

# BADANIA CZYNNIKÓW WPŁYWAJĄCYCH NA BEZPIECZEŃSTWO RUCHU DROGOWEGO W WOJEWÓDZTWACH

## SURVEYS OF FACTORS AFFECTING ROAD SAFETY IN VOIVODESHIPS

### Wprowadzenie

Problem analiz bezpieczeństwa ruchu drogowego na poziomie krajowym doczekał się już wielu publikacji. Analizy tego zagadnienia przez specjalistów z wielu, czasem pozornie dalekich dziedzin nauki, takich jak: drogowcy, ekonomiści, matematycy, lekarze czy transportowcy, pokazały, jak wiele elementów składa się na poziom bezpieczeństwa w poszczególnych krajach. Jednak by móc efektywnie wpływać na warunki bezpieczeństwa ruchu na mniejszym obszarze administracyjnym, często ogólne modele krajowe wypadków mogą okazać się niewystarczające, gdyż każdy kraj jest zróżnicowany w jego poszczególnych regionach. Dlatego interesująca będzie odpowiedź na pytanie: czy i jakie charakterystyki regionów i ich systemów transportowych mogą wpływać na poziom bezpieczeństwa na sieci dróg?

### Dotychczasowe doświadczenia

Problem analizy bezpieczeństwa ruchu drogowego na poziomie regionalnym to dość złożone zagadnienie z uwagi na bardzo zróżnicowaną dostępność danych regionalnych w poszczególnych krajach. Problem leży nie tylko w sposobie zbierania i zestawiania danych, co utrudnia ich ujednoczenie i wspólne analizowanie, ale również w całkowitym braku dostępności danych dla badacza. Drugi z wymienionych problemów jest albo wynikiem braku gromadzenia pewnego rodzaju informacji, albo ograniczeniami dostępu do tych informacji, mającymi podłoże w uwarunkowaniach prawnych.

Być może dlatego właśnie dotychczas powstałe opracowania dotyczące analiz poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego ograniczają się do wskaźnikowych porównań regionów pod względem bezpieczeństwa obszarów o znormalizowanym sposobie zbierania danych, np. regiony NUTS w Unii Europejskiej [1,2,3], a nawet do analiz w obrębie jednego państwa [4,5]. Kolejnym przykładem może być praca Fridstroma [6] z roku 1995, gdzie dokonano szczegółowej analizy dużego zbioru danych o krajach skandynawskich i stwierdzono, że zmienne objaśniające w mode-

lach wypadków można ograniczyć do gęstości zaludnienia. Podejście to nie jest niczym nowym, gdyż już w roku 1959 Wasiutyński [7] wskazał na ten sam czynnik jako determinujący ruchliwość, a w konsekwencji liczbę wypadków. Niestety tego rodzaju studia nie biorą pod uwagę strukturalnych i kulturowych różnic pomiędzy regionami, z których wynikają następnie różnice w warunkach ruchu drogowego.

Dotychczas przykładano małą uwagę w analizach ofiar śmiertelnych na drogach do tych regionalnych różnic. Analizowano to jako problem zdrowotny, bardziej skupiając się na miejscu zamieszkania ofiary niż na lokalizacji wypadku. Również w opracowaniu Lassare'a i Thomasa [3] gęstość zaludnienia służy jako zmienna wyjaśniająca śmiertelność na drogach regionów europejskich. Wskaźnik ten według autorów uwzględnia wiele czynników często niedostępnych w bazach danych regionalnych, takich jak praca przewoźowa na różnych typach dróg, struktura sieci drogowej, poziom zurbanizowania. Można założyć, że region o wyższej gęstości zaludnienia ma bardziej rozwiniętą i bezpieczniejszą strukturę sieci drogowej, a także większy dostęp do różnych środków transportu publicznego. Jest to niejako odpowiedzią na potrzebę większej mobilności i częściowo uzależnione jest od lepszego rozwoju ekonomicznego, pozwalającego na poprawę infrastruktury. W obszarach wysoko zurbanizowanych zatłoczenie można rozpatrywać jako znaczący czynnik wpływający na wybór innego środka transportu publicznego.

