

Kazimierz JAMROZ

## IDENTYFIKACJA CZYNNIKÓW WPŁYWAJĄCYCH NA ŚMIERTELNOŚĆ WYPADKÓW DROGOWYCH

### *Streszczenie*

*Zarządzanie ryzykiem strategicznym na poziomie kraju obejmuje także ochronę życia i zdrowia uczestników ruchu drogowego. Jednym z narzędzi zarządzania ryzykiem są modele prognostyczne wybranych miar ryzyka. Do jednym z pierwszych etapów budowy takich narzędzi jest identyfikacja czynników wpływających na ryzyko wypadku drogowego. W pracy przedstawiono metodykę identyfikacji najbardziej istotnych czynników wpływających na zmiany wybranych miar ryzyka społecznego i indywidualnego na poziomie strategicznym kraju. W przypadku wskaźnika śmiertelności ofiar wskazano także ranking tych czynników i kształt zależności.*

### WSTĘP

Nowa koncepcja rozwoju systemu bezpieczeństwa lotnictwa przemysłowego, energetycznego i wojskowego pod nazwą koncepcja „trzech er” polega na prowadzeniu działań dotyczących zmniejszenia zagrożeń poprzez stosowanie kolejno: usprawnień infrastrukturalnych i wdrażaniu standardów bezpieczeństwa, rozwoju systemu zarządzania bezpieczeństwem i rozwój kultury bezpieczeństwa. Te grupy działań nazwano erami w prowadzeniu działań prewencyjnych. W tym podejściu zarządzanie bezpieczeństwem to druga grupa (era) tych działań, która skupia działania wyprzedzające (proaktywne) i skupione na podejściu systemowym. Działania te polegają na monitorowaniu funkcjonowania infrastruktury wykonanej według standardów brd oraz zarządzaniu ryzykiem.

Systemowe podejście do zarządzania bezpieczeństwem powoduje lepsze zarządzanie na warstwach wyższych systemu zarządzania bezpieczeństwem, integruje działania, daje lepszy wgląd w prowadzone działania operacyjne i umożliwia lepsze podejmowanie decyzji [1].

Zarządzanie ryzykiem może być realizowane na różnych poziomach zarządzania systemem bezpieczeństwa, w tym także systemu bezpieczeństwa transportu drogowego, gdzie można zastosować wielopoziomową metodę zarządzania bezpieczeństwem ruchu drogowego, Metoda ta polega na zastosowaniu zarządzania ryzykiem strategicznym, taktycznym bądź operacyjnym w poszczególnych fazach życia obiektu drogowego tj. w fazie jego planowania, projektowania, budowy, eksploatacji lub likwidacji. Poszczególne rodzaje zarządzania ryzykiem mogą być stosowane przez różne warstwy systemu zarządzania bezpieczeństwem i na różnych etapach cyklu życia obiektu drogowego. W zależności od potrzeb każdy z poziomów zarządzania może być realizowany niezależnie, ale w przypadku uwzględnienia

wpływu efektów zarządzania ryzykiem z poziomu wyższego należy uwzględnić go także na poziomie niższym.

W zarządzaniu bezpieczeństwem na poziomie instytucji i organizacji centralnych kraju wykorzystuje się zarządzanie ryzykiem strategicznym, co jest głównym tematem niniejszej pracy. Ryzyko strategiczne w niniejszym ujęciu jest rodzajem ryzyka systemowego, które zasięgiem obejmuje funkcjonowanie całego systemu transportu drogowego, w tym także funkcjonowanie infrastruktury drogowej. Urzeczywistnianie się ryzyka strategicznego w transporcie drogowym może przynosić poważne straty osobowe, materialne, ekologiczne i ekonomiczne. Zarządzanie ryzykiem strategicznym jest bardzo trudne ze względu na ogromne rozmiary zjawiska i występowanie czynników na poziomie makro, mezo i mikro.

Zarządzanie strategiczne jest procesem, w którym organizacja ustanawia cele, przyjmuje zasady (politykę) osiągnięcia tych celów oraz organizuje zasoby do wdrożenia tej polityki [2]. Celami planu strategicznego działania danego w kraju w zakresie bezpieczeństwa mogą być:

