

Waldemar WINTER, Bogdan ŻÓŁTOWSKI

**WIELOKRYTERIALNA ANALIZA
ZDARZEŃ DROGOWYCH**

Streszczenie: W pracy zaprezentowano problematykę bezpieczeństwa ruchu drogowego ze szczególnym uwzględnieniem ujęcia antropotechnicznego, czyli w opisie: użytkownik – pojazd – droga, a więc elementów występujących w większości prowadzonych analiz związanych z problematyką bezpieczeństwa ruchu drogowego. Podjęto próbę utworzenia opisu i zbadania systemu bezpieczeństwa ruchu drogowego w ujęciu antropotechnicznym; przypisano do poszczególnych elementów tego systemu (człowiek – pojazd – droga) wyróżniki jakościowe opisujące stan składowych tego systemu i nadano wyselekcjonowanym i ważnym wyróżnikom wartości liczbowe, które następnie z wykorzystaniem metod analizy statystycznej umożliwiły zbudowanie modelu bezpieczeństwa ruchu (BRD). Przytoczono dane statystyczne z wypadków drogowych w poprzednich latach z wyróżnieniem poszczególnych elementów systemu antropotechnicznego.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo ruchu drogowego, zdarzenia drogowe, system antropotechniczny, statystyka wypadków drogowych, modele

1. WSTĘP

Obecnie obserwuje się wiele problemów wynikających ze złego funkcjonowania systemu transportu, szczególnie w zakresie nadmiernej ilości zdarzeń drogowych. Ze wszystkich gałęzi transportu najbardziej niebezpieczny jest transport drogowy i to on przynosi największe straty wyrażone liczbą ofiar oraz straty materialne liczone w mld zł.

Trudna sytuacja na drogach przedstawiona została w ujęciu antropotechnicznym, z wyróżnieniem składowych głównych opisu systemowego bezpieczeństwa ruchu drogowego, obejmujących: kierowcę, pojazd i drogi. Takie ujęcie umożliwia scharakteryzowanie wyróżnikami stanu poszczególne składowe tego systemu, decydujące o przebiegu zdarzeń drogowych i wskazujące na zakres niezbędnych działań w zakresie kształtowania bezpieczeństwa ruchu drogowego.

W pracy podjęto się rozważenia określonego zagadnienia polegającego na utworzeniu opisu i zbadaniu systemu bezpieczeństwa ruchu drogowego w ujęciu antropotechnicznym, przypisaniu do poszczególnych elementów tego systemu (człowiek – pojazd – droga) wyróżników jakościowych opisujących stan

dr inż. Waldemar WINTER, Wydział Uprawnień Komunikacyjnych Urząd Miasta Bydgoszcz,
e-mail: waldemar.winter@um.bydgoszcz.pl
prof. dr hab. inż. Bogdan ŻÓŁTOWSKI, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz,
e-mail: bogdan.zoltowski@utp.edu.pl

składowych tego systemu i nadaniu wyselekcjonowanym i ważnym wyróżnikom wartości liczbowych, które następnie z wykorzystaniem metod analizy statystycznej umożliwiły zbudowanie modelu bezpieczeństwa ruchu (BRD).

Podstawą wykonania szczegółowej oceny BRD są charakterystyki obejmujące opis i analizę statystyczną pozyskanych danych w zakresie kształtowania: **umiejętności kierowcy, stanu technicznego pojazdu oraz środowiska drogi**. Oceny te dotyczą głównie określenia związków między cechami drogi, stanem technicznym pojazdu a błędami użytkowników drogi prowadzącymi do określonych zdarzeń drogowych.

W pracy przedstawiono próbę zbudowania „modelu bezpieczeństwa ruchu drogowego”, który stanowi podstawę do oceny jakości i kształtowania liczby wypadków drogowych. Model ten zbudowano w oparciu o modele cząstkowe wyznaczone dla badanych składowych systemu antropotechnicznego, do budowy których wykorzystano dane ze statystyk wypadków za okres kilkadziesiąt ostatnich lat. Elementy główne systemu antropotechnicznego (człowiek – pojazd – droga) zostały w miarę szczegółowo przedstawione w dalszej części, co umożliwiło rozpoznanie opisu i kształtowania głównych problemów w zakresie szkolenia kierowców, utrzymania zdatności i oceny stanu pojazdów oraz konstruowania i wykonywania wybaczących błędy kierowcy – dróg.

Opracowany model wynikowy bezpieczeństwa ruchu drogowego przedstawia szczegółowe procedury wylaniania wyróżników głównych kierowcy, pojazdu i drogi, decydujących o liczbie i różnych aspektach zaistniałych zdarzeń drogowych. Dane z modelu głównego bezpieczeństwa ruchu drogowego zostały zweryfikowane w praktyce na zdarzeniach zaistniałych wypadków drogowych i potwierdzają słuszność rozwiązań oraz decydują o składowych warunkujących bezpieczeństwo ruchu drogowego, co winno stanowić przesłanki do jego pozytywnego kształtowania.

2. ANTROPOTECHNICZNE UJĘCIE BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO

Problematyka kształtowania bezpieczeństwa ruchu drogowego obejmuje wiele składowych z różnych dziedzin. Zalicza się do nich zagadnienia techniczne (pojazd), problemy z dziedziny psychologii, medycyny i biomechaniki (kierowca) oraz otoczenie (infrastruktura – droga) i wiele innych [7]. Trudno się nie zgodzić, że każda działalność człowieka zachodzi w naturalnym otoczeniu, z wykorzystaniem różnych urządzeń technicznych. Uzasadnione jest zatem analizowanie bezpieczeństwa ruchu w powiązaniach systemu: człowiek – technika – środowisko.

