ryzyko.

Liczba pojazdów LP to liczba pojazdów ogółem zarejestrowanych na obszarze analizowanego kraju w analizowanym roku. Dane o liczbie pojazdów publikowane są przez biura statystyczne wielu krajów oraz ogólnostanowe bazy statystyczne. Natomiast problemem są dane prognozowane. W celach prognostycznych buduje się modele liczby pojazdów. Miara ta reprezentuje wpływ pojazdu na ryzyko.



Tabela 2. Zestawienie wybranych miar narażenia na ryzyko w ruchu drogowym

Miara narażenia	Jednostka	Źródła zagrożenia				
		Człowiek	Pojazd	Droga	Ruch	Otoczenie
Liczba mieszkańców – L_M	[osoby]	X				
Powierzchnia – P_O	[km ²]					X
Liczba pojazdów – L_P	[pojazdów]		X			
Liczba pojazdów motorowych – L_{PM}	[pojazdów]		X			
Liczba samochodów osobowych – L_{SO}	[pojazdów]		X			
Długość dróg – L_D	[km]			X		
Długość dróg twardych – L_{DT}	[km]			X		
Długość autostrad – L_{DA}	[km]			X		
Nakłady na drogi – N_D	Mln \$			X		
Potencjał ruchliwości (pojazdy ogółem) – P_{RP}	[os. · poj./rok]	X	X		(X)	
Potencjał ruchliwości (pojazdy motorowe) – P_{RM}	[os. · poj./rok]	X	X		(X)	
Praca przewozowa pojazdów – P_{PP}	[pkm/rok]		(X)	(X)	X	
Praca przewozowa osób – P_{PO}	[oskm/rok]	(X)		(X)	X	
Zużycie paliwa – Z_p	[mln ton oe/rok]		(X)	(X)	X	
Produkt narodowy brutto – P_{NB}	[mln \$ /rok]	(X)				X

X – wpływ bezpośredni

(X) – wpływ pośredni

Liczba pojazdów mechanicznych LPM jest liczbą pojazdów mechanicznych (wszystkich pojazdów z wyjątkiem motocykli i motorowerów) zarejestrowanych na obszarze analizowanego kraju w analizowanym roku. Dane o liczbie pojazdów mechanicznych często publikowane są przez biura statystyczne wielu krajów oraz ogólnosiwiatowe bazy statystyczne. W celach prognostycznych buduje się modele liczby pojazdów. Miara ta reprezentuje wpływ pojazdu na ryzyko.

Liczba samochodów osobowych LSO jest liczbą samochodów osobowych zarejestrowanych na obszarze analizowanego kraju w analizowanym roku. Dane o liczbie samochodów osobowych publikowane są przez biura statystyczne wielu krajów oraz ogólnosiwiatowe bazy statystyczne. Natomiast problemem są dane prognozowane. W celach prognostycznych buduje się modele liczby pojazdów. Miara ta reprezentuje wpływ pojazdu na ryzyko.

Długość dróg LD jest to długość dróg ogółem występująca na obszarze analizowanego kraju w analizowanym roku. Dane o długości dróg podawane są przez biura statystyczne oraz zawarte są w wielu bazach danych. Miara uwzględnia wpływ drogi na ryzyko.



Długość dróg twardych LDT jest to długość dróg o nawierzchni twardej występująca na obszarze analizowanego kraju w analizowanym roku. Dane o długości dróg podawane są przez biura statystyczne oraz zawarte są w wielu bazach danych. Miara uwzględnia wpływ drogi na ryzyko.

Długość autostrad LDA jest to długość dróg szybkiego ruchu (autostrad i dróg ekspresowych) o nawierzchni twardej, występująca na obszarze analizowanego kraju w analizowanym roku. Dane o długości dróg podawane są przez biura statystyczne oraz zawarte są w wielu bazach danych. Miara uwzględnia wpływ drogi na ryzyko.

Potencjał ruchliwości ogółem PRP jest średnią geometryczną z liczby mieszkańców i liczby pojazdów ogółem zarejestrowanych na obszarze analizowanego kraju w analizowanym roku. Dane te nie występują w bazach danych i wymagają obliczeń. Wskaźnik ten jest miarą potencjału pracy przewozowej tkwiącym w każdym społeczeństwie na poszczególnych etapach rozwoju społecznego tego kraju. Miara reprezentuje wpływ człowieka i pojazdu, a pośrednio ruchu drogowego na ryzyko.

