

Karina JANISZ

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa, Nowy Sącz

Małgorzata KRUPA

Politechnika Krakowska, Kraków

MODELOWANIE WPŁYWU WARUNKÓW EKSPLOATACJI NA NIEZAWODNOŚĆ ELEMENTU POJAZDU SZYNOWEGO Z WYKORZYSTANIEM ZBIORÓW ROZMYTYCH

Słowa kluczowe

Zbiór rozmyty, funkcja przynależności, pojazd szynowy, warunki eksploatacji.

Streszczenie

W artykule przedstawiono próbę szacowania niezawodności elementu pojazdu szynowego (rozzrusznika) z wykorzystaniem teorii zbiorów rozmytych. Modelowanie rozmyte zastosowano do opisu rzeczywistych warunków eksploatacji pojazdu szynowego. Wyniki modelowania porównano z wynikami analizy statystycznej.

Wprowadzenie

W tradycyjnej symulacji wszystkie niepewności związane z warunkami eksploatacji są zazwyczaj interpretowane w sensie probabilistycznym. W praktyce jednak nie zawsze odpowiada to naturze niepewności, która często objawia się jako skutek subiektywnych ocen rzeczywistości. W wielu przypadkach jest niemożliwe lub niepotrzebne opisywanie zachowania modelowanego systemu

z tak dużą dokładnością, którą można otrzymać przez użycie dokładnych rozkładów prawdopodobieństwa. W wielu przypadkach nie ma czasu lub funduszy, aby wykonać dokładne statystyczne badania modelowanego systemu lub pracujemy z systemem, który jest dopiero w fazie tworzenia [3].

Wymienione czynniki skłaniają do podjęcia próby poszukiwania nowych, innych metod analiz niezawodności, eliminujących przynajmniej niektóre z wad badań empirycznych. Stąd celem naukowym pracy było wykazanie przydatności zbiorów rozmytych do modelowania wpływu warunków eksploatacji na niezawodność obiektu technicznego – rozrusznika. Zbiory i liczby rozmyte są narzędziem, które umożliwiają za pomocą formalnych technik opisanie szeregu wartości z użyciem określeń nieprecyzyjnych.

W dalszej części artykułu przedstawiono fragment analizy niezawodnościowej wybranego elementu pojazdu szynowego (rozzrusznik GBT) funkcjonującego w rzeczywistym systemie eksploatacji z zastosowaniem teorii zbiorów rozmytych.

1. Wpływ warunków eksploatacji na niezawodność obiektu

Niewłaściwa eksploatacja może być przyczyną dużej ilości uszkodzeń obiektów. Trudne i różnorodne warunki eksploatacji powodują wielokrotny wzrost intensywności uszkodzeń w porównaniu z jej wartością przy pracy w warunkach laboratoryjnych [4].

Mechanizmy powstawania uszkodzeń podczas eksploatacji obiektów technicznych mogą być różne, ale zawsze są powiązane z działaniem czynników wymuszających. Czynniki wymuszającymi, działającymi podczas pracy obiektu, są np.: siły wynikające z obciążeń, drgania, zmiany temperatury. Z kolei czynniki wymuszające, działające podczas postoju obiektu, to np. ciśnienie, wilgotność, temperatura, stopień zapylenia [2].

Czynniki wymuszające zarówno wewnętrzne, jak i zewnętrzne, zależą m.in. od wielu przypadkowych zdarzeń eksploatacyjnych. Wymienione przykładowo różnorodne czynniki, wpływające na powstawanie uszkodzeń podczas eksploatacji obiektu, wynikają nie tylko z losowości i złożoności zjawisk, ale również z niedoskonałości stosowanych metod konstruowania, wytwarzania i eksploatacji, a także z nieznaności fizyki zużycia przy zmiennych obciążeniach rzeczywistego obiektu [1]. W praktyce, w zależności od realizowanego zadania przewozowego różne cechy wpływają w różnym zakresie na niezawodność pojazdu szynowego. Bardzo dużo zależy od warunków eksploatacji. Ten problem najszybciej można zbadać metodami symulacji [3].

2. Model symulacyjny szacowania niezawodności elementów pojazdu szynowego

Aby przeprowadzić analizę z zastosowaniem teorii zbiorów rozmytych, utworzono symulacyjny model szacowania niezawodności wybranego elementu pojazdu szynowego (tramwaju 105 Na), którym był rozrusznik. Zastosowany w wagonach 105 Na rozrusznik to rozrusznik komutatorowy bębnowy typu GBT-373. Wobec faktu, iż pojazd funkcjonuje w rzeczywistym systemie eksploatacji, narażony jest na oddziaływanie destruktywne środowiska, które to jest powodem znacznej liczby uszkodzeń wybranych elementów. Przeprowadzone badania na wybranej grupie pojazdów szynowych pozwoliły wyspecyfikować podstawowe grupy takich uszkodzeń i ich przyczyny.