Odpowiednikiem tego systemu w dziedzinie motoryzacji jest system K – P – D [6], czyli: kierowca (K) – pojazd (P) – droga (D), co wskazano na rysunku 1.



Rys. 1. Systemowe ujęcie problematyki kształtowania bezpieczeństwa ruchu drogowego
Fig. 1. Systematic approach to shaping traffic safety

Takie ujęcie zagadnienia wskazuje, że konieczne jest uwzględnienie w opisie zdarzeń drogowych wielu aspektów: stanu technicznego pojazdu, jakości drogi, elementów psychologii i postaw działaniowych kierowcy, odporności ciała człowieka na obciążenia zewnętrzne, oddziaływania środowiska itp. W pracy zaproponowano opis i badania bezpieczeństwa ruchu drogowego w ujęciu antropotechnicznym. Pod pojęciem systemu antropotechnicznego można rozumieć system utworzony dla użytkowników dróg w celu zrealizowania określonego zadania, składający się z następujących elementów: kierowcy, pojazdu i drogi, zlokalizowanych w środowisku (w pewnym „otoczeniu”).

W analizie zagadnień dotyczących bezpieczeństwa ruchu drogowego system ten można zawęzić do analizy wspomnianego wcześniej systemu [6]:

kierowca (K) – pojazd (P) – droga (D)

Pod pojęciem „kierowca” należy rozumieć wszystkich użytkowników dróg, a więc użytkowników samochodów, motocykli (kierowców i pasażerów), rowerzystów, pieszych.

Elementy systemu K – P – D występują w większości prowadzonych analiz związanych z problematyką bezpieczeństwa ruchu drogowego. Zagadnienie oceny poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego nie jest zadaniem łatwym, a na potrzeby tej pracy zdefiniowano je w ujęciu:

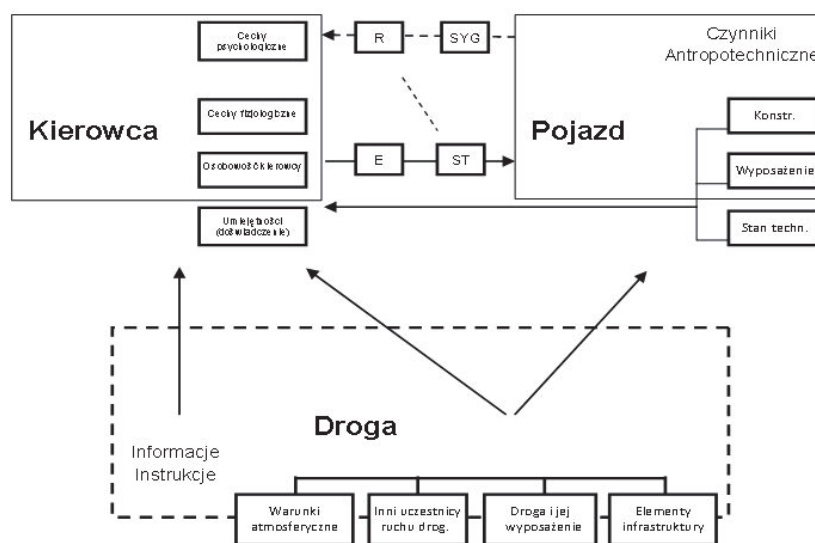
- umiejętności kierowców (K),
- konstrukcji samochodu (P),
- infrastruktury niezbędnej dla ruchu drogowego (D).

Źródłami informacji w badaniach związanych z systemami bezpieczeństwa drogowego są:

- dane statystyczne o kolizjach drogowych,
- rezultaty badań eksperymentalnych,
- wyniki symulacji komputerowych odtwarzających przebieg kolizji,
- analiza działania i wyposażenia pojazdów ze względu na ich wpływ na bezpieczeństwo.

Na rysunku 2 przedstawiono proponowany w pracy system antropotechniczny w ujęciu potrzeb badań zdarzeń drogowych, w którym wyróżniono cztery grupy zagadnień [2]:

- odbiór informacji od (pojazdu) przez (kierowcę),
- oddziaływanie kierowcy na pojazd poprzez urządzenia sterujące,
- oddziaływanie czynników środowiska (otoczenia) na kierowcę i pojazd,
- oddziaływanie czynnika antropotechnicznego i organizatorskiego na kierowcę.



SYG – Urządzenia sygnalizujące
 ST – Urządzenia sterujące
 R – Receptory
 E – Efektory

Rys. 2. Układ antropotechniczny badania bezpieczeństwa zdarzeń drogowych
 Fig. 2. An anthropotechnical investigation of road safety

Układ antropotechniczny metodycznie opisuje i określa relację pomiędzy środkiem technicznym (pojazdem) a człowiekiem w określonym środowisku zwanym otoczeniem.

W pracy poszukuje się cech głównych dla składowych systemu antropotechnicznego bezpieczeństwa ruchu drogowego oraz relacji pomiędzy składowymi: K – P – D, szczegółowo kształtującymi bezpieczeństwo ruchu drogowego.

U podstaw takiego ujęcia zagadnień stoi założenie, że ludzie zawsze będą popełniać błędy, a system drogowy, odpowiednio zaprojektowany i realizowany, powinien być „wrozumiały” dla ludzkich błędów. Powinien zatem ograniczać do minimum następstwa tych błędów tak, aby uniknąć ich najbardziej tragicznych skutków w obszarach:

- bezpiecznych zachowań uczestników ruchu,

- bezpiecznej infrastruktury drogowej,
- bezpiecznej prędkości,
- bezpiecznych pojazdów.