Potencjał ruchliwości – pojazdy mechaniczne PRM jest to średnia geometryczna z liczby mieszkańców i liczby pojazdów mechanicznych zarejestrowanych na obszarze analizowanego kraju w analizowanym roku. Dane te nie występują w bazach danych i wymagają obliczeń. Wskaźnik ten jest miarą potencjału pracy przewozowej tkwiącym w każdym społeczeństwie na poszczególnych etapach rozwoju społecznego tego kraju. Miara reprezentuje wpływ człowieka i pojazdu, a pośrednio ruchu drogowego na ryzyko.

Praca przewozowa – pojazdy PP jest to liczba przejechanych kilometrów przez pojazdy w analizowanym roku na obszarze analizowanego kraju. Określana jest na podstawie badań ruchu prowadzonych w poszczególnych krajach. Dane dostępne w niektórych bazach krajowych i bazach międzynarodowych, ale dość rzadko i nie zawsze o zbyt dużym stopniu wiarygodności. Miara reprezentuje wpływ ruchu drogowego na ryzyko.

Praca przewozowa – osoby PPO jest to liczba przejechanych kilometrów przez wszystkie osoby w pojazdach w analizowanym roku na obszarze analizowanego kraju. Określana jest na podstawie badań ruchu prowadzonych w poszczególnych krajach. Dane dostępne w niektórych bazach krajowych i bazach międzynarodowych, ale dość rzadko i nie zawsze o zbyt dużym stopniu wiarygodności. Miara reprezentuje wpływ ruchu drogowego na ryzyko.

Zużycie paliwa ZP jest to wielkość paliwa zużytego do napędu pojazdów poruszających się po drogach analizowanego kraju w analizowanym roku. Miarą jest ekwiwalentna wartość oleju (przeliczony olej napędowy i benzyna na olej ekwiwalentny). Określana jest na podstawie raportów biur statystycznych w poszczególnych krajach. Dane dostępne w niektórych bazach krajowych i bazach międzynarodowych, ale dość rzadko i nie zawsze o zbyt dużym stopniu wiarygodności. Miara reprezentuje wpływ ruchu drogowego na ryzyko.



Produkt narodowy brutto PNB jest to miara ekonomiczna wyrażająca stan gospodarki analizowanego kraju w analizowanym roku. Dane dostępne prawie we wszystkich bazach krajowych i bazach międzynarodowych. Miara reprezentuje wpływ otoczenia na ryzyko.

4. Wybór miar narażenia

W celu wybrania najlepszych miar narażenia przeprowadzono analizę siły współzależności pomiędzy miarami narażenia w ruchu drogowym (X) i wybranymi miarami bezpieczeństwa (ryzyka społecznego) (Y), tj.: liczbą wypadków LW, liczbą ofiar rannych LR, liczbą ofiar śmiertelnych LZ, liczbą ofiar ogółem LO i kosztami wypadków KW. Do badania zależności między zmiennymi X i Y wykorzystano współczynnik korelacji liniowej Pearsona R, będący miarą siły związku prostoliniowego między dwiema cechami mierzalnymi. Współczynnik ten wyliczono ze wzoru:

$$R_{xy} = \frac{\text{cov}(x, y)}{s(x) \cdot s(y)} \quad (3)$$

gdzie: $\text{cov}(x, y)$ – kowariancja zmiennych X i Y,
 s – odchylenie standardowe.

Do analiz przyjęto cztery klasy siły współzależności reprezentowanej przez współczynnik korelacji R, których granice oznaczono w tabeli 3.

Tabela 3. Klasyfikacja siły współzależności pomiędzy miarami narażenia na ryzyko i miarami ryzyka społecznego w ruchu drogowym

Siła współzależności pomiędzy zmiennymi		
Bardzo duża	$R \geq 0,9$	***
Duża	$0,7 \leq R < 0,9$	**
Znaczna	$0,5 \leq R < 0,7$	*
Średnia lub mała	$R < 0,5$	

Natomiast w tabeli 4 zestawiono siłę współzależności między poszczególnymi miarami narażenia w ruchu drogowym i miarami ryzyka społecznego dla sześćdziesięciu poddanych analizie krajów świata.



