Roman Rumianowski

Statystyczna analiza awarii pojazdów samochodowych

Edukacja - Technika - Informatyka nr 1(15), 13-17

2016

© Wydawnictwo UR 2016 „Edukacja – Technika – Informatyka” nr 1/15/2016
ISSN 2080-9069 www.eti.rzeszow.pl
ISSN 2450-9221 online DOI: 10.15584/eti.2016.1.1

ROMAN RUMIANOWSKI

Statystyczna analiza awarii pojazdów samochodowych

Failure analysis of cars

Doktor, Politechnika Warszawska Filia Płock, Zespół Matematyki i Fizyki, Polska

Streszczenie

Opracowanie prezentuje zastosowanie rozkładu Weibulla do analizowania częstości występowania awarii w używanych samochodach osobowych. W artykule prezentowane są przykłady dystrybuanty rozkładu awaryjności dla kilku wybranych modeli samochodów.

Słowa kluczowe: statystyka, rozkład Weilbulla, niezawodność.

Abstract

The paper presents a model for calculating the occurrence of failures in cars using the Weibull distribution. Empirical cumulative distribution curve is analyzed for a few car models.

Key words: statistics, Weibull distribution, failure analysis.

Wstęp

Praca jest próbą zastosowania modeli teorii niezawodności dla dostępnych danych dotyczących awaryjności używanych samochodów osobowych. Na podstawie tych danych odtworzono eksperymentalną dystrubuantę czasu życia (zdatności) pojazdu. Otrzymane wyniki były badane pod względem adekwatności ich opisu za pomocą rozkładu Weibulla. Na tej podstawie określono przedział wartości optymalnych parametrów dopasowania dla poszczególnych modeli pojazdów.

Praca przedstawia przykład zastosowania metod statystycznych w nauczaniu studentów zagadnień niezawodności.

Modele czasów życia dla obiektów technicznych

Jeżeli czas życia obiektu technicznego oznaczymy przez τ, to dystrybuantą tej zmiennej będzie funkcja:

$$F(t)=P\{\tau\leq t\} \tag{1}$$

Funkcję niezawodności definiujemy jako

$$R(t)=1-F(t) \tag{2}$$

Często używanym pojeciem jest funkcja intensywności uszkodzeń definiowana jako:

$$\lambda(t)=\lim_{x\to 0}\frac{F(x+t)-F(t)}{xR(t)} \tag{3}$$

W przypadku, gdy zmienna losowa τ posiada gęstość prawdopodobieństwa f(t), funkcja intesywności jest równa [Knopik 2010]:

$$\lambda(t)=\frac{f(t)}{R(t)} \tag{4}$$

Rozkład Weibulla

W wielu pracach [Yiqiang, Yazhou, Weiwei 2001] wykorzystywanym modelem opisującym dystrybuantę F(x) jest rozklad Weibulla w postaci

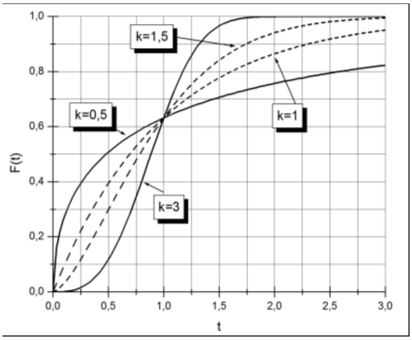
$$F(t)=1-\exp\left(-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^{k}\right) \tag{5}$$

Na rysunku 1 przedstawione są funkcje (5) dla różnych wartości parametru k (λ=1). Warto zwrócić uwagę, że dla k = 1 rozkład przechodzi w rozkład wykładniczy, który charakteryzuje się stałym prawdopodobieństwem. Funkcja gęstości prawdopodobieństwa dla rozkładu Weibulla przyjmuje postać:

$$f(t)=\left(\frac{k}{\lambda}\right)\left(\frac{t}{\lambda}\right)^{k-1}\exp\left(-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^{k}\right) \tag{6}$$

Z analizy wzoru (6) wynika również, że dla k = 2 rozkład Weibulla przechodzi w rozkład Rayleigha [Nowak 2002]:

$$f(t)=\left(\frac{2t}{\lambda^2}\right)\exp\left(-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^{2}\right) \tag{7}$$



Rysunek 1. Dystrybuanta rozkładu Weibulla dla wybranych wartości parametru k

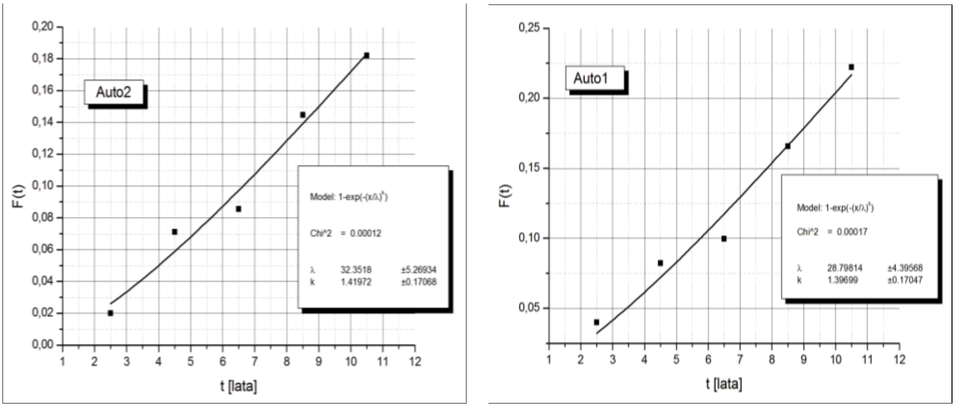
Celem dalszych rozważań będzie znalezienie wartości parametrów k opisujących niezawodność pojazdów samochodowych.