W badaniach wypadków drogowych często wskazuje się na różnicę pomiędzy obszarami miejskimi i wiejskimi. Określa się je jako dwa różne środowiska, z czego wynika różna liczba wypadków drogowych. Przeważnie obszary wiejskie charakteryzują się większą śmiertelnością wypadków, co spowodowane jest m.in. gorszym dostępem do służb ratowniczych [3,8], większymi prędkościami pojazdów, większym przyzwoleniem społecznym na jazdę po spożyciu alkoholu. Dodatkowo obszary o mniejszej gęstości zaludnienia charakteryzują się inną strukturą wiekową, zepsuciem społecznym, co wpływa na większy poziom ryzyka [9,10]. Ponadto z uwagi na większe odległości i dłuższy czas w podróży ryzyko bycia ofiarą wypadku wzrasta [1].

<sup>1</sup> Mgr inż., Katedra Inżynierii Drogowej, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska, joanna.wachnicka@wp.pl

Drugim podejściem w opisie bezpieczeństwa ruchu jest analiza szeregów czasowych, gdzie obserwuje się tendencje w bezpieczeństwie ruchu drogowego [11].

Trzecim sposobem podejścia do problemu jest analiza czynnikowa poszczególnych zmiennych, które mogą wpływać na statystyki bezpieczeństwa, lecz bez poszukiwania algorytmu łączącego kilka czynników, a także analiz kowariancji między nimi. Takie podejście przyjął m.in. Zhang [5], który badał wpływ na bezpieczeństwo ruchu drogowego produktu krajowego brutto w prowincjach, a także długości sieci dróg ekspresowych w prowincjach. Zaobserwował między innymi, że śmiertelność wypadków drogowych na drogach ekspresowych jest podobna jak na drogach krajowych i na wewnętrznych w prowincjach.

Na poziomie krajowym modelowanie bezpieczeństwa ruchu drogowego ma nieco dłuższą tradycję i stosowane są w nim wymienione powyżej podejścia. Podejście to poszerzył ostatnio Jamroz [12], wprowadzając metodę hierarchicznego szacowania ryzyka strategicznego w ruchu drogowym. Podstawą tej metody jest uzależnienie zmian poszczególnych czynników i miar ryzyka od zmian poziomu rozwoju społecznego kraju jako głównego wyznacznika funkcjonowania systemu transportu drogowego. Dzięki udowodnieniu tej tezy autor mógł przyjąć jednostkowy produkt narodowy jako podstawowy parametr skali prognozowanych miar i zmiennych. Częstkowe modele ryzyka uzależniono od wielu zmiennych niezależnych reprezentujących parametry przestrzenne, demograficzne, ekonomiczne, społeczne, motoryzacyjne, infrastrukturalne i transportowe analizowanego kraju. Opracowane modele umożliwiają analizę ich wpływu na wielkość strat w wypadkach drogowych na poziomie strategicznym. Jest to nowe podejście do zagadnienia bezpieczeństwa ruchu drogowego i autorka w swojej pracy naukowej próbuje zapylikować takie podejście na poziomie regionalnym. Niniejszy artykuł zawiera wstępną analizę czynników wpływających na bezpieczeństwo ruchu drogowego w województwach dających podstawę do budowy modeli bezpieczeństwa ruchu drogowego dla regionów.

