



MARCIN BUDZYŃSKI

Politechnika Gdańska



KAROL ROMANOWSKI

Politechnika Gdańska

Ocena zagrożenia na sieci dróg na podstawie doświadczeń programu EuroRAP

Problem jakości drogi i jej otoczenia określany przez brak standardów bezpieczeństwa ruchu drogowego bardzo rzadko jest wskazywany w statystykach jako bezpośrednia przyczyna występowania wypadków drogowych. Powodem tego jest przypisywanie bezpośredniej przyczyny wystąpienia wypadku błędem użytkowników dróg. Należy jednak podkreślić, że bardzo często błędy te wynikają z mankamentów infrastruktury drogowej. Konieczna jest więc ocena zagrożenia użytkowników sieci drogowej, co pozwoli na efektywne likwidowanie źródeł tego zagrożenia.

Ocena zagrożenia na sieci drogowej polega na analizie możliwego prawdopodobieństwa wystąpienia wypadków drogowych. Na podstawie inspekcji brd wykonywanej w terenie ocenia się możliwość uwikłania w wypadek drogowy z ofiarami śmiertelnymi lub rannymi. Można wyróżnić dwie metody oceny zagrożenia [1]:

- ocena zagrożenia przeprowadzana przez administrację drogową – na potrzeby utrzymania sieci drogowej i realizowania zadań związanych z poprawą brd,
- ocena zagrożenia wykonywana przez kluby motorowe na potrzeby uczestników ruchu drogowego (ocena konsumencka), określająca na podstawie cech drogi i jej otoczenia poziom bezpieczeństwa uczestników ruchu.

Zagrożenie to źródło zdarzenia niepożądanego (konflikt drogowy) lub niebezpiecznego (kolizja lub wypadek drogowy). Zagrożenie w ruchu drogowym jest to możliwość wystąpienia straty (szkody) pod warunkiem, że nastąpią niekorzystne warunki, które doprowadzą do wypadku drogowego. W przypadku udziału człowieka w ruchu drogowym jest to np. możliwość bycia ofiarą śmiertelną wypadku drogowego, spowodowanego przez kierowcę pojazdu jadącego ze zbyt dużą prędkością i wyprzedzającego inny pojazd przy ograniczonej widoczności, co doprowadzi do zderzenia czołowego z pojazdem nadjeżdżającym z przeciwnej strony. W tym przypadku zagrożeniem będzie poniesienie szkód przez kierowcę (np. bycia ofiarą śmiertelną) w wyniku zderzenia czołowego. Powiązania między źródłami zagrożenia i stratami w ruchu drogowym prezentuje następująca sekwencja: „Źródła zagrożenia – zagrożenie – aktywizacja zagrożenia – zdarzenie niebezpieczne – straty”.

W listopadzie 2008 r. weszła w życie dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej 2008/96/WE (Dz.U. UE L.319/59). Dyrektywa wymaga dla transeuropejskiej sieci ustanowienia i wdrożenia procedur przeprowadzania ocen

wplywu na brd, audytów brd, zarządzania i kontroli brd. W stosunku do krajowych sieci drogowych jej postanowienia mogą służyć jako zestaw dobrych praktyk w poprawie bezpieczeństwa ruchu drogowego. Dyrektywa wprowadza „ocenę wpływu”, która oznacza strategiczną analizę porównawczą wpływu nowej drogi lub istotnej modyfikacji istniejącej sieci na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego. Dyrektywa wprowadza również pojęcie „klasyfikacji odcinków o dużej koncentracji wypadków”. Jest to metoda identyfikacji, analizy i klasyfikacji odcinków sieci drogowej, które użytkowane są od ponad trzech lat i doszło na nich do znacznej liczby wypadków. Natomiast w pojęciu „klasyfikacji ze względu na bezpieczeństwo sieci” mieści się metoda identyfikacji, analizy i klasyfikacji odcinków istniejącej sieci pod względem zwiększenia bezpieczeństwa i zmniejszenia kosztów wypadków. Ponadto dyrektywa wprowadza „kontrolę bezpieczeństwa”, która oznacza zwykłą, okresową weryfikację cech wymagających prac modernizacyjnych ze względu na bezpieczeństwo ruchu drogowego. Ten ostatni aspekt będzie omówiony w niniejszej pracy, na przykładzie podejścia do tego problemu przez Program EuroRAP.