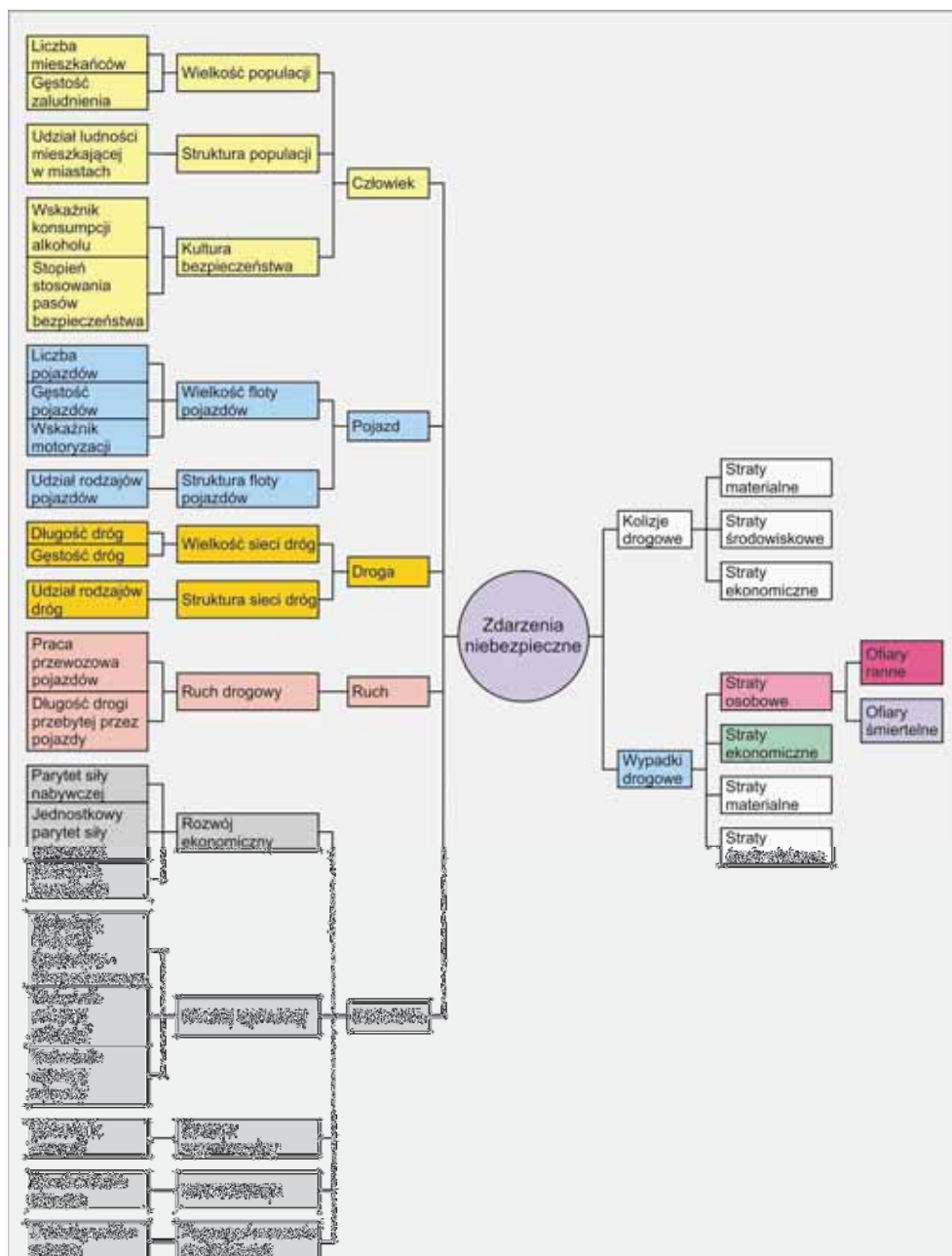
- ochrona społeczeństwa przed niebezpiecznymi ludźmi (przed terroryzmem),
- ochrona społeczeństwa przed niebezpiecznymi towarami (awarie przemysłowe, odpady toksyczne),
- ochrona zdrowia i życia uczestników ruchu drogowego,
- ochrona krytycznej infrastruktury ( w tym także infrastruktury drogowej),
- wzmocnienie systemu ratownictwa ( także systemu ratownictwa na drogach).

Osiąganie postawionych celów związane jest z niepewnością wynikająca ze: zmienności czynników wpływających na możliwość osiągnięcia założonych celów, złożoności problemu, braku wiedzy u menadżerów zarządzających bezpieczeństwem, braku dokładnych metod szacowania i oceny ryzyka, brakiem informacji u partnerów (samorządy, organizacje zajmujące się bezpieczeństwem, społeczeństwa). Ryzyko strategiczne odnosi się zatem do głównego menadżera lub grupy menadżerów (premier, minister transportu, agencja bezpieczeństwa transportu itp.), którzy odpowiadają za zarządzanie bezpieczeństwem transportu w danym kraju.