Bezpieczeństwo ruchu drogowego jest w polskim prawodawstwie ujęte w sposób nieadekwatny do problemu. Podstawowym dokumentem w zakresie bezpieczeństwa ruchu drogowego jest ustawa Prawo o ruchu drogowym. Istnieje również wiele innych przepisów prawa wiążących się bezpośrednio lub pośrednio z systemem. Niestety obecne zapisy są rozproszone, mało precyzyjne lub niedostosowane do zmieniających się uwarunkowań zewnętrznych. Należy dążyć do ustawowego wskazania systemu bezpieczeństwa ruchu drogowego jako ważnego problemu społecznego poprzez wprowadzenie jednej ustawy, która obejmie go w sposób całościowy.

Wyróżnienie i opis składowych głównych systemu bezpieczeństwa ruchu drogowego umożliwiają opracowanie modeli cząstkowych i modelu głównego opisujących zmiany przyczynowo-skutkowe zaistniałych zdarzeń drogowych.

3. WYZNACZENIE WARTOŚCI WYRÓŻNIKÓW KRYTERIALNYCH

Na podstawie szczegółowej analizy danych statystycznych dotyczących wypadków drogowych z ostatnich ponad 20 lat, tj. z lat 1994–2015, wytypowano dla poszczególnych elementów układu antropotechnicznego (kierowca – pojazd – droga) wartości wyróżników kryterialnych przedstawionych w opracowaniu [4]. Do analizy statystycznej pozyskanych danych pomiarowych w badaniach użyto następujących metod:

- metody TAKSACJI – wartościowania jakości oraz przekształcania stanów jakościowych w ilościowe [3],
- metody OPTIMUM – szeregującej jakościową przydatność analizowanych wyróżników systemu antropotechnicznego [5],
- metody SVD – weryfikującej ilościowo istotne wyróżniki i wyznaczającej modele związania na etapie badań cząstkowych oraz model wynikowy (główny) sytemu antropotechnicznego zaprezentowanego w opracowaniu [9],
- metody regresji – wyznaczającej modele związania na etapie badań cząstkowych oraz model wynikowy (główny) sytemu antropotechnicznego analizowanego w opracowaniu [1].

3.1. Kierowca

W tabeli 1 przedstawiono zestawienie wyróżników kryterialnych (parametrów) opisujących kierowcę, opracowane na podstawie analizy danych statystycznych z ostatnich 20 lat.

Tabela 1. Zestawienie wyróżników kryterialnych opisujących kierowcę [4]
 Table 1. List of criteria criteria describing the driver [4]

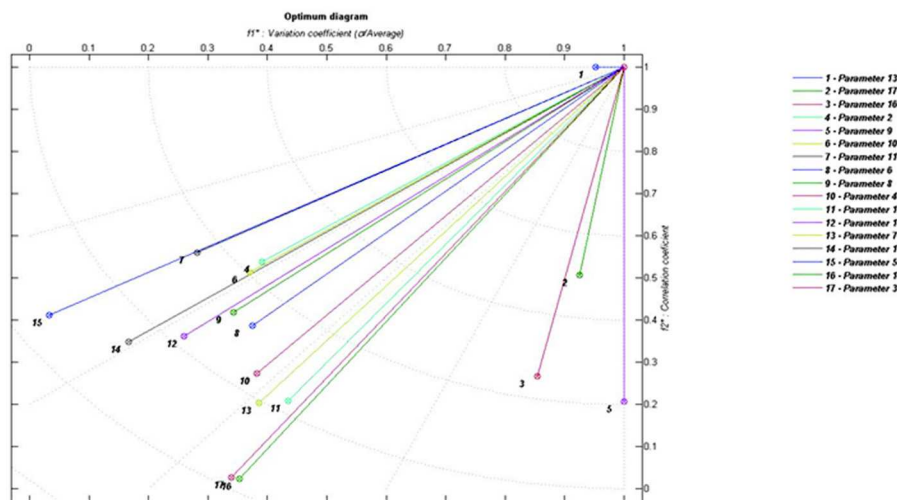
Lp.	KRYTERIUM – Wyszczególnienie	Wartość największa	Wartość najmniejsza	Ogólna wartość wyróżnika
I	ZACHOWANIE:			
	1 – niedostosowanie prędkości do warunków ruchu	0,9	0,7	0,8
	2 – niezachowanie bezpiecznej odległości	0,8	0,5	0,62
	3 – nieudzielenie pierwszeństwa przejazdu	0,7	0,5	0,58
	4 – nieprawidłowe manewry	0,6	0,3	0,44
	5 – jazda pod wpływem alkoholu	0,7	0,3	0,49
II	CECHY PSYCHOLOGICZNE:			
	6 – myślenie, pamięć, uwaga	0,5	0,3	0,38
	7 – spostrzeganie: czujność, senność	0,7	0,4	0,51
III	CECHY FIZJOLOGICZNE:			
	8 – wzrok: widzenie (pole widzenia, ostrość widzenia)	0,8	0,5	0,64
	9 – czas reakcji kierowcy	0,6	0,4	0,48
IV	SZKOLENIE:			
	10 – ośrodek szkolenia	0,5	0,3	0,38
	11 – liczba podejść do egzaminu	0,5	0,2	0,32
V	OSOBOWOŚĆ KIEROWCY:			
	12 – kierowcy agresywni	0,7	0,3	0,51
	13 – kierowcy inteligentni	0,6	0,3	0,42
	14 – znużenie, zmęczenie	0,6	0,3	0,45
	15 – odurzenie (leki, narkotyki)	0,4	0,2	0,31
	16 – napięcie emocjonalne, lęki, niezdecydowanie, opanowanie	0,4	0,2	0,28
	17 – płeć kierowcy – kobieta	0,5	0,3	0,38
	– mężczyzna	0,7	0,5	0,58

Wskazane wyróżniki charakteryzujące kierowcę w zdarzeniach drogowych w dalszym postępowaniu poddano ocenie jakościowej w ankietowaniu wśród 30 doświadczonych kierowców, co było podstawą oceny ich ważności w metodzie taksacji.