### Charakterystyka zebranych danych

Stworzono bazę danych o wypadkach i czynnikach wpływających na bezpieczeństwo ruchu drogowego dla województw obejmującą lata 1998–2008. Wzoruując się na szeroko przestudiowanej literaturze, zebrano jak najwięcej dostępnych danych o województwach. Dane pochodzą m.in. z Eurostatu, GUS-u, badań własnych. Niektóre z nich, takie jak np. dane o liczbie lekarzy, szpitali, informatyzacji i zachorowań na gruźlicę są próbą scharakteryzowania województwa pod względem rozwoju edukacji, ochrony zdrowia, które jak wynika z wielu opracowań, w tym [2], mają znaczący wpływ na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego. Poniżej przedstawiono zebrane dotychczasienne niezależne dla województw:

- dane demograficzne: liczba ludności (LM) z podziałem na grupy wiekowe (np. w przedziale wiekowym 15–24 lat – ULM1524), gęstości zamieszkania (GLM) oraz odsetek ludności mieszkającej w miastach (ULM);

- dane motoryzacyjne: liczba pojazdów ogółem, samochodów osobowych, gęstość pojazdów osobowych (GSO), gęstość pojazdów ogółem (GPO), wskaźniki motoryzacyjne, w tym wskaźnik samochodów osobowych (WMSO);
- dane infrastrukturalne: długość dróg ogółem (LDO), a także z rozróżnieniem zarządzających (krajowych – LDK, wojewódzkich – LDW, powiatowych – LDP, gminnych – LDG), udział terenów zabudowanych (LDTZ) i niezabudowanych (LDTNZ), intensywność dróg, np. krajowych (ILDK);
- dane ekonomiczne: wskaźnik bezrobocia i dochód narodowy brutto w przeliczeniu na jednego mieszkańca (JPKB);
- dane społeczne: odsetek licealistów i studentów, 4-latków w przedszkolach, liczba osób korzystających z pomocy społecznej (POMOC), zachorowania na gruźlicę (GRUZL), wskaźnik lekarzy na 100 mieszkańców, komputeryzacja szkół, liczba szpitali.

Charakterystyka społeczeństwa pod względem struktury wiekowej jest próbą uwzględnienia w danych najbardziej narażonej grupy ryzyka wśród kierowców (tu uwzględniono wiek 15–24 lata), a także wymienianej w literaturze grupy osób starszych, których percepcja niestety może powodować zwiększoną wypadkowość, czy to wśród kierowców, czy to wśród pieszych. Z oczywistych względów najbardziej naturalne byłoby zebranie danych o liczbie kierowców z podziałem na grupy wiekowe, jednak do tej pory autorce nie udało się uzyskać takich danych.

Jako miary ryzyka przyjęto:

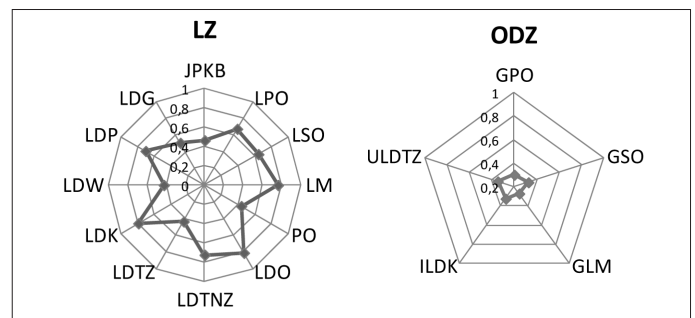
- liczbę ofiar śmiertelnych (LZ), a także ofiarochłonność demograficzną ofiar śmiertelnych (ODZ),
- liczbę ofiar śmiertelnych wśród pieszych oraz ich ofiarochłonność demograficzną (ODZP).

Podobnie przeanalizowano liczbę rannych, rannych pieszych, liczbę wypadków ogółem, wypadków z pieszymi.

### Badania zależności między zmiennymi

Pierwszym krokiem, jaki zrobiono podczas analiz wpływu, była wielowymiarowa analiza korelacji liniowych.

Na rysunku 1 przedstawiono wizualizacje korelacji liniowych pomiędzy wybranymi miarami ryzyka, takimi jak liczba ofiar śmiertelnych (LZ) oraz ofiarochłonność demo-



Rys. 1. Wykres wielkości korelacji liniowych dla liczby ofiar śmiertelnych (LZ) oraz ofiarochłonności demograficznej ofiar śmiertelnych (ODZ).

graficzna ofiar śmiertelnych (ODZ). W przypadku liczby ofiar śmiertelnych korelacja była dodatnia dla wszystkich przedstawionych na rysunku 1 zmiennych, natomiast w przypadku ofiarochłonności ofiar śmiertelnych z wszystkimi przedstawionymi niezależnymi była ujemnie skorelowana poza intensywnością dróg krajowych.

