

Wiarygodność oszacowania prędkości kolizji na podstawie współczynnika kierunkowego β_1

Dominik Gałdyński

Tematyka publikacji dotyczy analizy przebiegu zmienności opóźnienia pojazdu w czasie, w trakcie kolizji czołowej, w jego początkowej fazie. Zostanie dokonana aproksymacja liniowa współrzędnych funkcji przebiegu opóźnienia, jaka jest rejestrowana przez moduł ACU systemu SRS, w pierwszych chwilach kolizji pojazdu. W rozważaniach zostaną wzięte pod uwagę różne przebiegi kolizji czołowej.

Słowa kluczowe: ACU, SRS, Airbag, opóźnienie, kolizja.

Wstęp

W przedmiotowym artykule zostanie wyznaczona funkcja prosta na podstawie współrzędnych krzywej przebiegu opóźnienia w początkowej fazie kolizji, metodą aproksymacji liniowej, zwaną metodą najmniejszych kwadratów. Głównym założeniem regresji liniowej jest znalezienie zależności pomiędzy zmienną objaśnianą, a objaśniającą w funkcji liniowej. W omawianym przypadku ten związek jest bezdyskusyjny. Dlatego główna uwaga zostanie skupiona na błędzie standardowym estymacji S i współczynniku determinacji R^2 który pomnożony przez 100%, wskaże jaki procent wariancji zmiennej zależnej, wyjaśnia zmienną niezależną. Zabieg ten, posłuży do dalszych badań nad sztywnością konstrukcji pojazdu w jego początkowym stadium deformacji podczas kolizji [5],

$$k = \frac{mv^2}{2c^2}$$

gdzie : k -sztywność,

m -masa pojazdu,

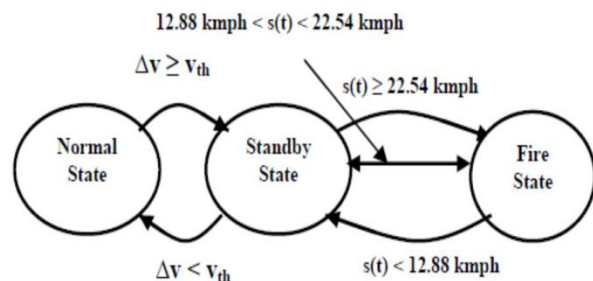
v -prędkość,

c - wielkość deformacja.

i wskaże czy można, dla oszacowania prędkości kolizji, posłużyć się współczynnikiem kierunkowym regresji β_1 .

Opóźnienie pojazdu jakie występuje podczas kolizji jest rejestrowane przez moduł ACU (Airbag Control Unit), który jest centralnym modulem sterowania systemu SRS (Supplemental Restriant System) ochrony pasażerów. Aby dokonać aproksymacji należy określić istotne, dla przedmiotowych rozważań, przedziały czasowe, zmienności funkcji opóźnienia. Do tego celu niezbędne będzie zapoznanie się z kryteriami wdrażania protokołów poduszki powietrznej. Moduł ACU posiada wgrany algorytm, który realizuje, w zależności od wielkości otrzymanych sygnałów, jeden z wariantów przebiegu wdrażania systemu bezpieczeństwa w funkcji czasu (czas aktywacji Airbag) i wielkości siły (wielkość aktywowanego

