

Piotr Świder

NOWE MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA METODY SLIBARA W REKONSTRUKCJI WYPADKU DROGOWEGO

Streszczenie

Rekonstrukcja wypadku drogowego wymaga m.in. określenia miejsca zderzenia. Funkcje empiryczne, które opisują stosowne zależności, są obciążone znacznymi błędami. Metoda Slibara pozwala na minimalizację tych błędów. Istotnym problemem jest zanik wielu śladów dotychczas występujących na miejscu wypadku, a to na skutek wprowadzenia klejonych szyb, plastikowych kloszy lamp głównych, układów optymalnopoślizgowych itp. W artykule przeprowadzono dyskusję możliwości adaptacji do metody Slibara innych niż przewidziane przez niego zależności, związanych z potrąceniem pieszego lub jednoślada. Podano przykładowe wykresy zastosowań przy rozszerzeniu metody.

Słowa kluczowe

Metoda Slibara, adaptacja nowych zależności.

* * *

1. Metoda Alfreda Slibara

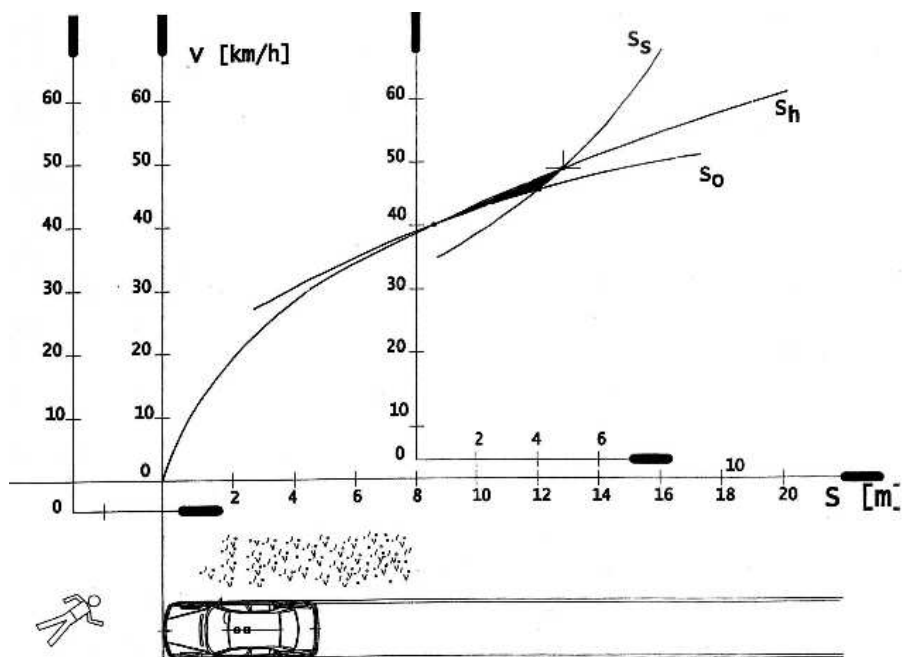
Alfred Slibar, w efekcie graficznego przedstawienia przebiegu fizykalnych i empirycznych funkcji opisujących parametry związane z mechanizmem potrącenia pieszego, wprowadził pojęcie tzw. „trójkąta ufności”. Chodzi tu o wyrażone w funkcji drogi zależności: prędkości hamowanego samochodu, odległości odrzutu pieszego i parametrów pola odłamków szkła z rozbitej szyby lub klosza reflektora samochodu. Zależności te przedstawia się na wspólnym wykresie w układzie współrzędnych droga – prędkość, przy czym muszą one być usytuowane analogicznie do rzeczywistych położzeń na drodze śladów hamowania samochodu, pola rozrzutu odłamków szkła i powypadkowego położenia pieszego (ryc. 1).

Trójkąt ufności, którego boki zostają utworzone przez wspólne fragmenty wspomnianych funkcji, jest w rzeczywistości zdeformowany, gdyż wspomniane funkcje regresji nie są liniowe.