Praktycznie taksacja jest wygodną metodą oceny stanu takich kryteriów, jak kompozycja kształtu, harmonia kolorów, a w odniesieniu do zagadnień bezpieczeństwa ruchu drogowego – oceny np. stanu zdrowia kierowcy, poziomu jego wykształcenia, stanu wyposażenia pojazdu, jego stanu technicznego czy też jakości drogi (stanu nawierzchni, wyposażenia, oświetlenia itp.).

Badania ankietowe, z uwzględnieniem przewidywanych w taksacji pięciu stopni oceny, zrealizowano wokół problemu ujętego w pytaniu: **Jaki jest wpływ poszczególnych wyróżników kryterialnych: kierowcy – pojazdu – drogi na bezpieczeństwo ruchu drogowego?**

Przypisanie wskazanym w badaniach statystycznych i ankietywnych wyróżnikom (tab. 1) charakteryzującym kierowcę w zdarzeniach drogowych wartości liczbowych pozwala w kolejnym kroku wykorzystać metodę OPTIMUM do uszeregowania jakościowego wyróżników. Na rysunku 3 przedstawiono wyniki badania jakościowej przydatności badanych wyróżników.



Rys. 3. Graficzna prezentacja wyniku zastosowania metody OPTIMUM
Fig. 3. Graphical presentation of the result of applying the OPTIMUM method

W wyniku przeprowadzonej optymalizacji określono wpływ jakościowy wyróżników kierowcy na stan bezpieczeństwa ruchu drogowego, a te najbardziej zbliżone do punktu idealnego (1,1) wykorzystano do opisu modelu cząstkowego.

W badaniach kierowcy w metodzie OPTIMUM uzyskano następujące wyróżniki (parametry) do modelu cząstkowego:

- niezachowanie bezpiecznej odległości X_1 – parametr 2,
- czas reakcji kierowcy X_2 – parametr 9,
- doświadczenie kierowcy X_3 – parametr 13,
- napięcie emocjonalne, lęki, niezdecydowanie X_4 – parametr 16,
- płeć kierowcy: kobieta X_5 – parametr 17.

Parametry modelu cząstkowego systemu antropotechnicznego dotyczącego kierowcy wskazują na podstawowe dla kształtowania bezpieczeństwa na drodze wyróżniki systemu antropotechnicznego nakierowane na podsystem „kierowca”. Opisują one główne wyróżniki z obszarów: doświadczenia kierowcy, zachowania bezpiecznej odległości i prędkości, stanu fizycznego i emocjonalnego oraz wyróżniają kobiety jako dobrych kierujących pojazdami na drodze.

Istotne wskazania z tego modelu są wytycznymi dla zakresu merytorycznego szkolenia kierowców, dla treści kursów doskonalących kierowców; mogą

określać treści wychowania technicznego młodzieży. Kierowcy, ich przygotowanie i stan psychofizyczny stanowią główne ogniwo bezpieczeństwa ruchu pojazdów na drodze.

3.2. Pojazd

W tabeli 2 przedstawiono zestawienie wyróżników kryterialnych (parametrów) opisujących pojazd sporządzone na podstawie analizy danych statystycznych z ostatnich 20 lat.

Wskazane wyróżniki charakteryzujące pojazd w zdarzeniach drogowych w dalszym postępowaniu (podobnie jak u kierowcy) poddano ocenie jakościowej w ankiecie wśród 30 doświadczonych kierowców, co było podstawą oceny ich ważności w metodzie taksacji.

Tabela 2. Zestawienie wyróżników kryterialnych (parametrów) dla pojazdu
Table 2. Criteria for the vehicle

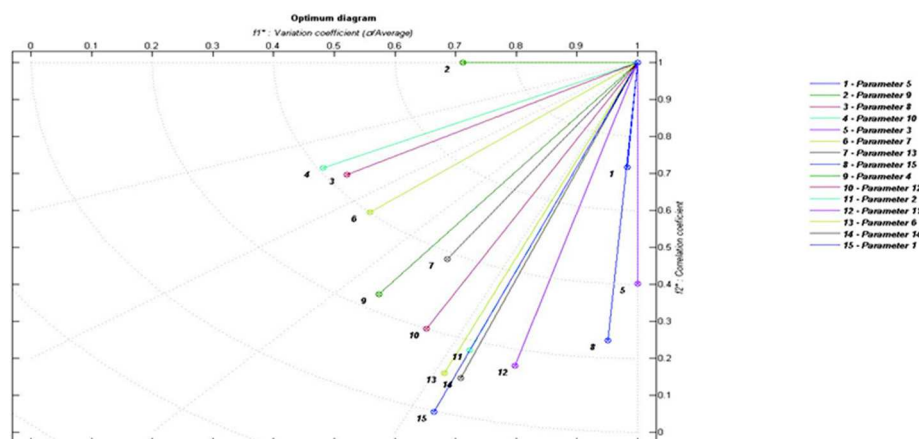
Lp.	KRYTERIUM – Wyszczególnienie	Wartość największa	Wartość najmniejsza	Ogólna wartość wyróżnika
I	OPIS POJAZDU:			
	1 – wiek i przebieg pojazdu	0,7	0,3	0,46
	2 – stopień zużycia	0,8	0,2	0,47
II	WYPOSAŻENIE POJAZDU:			
	3 – rodzaj i moc silnika	0,5	0,4	0,44
	4 – układ kierowniczy (wspomaganie)	0,6	0,4	0,46
	5 – układ hamulcowy: skuteczność hamowania, stateczność hamowania	0,7	0,3	0,49
	6 – zawieszenie: – drgania (tłumienie) – stateczność pojazdu – przyczepność (poślizg)	0,7	0,3	0,49
	7 – ogumienie: stan, rodzaj (zimowe, letnie)	0,7	0,3	0,48
	III	BEZPIECZEŃSTWO BIERNE:		
8 – pasy, poduszki, zagłówki, fotele		0,8	0,4	0,59
	9 – konstrukcja (strefa zgniotu – przeżycia)	0,7	0,5	0,6
IV	BEZPIECZEŃSTWO CZYNNNE (urządzenia wspomagające pracę kierowcy):			
	10 – rozwiązania konstrukcyjne: ABS, ASR	0,6	0,4	0,5
	11 – wyposażenie: światła, lusterka, klimatyzacja	0,5	0,3	0,43
V	RODZAJ POJAZDU:			
	12 – samochód osobowy	0,7	0,6	0,66
	13 – samochód ciężarowy	0,6	0,5	0,56
	14 – motocykl, motorower	0,8	0,5	0,65
	15 – rower	0,6	0,4	0,51