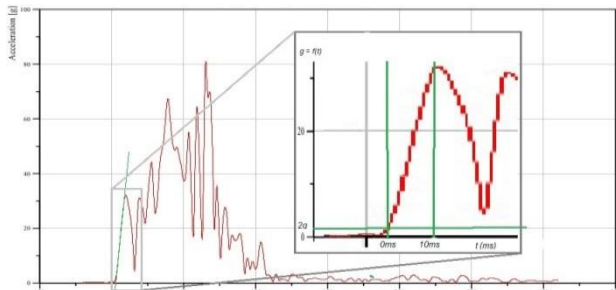
ładunku w zapalniku Airbag), przez dalszą część kolizji. Aby wzbudzić system z pozycji normalnej do pozycji czuwania, literatura podaje [4, 3], że wartość opóźnienia, w zależności od wielkości pojazdu, musi przekroczyć od 1g do 2g. Jest to uzasadnione, ponieważ maksymalna wartość opóźnienia podczas hamowania, biorąc pod uwagę najlepsze wskaźniki przyczepności, nie przekroczy wartości 1g. Po przekroczeniu wielkości progowej tego sygnału, system przechodzi w stan czuwania. Kolejnym kryterium, które uwzględniana algorytm aktywacji systemu SRS, jest kryterium spadku prędkości ΔV w czasie trwania kolizji. Najlepiej obrazuje to zamieszczony poniżej diagram (rys 1.). Do wyznaczenia regresji liniowej z przebiegu krzywej opóźnienia, posłuży przedział czasowy w jakim podejmowana jest decyzja o wdrożeniu Airbag (systemu SRS). Z uwagi na zastrzeżone i ściśle chronione informacje dotyczące stosowanych algorytmów, a także różnorakie rozwiązania [10], ustalenie dokładnej wartości czasowej nie jest możliwe, jednak przestudiowanie literatury na dany temat, daje pewne pojęcie o oknie czasowym w jakim odbywa się diagnozowanie przebiegu opóźnienia. Na podstawie powyższej literatury, wyznaczono przedział, którego czas trwania, będzie wynosił max do 8 - 10 ms lub do pierwszego maksimum lokalnego przebiegu wykresu opóźnienia [10, 3, 9]. Najnowsze technologie, a także badania nad rozwiązaniami polegającymi na wykrywaniu kolizji chwilę przed jej wystąpieniem pozwalają przypuszczać, że czas ten może być znacznie krótszy [1]. Należy nie mylić czasu diagnozowania z czasem wdrażania poduszki powietrznej.



Rys. 1. Diagram algorytmu wdrażania systemu SRS (Airbag)[5].

Podsumowując powyższe parametry, istotna dla przedmiotowych rozważań, zmienność funkcji opóźnienia, jest ograniczona na osi odciętych przez parametr opóźnienia $2g \leq g \leq \infty$ oraz na osi rzędnych przez czas $0ms \leq t \leq 10ms$, lecz

nie dłużej niż do pierwszego maksimum lokalnego przebiegu wykresu opóźnienia. Przykładowy przebieg opóźnienia zarejestrowany podczas kolizji czołowej ze sztywną przeszkodą wraz z zaznaczonym oknem próbkowania przedstawiono na rysunku nr 2.



Rys.2. Przebieg opóźnienia z zaznaczonym oknem próbkowania Ford Focus 2003r. [8]

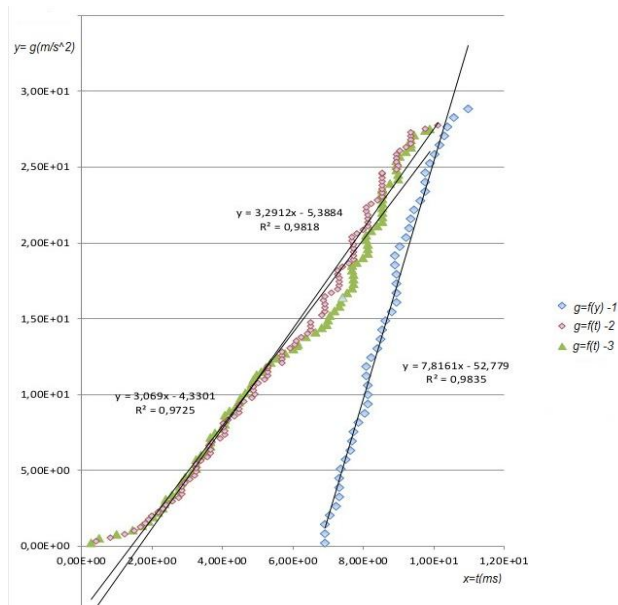
1. Przebieg i wyniki badań

Wyznaczony przedział zmienności funkcji opóźnienia w czasie, intuicyjnie można zinterpretować jako prostą, dlatego dokładna analiza przebiegu zmienności tej funkcji na odcinku, w którym moduł ACU podejmuje decyzje i definiuje wielkość kolizji, wdrażając dedykowany protokół systemu SRS, wydaje się zasadna.

Jako źródło danych, przebiegów opóźnienia, jakie jest rejestrowane podczas kolizji, posłużą raporty z bazy danych testów zderzeniowych NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration VSR Vehicle Crash Test Database).