W wyniku naniesienia przebiegów tych funkcji na wykres w układzie współrzędnych droga – prędkość powstaje ów zdeformowany (krzywoliniowy) trójkąt, którego pole jest zbiorem punktów o współrzędnych $x = S$ [m] i $y = V$ [km/h],

Dr inż. Piotr Świder, Instytut Pojazdów Samochodowych Politechniki Krakowskiej i Instytut Ekspertyz Sądowych w Krakowie.

których skrajne wartości wyznaczają zakresy prawdopodobnych (możliwych) wartości szukanej prędkości kolizyjnej i miejsca potrącenia pieszego na długości drogi (ryc. 1).



Ryc. 1. Klasyczna metoda Slibara. S_h – krzywa przebiegu hamowania, S_o – krzywa odrzutu pieszego, S_s – krzywa odrzutu odłamków szkła. Obszar zamknięty pomiędzy tymi krzywymi stanowi „trójkąt ufności”.

W metodzie tej jednym z warunków potrzebnych dla otrzymania zamkniętego „trójkąta ufności” jest konieczność ujawnienia na miejscu wypadku pola zalegania odłamków rozbitych szkła i opisanie parametrów tego pola. Obecnie, wobec powszechnego stosowania klejonych (wielowarstwowych) szyb samochodów i plastikowych kloszy ich lamp, coraz rzadziej na miejscu wypadku pozostają odłamki szkła, a pole ewentualnego rozrzutu odłamków plastiku jest w praktyce nieprzydatne, ponieważ nie są określone funkcje regresji dla rozrzutu takich odłamków, analogiczne do znanych funkcji regresji dotyczących odłamków szkła.

Podobnie zresztą do zamknięcia trójkąta ufności może zabraknąć krzywej przebiegu hamowania, jeśli uczestniczący w wypadku samochód był wyposażony w układ ABS i nie pozostawił dostrzegalnych śladów hamowania.

2. Modyfikacja metody Slibara

Zależności opisujące odległość odrzutu pieszego w funkcji prędkości uderzenia oraz parametry pola odłamków szkła z rozbitej szyby lub klosza reflektora samochodu podane są zazwyczaj w postaci funkcji regresji, dla których rozrzut wyników od linii średniej może dochodzić nawet do $\pm 20\%$. Zazwyczaj nie jest znana również dokładna wartość współczynnika przyczepności opon do jezdni, a nawet gdyby była znana, to i tak nieznane będzie rzeczywiście osiągnięte opóźnienie konkretnego samochodu.

Idea zaproponowanej modyfikacji metody jest następująca. Jeżeli w układzie współrzędnych droga – prędkość zamiast pojedynczych krzywych opisujących parametry zderzenia umieści się krzywe opisujące dolny i górny zakres wartości danego parametru (będące granicami przedziału ufności danego parametru na przyjętym poziomie istotności) – to istnieje możliwość uzyskania zamkniętej między tymi krzywymi figury pola ufności, a więc znalezienia rozwiązania (lub przynajmniej pola możliwych rozwiązań), nawet w przypadku, kiedy ma się do dyspozycji jedynie dwie funkcje regresji. W takim przypadku, „pole ufności” nie będzie już zazwyczaj trójkątem, ale wielobokiem o bokach krzywoliniowych.

Pole takiego wieloboku będzie zbiorem *możliwych* rozwiązań, tj. zbiorem punktów o współrzędnych droga – prędkość, określających miejsce kolizji na długości drogi i chwilową prędkość pojazdu w tym miejscu, tj. tzw. prędkość kolizyjną.