## **1. KONCEPCJA MODELU ZALEŻNOŚCI MIĘDZY ŹRÓDŁAMI ZAGROŻEŃ I SKUTKAMI ZDARZEŃ NIEBEZPIECZNYCH**

Do identyfikacji źródeł zagrożeń i obszarów wysokiego ryzyka w wielu polach aktywności (zakłady chemiczne, elektrownie) umożliwiającą zastosowanie działań prewencyjnych zapobiegającym wielkim wypadkom zakładów chemicznych i ograniczeniu konsekwencji tych wypadków wykorzystany jest nurt czynnikowy (teoria bocznego łańcucha zdarzeń) w grupie teorii przyczynowych. Jako bazowy stosuje się model „butterfly” lub „bow-tie”, który jest kombinacją zastosowania drzewa błędów do analizy przyczyn wypadku po jednej stronie i analizy wpływu tych przyczyn na skutki wypadku z drugiej strony [3]. Korzystając z założeń do tego podejścia, autor opracował ogólny model zależności pomiędzy źródłami zagrożeń i stratami osobowymi wypadków drogowych (rys. 1).

Źródła zagrożeń (czynniki ryzyka) w tym modelu reprezentowane są za pomocą zmiennych niezależnych, reprezentujących wybrane elementy systemu Człowiek – Pojazd - Droga-Ruch - Otoczenie (CPDRO) na poziomie strategicznym (z jednej strony), a stratami osobowymi w zdarzeniach niebezpiecznych (z drugiej strony) [4].



Rys. 1 Model zależności pomiędzy zmiennymi niezależnymi reprezentującymi elementy systemu CPDRO, a stratami w zdarzeniach niebezpiecznych [4]

Człowiek jako operator (kierowca, pieszy) poprzez swoje działania i zachowania w ruchu drogowym wpływa istotnie na powstawanie zagrożenia w ruchu drogowym. Na wywołanie zagrożenia ze strony człowieka jako uczestnika ruchu mają wpływ następujące czynniki [5]: cechy stałe uczestnika ruchu (grupowe normy zachowań, wiek, płeć, rodzaj prawa jazdy, doświadczenie, zdolności percepcji, cechy osobowościowe), cechy związane z odbywaną podróżą (cel podróży, zmęczenie itp.), środki modyfikujące zachowania (pogoda, stan zdrowia, używanie alkoholu lub środków odurzających, używanie telefonu komórkowego podczas jazdy, użycie zabezpieczeń w pojeździe itp.), czynniki związane z aktualnym stanem ruchu (zachowania, stres, egoistyczne samopoczucie, tolerancja dla innych kierowców, doświadczenia z udziału w wypadku, przebyta droga w ciągu roku itp.). Istotnym czynnikiem jest także kultura bezpieczeństwa w odniesieniu do pojedynczego człowieka [6]. Podobnie można wyróżnić cechy i parametry innych uczestników ruchu jak piesi rowerzyści [7].

Pojazd jako urządzenie umożliwiające szybkie i wygodne poruszanie się człowieka po drodze jest głównym narzędziem przyczyniającym się do powstawania wypadków drogowych. Czynnikiem wywołującym zagrożenie ze strony pojazdu to przede wszystkim konstrukcja pojazdu, jego właściwości dynamiczne i jego stan techniczno eksploatacyjny. Z elementów konstrukcyjnych pojazdu istotne jest bezpieczeństwo czynne i bezpieczeństwo bierne [8].

Droga wraz z ruchem drogowym oraz z otoczeniem bliższym i dalszym stanowi największy zbiór czynników wywołujących zagrożenie w ruchu drogowym, gdyż wypadki drogowe zlokalizowane są na drodze lub w jej najbliższym otoczeniu. Czynniki drogowe mające największy wpływ na bezpieczeństwo ruchu można sklasyfikować następująco [9]:

- czynniki drogowe to: rozwiązania geometryczne drogi: klasa drogi, trasa drogi i jej elementy; niweleta drogi; koordynacja trasy i niwelety drogi, widoczność, przekrój poprzeczny drogi; wyposażenie drogi, obecność obiektów stałych w otoczeniu drogi), skrzyżowania i węzły drogowe, rodzaj i stan cech powierzchniowych nawierzchni, organizacja ruchu i urządzenia zabezpieczenia ruchu, oświetlenie;
- czynniki ruchowe to: praca przewozowa, natężenie ruchu drogowego, struktura potoku, prędkość potoku;
- czynniki otoczenia to: system zarządzania krajem, rodzaj zagospodarowanie otoczenia drogi; dostępność do drogi, warunki atmosferyczne [4].