Analizie zostaną poddane jedynie kolizje czołowe. Na tle tych kolizji można wyróżnić następujące typy zderzeń: kolizja z przeszkodą przy prędkością 56km/h, 64km/h(offset 40%), oraz kolizja dwóch pojazdów z prędkościami 48 km/h, 70 km/h, 108 km/h. Wybrane z bazy NHTSA przebiegi wykresów opóźnienia, pojazdów marki Ford Focus, Honda Odyssey, Dodge Neon, Lincoln Navigator, Chevrolet Silverado, w określonym przedziale czasowym na odcinku wzniosu krzywej opóźnienia, poddane zostały obróbce. Za pomocą programu „GetData Graph Digitizer” zostały zdefiniowane współrzędne punktów leżących na krzywej z krokiem $\Delta x = 0,08 - 0,1$, w zależności od wielkości zarejestrowanego wzniosu krzywej opóźnienia w przedziale. Na podstawie zdefiniowanych współrzędnych, przeprowadzono regresję liniową każdego z próbkowanych przebiegów opóźnienia, wyznaczając linię trendu. Na rysunku 3. przedstawiono przykładowe wykresy przebiegu opóźnienia jakie zarejestrowano podczas kolizji czołowej ze sztywną przeszkodą, w podanym powyżej przedziale z naniesionymi liniami trendu.

Do analizy pobrano dziewiętnaście charakterystyk kolizji czołowych jakie były przeprowadzone w różnych konfiguracjach. Kolejno poddano je obróbce statystycznej, a wynik przeprowadzonej analizy przedstawiono w tabeli 1., która uwzględnia następujące parametry przebiegu aproksymacji liniowej jak współczynnik determinacji R^2 , błąd standardowy estymacji S , Statystyka F , Współczynnik regresji β_1 .



Rys. 3. Przebiegi krzywych opóźnienia pojazdu podczas kolizji, rejestrowanych w czasie pierwszych chwil kolizji .

I.p	Wsp. determ. R^2	Błąd standardowy estymacji S	Statystyka F	Współczynnik regresji β_1
1	0,983	1,108	2743	7,816
2	0,981	1,093	6051	3,291
3	0,972	1,339	3397	3,069
4	0,986	1,286	1813	2,384
5	0,974	1,085	4500	3,368
6	0,975	1,285	1336	5,242
7	0,967	0,611	683	1,494
8	0,994	0,327	4059	2,64
9	0,978	0,484	946	2,556
10	0,979	0,595	1223	2,348
11	0,971	0,581	813	2,522
12	0,955	0,839	978	1,359
13	0,973	0,539	874	2,571
14	0,978	1,3	686	7,270
15	0,950	1,486	749	2,32
16	0,985	0,66	2713	3,727
17	0,943	2,536	353	4,213
18	0,973	1,263	2225	6,475
19	0,985	1,323	1610	6,784

Tab. 1. Zestawienie uzyskanych danych regresji liniowej.

2. Omówienie wyników

Wyniki analizy jakie zostały uzyskane dla powyższych przypadków, pozwalają stwierdzić, że model regresji uwzględniający zmienną niezależną (t), wyjaśnia od 94% do 99% wariacji zmiennej zależnej jaką jest (g). Przeciętna różnica pomiędzy rzeczywistymi wartościami zmiennej zależnej g i wartościami przewidywanymi przez model wynosiła od 0,32 g do 2,53 g, co stanowi od 4,75 % do 11,98 % średniej dla zmiennej zależnej. Wysoka wartość statystyki F i odpowiadający jej poziom prawdopodobieństwa p ($p < 0,001$) potwierdzają statystyczną istotność modelu. We wszystkich omawianych

przypadkach obliczony współczynnik istotności był poniżej 0,05, co jest oczywiste, zważywszy na sposób pozyskania próby. W tabeli 2. przedstawiono zestawienie różnych przebiegów kolizji i odpowiadające im wartości procentowe, pozwalające wyjaśnić wariancję zmiennej zależnej g dla zmiennej niezależnej t w kolumnie A, w kolumnie B przedstawiono przeciętną różnicę pomiędzy rzeczywistymi wartościami zmiennej zależnej g i wartościami przewidywanymi przez model, co stanowi średnią dla zmiennej zależnej g przedstawioną w kolumnie C.