Założenia Programu EuroRap

EuroRAP to Europejski Program Oceny Ryzyka na Drogach (*European Road Assessment Programme*), a zarazem międzynarodowa organizacja pożytku publicznego. Organizacja powstała w 2001 r. na wniosek europejskich automobilklubów (z Wielkiej Brytanii, Szwecji, Holandii i Hiszpanii) o ustanowienie przez Komisję Europejską projektu badawczego pod nazwą „Program oceny ryzyka na drogach” [2]. Jej członkami są obecnie organizacje motoryzacyjne, administracja drogowa oraz eksperci z 29 krajów Europy, w tym Polski.

Nadrzędnym założeniem Programu EuroRAP było włączenie się do realizacji III Europejskiego Programu brd, którego celem jest zmniejszenie o 50% liczby śmiertelnych ofiar ruchu drogowego w ciągu dekady 2001–2010. Obecnie jest to wspieranie przygotowania IV Europejskiego Programu Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego na lata 2011–2020. Celami ogólnymi Programu EuroRAP są:

- wdrożenie programu systematycznej oceny poziomu ryzyka na podstawowych drogach w Europie, poprzez wskazywanie zagrożeń na niebezpiecznych odcinkach i proponowanie praktycznych środków zaradczych, zapewnienie, by ocena poziomu ryzyka leżała u podstaw decyzji strategicznych dotyczących poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego,
- inicjowanie partnerstwa między instytucjami i organizacjami odpowiedzialnymi za bezpieczeństwo ruchu drogowego oraz producentami samochodów i administracją drogową. Program jest prowadzony w ścisłej współpracy z ośrodkami

badawczymi i uniwersyteckimi, zajmującymi się bezpieczeństwem ruchu drogowego oraz administracją drogową, policją i wieloma innymi organizacjami i instytucjami w Europie.

Idea Programu EuroRAP jest również realizowana na innych kontynentach, gdzie powstały jego odpowiedniki, między innymi w Australii – AusRAP (www.ausrap.org) czy w Stanach Zjednoczone – USRAP (www.usrap.us). Dzięki tak dużemu zainteresowaniu i zaangażowaniu w poprawę bezpieczeństwa na drogach, utworzono IRAP – Międzynarodowy Program Oceny Dróg (*International Road Assessment Programme*) (www.irap.net).