Przypisanie wskazanym w badaniach statystycznych i ankietowych wyróżnikom (tab. 2) charakteryzujących pojazd w zdarzeniach drogowych wartości liczbowych pozwala w kolejnym kroku wykorzystać metodę OPTIMUM do uszeregowania jakościowego tych wyróżników. Na rysunku 4 przedstawiono wyniki badania jakościowej przydatności badanych wyróżników.

W wyniku przeprowadzonej optymalizacji określono wpływ jakościowy wyróżników pojazdu na stan bezpieczeństwa ruchu drogowego, a te najbardziej zbliżone do punktu idealnego (1,1) wykorzystano do opisu modelu cząstkowego.

W badaniach pojazdu w metodzie OPTIMUM uzyskano następujące wyróżniki (parametry) do modelu cząstkowego:

- rodzaj i moc silnika X₁ – parametr 3,
- układ hamulcowy: skuteczność, stateczność X₂ – parametr 5,
- pasy, poduszki, zagłówki, fotele X₃ – parametr 8,
- konstrukcja pojazdu (strefa zgniotu) X₄ – parametr 9,
- rozwiązania konstrukcyjne ABS, ASR X₅ – parametr 10.



Rys. 4. Graficzna prezentacja wyników metody OPTIMUM dla wyróżników pojazdu
 Fig. 4. Graphical presentation of the results of the OPTIMUM method for vehicles

Parametry modelu cząstkowego systemu antropotechnicznego dotyczącego pojazdu wskazują na podstawowe dla kształtowania bezpieczeństwa na drodze wyróżniki nakierowane na podsystem „pojazd”. Charakteryzują one głównie nowoczesność konstrukcji pojazdu i jego wyposażenie w elementy bezpieczeństwa czynnego i biernego oraz wskaźniki rodzaju napędu i hamowania jako ważne w dynamice jazdy na drodze. Istotne wskazania z tego modelu stanowią wytyczne dla projektantów i konstruktorów pojazdów oraz dla zakresu badania technicznego na stacji diagnostycznej. Jednoznaczne ukierunkowanie na obszary konstrukcyjne i organizacyjne utrzymania zdatności pojazdów stanowi o kierunkach działań doskonalących bezpieczeństwo ruchu pojazdu na drodze.

3.3. Droga

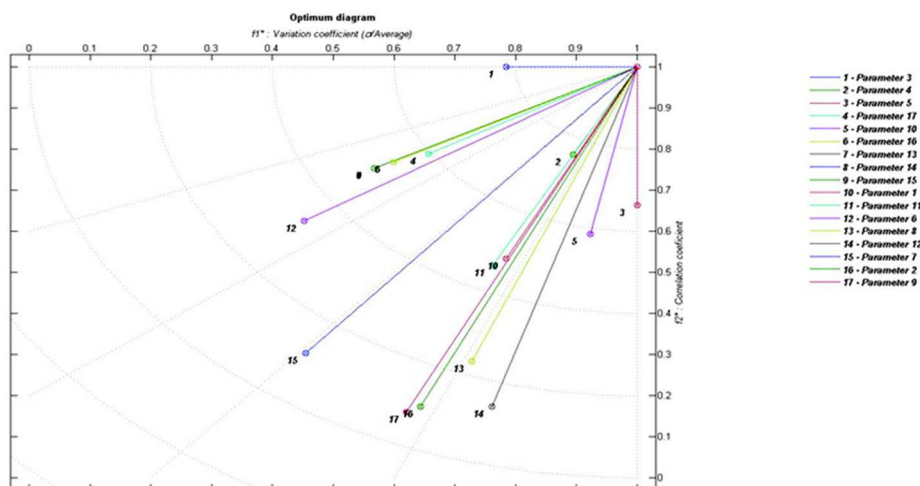
W tabeli 3 przedstawiono zestawienie wyróżników kryterialnych (parametrów) opisujących drogę opracowane na podstawie analizy danych statystycznych z ostatnich 20 lat.

Przypisanie wskazanym w badaniach statystycznych i ankietowych wyróżnikom (tab. 3) charakteryzującym drogę w zdarzeniach drogowych wartości liczbowych pozwala w kolejnym kroku wykorzystać metodę OPTIMUM do uszeregowania jakościowego tych wyróżników. Na rysunku 5 przedstawiono wyniki badania jakościowej przydatności badanych wyróżników.