W badaniach zjawisk zachodzących w systemie bezpieczeństwa ruchu drogowego stosuje się metody ilościowe, które wymagają opisu badanych obiektów w postaci policzalnej. Istotna jest znajomość zależności pomiędzy badanymi obiektami a miarami bezpieczeństwa. Do tego konieczne są dobre miary ilościowe charakteryzujące parametry systemu transportu i jego funkcjonowanie, umożliwiające podejmowanie przez władze publiczne skutecznych działań, pozwalających na realizowanie polityki bezpieczeństwa w skali całego kraju. Na podstawie studiów literatury oraz przeprowadzonych studiów i analiz wybrano wstępnie zbiór 32 parametrów i wskaźników reprezentujących źródła zagrożeń na poziomie strategicznym kraju [4]. Podzielono je na cztery grupy reprezentujące:

- człowieka (uczestników ruchu drogowego):
  - wielkość populacji mieszkańców kraju (liczba mieszkańców LM, gęstość zaludnienia GLM),
  - strukturę populacji mieszkańców kraju (udział mieszkańców żyjących w miastach ULM),
  - kulturę bezpieczeństwa społeczeństwa (poziom konsumpcji alkoholu WKA, stopień stosowania pasów bezpieczeństwa w pojazdach USB),
- pojazd (flotę pojazdów):
  - wielkość floty pojazdów (liczba pojazdów ogółem LPO, liczba pojazdów motorowych LPM, wskaźnik motoryzacji pojazdów ogółem WMPO, wskaźnik motoryzacji pojazdów motorowych WMPM),
  - struktura floty pojazdów (udział pojazdów motorowych UPM),
- drogę:
  - wielkość sieci dróg (długość dróg LDO, długość dróg twardych LDT, długość dróg ekspresowych i autostrad LDAE, gęstość obszarowa dróg ogółem GDOO, gęstość obszarowa dróg twardych GDTO, gęstość obszarowa autostrad i dróg ekspresowych GDAEO, gęstość demograficzna dróg ogółem GDOD, gęstość demograficzna dróg twardych GDTD, gęstość demograficzna autostrad i dróg ekspresowych GDAED),
  - strukturę sieci dróg (udział dróg twardych UDT, udział autostrad i dróg ekspresowych UDAE),
- ruch: przewozy na sieci dróg (praca przewozowa pojazdów PP, średnia droga przebyta przez mieszkańców pojazdami SDPM),



- otoczenie zewnętrzne:
  - poziom rozwoju ekonomicznego kraju (parytet siły nabywczej mieszkańców PJN, jednostkowy parytet siły nabywczej JPSN, wskaźnik bezrobocia WB)
  - poziom rozwoju społecznego kraju (wskaźnik rozwoju społeczno gospodarczego HDI, wskaźnik poziomu edukacji EDI, wskaźnik poziomu ochrony zdrowia LEI)
  - funkcjonowanie systemu organizacyjnego kraju (wskaźnik korupcji WKP)
  - wielkość obszaru (powierzchnia kraju PO)
  - zagospodarowanie przestrzenne (udział gruntów rolnych UGR).

Przedstawione czynniki wpływają na powstawanie zdarzeń niebezpiecznych i wielkości strat w tych zdarzeniach. Ze względu na ograniczony dostęp do danych zakres zmiennych zależnych ograniczono do wypadków drogowych oraz strat osobowych i ekonomicznych w wypadkach drogowych. Informacje o liczbie wypadków i stratach osobowych (o liczbie ofiar śmiertelnych i ofiar rannych) pochodzą z baz danych. Wielkość strat ekonomicznych oszacowano na podstawie danych o liczbie wypadków i stratach osobowych.

Określenie precyzyjnych celów działania w zakresie bezpieczeństwa ruchu drogowego też wymaga dobrej informacji o tym celu. Jeżeli jako cel działania programu bezpieczeństwa w jakimś kraju przyjmie się zmniejszenie wskaźnika koncentracji ofiar śmiertelnych, to potrzebne będą szybkie i dokładne informacje o liczbie ofiar śmiertelnych i pracy przewozowej pojazdów. Stosowane obecnie miary bezpieczeństwa ruchu drogowego można podzielić na miary bezwzględne i względne. Miary bezwzględne to liczba wypadków, liczba ofiar rannych i ofiar śmiertelnych, natomiast miary względne to liczba wypadków i ich ofiar w odniesieniu do liczby mieszkańców, liczby pojazdów, przebytej drogi itp.

Lista analizowanych miar bezpieczeństwa ruchu drogowego rozpatrywanych jako miary ryzyka strategicznego zawiera kilkadziesiąt pozycji. Podzielono je na trzy grupy wyróżniając: miary bezwzględne, miary względne i miary szczegółowe. W niniejszej pracy analizowano tylko wybrane grupy miar tj. miary :

- bezwzględne miary bezpieczeństwa ruchu drogowego:
  - liczba wypadków LW,
  - liczba ofiar rannych wypadków LR,
  - liczba ofiar śmiertelnych wypadków LZ,
  - koszty wypadków KWD,
- względne miary bezpieczeństwa ruchu drogowego w odniesieniu do demografii:
  - wypadkowość demograficzna WD (liczba wypadków na 1mln mieszkańców),
  - ofiarochłonność demograficzna ODR (liczba ofiar rannych na 1 mln mieszkańców),
  - śmiertelność demograficzna ODZ, (liczba ofiar śmiertelnych na 1 mln mieszkańców),
  - kosztocłonność demograficzna KDW, (koszt wypadków na 1 mln mieszkańców).