Metodyka oceny zagrożenia

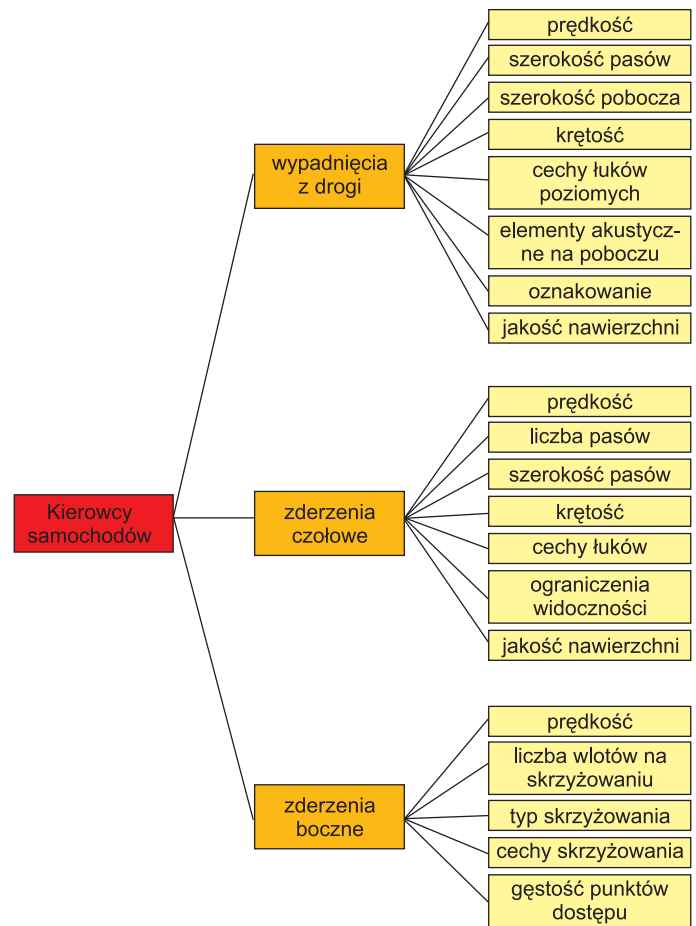
Ocena zagrożenia (*road protecting score – RPS*) polega na ocenie rzeczywistego poziomu bezpieczeństwa analizowanego odcinka drogi. Na podstawie inspekcji brd wykonywanej w terenie ocenia się prawdopodobieństwo uwikłania w wypadek drogowy z ofiarami śmiertelnymi lub ciężko rannymi. Wielkość prawdopodobieństwa zależy od standardów, jakie ma droga po procesie planowania, projektowania i budowy oraz aktualnego zarządzania ruchem.

Ocena zagrożeń odbywa się dla 4 grup uczestników ruchu drogowego [3]:

- kierowców samochodów – ocena prawdopodobieństwa i ciężkości wystąpienia wypadków typu: wypadnięcie z drogi, zderzenia czołowe, wypadki na skrzyżowaniach,
- motocyklistów – ocena prawdopodobieństwa i ciężkości wystąpienia wypadków typu: wypadnięcie z drogi, zderzenia czołowe, wypadki na skrzyżowaniach,
- rowerzystów – ocena prawdopodobieństwa i ciężkości wystąpienia wypadków przy jeździe wzdłuż drogi, przy jeździe w poprzek drogi i na skrzyżowaniach,
- pieszych – ocena prawdopodobieństwa i ciężkości wystąpienia wypadków przy poruszaniu się wzdłuż drogi i w poprzek drogi.

Na rysunku 1 przedstawiono przykład wyboru czynników do oceny zagrożenia dla kierowców samochodów.

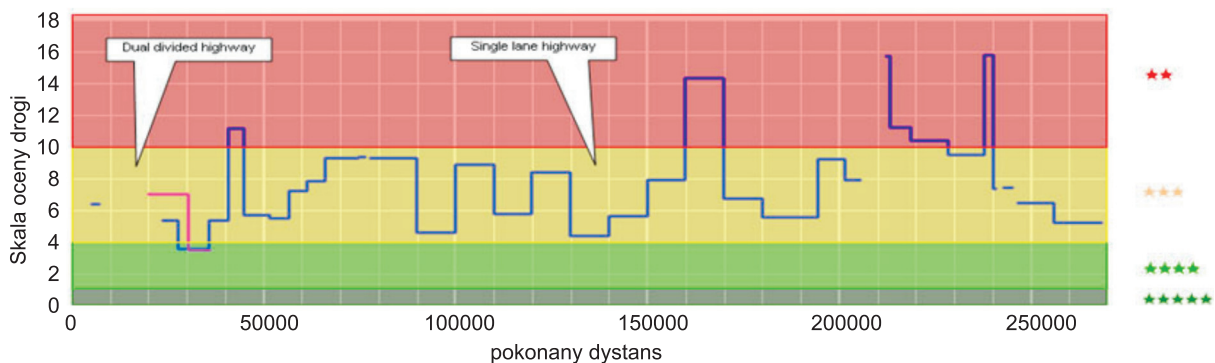
Dane projektowe oraz informacje charakteryzujące bezpieczeństwo drogi zbierane są podczas inspekcji drogowej w samochodzie ze specjalnym wyposażeniem. Wyszukani inspektorzy oceniają i nadają odpowiednią liczbę punktów bezpiecznym i niebezpiecznym elementom drogi zarówno podczas jazdy samochodem, jak i po inspekcji na podstawie