Tabela 3. Zestawienie wyróżników kryterialnych dla drogi
Table 3. Criteria for the road

Lp.	KRYTERIUM – Wyszczególnienie	Wartość największa	Wartość najmniejsza	Ogólna wartość wyróżnika
I	RODZAJ (KLASA) DROGI:			
	1 – autostrada, droga ekspresowa	0,9	0,7	0,80
	2 – jednojezdniowa, poza obszarem zabudowanym	0,8	0,4	0,59
	3 – dwujezdniowa	0,8	0,5	0,59
	4 – dodatkowe pasy ruchu (pobocza)	0,6	0,4	0,51
	5 – chodniki, przejścia dla pieszych, pobocze (utwardzenie, szerokość)	0,7	0,5	0,58
	6 – rodzaj nawierzchni	0,7	0,3	0,51
	7 – widoczność: łuki, wzniesienia, oświetlenie	0,7	0,4	0,55
	8 – geometria: pochylenie, szerokość	0,5	0,4	0,44
	9 – skrzyżowania (węzły drogowe)	0,8	0,5	0,59
II	WYPOSAŻENIE DRÓG:			
	10 – bariery ochronne	0,5	0,4	0,49
	11 – znaki drogowe (oznakowanie pionowe, poziome)	0,5	0,4	0,44
	12 – sygnalizacja świetlna	0,7	0,5	0,61
III	WARUNKI ATMOSFERYCZNE:			
	13 – opady deszczu	0,7	0,5	0,58
	14 – opady śniegu			
	15 – mgła			
	16 – wiatr			
	17 – słońce, temperatura			

W wyniku przeprowadzonej optymalizacji określono wpływ jakościowy wyróżników drogi na stan bezpieczeństwa ruchu drogowego, a te najbardziej zbliżone do punktu idealnego (1,1) wykorzystano do opisu modelu cząstkowego.



Rys. 5. Graficzna prezentacja wyników metody OPTIMUM dla wyróżników drogi
 Fig. 5. Graphical presentation of OPTIMUM results for road markers

W badaniach wrażliwości wyróżników drogi w metodzie OPTIMUM używano następujące wyróżniki do modelu cząstkowego:

- dwujezdniowa X_1 – parametr 3,
- dodatkowe pasy ruchu (pobocza) X_2 – parametr 4,
- chodniki, przejścia dla pieszych, pobocze X_3 – parametr 5,
- bariery ochronne X_4 – parametr 10,
- warunki atmosferyczne X_5 – parametr 17.

Parametry modelu cząstkowego systemu antropotechnicznego dotyczącego drogi wskazują na podstawowe dla kształtowania bezpieczeństwa na drodze wyróżniki systemu antropotechnicznego nakierowane na podsystem „droga”. Opisują one rodzaj drogi, dodatkowe pasy ruchu, bariery ochronne, chodniki, przejścia dla pieszych oraz uwzględniają warunki atmosferyczne. Istotne wskazania z tego modelu stanowią wytyczne dla projektantów i wykonawców nowych i modernizowanych dróg, co stanowi o działaniach doskonalących bezpieczeństwo ruchu na drodze.

4. OPRACOWANIE MODELU BRD W UJĘCIU ANTROPOTECHNICZNYM

W wyniku przeprowadzonej optymalizacji dokonano oceny jakościowej oraz ilościowej poszczególnych wyróżników składowych systemu antropotechnicznego (K – P – D). Najlepsze z nich, a więc te najbardziej zbliżone do punktu idealnego, posłużyły do opisu tzw. modeli cząstkowych dla każdego podsystemu układu K – P – D.

W odniesieniu do poszczególnych elementów systemu antropotechnicznego uzyskano przedstawione istotne statystycznie wyróżniki, które określają wymogi i ich wpływ na stan bezpieczeństwa ruchu drogowego. Scharakteryzowano więc opisowo wyznaczone wyróżniki, po pięć dla każdego podsystemu K – P – D, traktowane dalej jako składowe główne bezpieczeństwa systemu antropotechnicznego. Wyróżnione składowe wykorzystano dalej do budowy modelu głównego BRD, co zestawiono wstępnie jako 15 wyróżników kryterialnych w tabeli 4.

Tabela 4. Zestawienie wyróżników kryterialnych K – P – D dla BRD
Table 4. K – P – D criteria for BRD

Lp.	KRYTERIUM – Wyszczególnienie	Wartość największa	Wartość najmniejsza	Ogólna wartość wyróżnika
I	KIEROWCA:			
	1 – niezachowanie bezpiecznej odległości	0,8	0,5	0,62
	2 – czas reakcji kierowcy	0,6	0,4	0,48
	3 – doświadczenie kierowcy	0,6	0,3	0,42
	4 – napięcie emocjonalne, lęki niezdecydowanie, opanowanie	0,4	0,2	0,28
	5 – płeć kierowcy: – kobieta	0,5	0,3	0,58
II	POJAZD:			
	6 – rodzaj i moc silnika	0,5	0,4	0,44
	7 – układ hamulcowy, skuteczność, stateczność	0,7	0,3	0,49
	8 – pasy, zagłówki, fotele	0,8	0,4	0,59
	9 – konstrukcja (strefa zgniotu – przeżycia)	0,7	0,5	0,65
	10 – rozwiązania konstrukcyjne – ABS, ASR	0,6	0,4	0,50
III	DROGA:			
	11 – dwujezdniowa	0,8	0,5	0,59
	12 – dodatkowe pasy ruchu (pobocza)	0,6	0,4	0,51
	13 – chodniki, przejścia dla pieszych, pobocze (utwardzenie, szerokość)	0,7	0,5	0,58
	14 – bariery ochronne	0,5	0,4	0,49
	15 – warunki atmosferyczne – słońce, temperatura	0,7	0,5	0,58