Jeżeli przy konstruowaniu przedziałów ufności dla poszczególnych funkcji regresji zastosuje się normalny (gaussowski) rozkład prawdopodobieństwa, to rozwiązaniem o największym stopniu prawdopodobieństwa będzie rozwiązanie leżące w środku ciężkości powstałego „wieloboku ufności”. Należy jednak zaznaczyć, że wszystkie rozwiązania leżące wewnątrz pola ufności są z matematycznego punktu widzenia dopuszczalne i możliwe – na poziomie istotności przyjętym dla poszczególnych funkcji regresji.

Dodatkową korzyścią proponowanej modyfikacji jest to, że można do tej metody wprowadzić nowe dane związane z rekonstrukcją przebiegu wypadku, takie jak np. parametr *przyrostu rozwinięcia pieszego* na samochodzie lub *parametr prędkości zderzenia*, określony na podstawie bazy danych uszkodzeń samochodów uczestniczących w zderzeniu z pieszym. Istnieje również możliwość częściowej adaptacji tej metody do analizy zderzenia samochodu z jednośladem.

3. Realizacja zmodyfikowanej metody Slibara

Wprawdzie obliczenia stosownych parametrów opisujących zderzenie w postaci zależności odległości od prędkości zazwyczaj podawane są prostymi funkcjami regresji, a przebieg hamowania samochodu jest kwadratową zależnością fizyczną, to jednak rozmieszczenie krzywych tych funkcji na wykresie Slibara, odpowiednio do położenia powypadkowych śladów ujawnionych na miejscu wypadku (co jest związane z odpowiednią transformacją ich indywidualnych układów współ-

rzędnych), stanowi pewną trudność, która często zniechęca biegłych do stosowania tej metody [2].

Podjęto zatem próbę zastosowania zmodyfikowanej w opisany sposób metody Slibara przy pomocy opracowanego w tym celu programu *Cyborg Idea Slibar 1*, a obecnie w kolejnej, poszerzonej jego wersji – *Slibar 2*. Ta druga wersja umożliwia również obliczenia dotyczące zderzenia samochodu z motocyklem oraz zderzenia motocykla ze stałą przeszkodą.

Przyjęcie odpowiedniej szerokości przedziałów ufności dla poszczególnych parametrów opisujących zdarzenie proponowane jest przez program na podstawie danych literaturowych. Dla większości parametrów, m.in. dla średniego opóźnienia hamowania, wartość przedziału może być dobierana przez użytkownika programu na podstawie własnego doświadczenia, bądź posiadanych wyników badań opóźnienia konkretnego samochodu.

Możliwości zastosowania zmodyfikowanej metody Slibara przy wykorzystaniu wspomnianego programu dla kilku przypadków opisane są poniżej.

3.1. Wypadek z pieszym

W przypadku zderzenia z pieszym program umożliwia wprowadzenie do analizy następujących czynników.