Rys. 1. Czynniki wpływające na ocenę zagrożenia na przykładzie wypadków spowodowanych przez kierowców samochodów [3]

nagrania video. Taka formuła może być wykorzystywana na różnych typach dróg oraz pozwala na ocenę i porównania dróg w całej Europie.

Przydzielanie punktów poszczególnym odcinkom dróg odbywa się według skali stopnia zagrożenia drogi (RPS). Jest ona używana w metodzie rankingu gwiazdkowego po to, by określić, jak droga chroni jej użytkowników od śmierci lub ciężkich obrażeń w razie wypadku. Pięciogwiazdkowy odcinek drogi oznacza bardzo małe zagrożenie, jednogwiazdkowy – bardzo duże zagrożenie. Ranking gwiazdkowy EuroRAP różni się od normalnego audytu bezpieczeństwa ruchu dro-



Rys. 2. Przykład profilu zagrożeń wraz z ich klasyfikacją według rankingu gwiazdkowego [4]

gowego tym, że ma na celu ocenę ogólnych standardów bezpieczeństwa drogi, a nie identyfikację pojedynczych niebezpiecznych miejsc. Końcowym etapem prac na etapie oceny zagrożenia jest wykonanie profilu (rys. 2) lub mapy zagrożeń na drodze według rankingu gwiazdkowego. W tabeli 1 przedstawiono przykładową klasyfikację zagrożeń na odcinku drogi z uwzględnieniem występowania pasa dzielącego.

Tabela 1. Klasyfikacja zagrożeń [4]

Skala ocen	Typ drogi	
	Z pasem dzielącym	Bez pasa dzielącego
*****	Prosta z dobrym oznakowaniem pasów, szerokie pasy ruchu opasane poboczem, wybaczące błędy otoczenie, skrzyżowania wielopoziomowe	Nie występuje
****	Niewielkie braki w wyposażeniu dróg jak np. w szerokości pasów ruchu, szerokości pobocza, łuków czy otoczeniu drogi	Prosta z dobrymi odległościami na wyprzedzanie, dobrym oznakowaniem pasów, wybaczące błędy otoczenie
***	Duże braki w wyposażeniu dróg jak: słabe zabezpieczenia pasów dzielących przed zderzeniami czołowymi, dużo małych braków i słabo zaprojektowane (zwykle) skrzyżowania w regularnych odstępach	Niewielkie braki w wyposażeniu dróg jak: krawędzie i otoczenie drogi, zwykłe skrzyżowania w regularnych odstępach
**	Wiele dużych braków jak: niskie parametry, słabe otoczenie drogi i zabezpieczeniu pasa dzielącego, słabo zaprojektowane (zwykle) skrzyżowania w regularnych odstępach	Duże braki w wyposażeniu dróg jak: proste otoczenie drogi i dużo niewielkich braków jak: słabe możliwości wyprzedzania, wąskie pasy ruchu i słabo zaprojektowane (zwykle) skrzyżowania w regularnych odstępach
*	Dużo łuków w terenie górskim, wąskie pasy ruchu i pobocze, surowe (ciężkie) otoczenie drogi i dużo ważnych skrzyżowań	Dużo łuków w terenie górskim, wąskie pasy ruchu i pobocze, słabe oznakowanie poziome, surowe (ciężkie) otoczenie drogi