Tabela 4. Zestawienie siły zależności pomiędzy wybranymi miarami narażenia w ruchu drogowym i miarami ryzyka społecznego

Miara	LW	LR	LO	LZ	KW
LM				***	**
PO	*	*	*	*	*
LPO	**	**	**		*
LPM	**	**	**		*
LSO	*	*	*		*
LDO	***	***	***	*	**
LDT	***	***	***	*	**
LDA	**	***	***	*	**
ND	**	**	**		*
PRP	*	*	*	**	**
PRM	***	**	***	**	**
PPP	***	***	***		***
PPO	**	**	**		**
ZP	***	***	***		*
PNB	***	***	***	*	**

Na podstawie analizy otrzymanych wyników stwierdzono, że:

- bardzo mała lub umiarkowana siła zależności występuje pomiędzy:
 - liczbą mieszkańców a liczbą wypadków, liczbą ofiar rannych i liczbą ofiar ogółem,
 - liczbą pojazdów (ogółem, mechanicznych i samochodów osobowych), długością autostrad, nakładami na drogi, pracą przewozową wykonaną przez pojazdy i zużyciem paliwa a liczbą ofiar śmiertelnych,
 - liczbą samochodów osobowych a kosztami wypadków;
- bardzo duża siła zależności występuje pomiędzy:
 - liczbą mieszkańców LM i liczbą ofiar śmiertelnych LZ,
 - pracą przewozową pojazdów PP, długością dróg twardych LDT, produktem narodowym brutto PNB, zużyciem paliwa ZP, potencjałem ruchliwości pojazdów mechanicznych PRM, długością dróg LD, długością autostrad LDA a liczbą wypadków LW, liczbą ofiar rannych LR i liczbą ofiar ogółem LO,
 - pracą przewozową osób PPO i potencjałem ruchliwości PRM, a kosztami wypadków KW;
- duża lub średnia siła zależności w przypadku pozostałych zmiennych.

Dużym zaskoczeniem prowadzonych analiz jest mała współzależność pomiędzy liczbą mieszkańców oraz liczbą wypadków i liczbą ofiar rannych. A także między bardzo popularną miarą narażenia, jaką jest praca przewozowa pojazdów i liczbą ofiar śmiertelnych, co można by próbować tłumaczyć niejednorodną metodyką szacowania pracy przewozowej w poszczególnych krajach. Zatem



wielkość zawartych w bazach danych o pracy przewozowej obarczona może być dość znaczną niepewnością.

Najbardziej uniwersalnymi miarami narażenia w ruchu drogowym (biorąc pod uwagę wszystkie pięć analizowanych miar ryzyka społecznego) na poziomie kraju są: PRM, PPO, PNB, LDT, LD, PP. W dalszym postępowaniu odrzucono dwie miary (PO i LSO), które miały małą siłę współzależności z miarami ryzyka społecznego. Pozostałe miary podzielono na dwie grupy: miary główne i miary pomocnicze. Podział ten zastosowano do trzech grup narażenia (i) i pięciu źródeł zagrożenia (j). Podział na miary główne i pomocnicze wykonano według następującej procedury:

- jako miarę główną narażenia NG_{ij} proponuje się miarę, która spełnia następujący warunek:
 NG_{ij} w przypadku gdy występuje: $\max z R_{ij} \geq 0,9$,
- jako miary podrzędne EP_{ij} pozostałe miary, które spełniają warunek:
 NP_{ij} w przypadku gdy występuje: $0,7 \leq R_{ij} < R_{ijmax}$

W ten sposób wybrano sześć miar głównych i siedem miar pomocniczych narażenia w ruchu drogowym, które zestawiono w tabeli 5. Zatem zasady wyboru miar narażenia są następujące:

- dla danych istniejących stosujemy następującą procedurę:
 1. W pierwszej kolejności stosujemy miarę główną EG_{ij} ,
 2. W przypadku braku danych dla miary głównej:
 - a) wybieramy miarę pomocniczą EP_{ij} lub
 - b) szacujemy wielkości liczbowe miary głównej na podstawie modelu;
- dla danych prognozowanych – szacujemy wielkości liczbowe miary głównej na podstawie modelu;
- przed przystąpieniem do modelowania wybranych miar narażenia przeprowadzono analizę siły współzależności między tymi miarami. Celem tej analizy jest wybór miary narażenia w ruchu drogowym, które najlepiej reprezentują wszystkie miary pozostałe narażenia.

Tabela 5. Zestawienie wybranych miar narażenia w ruchu drogowym E_{ij} z podziałem na grupy miar ryzyka społecznego i źródła zagrożenia

Miara ryzyka społecznego (i)		Źródło zagrożenia (j)				
		Człowiek	Pojazd	Droga	Ruch	Otoczenie
LW, LR, LO	główna	PRM		LDT,	PPP, PRM	PNB
	pomocnicza	PRP	LPO	LDO, LDA, ND	ZP, PPO	–
LZ	główna	LM	–	–	–	–
	pomocnicza	PRM		LDO, LDT	PPO, PRP, PRM	PNB
KW	główna	PRM		–	PPO, PRM	–
	pomocnicza	PRP, LM		LDT, LDO, LDA	PPP, PRP	PNB



Do badania siły zależności między zmiennymi X i Y wykorzystano także współczynnik korelacji liniowej Pearsona R . Wyniki analiz przedstawiono w tabeli 6. Analizując otrzymane wyniki stwierdzono, że miarami narażenia, które najlepiej reprezentują pozostałe miary, są: LPO, LDT, PPP, PNB, PRM i LDO zatem te miary przede wszystkim powinny być zastosowane do opracowania modeli prognostycznych miar narażenia w ruchu drogowym.