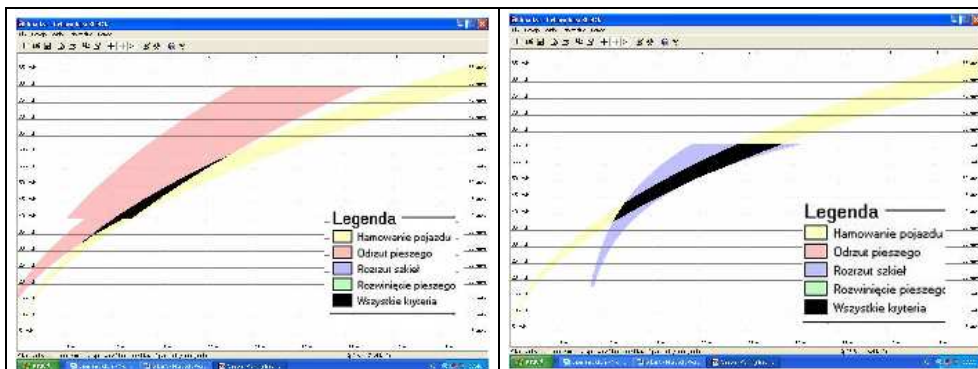
- Wybór rodzaju nadwozia: klinowe, pontonowe, trapezowe i skrzynkowe o różnych wysokościach (samochody osobowe, dostawcze, ciężarowe).
- Wybór funkcji regresji dla odrzutu pieszego, przy czym program sam dobiera właściwe wzory dla danego typu nadwozia i przypadku potrącenia osoby dorosłej lub dziecka. Dla nadwozia klinowego proponuje formułę Elsholza lub Kühnla, przy czym w tej drugiej pozwala na wprowadzenie przez użytkownika wartości opóźnienia samochodu w chwili zderzenia. Dla nadwozia trapezowego dostępna jest tylko funkcja Kühnla, dla nadwozia pontonowego możliwe są do wyboru dwie poprzednio wspomniane formuły oraz formuła Shulza. Dla nadwozia skrzynkowego wybierana jest formuła podana przez Uniwersytet Techniczny w Berlinie [2].
- Wybór wartości opóźnienia uzyskiwanego przez samochód w czasie zderzenia i hamowania aż do zatrzymania. Tu program przewiduje wprowadzenie przedziału wartości opóźnienia.
- Jeżeli na miejscu zdarzenia ujawnione zostało pole zalegania odłamków szkła, a dodatkowo wiadomo, czy szkło to pochodzi z rozbitej szyby czołowej czy też z kloszy reflektorów, to można zastosować odpowiednie wzory, opisujące parametry pola rozrzutu odłamków szkła w funkcji prędkości kolizyjnej [2], dobierane przez program automatycznie.
- Możliwe jest wprowadzenie parametru przyrostu rozwinięcia pieszego wg zależności podanych w [2], przy czym możliwy jest wybór sposobu ruchu pie-

z problemów rekonstrukcji wypadków i opiniowania

szego, wartości ugięcia przedniego zawieszenia pojazdu przy hamowaniu i obliczenie minimalnej prędkości zderzenia lub określenie funkcji regresji.

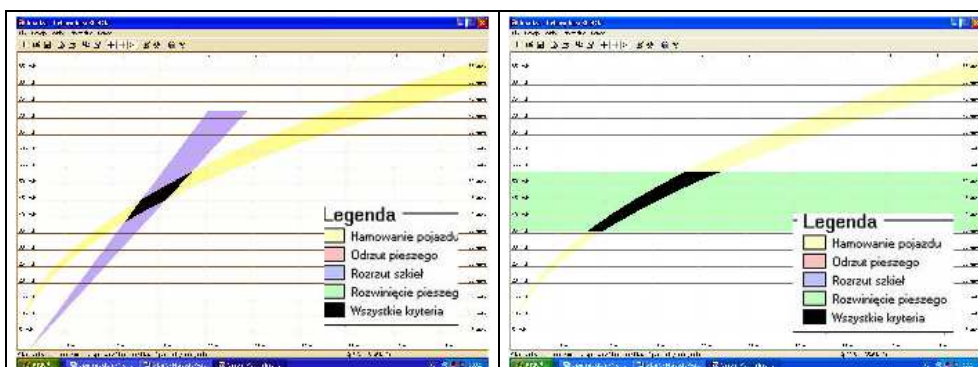
W większości praktycznych przypadków wystarczy wprowadzenie jedynie dwóch z wyżej wyszczególnionych danych, aby można było podjąć próbę skonstruowania „wieloboku ufności“.

Efekty analizy wypadku z pieszym uzyskane przez zastosowanie zmodyfikowanej metody Slibara przy wykorzystaniu programu *Slibar 2* ilustrują ryciny 2–6.