Metody uzyskiwania danych do oceny zagrożenia

Ocena zagrożenia na drogach może odbywać się na podstawie danych statystycznych i na podstawie inspekcji drogowych. Tradycyjny sposób pozyskiwania danych na temat zagrożeń na drodze polega na analizowaniu kart zdarzenia drogowego. Odcinki dróg o szczególnie dużej ilości wypadków nazwane zostały „czarnymi punktami”. Pomysł zapoczątkowany najpierw w Australii w 1980 roku (jako „Black Spot Program”), początkowo odnosił sukcesy. Jednak z biegiem czasu dane na temat zdarzenia drogowego pochodzące z kart wypadków przestały być wystarczające. Aby skutecznie zapobiegać wypadkom drogowym należy nie tylko skupiać się na odcinkach, gdzie na podstawie statystyk występują wypadki, ale także starać się zlokalizować odcinki, na których występuje wysokie ryzyko wystąpienia zdarzenia drogowego. Stąd konieczne stało się przeprowadzanie inspekcje całych sieci

drogowych. Przykład Nowej Zelandii pokazuje, iż co trzeci wypadek śmiertelny występuje na odcinkach zwanych „czarnymi punktami”, a ponad połowa w miejscach gdzie przez 5 lat nie występowały żadne wypadki, następstwem czego było ignorowanie występujących tam mankamentów. Programy takie, jak RISA (*Road Infrastructure Safety Assessment*), EuroRAP (*European Road Assessment Programme – Europejski Program Oceny Dróg*), NetRisk (*Road Network Safety Assessment*) zostały stworzone, aby rozwiązać ten problem.

Na podstawie doświadczenia krajów, w których inspekcje służące ocenie zagrożenia na drogach są zaawansowane, można wyróżnić dane, które są niezbędne identyfikacji zagrożeń oraz oceny odcinków dróg:

- inżynierskie środki uspakajania ruchu,
- dopuszczalna prędkość,
- profil poziomy i pionowy trasy,
- przekrój poprzeczny (np. szerokość jezdni),
- otoczenie drogi (stałe przeszkody oraz roślinność),
- stan nawierzchni,
- rodzaje skrzyżowań, odległość między nimi,
- oznakowanie poziome i pionowe,
- widoczność,
- oświetlenie dróg i skrzyżowań,
- funkcjonalność drogi,
- rodzaj pasa dzielącego, stan barier,
- bezpieczeństwo niechronionych użytkowników drogi (rowerzystów, pieszych),
- kontrola przejazdów kolejowych.

Wykonanie rzetelnych inspekcji dróg metodą tradycyjną, czyli wykonywanie raportów na podstawie obserwacji przez inspektorów i identyfikowanie mankamentów jest bardzo pracochłonne i czasochłonne. Wprowadza się zatem automatyzację, poprzez zastosowanie odpowiednich urządzeń i oprogramowania do rejestracji danych dotyczących analizowanej sieci drogowej.

Automatyczna inspekcja drogowa to proces, w którym dane zbierane są w sposób automatyczny lub półautomatyczny (wymagający ingerencji inspektora w celu uzyskania danych końcowych) za pomocą urządzeń wizyjnych, pomiarowych oraz oprogramowania (algorytmów) nadzorującego prace i wykonującego obliczenia (także w czasie rzeczywistym). W oparciu o literaturę oraz źródła wiedzy dostępne technologicznie możemy podzielić na dwie grupy:

- dostępne na rynku oferowane przez firmy komercyjne,
- w fazie badań naukowych (nie dostępne na rynku).