## **2. ANALIZA SIŁY ZWIĄZKU POMIĘDZY WYBRANYMI MIARAMI BEZPIECZEŃSTWA A ZMIENNYMI NIEZALEŻNYMI**

W celu wybrania najbardziej istotnych miar narażenia na ryzyko przeprowadzono analizę siły współzależności pomiędzy miarami narażenia w ruchu drogowym (X) i wybranymi miarami bezpieczeństwa (Y). 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:

$$R_{xy} = \frac{cov(x,y)}{s(x) \cdot s(y)} \quad (1)$$

gdzie:

$R_{xy}$  – współczynnik korelacji liniowej Pearsona,

$cov(x,y)$  - kowariancja zmiennych  $X$  i  $Y$   
 $s$  - odchylenie standardowe.

Do analiz przyjęto cztery klasy siły współzależności reprezentowanej przez współczynnik korelacji  $R$ , których granice oznaczono w tabelicy 1.

**Tablica 1** Klasyfikacja współzależności między zmiennymi

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 i mała	$R < 0,5$	

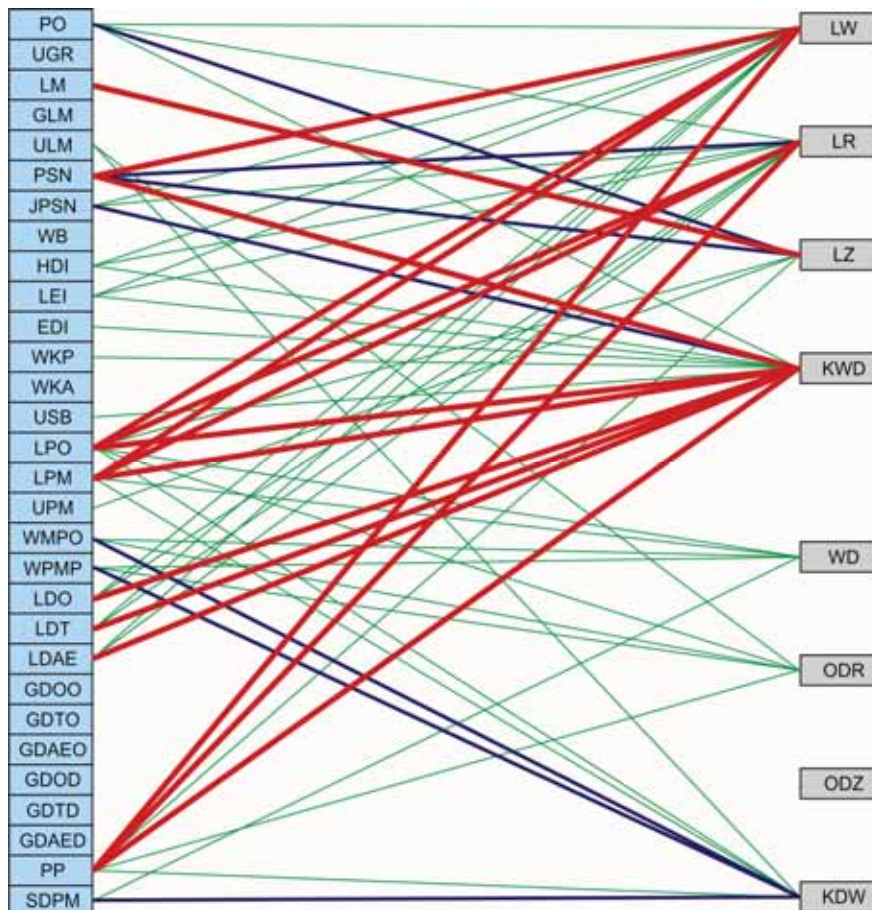
Badania empiryczne przeprowadzono na danych pochodzących z wielu krajów świata. Korzystając z dostępnych baz danych Eurostat, FAO, IRF, IRTAD, OECD, TI, UN, WB, WHO i wielu innych źródeł, zebrano dane empiryczne z okresu 1965 – 2010 dla 61 krajów z wszystkich kontynentów. Uzyskano dane w ten sposób podstawową grupę danych dla 1800 krajo-lat. Dane te obejmują zbiór charakterystyk: geograficznych, demograficznych, motoryzacyjne, infrastrukturalne, mobilności, ekonomiczne i społeczne oraz dane o bezpieczeństwie ruchu drogowego [4]. Analizę przeprowadzono z wykorzystaniem pakietu Statistica. Wyniki analizy przedstawiono na rys. 2.