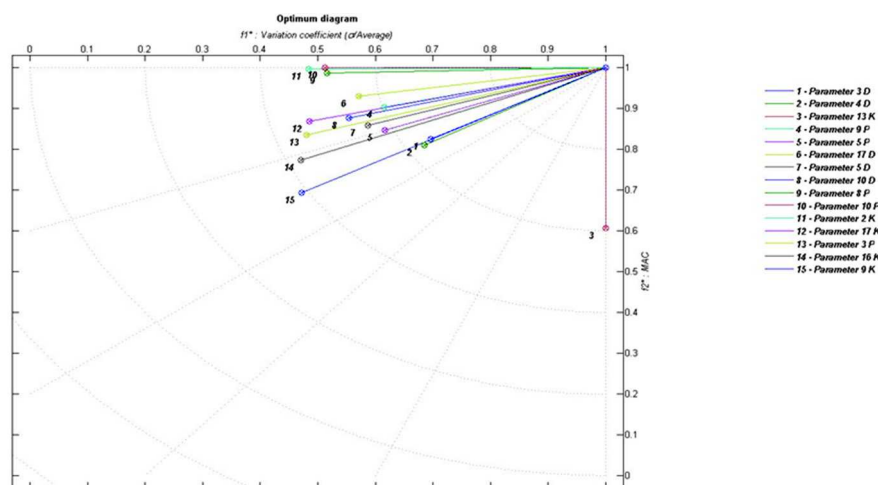
Dla poszczególnych elementów systemu antropotechnicznego składowe modeli cząstkowych charakteryzują system K – P – D opisany w sposób następujący:

- Kierowca – bezpieczny kierowca to osoba doświadczona, zachowująca bezpieczną odległość, we właściwy sposób i we właściwym czasie oraz w sposób przewidywalny reagująca na sytuacje drogowe; nie kieruje się emocjami, jest jednostką zdecydowaną, opanowaną i jest kobietą;
- Pojazd – bezpieczny pojazd charakteryzuje się odpowiednio dobrym silnikiem o stosunkowo dużej mocy, pozwalającym (w celu uniknięcia kolizji) we właściwym momencie należycie reagować na drodze. Pojazd ten ma odpowiedni układ hamulcowy, który charakteryzuje się właściwą skutecznością.

ścią hamowania oraz zapewnia odpowiednią stateczność pojazdu. W kabinie są ponadto strefy kontrolowanego zgniotu pochłaniające energię zderzenia samochodu, aby zabezpieczyć kierowcę i pasażerów. Pojazd taki jest wyposażony w urządzenia zarówno bezpieczeństwa biernego: pasy, fotele, poduszki i zagłówki, jak i bezpieczeństwa czynnego, czyli elektroniczne urządzenia wspomagające pracę kierowcy, np. ABS, ASR, ESP, BAS itp.;

- Droga – bezpieczna droga to droga dwujezdniowa, która ze względów bezpieczeństwa powinna być wyposażona w bariery ochronne oraz mieć utwardzone i o odpowiedniej szerokości pobocza, stanowiące w bardzo wielu sytuacjach dodatkowe pasy ruchu. Drogi te winny być wyposażone w chodniki i odpowiednio oznakowane przejścia dla pieszych. Najbezpieczniejsza jest jazda we właściwych warunkach atmosferycznych, a więc przy odpowiednim nasłonecznieniu i przy stosownej temperaturze.

Przypisanie wskazanym w badaniach modelowych i ankietowych wyróżnikom (tab. 4) charakteryzującym BRD wartości liczbowe pozwala w kolejnym kroku wykorzystać metodę OPTIMUM do uszeregowania jakościowego tych wyróżników. Na rysunku 6 przedstawiono wyniki badania jakościowej przydatności badanych wyróżników BRD.



Rys. 6. Graficzna prezentacja wyników metody OPTIMUM dla wyróżników BRD
Fig. 6. Graphical presentation of OPTIMUM results for BRD specimens

Analiza wyników z procedur statystycznych 15 wyróżników BRD pozwala zaproponować do dalszych badań 5 składowych głównych modelu bezpieczeństwa, które obejmują podsystemy reprezentowane przez:

- Kierowcę: X_3 – parametr 13,
- Pojazd: X_1 – parametr 5, X_2 – parametr 9,
- Drogę: X_4 – parametr 3, X_5 – parametr 4.

Dla tych wyróżników K – P – D zbudowano model główny bezpieczeństwa ruchu drogowego (BRD):

$$\text{BRD} = 13,37 X_1 - 17,02 X_2 - 22,21 X_3 + 6,38 X_4 + 4,64 X_5 + 18,46$$
$$R^2 = 0,42$$

Poszczególne składowe x dla wybranych elementów systemu antropotechnicznego K – P – D oznaczają:

- x_1 – konstrukcja pojazdu (strefa zgniotu – przeżycia),
- x_2 – układ hamulcowy: skuteczność i stateczność hamowania,
- x_3 – doświadczenie kierowcy,
- x_4 – droga dwujezdniowa,
- x_5 – dodatkowe pasy ruchu (pobocza).

Parametry modelu głównego bezpieczeństwa ruchu drogowego wskazują na podstawowe dla kształtowania bezpieczeństwa na drodze wyróżniki systemu antropotechnicznego. Opisują one zarówno kierowcę, pojazd, jak i drogę i wskazują na kierunki działań doskonalących bezpieczeństwo ruchu na drodze.

Otrzymany model można scharakteryzować następująco: bezpieczny kierowca to osoba z doświadczeniem potrafiąca w pełni wykorzystać nabytą wiedzę i umiejętności oraz odpowiednio reagować wobec nowych zadań i nowych sytuacji. Ważna jest umiejętność prawidłowego analizowania i interpretacji napływających informacji o aktualnej sytuacji drogowej oraz podejmowania decyzji adekwatnych do aktualnej sytuacji drogowej.