Szereg firm oferuje automatyczne sposoby zbierania danych wykorzystujących technologie GPS i GIS. Wybrane z nich oferują również informacje na temat ukształtowania terenu (informacje o nachyleniu drogi oraz ilości wzniesień). Większość z nich jest w stanie określić stan nawierzchni: rodzaj, występowanie i wielkość kolein na drodze oraz utratę właściwości antypoślizgowych nawierzchni. W niektórych wypadkach oprogramowanie pozwalające analizować zarejestrowany obraz potrafi rozpoznać oznakowanie pionowe i automatycznie zidentyfikować dopuszczalną prędkość na audytowanym odcinku. Pomimo wielu technologii automatycznego rozpoznawania znaków drogowych w większości skupiających się na analizie kształtu i koloru nie ma firm, które stosują je powszechnie. Komercyjne wykorzystanie tego typu technologii jest zbyt złożone i nieopłacalne.

W przypadku innych czynników mających wpływ na bezpieczeństwo, takich jak szerokość pasa ruchu i pobocze można skorzystać z półautomatycznego pomiaru. Operator spośród zarejestrowanego, skalibrowanego obrazu video wybiera klatki kluczowe. Następnie rysuje linie, której końce stykają się z liniami wskazującymi granice pasa ruchu. O ile szerokość strefy bezpieczeństwa można obliczyć tą samą metodą, to obiekty znajdujące się w strefie wymagają analizy wzrokowej materiału wideo tak samo, jak szerokość pasa dzielącego, miejsca, w których jest możliwe wyprzedzanie, jakość oświetlenia ulic i czytelności znaków, ich jakość oraz dystans z jakiego są widoczne.

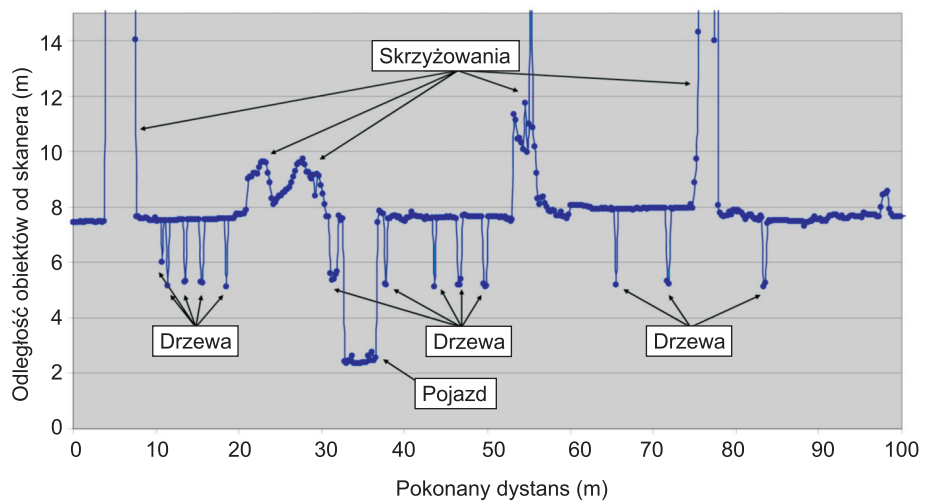
W 2006 r. Nahate i Rys stworzyli metodę (SSD) mierzenia odległości widoczności znaków stop w oparciu o metodę triangulacji strumienia danych dobiegających z trzech satelitów jednocześnie, w technologii GPS. Jezdnia jest reprezentowana za pomocą równania parametrycznego i przeszkód dla wzroku (np. wzniesienia, tablice informacyjne, reklamy itd.). Odległość z jakiej widziany jest znak, mierzony jest na podstawie przecięcia pomiędzy linią wzroku i elementami będącymi przeszkodą dla widoczności.

W tym samym roku Cuskelly i McDonald udoskonaili metodę automatycznego skanowania otoczenia drogi (np. drzew czy zaparkowanych samochodów) stosowaną wcześniej w transporcie kolejowym, dostosowując ją do transportu drogowego.