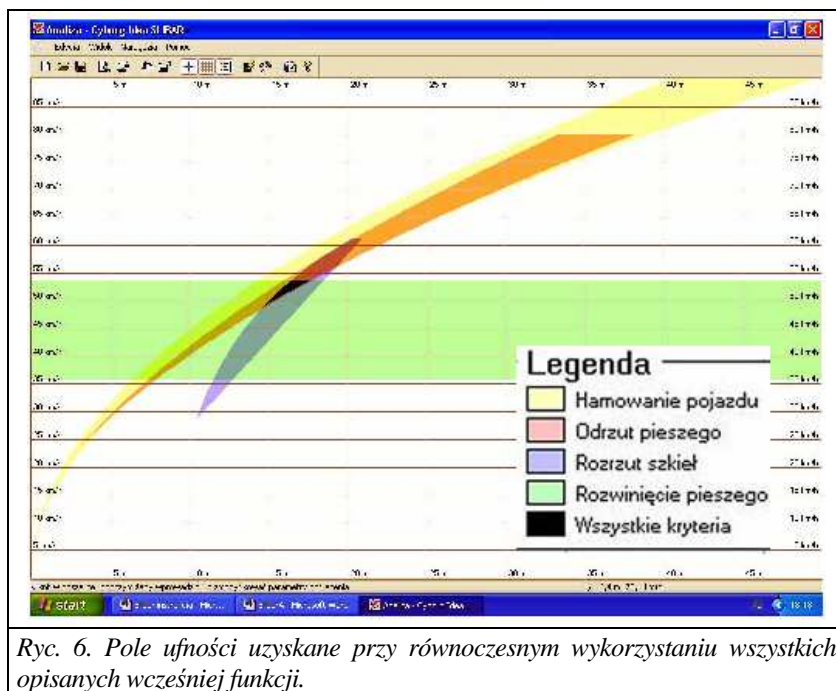
Ryc. 2. Pole ufności wyznaczone przy wykorzystaniu formuły Elsholza i opóźnienia hamowania.

Ryc. 3. Pole ufności wyznaczone przy wykorzystaniu zależności na początek pola rozrzutu odłamków szyby i opóźnienia hamowania.



Ryc. 4. Pole ufności wyznaczone przy wykorzystaniu zależności na środek pola rozrzutu odłamków szkła reflektora i opóźnienia hamowania.

Ryc. 5. Pole ufności wyznaczone przy wykorzystaniu funkcji regresji przyrostu rozwinięcia pieszego i opóźnienia hamowania.



Jak widać z powyższych wykresów, znajomość już tylko dwóch parametrów związanych z potrąceniem pieszego pozwala na próbę określenia miejsca zderzenia i prędkości kolizyjnej. Oczywiście przy większej liczbie znanych parametrów zazwyczaj uzyskuje się zawężenia pola ufności, a co za tym idzie, mniejszy zakres możliwych wartości położenia miejsca zderzenia i prędkości kolizyjnej.

3.2. Wypadki z udziałem motocykla

Dla wypadków z udziałem motocykla wykorzystano możliwości programu *Slibar 2* dla dwóch przypadków:

- uderzenia samochodu w motocykl oraz
- uderzenia motocykla w stałą przeszkodę.

3.2.1. Uderzenie samochodu w motocykl

Dla przypadku uderzenia samochodu w motocykl uwzględniono:

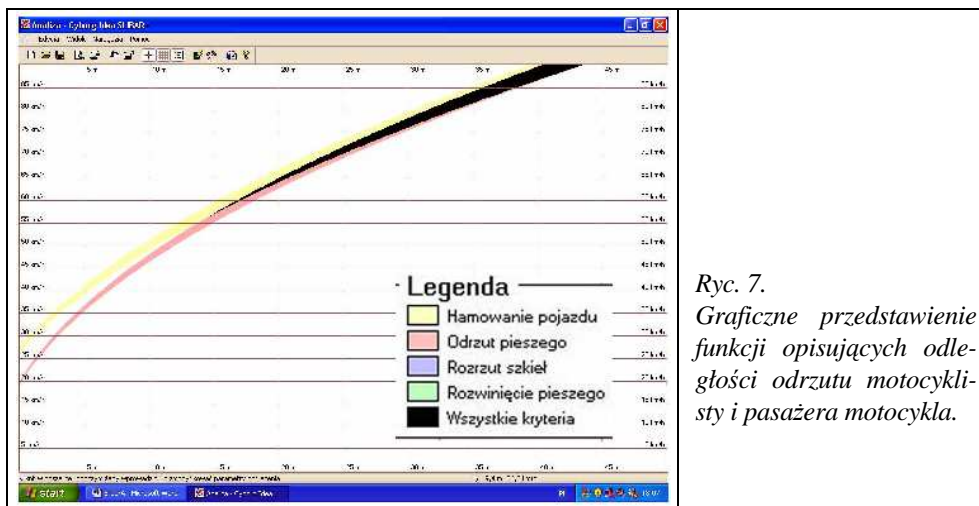
- opóźnienie hamowanego samochodu,
- odległość odrzutu motocykla,
- odległość odrzutu motocyklisty,
- rozrzut szkiele samochodu.

Wszystkie wymienione powyżej parametry dotyczą przemieszczania się wzdłuż pierwotnego kierunku jazdy samochodu.

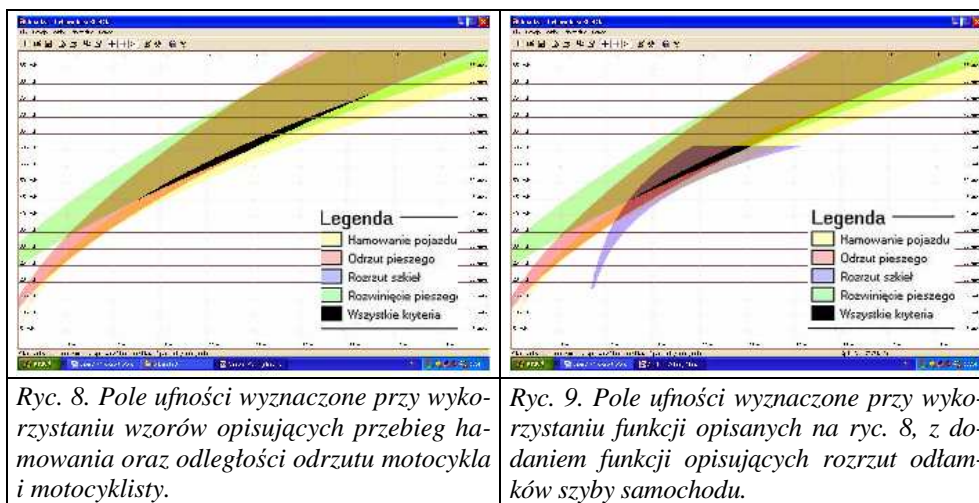
z problemów rekonstrukcji wypadków i opiniowania

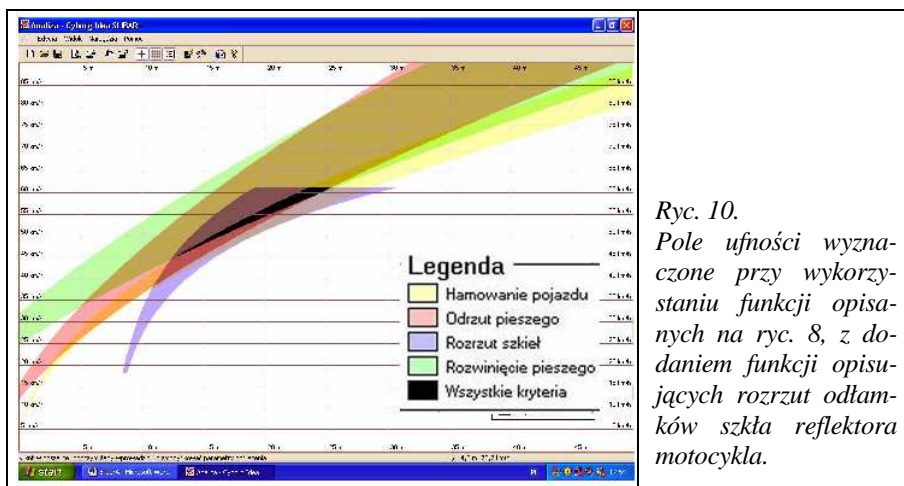
Jeżeli, podobnie jak w przypadku wypadku z udziałem pieszego, zamiast pojedynczej krzywej regresji opisującej dany parametr, na wykres droga-prędkość naniesie się granice przedziału ufności dla danego parametru, to pole ufności można próbować wyznaczyć już dla dwóch znanych wielkości.