Analizy zależności liniowej pokazały również związek ofiarochłonności demograficznej ofiar śmiertelnych wśród pieszych z udziałem samochodów osobowych we flocie ( $R^2 = -0,26$ ) oraz z udziałem grupy mieszkańców powyżej siedemdziesiątego roku życia ( $R^2 = 0,26$ ). Wpływ drugiej z wymienionych zmiennych jest potwierdzeniem wniosków płynących z literatury [13]. Ponieważ poszukiwanie zależności pomiędzy miarami ryzyka a potencjalnymi czynnikami nie może sprowadzać się do badania korelacji liniowych, przeprowadzono analizę doboru zmiennych za pomocą metody Data Mining. Przykład jednej z takich analiz pokazano na rysunku 2. Jako najlepszą zmienną objaśniającą wybrano udział ludności mieszkającej w miastach (ULM), następnie gęstość demograficzną dróg ogółem (GDO), a także gęstość zamieszkania (GLM). Co ciekawe, wśród 10 najlepszych predyktorów znalazła się liczba osób korzystających z pomocy społecznej, co może być miarą rozwoju społecznego i zamożności populacji, podobnie jak liczba zachorowań na gruźlicę może być wyznacznikiem opieki zdrowotnej.

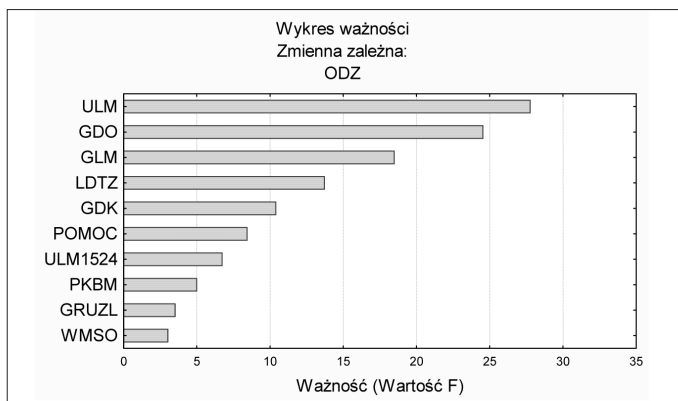
Niestety powyższa metoda poszukiwania najlepszych zmiennych niezależnych oraz ich wpływu na zmienną zależną nie wskazuje na kształt funkcji, która mogłaby opisać ten wpływ, przez co jest mało przydatna do tworzenia konkretnych algorytmów opisujących rozważane powiązania. Pokazuje jednak pewne związki, które można wykorzystać podczas procesu tworzenia modelu matematycznego.

W poszukiwaniu kształtu zależności przeprowadzono kolejne analizy, tym razem były to analizy funkcji dopasowania. Na rysunku 3 pokazano wykres zależności liczby ofiar śmiertelnych od produktu krajowego brutto na osobę. Jak widać, teoretyczne dopasowanie funkcji kwadratowej daje całkiem dobre wyniki, niestety występuje zbiór danych odstających od pozostałych danych oraz od estymowanej krzywej. Po szczegółowej analizie okazało się, że są to dane dla województwa mazowieckiego, które mimo dużego dochodu ma wysokie wskaźniki liczby ofiar śmiertelnych.