Tabela 6. Zestawienie siły zależności pomiędzy poszczególnymi miarami narażenia w ruchu drogowym

Miara	LM	PO	LPO	LPM	LSO	LDO	LDT	LDA	ND	PRP	PRM	PPP	PPO	ZP	PNB
LM	X	*					*			**	*		*		*
PO		X	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
LPO			X	***	***	***	***	**	***	**	***	***	***	***	***
LPM				X	***	***	***	***	***	*	**	***	**	***	***
LSO					X	**	**	**	***	*	**	***	**	***	**
LDO						X	***	**	**	**	***	***	***	**	**
LDT							X	***	**	**	***	***	***	***	***
LDA								X	**	*	**	***	**	***	**
ND									X	**	**	***	**	*	***
PRP										X	***	**	***	*	**
PRM											X	**	***	**	***
PPP												X	**	**	***
PPO													X	**	***
ZP														X	**
PNB															X

Podsumowanie

Wyniki przedstawionej analizy wskazują, że w analizach ryzyka w ruchu drogowym istotną rolę odgrywa narażenie na ryzyko. Z analizy wielu miar narażenia jako najbardziej uniwersalne w ruchu drogowym na poziomie kraju są: potencjał mobilności PRM, praca, produkt narodowy brutto PNB, długość sieci dróg twardych LDT, praca przewozowa osób PPO. Natomiast najbardziej uniwersalnymi miarami narażenia z punktu widzenia reprezentowania pozostałych miar ryzyka są miary narażenia na ryzyko: liczba pojazdów ogółem LPO, długość dróg twardych, LDT, praca przewozowa pojazdów PPP, produkt narodowy brutto PNB, potencjał mobilności PRM. Wymienione miary narażenia powinny być przede wszystkim przyjmowane do opracowania modeli prognostycznych miar narażenia na ryzyko w ruchu drogowym.



Bibliografia

1. Kuhlmann A.: Einführung in der Sicherheitwissenschaft. Verlag TUV Rheinland. Köln 1981.
2. Hakkert A.S., Braimaister L. The uses of exposure and risk in road safety studies. SWOV Institute for Road Safety Research. Report R-2002-12, Leidschendam, 2002, The Netherlands.
3. van den Bossche F. at al: The role of exposure in the analysis of road accidents: a Belgian case-study. Kennis verkeersonveiligheid Report RA-2005-54, Diepenbeek, Belgium 2005.
4. Carroll P.S.: Techniques for the use of driving exposure information in highway safety research. HSRI, University of Michigan. 1971.
5. Chapman R.A.: The concept of exposure. *Accid. Anal. Prev.* 5 (2), 95–110. 1977.
6. Wolfe A.C.: The concept of exposure to the risk of a road traffic accident and an overview of exposure data collection methods. *Accident Analysis and Prevention*, 14(5), 337–340, 1982.
7. Hauer E.: Traffic conflicts and exposure. *Accid. Anal. Prev.* 14 (5), 359–364. 1982.
8. Thomas P., et al: SafetNet Project: Deliverable 2.1. State of the Art Report on Risk and Exposure Data. EU Sixth Framework Programme, 2004.
9. Jamroz K.: Metodyka analizy i oceny ryzyka w ruchu drogowym na poziomie strategicznym. Praca w przygotowaniu.

Recenzent:
Gerard KRAWCZYK

Analysis of measures of risk exposure in road traffic

Key-words

Road traffic, safety, exposure to risk, measures.

Summary

Exposure to risk is a component of collective risk. The article presents an analysis of measures of risk exposure in road traffic. It describes how the definition of road traffic risk exposure has evolved and gives the characteristics of most commonly used measures. The analysis of correlation regression was



used to define the relations between fifteen risk exposure measures and selected collective risk measures based on data from sixty countries. The results of the analysis were used to recommend thirteen measures of risk exposure divided into two groups: primary and auxiliary measures. Finally, the article proposes some rules for selecting risk exposure measures depending on the availability of data.