Należy jednak zwrócić uwagę, że przebieg hamowania oraz odrzut motocykla i motocyklisty są zapisane funkcjami podobnymi do siebie [1] i zazwyczaj otrzymane rozwiązanie jest bardzo „rozmyte“ lub wręcz go nie ma (ryc. 7).



Dodanie funkcji regresji opisujących zaleganie odłamków szkła pochodzących z samochodu (szyby, reflektora) lub szkła reflektora motocykla powoduje wyraźne zawężenie pola ufności (ryc. 9).





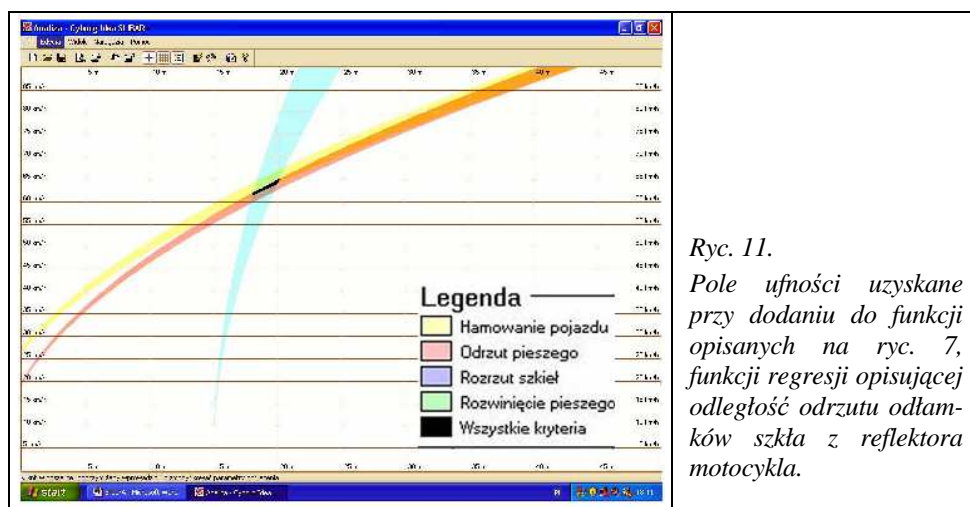
Ryc. 10.
Pole ufności wyznaczone przy wykorzystaniu funkcji opisanych na ryc. 8, z dodaniem funkcji opisujących rozrzut odłamków szkła reflektora motocykla.

3.2.2. Uderzenie motocykla w sztywną nieruchomą przeszkodę

Do analizy przypadku uderzenia motocykla w sztywną przeszkodę zastosowano wzory na:

- odległość odrzutu kierowcy,
- odległość odrzutu pasażera,
- rozrzut odłamków szkła reflektora motocykla.

Jak już wspomniano, funkcje opisujące odległość odrzutu motocyklisty i pasażera są podobne do siebie i otrzymane tylko na ich podstawie dopuszczalne rozwiązanie jest, niestety, „rozmyte” (ryc. 7). Dodanie zależności na rozrzut szkła reflektora motocykla zazwyczaj znacznie zawęża pole ufności (ryc. 11).