Bezpieczny pojazd ma konstrukcję, w której strefy kontrolowanego zgniotu pochłaniają energię zderzenia samochodu w celu zabezpieczenia kierowcy i pasażerów. Pojazd taki jest wyposażony w układ hamulcowy, który zapewnia skuteczność hamowania oraz stateczność hamowania, czyli zdolność samochodu do zachowania – w czasie hamowania – założonego przez kierowcę toru jazdy.

Bezpieczna droga to droga dwujezdniowa wyposażona w pobocza, gdyż wystarczająco szerokie pobocza często ułatwiają manewr wyprzedzania i wymijania.

5. WNIOSKI

Opracowane modele cząstkowe oraz model wynikowy K – P – D w sposób jednoznaczny wskazują, w jakim kierunku powinny zmierzać wszelkie działania w celu poprawy stanu BRD w Polsce.

W zakresie bezpieczeństwa pojazdu trudno jest zaproponować radykalne innowacje techniczne, głównie dlatego, że obecnie produkowane pojazdy są coraz bardziej bezpieczne, mają coraz doskonalsze rozwiązania konstrukcyjne oraz rozbudowane systemy elektroniczne wspomagające pracę kierowcy. System utrzymania zdadności pojazdów oraz obowiązkowe okresowe badania diagnostyczne zapewniają dobry stan techniczny, a kultura techniczna użytkowników jest też coraz lepsza.

Także stan dróg ulega ciągłej poprawie. Jak wynika z opracowanego modelu, bezpieczna droga to droga dwujezdniowa z pobocznymi, które czasami spełniają funkcje dodatkowych pasów ruchu. Przyznać należy, że budowane obecnie autostrady i drogi ekspresowe to często już „wybaczące błędy kierowcom drogi”, a co wynika także z modelu cząstkowego BRD – wyposażone są one już w bariery ochronne. Budowane także ze względu na coraz większe natężenie ruchu drogowego obwodnice miast oraz wiele ulic w mieście to drogi dwujezdniowe, a więc także drogi bezpieczne.

Najwięcej do zrobienia jest w zakresie kierowcy, ponieważ to człowiek jest główną przyczyną i sprawcą większości kolizji i wypadków drogowych. Jak wynika z modelu BRD przedstawionego w pracy, bezpieczny kierowca to doświadczony kierowca, który zachowuje ponadto właściwą odległość między pojazdami, jest opanowany i pozbawiony lęków i jest kobietą.

Oczywiście nie ma możliwości zapewnienia, żeby wszyscy kierowcy byli w stanie spełnić wymogi (oczywiście poza płcią), jakie wynikają ze wspomnianego modelu BRD. I w tym właśnie należy upatrywać kierunków działań, które należy podjąć w celu poprawy stanu BRD na drogach. Trzeba zacząć przede wszystkim od istotnych zmian w systemie szkolenia przyszłych kierowców, które winno być bardziej ukierunkowane na wyszkolenie przyszłego, bezpiecznego kierowcy, a nie tylko na zdanie egzaminu.

Analiza danych wyróżników pomiarowych z badań ankietowych i modeli BRD systemu K – P – D zaproponowanych w tej pracy, zweryfikowana na wielu (około 60 analiz) zdarzeniach drogowych ostatnich lat w woj. kujawsko-pomorskim, w pełni odzwierciedla stan bezpieczeństwa ruchu drogowego dokumentowany w „Kartach zdarzenia drogowego”.

LITERATURA

- [1] BOBROWSKI D.: Metody probabilistyczne w modelowaniu bezpieczeństwa systemów. Informator Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych 260(86), 1986.
- [2] BONIECKI R., ŻÓLTOWSKI B.: Kształtowanie systemów antropotechnicznych. KDT'96, tom II, 1996.
- [3] KOLMAN R.: Zastosowania inżynierii jakości – poradnik. Oficyna Wydawnicza AJG Bydgoszcz, 2003.
- [4] Krajowy program bezpieczeństwa ruchu drogowego GAMBIT 2005. Ministerstwo Infrastruktury Warszawa, 2005.
- [5] TYLICKI H.: Optymalizacja systemu antropotechnicznego. XXXVII Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk, 2009.
- [6] WICHER J.: Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego. WKŁ Warszawa, 2002.
- [7] WINTER W., ŻÓLTOWSKI B.: Kształtowanie bezpieczeństwa ruchu drogowego pojazdów samochodowych. Diagnostyka 33, 2005.
- [8] WINTER W., ŻÓLTOWSKI B.: Czynniki techniczne w ryzyku powstawania wypadków drogowych. Mechanika 84, 2006.
- [9] ŻÓLTOWSKI B., ŁUKASIEWICZ M., KAŁACZYŃSKI T.: Techniki informatyczne w badaniu stanu maszyn. Wydawnictwa Uczelniane UTP Bydgoszcz, 2012.

MULTI-CRITICAL ANALYSIS OF ROAD TRAFFIC

Summary: The article presents the issues of road safety with particular emphasis on the anthropotechnical approach, in the description: user – vehicle – road, and therefore the elements occurring in most analyzes related to road safety issues. An attempt was made to create a description and study of the traffic safety system in an anthropotechnical sense, assigning individual elements of this system (human – vehicle – road) to qualitative characteristics describing the state of components of this system and assigning selected and important numerical values. Model of traffic safety (BRD). Statistical data on traffic accidents are presented in previous years, the distinction of particular elements of the anthropotechnical system was highlighted.

Key words: road safety, traffic accident, anthropotechnical system, traffic accident statistics, models