Na podstawie analizy otrzymanych wyników stwierdzono, że:

- bardzo duża, liniowa siła zależności występuje pomiędzy:
  - liczbą wypadków LW a parytetem siły nabywczej PSN, liczbą pojazdów LPO i LPM i praca przewozową PP;
  - liczbą ofiar rannych LR a liczbą pojazdów LPO i LPM i praca przewozową PP;
  - liczbą ofiar śmiertelnych LZ a liczbą mieszkańców LM;
  - kosztami wypadków KWD a liczbą pojazdów LPO i LPM, długością dróg LDO, LDT i LDAE oraz praca przewozową PP;
- duża, liniowa siła zależności występuje pomiędzy:
  - liczbą ofiar rannych LR a parytetem siły nabywczej PSN;
  - liczbą ofiar śmiertelnych LZ a powierzchnią kraju PO i parytetem siły nabywczej PSN;
  - kosztami wypadków KWD a jednostkowym parytetem siły nabywczej JPSN;
  - kosztochłonnością demograficzną wypadków drogowych KDW a wskaźnikiem motoryzacji WMPO i WMPM oraz średnią drogą przebyta przez pojazdy w przeliczeniu na mieszkańca SDPM.

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

Przedstawiona analiza najbardziej uniwersalnymi miarami narażenia na ryzyko w ruchu drogowym (biorąc pod uwagę wszystkie analizowane miary bezwzględne bezpieczeństwa ruchu drogowego) na poziomie kraju są: liczba mieszkańców LM, liczba pojazdów LP, długość dróg LD i parytet siły nabywczej PSN



Rys. 2. Zestawienie siły zależności pomiędzy wybranymi zmiennymi niezależnymi i zależnymi [4].

### 3. ANALIZA ZMIENNYCH WPŁYWAJĄCYCH NA ŚMIERTELNOŚĆ WYPADKÓW DROGOWYCH

Przeprowadzona analiza wskazuje, że nie występują zbyt silne zależności liniowe pomiędzy analizowanymi zmiennymi niezależnymi, a względnymi miarami bezpieczeństwa ruchu drogowego. Biorąc pod uwagę wyniki przeprowadzonych analiz oraz wyniki studiów literatury i wcześniejszych prac [4] postawiono hipotezę, że zależności między względnymi miarami bezpieczeństwa ruchu drogowego a zmiennymi niezależnymi charakteryzującymi system CPRDO i jego funkcjonowanie mają charakter nieliniowy. Ponadto wpływ na zmiany tych miar ma większy zbiór zmiennych niż wysteruje to w przypadku miar bezwzględnych.

W celu sprawdzenia tej hipotezy przeprowadzono analizę zależności między wybranymi zmiennymi niezależnymi (16 wskaźników charakteryzujących system CBDRO) i wskaźnikiem śmiertelności demograficznej ODZ. Do analiz przyjęto sześć modeli zależności:

1) model liniowy:  $ODZ = a * X + b$  (2)

2) model logarytmiczny:  $\ln(ODZ) = a * \ln(X) + b$  (3)

3) model Kuznezta:  $\ln(ODZ) = a * \ln(X) + c * (\ln(X))^2 + c$  (4)

4) model potęgowy:  $ODZ = a * (X)^b + c$  (5)

5) model wykładniczy:  $ODZ = a * \exp(b * X) + c$  (6)

$$6) \text{ model potęgowo - wykładniczy: } ODZ = a * (X)^b * \exp (c * X) \quad (7)$$

Do oceny siły zależności wybrano wskaźnik determinacji  $R^2$ , który obliczono za pomocą pakietu Statistica) dla analizowanych zmiennych niezależnych. Do analiz wykorzystano bazę danych opisaną w rozdz. 3. Wyniki analizy zestawiono w tabelicy 2.

**Tablica 2.** Zestawienie wielkości współczynników determinacji  $R^2$  dla analizowanych modeli zależności między ODZ i wybranymi zmiennymi niezależnymi