Ryc. 11.
Pole ufności uzyskane przy dodaniu do funkcji opisanych na ryc. 7, funkcji regresji opisującej odległość odrzutu odłamków szkła z reflektora motocykla.

4. Dokumentacja analizy

Program generuje raport z dokonanych obliczeń, który (przykładowo, dla wypadku z pieszym) zawiera następujące dane.

- a. Parametry pojazdu: rodzaj nadwozia – trapezowe.
- b. Parametry pieszego: wiek – dorosły, wzrost – 1,60 m.
- c. Droga hamowania pojazdu: średnie opóźnienie – 5,0–6,0 m/s².
- d. Odrzut pieszego: położenie powypadkowe – 2,0 m; położenie środka ciężkości pieszego mierzone jest względem przodu pojazdu, w kierunku jego ruchu. Metoda obliczeń: reguła Kühnela; opóźnienie pojazdu w momencie uderzenia – 4,0–5,0 m/s².
- e. Rozrzut szkieł szyby przedniej: początek pola rozrzutu 7,0 m; położenie pola rozrzutu szkieł mierzone jest względem przodu pojazdu, w kierunku jego ruchu. Wartość ujemna oznacza położenie za pojazdem, wartość dodatnia – przed pojazdem.
- f. Rozwinięcie pieszego: długość rozwinięcia pieszego – 2,00 m; zachowanie się pieszego: normalny krok, pochylenie pieszego – 35 mm, ugięcie zawieszenia przodu pojazdu – 60 mm. Prezentacja rezultatu: funkcja regresji (prędkość z dokładnością +/- 20%). Powypadkowe położenie pieszego: 2,0 m, mierzone jest względem przodu pojazdu w kierunku jego ruchu.
- g. Parametry poszukiwań: zakres poszukiwanej drogi: 0–50 m, zakres poszukiwanej prędkości: 0–90 km/h.
- h. Rozwiązanie: znaleziono rozwiązania w następującym zakresie wartości:
 - zakres drogi: 11,2–20,6 m,
 - zakres prędkości: 39,3–52,8 km/h,
 - współrzędne środka obszaru ufności: 15,7 m, 47,4 km/h.

5. Podsumowanie

Jak wykazano, pomimo coraz mniejszej liczby śladów kryminalistycznych na miejscu zdarzenia, co jest efektem sukcesywnego wprowadzania nowych technologii w budowie pojazdów, można próbować stosować metodę Slibara, uzupełniając ją o nowe funkcje regresji, uzyskane w ostatnim czasie. Można też próbować implementować tę metodę do zderzenia samochodu z motocyklem oraz uderzenia motocykla w sztywną przeszkodę.

Literatura

- [1] W. Kończykowski, *Odtwarzanie i analiza przebiegu wypadku drogowego*, Wyd. Info-Ekspert, Warszawa 1993, na zlecenie Stowarzyszenia Rzecznawców Techniki Samochodowej i Ruchu Drogowego.

- [2] *Wypadki drogowe. Vademecum biegłego sądowego*, praca zbiorowa, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków, wydanie I – 2002, wydanie II – 2006.
- [3] Cyborgidea.com.pl – *Instrukcja obsługi programu „SLIBAR+”*.

NEW POSSIBILITIES OF USING OUT SLIBAR'S METHOD IN ROAD ACCIDENTS RECONSTRUCTION

Abstract

Reconstruction of a road accident requires, amongst other things, defining of the place of collision. Empirical functions, which describe appropriate relationships (dependencies), are burdened with significant errors. Slibar's Method allows minimisation of these errors. A significant problem is that many traces that used to be present at accident scenes no longer occur, due to the introduction of laminated windscreens, plastic covers of headlamps, optimum slide systems etc. In the article, the possibilities of adapting other relationships than those foreseen by Slibar to his method are discussed – relationships linked with knocking down a pedestrian or a single-track vehicle. Example graphs of applications using broadened methodology are presented.

Key Words

Slibar's Method, adaptation of new relationships.