Kolejna metoda półautomatycznego wykrywania obiektów w otoczeniu drogi została zaproponowana przez ARRB Group Ltd. Wykorzystuje ona skaner wyprodukowany przez firmę SICK umieszczony z tyłu pojazdu. Urządzenie skanuje obszar w promieniu 180 stopni zmieniając położenie za pomocą systemu luster znajdujących się wewnątrz. Częstotliwość skanera to 75 Hz, zasięg do 30 metrów. Skaner zainstalowany pod kątem 30 stopni wysyła wiązkę lasera, która po odbiciu od przeszkody wraca do nadajnika. W ten sposób otrzymujemy dystans, w jakim znajduje się obiekt. Zakładając, iż laser zsynchronizowany jest z obrazem nagrywanym z kamery wideo oraz posiadając współrzędne GPS, można zidentyfikować obiekt. Wprowadzając dane do systemu i odrzucając przypadki skrajne (brak powrotu wiązki lasera do nadajnika) otrzymuje się wykres odległości obiektów znajdujących się w otoczeniu drogi (rys. 3).

Metoda ARRB Group Ltd jest na razie w fazie testów. W dalszych pracach konstruktorzy będą udoskonalać dokładność systemu (np. wykrywanie wąskich obiektów). Przewidywana jest nawet możliwość wykorzystania danych do stworzenia trójwymiarowego obrazu otoczenia drogi.

Podsumowując, możliwe jest opracowanie systemu, który automatycznie przeprowadzi inspekcję i ocenę zagrożenia na drogach. Będzie on w stanie zidentyfikować stosunkowo dokładnie poziom ryzyka poprzez zestawienie takich elementów, jak np.: dopuszczalna prędkość, ukształtowania terenu i dystans z jakiego użytkownik drogi jest w stanie zobaczyć znaki drogowe (lub częstość ich występowania) oraz zagro-



Rys. 3. Odległość obiektów położonych w otoczeniu drogi [5]

żenia występujące w otoczeniu drogi. Zebranie wystarczającej ilości danych na temat głównych czynników ryzyka na drodze w sposób zautomatyzowany pozwoli na obiektywną ocenę dróg, co przyczyni się do efektywniejszej pracy zarządcy drogi przy ich usuwaniu.

Podsumowanie

Podstawowym warunkiem radykalnej poprawy bezpieczeństwa infrastruktury drogowej jest integracja działania w ramach realizowania systemu bezpiecznych dróg na etapie planowania, projektowania i eksploatacji. O realizacji sieci bezpiecznych dróg będzie można mówić wówczas, gdy podejmowane działania wpisywać się będą w ideę tworzenia tzw. dróg samowjaśniających i dróg wybaczących. W każdym z tych podejść wykorzystuje się różne instrumenty zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej. Obecnie w Unii Europejskiej trwa proces przygotowania wspólnotowych przepisów w tym zakresie, co oznacza pilne podjęcie w Polsce działań dostosowawczych, w pierwszej kolejności w odniesieniu do inwestycji drogowych finansowanych z udziałem funduszy europejskich. Opracowanie procedur identyfikacji zagrożeń w sieci drogowej i metody oceny zagrożenia uczestników ruchu drogowego pozwoli na efektywne i skuteczne zarządzanie bezpieczeństwem ruchu drogowego w Polsce.

Bibliografia

- [1] Zintegrowany System Bezpieczeństwa Transportu II Tom Monografii – „Uwarunkowania rozwoju integracji systemów bezpieczeństwa transportu” pod red. Prof. R. Krystka. Rozdz. 3.4 „Metody oceny zagrożenia w ruchu drogowym” WKiŁ 2010
- [2] Star Rating Roads for Safety, The EuroRAP Methodology, Hampshire UK, 2009
- [3] International Road Assessment Programme (iRAP). Dedicate to saving lives, London UK, 2008
- [4] Comparing Risk Maps and Star Ratings, AusRap, Canberra Australia 2008
- [5] Blair Turner, Senior Research Scientist, ARRB Group and Lee Comport, Engineer, ARRB Group – “Automatic collection of safety related road and roadside data”