I.p.	Charakter kolizji	A (%)	B (g)	C (%)
1	Czołowa (56km/h)	98,30%	1,1	7,61%
2	Czołowa (56km/h)	98,10%	1,1	7,78%
3	Czołowa (56km/h)	97,20%	1,3	9,53%
4	Czołowa (56km/h)	98,60%	1,3	8,29%
5	Czołowax2*	97,40%	1,1	8,94%
6	Czołowax2*	97,50%	1,3	8,64%
7	Czołowax2*	96,70%	0,6	10,41%
8	Offset40%	99,40%	0,3	8,80%
9	Offset40%	97,80%	0,5	6,37%
10	Czołowax2**	97,90%	0,6	7,19%
11	Czołowax2**	97,10%	0,6	10,28%
12	Czołowax2**	95,50%	0,8	10,13%
13	Czołowax2**	97,30%	0,5	8,95%
14	Czołowa (56km/h)	97,80%	1,3	9,50%
15	Czołowa (56km/h)	95,00%	1,5	11,98%
16	Czołowa (56km/h)	98,50%	0,7	7,00%
17	Czołowax2***	94,30%	2,5	4,75%
18	Czołowax2***	97,30%	1,3	8,97%
19	Czołowax2***	98,50%	1,3	4,95%

Tab. 2 Zestawienie przebiegów kolizji z otrzymanymi parametrami.

gdzie :Czołowa (56km/h) - kolizja z przeszkodą przy prędkością 56km/h w sztywną barierę- pojazd Ford Focus,

Offset40% (64km/h) - kolizja z przeszkodą przy prędkością 64km/h-offset 40%- Ford Focus,

Czołowax2* - kolizja pojazdów Chevrolet Silverado108 km/h vs. Ford Focus 0 km/h,

Czołowax2** - kolizja pojazdów Dodge Neon 48km/h vs. Lincoln Navigator 48 km/h)

Czołowax2*** - kolizja pojazdów Ford Focus 70km/h vs. Honda Odyssey 48 km/h)

Wnioski

Do celów powyższej analizy wykorzystano przebiegi opóźnienia rejestrowane podczas testów zderzeniowych przez akcelerometrię, gdzie sygnał przebiegu amplitudy zostały wyodrębniony przy pomocy filtra dolnoprzepustowego CFC 60 (100Hz). Średnia różnica między rzeczywistymi wartościami opóźnienia, a wartościami przewidzianymi przez model wynosiła ok 1 g, (błąd standardowy estymacji S). Wynik ten wydaje się zadawalający w kontekście omówionych powyżej progów aktywacji systemu SRS, i pozwala na wiarygodną interpretację

tak pozyskanych danych z krzywej przebiegu opóźnienia, przedstawionej w funkcji liniowej $f(x) = \beta_1 x + \beta_0$, w omawianym oknie czasowym. Pozwala to na podstawie tak wyznaczonego współczynnika kierunkowego prostej β_1 oszacować w sposób wiarygodny wielkości prędkości kolizji .

Bibliografia

1. D. Desrosiers, Ch. Birdsong, Peter Schuster, Pre-crash simulator to evaluate vehicle collision prediction algorithms, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, California 2007.
2. Gałdyński D., Analiza wybranych procesów likwidacji szkód komunikacyjnych i ich wpływ na koszt, czas i jakość obsługi. Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2016, nr 8.
3. Huang. M., Vehicle Crash Mechanics, CRC Press LLC Boca Raton, Florida 2002.
4. Institut für Krafffahrwesen Aachen, Report 8328:, A test procedure for airbags, .
5. J. Kendall, K.A. Solomon, Airbag deployment criteria: Institute of Risk & Safety Analyses, The Forensic Examiner 2014
6. Koralewski G., Wrona, R., Wykorzystanie zapisów kamer video w rekonstrukcji zdarzeń drogowych. Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2016, nr 6.
7. M. A. Hannan, A. Hussain, A. Mohamed, S. A. Samad, D.A. Wahab. Decision fusion of a multi-sensing embedded system for occupant safety measures., International Journal of Automotive Technology, Vol. 11, No. 1, pp. 57–65 (2010).
8. NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration VSR Vehicle Crash Test Database),
9. Paul Du Bois Clifford C. Chou Bahig B. Fileta Tawfik B. Khalil Albert I. King Hikmat F. Mahmood Harold J. Mertz Jac Wismans, Vehicle Crashworthiness And Occupant Protection, American Iron and Steel Institute, Town Center Southfield, Michigan 48075, 2004.
10. T. Kamiński, M. Niezgoda, M. Kruszewski, Collision detection algorithms in the ecall system, Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 19, No. 4 2012

Autor:

mgr inż. **Dominik Gałdyński**– Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

The variation of time delay in the initial phase collision.

The subject of the publication relates to the analysis of the delay variation at the time the vehicle during a frontal collision in the initial phase. Will be made linear approximation function coordinates the course of delay, which is recorded by the module ACU of system SRS in vehicle collision. The discussion will take into account the different runs frontal collision

Key words: ACU, SRS Airbag, delay, collision