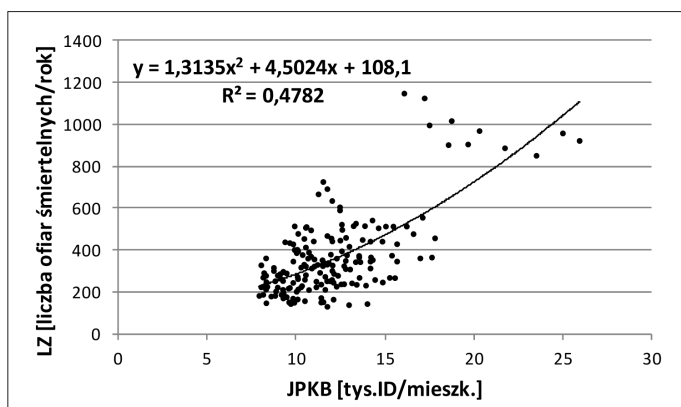
W przypadku miary ryzyka bardziej unormowanej, jaką jest ofiarochłonność demograficzna ofiar śmiertelnych (ODZ), pokazano próbę znalezienia funkcji zależności od odsetka ludności mieszkającej w miastach (ULM), zależność tę bowiem wskazała analiza klasyfikacyjna doboru zmiennych (rys. 2). Nie zauważono tu zbioru danych odstających, jednak zależność ta jest na poziomie  $R^2 = 0,24$  (rys. 4).

Z analiz przeprowadzonych za pomocą Data Mining wynikało, że gęstość obszarowa dróg ogółem ma wpływ na ofiarochłonność demograficzną ofiar śmiertelnych (rys. 5). rysująca się tendencja spadkowa ofiarochłonności demograficznej ofiar śmiertelnych w przypadku zwiększania gęstości obszarowej dróg ma w przypadku funkcji wykładniczej poziom dopasowania  $R^2 = 0,36$ .

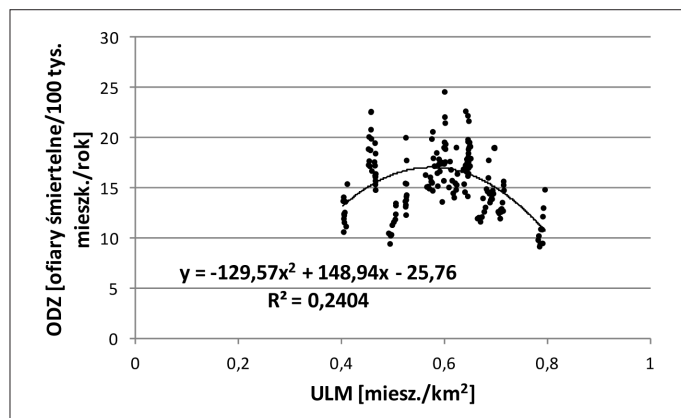
*Dokończenie tekstu na stronie 33*



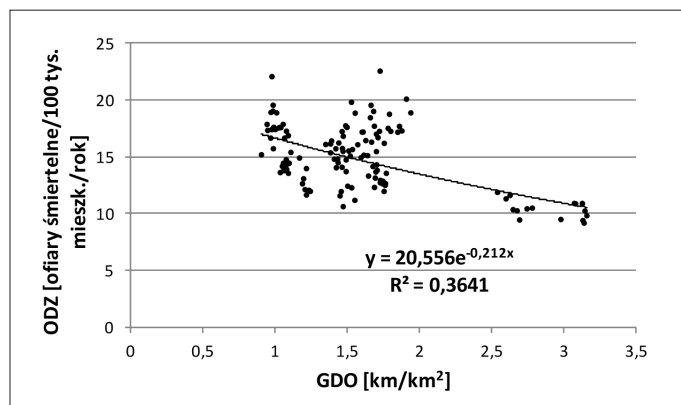
Rys. 2. Przykład zastosowania metody Data Mining do znalezienia najlepszych predyktorów dla ofiarochłonności demograficznej ofiar śmiertelnych (ODZ).



Rys. 3. Wykres zależności liczby ofiar śmiertelnych (LZ) od jednostkowego produktu krajowego brutto (JPKB).



Rys. 4. Wykres zależności ofiarochłonności demograficznej ofiar śmiertelnych (ODZ) od odsetka ludności mieszkającej w miastach (ULM).



Rys. 5. Wykres zależności ofiarochłonności demograficznej ofiar śmiertelnych (ODZ) od gęstości obszarowej dróg (GDO).