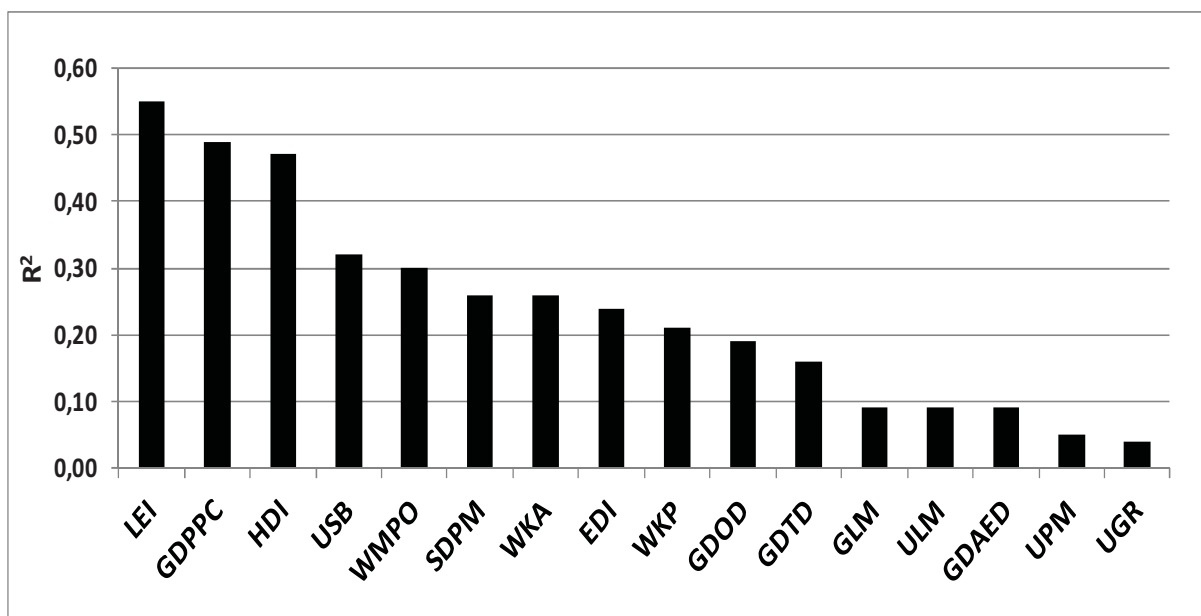
Zmienna niezależna	Miara oceny	Model					
		Liniowy	Logarytmiczny	Kuznetza	Potęgowy	Wykładniczy	Potęgowo - wykładniczy
LEI	$R^2$	0,38	0,27	0,50	0,24	0,28	<b>0,55</b>
GDPPC		0,19	0,02	0,34	0,03	0,15	<b>0,49</b>
HDI		0,10	0,03	0,24	0,05	0,07	<b>0,47</b>
USB		0,24	0,10	0,26	0,12	0,21	<b>0,32</b>
WMPO		0,09	0,00	0,21	0,01	0,08	<b>0,30</b>
SDPM		0,05	0,01	0,09	0,01	0,04	<b>0,26</b>
WKA		0,23	0,20	<b>0,26</b>	0,21	0,22	0,00
EDI		0,18	0,14	0,23	0,13	0,16	<b>0,24</b>
WKP		0,10	0,06	0,20	0,06	0,09	<b>0,21</b>
GDOD		0,03	0,14	<b>0,19</b>	0,05	0,03	0,00
GDTD		0,01	0,10	<b>0,16</b>	0,03	0,01	0,05
GLM		0,06	0,03	<b>0,09</b>	0,02	0,06	0,07
ULM		0,00	0,01	<b>0,09</b>	0,00	0,03	0,04
GDAED		0,03	0,01	<b>0,09</b>	0,00	0,03	0,00
UPM		0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	<b>0,05</b>
UGR		0,01	0,04	0,04	0,02	0,01	<b>0,04</b>

Analizując otrzymane wyniki stwierdzono, że z sześciu modeli zależności najlepsze dopasowanie modeli do zbioru danych rzeczywistych wskaźnika ODZ uzyskano dla modelu potęgowo – wykładniczego (najlepsze dopasowanie w 10 przypadkach) i modelu Kuznetz’a (najlepsze dopasowanie w 6 przypadkach). Zatem te modele są rekomendowane do budowy modeli wieloczynnikowych.

Na rysunku 3 przedstawiono porównanie wskaźników determinacji  $R^2$  (dla najlepszego dopasowania – pogrubiona czcionka w tabl. 2 dla analizowanych zmiennych niezależnych). Na zmiany wskaźnika śmiertelności demograficznej w wypadkach drogowych danego kraju ODZ ma wpływ wiele czynników. Z analizowanych szesnastu zmiennych niezależnych reprezentujących źródła zagrożeń i możliwości interwencji na zmianę ODZ wpływ mają:

- największy: poziom ochrony zdrowia mierzony wskaźnikiem LEI, poziom rozwoju ekonomicznego kraju mierzony wskaźnikiem JPSN i poziom rozwoju społeczno – ekonomicznego kraju mierzony wskaźnikiem HDI;
- duży: stopień stosowania pasów bezpieczeństwa w pojazdach USB, poziom motoryzacji mierzony wskaźnikiem motoryzacji pojazdów ogółem WMPO, średnią drogą przebyta przez pojazdy w przeliczeniu na mieszkańca SDPM, poziomu konsumpcji alkoholu mierzony wskaźnikiem WKA, poziomu edukacji mierzony wskaźnikiem EDI;
- dość duży: funkcjonowanie systemu organizacyjnego kraju mierzonego wskaźnikiem korupcji WKP, gęstość demograficzna dróg ogółem GDOD i dróg twardych GDTD;
- mały: pozostałe zmienne niezależne.