Dane doświadczalne

Do analizy niezawodności pojazdów wykorzystano dotępne dane z niemieckich badań TÜV. Wybrano cztery marki samochodów. Wszystkie pojazdy były wyprodukowane w roku 2000. W raporcie TÜV dane o awaryjności są podane w kategoriach: samochody 2–3-letnie, 4–5-letnie, 6–7-letnie, 8–9-letnie i wreszcie 10–11-letnie. Tabela poniżej przedstawia dane dotyczące awaryjności czterech wybranych do analiyz marek samochodów.

Tabela 1. Dane o awaryjności czterech wybranych marek samochodów dla poszczególnych przedziałow wiekowych [TÜV reports].

Model	2–3 lata	4–5 lat	6–7 lat	8–9 lat	10–11 lat
Auto1	4%	8,2%	9,9%	16,5%	22,1%
Auto2	2,0%	7,1%	8,5%	14,4%	18,1%
Auto3	5,6%	12,0%	14,2%	23,4%	30,4%
Auto4	4,3%	10,5%	13,4%	15,4%	28,7%



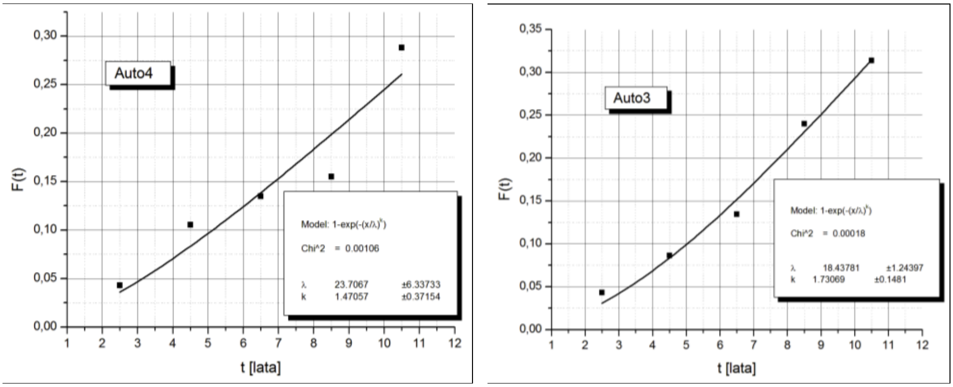
Rysunek 2. Eksperymentalne wartości dystrybuanty dla modeli samochodów Auto1 i Auto2. Na wykresach dopasowane dystrubuanty rozkładu Weibulla. Na wykresach podane są parametry dopasowania oraz wartości statystyki testowej chi^2

Bardzo ważnym przybliżeniem, które zostało zastosowane w dalszych rozważaniach, jest założenie, że dane dotyczą pierwszej awarii samochodu. Mimo że założenie to na pewno wpływa na ostateczny rezultat badań, wydaje się jednak, że przy dużej próbie statystycznej nie przekreśla wiraygodności ostatecznych wyników. Na podstawie danych z tabeli 1 wyznaczono eksperymentalną dystrybuantę czasu życia według wzoru:

$$F(t_n) = F(t_{n-1}) + P[1 - F(t_{n-1})] \tag{8}$$

gdzie:
t_n – n-ty przedział wiekowy samochodu,
P – prawdopodobieństwo awarii w n-tym przedziale wiekowym według tabeli 1,
$F(t_n)$ – wartość dystrybuanty po n-tym przedziale wiekowym.

Analizując wykresy na rysunkach 2 i 3, można zaobserwować dobre dopasowanie funkcji dystrybuanty rozkładu Weibulla do danych eksperymentalnych, co potwierdzają wartości statystyki testowej chi^2 [Mulas, Rumianowski 2002].



Rysunek 3. Eksperymentalne wartości dystrybuanty dla modeli Auto3 i Auto4 wraz z dopasowanymi funkcjami teoretycznymi

Podsumowanie

W artykule zbadano dla czterech losowo wybranych przypadków awaryjność samochodów osobowych i słusznośc modelu Weibulla. Statystyka testowa chi^2 podwierdziała użyteczność takiego modelu. Wartości statystyki testowej chi^2 są z przedziału od 0,00012 (Auto2) do 0,00106 (Auto4).

Głównym celem opracowania było określenie typowych wartości parametru k. Badania wykazały, że przyjmuje on wartości dla wybranych modeli z przedziału od 1,397 do 1,731. Świadczy to o tym, że prawdopodobieństwo awarii nie jest stale, ale rośnie z czasem. Jednak zależność od czasu prawdopodobieństwa awarii nie jest liniowa, ponieważ wówczas parametr k wynosiłby 2. Należy z tego wnioskować, że zależność prawdopodobieństwa awarii jest słabsza niż liniowa.

Opracowanie jest przykładem zastosowania dostępnych danych w nauczaniu metod statystycznych w analizie zagadnień niezawodności.

Literatura

Knopik L. (2010), *Metoda wyboru efektywnej strategii eksploatacji obiektów technicznych*, Bydgoszcz.

Mulas E., Rumianowski R. (2002), *Rachunek niepewności pomiarowej w pracowni fizycznej*, Warszawa.

Nowak R. (2002), *Statystyka dla fizyków*, Warszawa,

Yiqiang W., Yazhou J., Weiwei J. (2001), *Early failure analysis of machining centers: a case study* „Reliability Engineering and System Safety” 2001 no. 72.