Rys. 3. Wykres wielkości współczynników determinacji  $R^2$  dla najbardziej istotnych modeli zależności między ODZ i analizowanymi zmiennymi niezależnymi

Przeprowadzona analiza korelacji pomiędzy zmiennymi niezależnymi wskazuje na dość silne zależności występujące pomiędzy niektórymi zmiennymi. Bardzo silna korelacja występuje pomiędzy: HDI a GDPPC i LEI; SDPM a WMPO; LEI oraz EDI a WKP i WKA. To wskazuje, że podczas budowy wieloczynnikowego modelu ODZ należy zrezygnować ze zmiennych silnie skorelowanych z sobą.

## PODSUMOWANIE

Użyte w pracy zmienne niezależne reprezentować mogą, w zależności od zakresu i celu analizy: miary narażenia na ryzyko, miary źródeł zagrożeń i miary interwencji. Miary narażenia na ryzyko potrzebne są do:

- oszacowania wybranych miar ryzyka społecznego,
- oszacowania wybranych miar ryzyka indywidualnego.

W pracy przedstawiono metodę identyfikacji istotnych zmiennych niezależnych, które mogą być zastosowane do modelowania miar ryzyka w ruchu drogowym. Zastosowanie analizy regresji nieliniowej pozwoliło na identyfikację najbardziej istotnych czynników wpływających na śmiertelność demograficzną wypadków drogowych. Uzyskano Take odpowiedź odnośnie rodzaju funkcji opisującej zależność między ODZ i poszczególnymi zmiennymi niezależnymi. Przeprowadzone prace wskazują, że model opisany funkcją potęgowa – wykładnicza i model Kuznetz’a najlepiej wyjaśniają te zależności.

W dalszych pracach należy zbudować modele wieloczynnikowe uwzględniające zidentyfikowane zależności pomiędzy śmiertelnością demograficzną wypadków ODZ a analizowanymi zmiennymi niezależnym.

## BIBLIOGRAFIA

1. Jamroz K.: Koncepcje kształtowania bezpieczeństwa ruchu drogowego. Część I: Przegląd koncepcji kształtowania bezpieczeństwa ruchu drogowego. Drogownictwo 12/2012.
2. Schanzer D.H., Eyerman J.: Improving Strategic Risk Management in Government: At Look at Homeland Security. Managing for Performance and Results. Series 2009. IBM Center The Bussiness of Government,

3. Ale B.J., Brighton P.W.M., Baram M.: Risk Management. Safety Science Monitor. Special Edition vol. 10, 2006
4. Jamroz K.: Metoda zarządzania ryzykiem w inżynierii drogowej. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej. Gdańsk 2011.
5. Konishi H., Kokubum M. et al.: Risk Evaluation while Driving by Using Hazard Information R&D Review of Toyota CRDL Vol. 30 No. 2, 2004
6. Eby D.W., Bingham R.: Customized driver feedback and traffic-safety culture. Foundation for Traffic Engineering, Washington, USA 2007.
7. Noland R.,B.: Perceived Risk and Modal Choice: Risk Compensation in Transportation Systems. Accident Analysis and Prevention vol. 27, no. 4, 1995 pp. 503-521 .
8. Murray W., Newnam S., i inni: Evaluating and improving fleet safety in Australia. Department of Transport and Regional Services Australian Transport Safety Bureau. Road Safety Research Grant Report 2003.
9. Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M.: Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i praktyka. WKŁ Warszawa 2008.

## **IDENTIFY THE FACTORS AFFECTING ROAD MORTALITY**

### *Abstract*

*Strategic risk management at national level also includes the protection of life and health of road users. One of the tools of risk management are forecasting models of selected risk measures. One of the first stages of development of such tools is to identify the factors affecting the risk of an accident. The paper presents methodology to identify the most important factors affecting the changes in selected measures of social and personal risk at strategic national level. As for the mortality indicator, the ranking of those factors and dependency shape was also presented.*

### **Autor:**

dr hab. inż. **Kazimierz Jamroz** – Politechnika Gdańska w Gdańsku, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Katedra Inżynierii Drogowej – [kjamroz@pg.gda.pl](mailto:kjamroz@pg.gda.pl)