2.1. Charakterystyka uszkodzeń rozrusznika

Główną przyczyną uszkodzeń rozrusznika jest duża częstość uruchamiania i trudne warunki pracy. Niektóre uszkodzenia to:

- wypalenie styków,
- przeciążenia spowodowane niedostateczną techniką jazdy,
- wypalenie pierścienia izolacyjnego,
- przegrzanie taśmy oporowej i pierścienia izolacyjnego,
- zwarcie taśm oporowych (na skutek obecności kurzu, drobnych odpadków),
- odkształcenie się materiału (taśm) pod wpływem temperatury,
- nierównomierny docisk styku do segmentu miedzianego wieszanego na pierścieniu żeliwnym,
- uszkodzenia przekładni napędowej,
- pęknięcie części prowadnicy, na której zamontowane jest koło (na skutek nieumiejętnego demontażu prowadnicy),
- nadpalenie się kół dociskowych,
- sklejenie styków i przepalenie taśmy oporowej.

W następnym kroku w oparciu o zebrane dane utworzono model rozmyty, obrazujący wpływ warunków eksploatacji na niezawodność badanego elementu.

2.2. Etapy budowy modelu niezawodności elementu pojazdu szynowego

Model oparty na teorii zbiorów rozmytych jest modelem matematycznym opisanym za pomocą zmiennych lingwistycznych oraz reguł opartych na tych zmiennych. Z matematycznego punktu widzenia taki model aproksymuje pewną funkcję realizowaną przez rzeczywisty system. Działanie takiego modelu odbywa się na kilku etapach. Każdy z tych etapów może być realizowany według jednego z wielu schematów teoretycznych. Istnieje też wiele typów modeli, np. Takagi-Sugeno czy nieco starszy model Mamdaniego. Ten ostatni został zastosowany w tym przypadku.

Zaproponowany model systemu został utworzony w oparciu o zebrane dane, dokumentację techniczną analizowanych pojazdów, ustawę o amortyzacji środków trwałych, a następnie zweryfikowany przez oszacowanie eksperckie.

W dalszym postępowaniu utworzono listę czynników wpływających na niezawodność badanego elementu tramwaju w trakcie eksploatacji.

Wielkości te zostały oszacowane i opisane stosując oceny lingwistyczne, zwane wartościami lingwistycznymi oraz przez odpowiednie funkcje przynależności.

W celu określenia wpływu warunków eksploatacji na zmianę niezawodności elementu pojazdu szynowego zastosowano następujące wielkości wejściowe, (które opisano za pomocą zbiorów rozmytych i oznaczono skrótami):

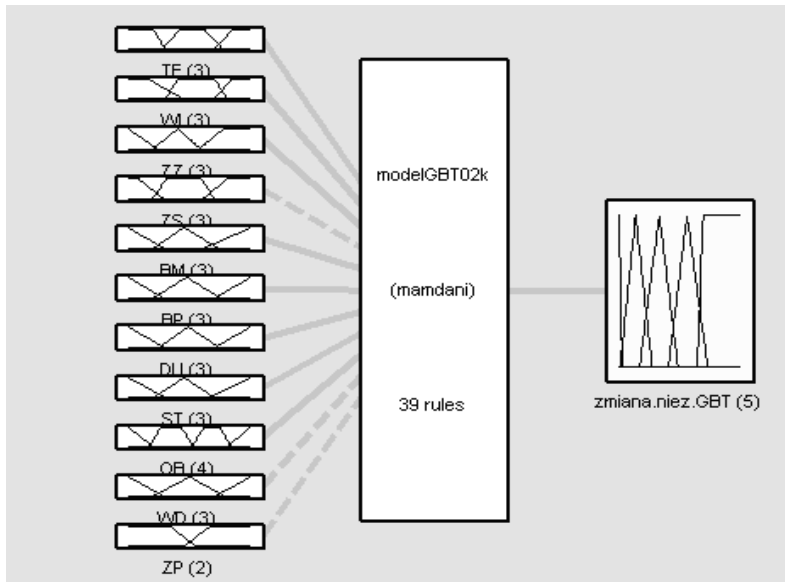
- temperatura otoczenia (TE),
- wilgotność otoczenia (WD),
- zapylenie, piasek, żwir (ZZ),
- zasolenie (ZS),
- błędy motorniczego (BM),
- błędy podczas napraw, kontroli i przeglądów (BN),
- doświadczenie, umiejętności (DU),
- stan torowiska, infrastruktury (ST),
- obciążenia (OB),
- wstrząsy, wibracje, drgania (WD),
- zachowanie pasażerów (ZP).

W ramach tego podejścia zastosowano trójkątne funkcje przynależności (o różnym stopniu ziarnistości) oraz inne proste funkcje złożone z odcinków prostych, ponieważ w przypadku analizy technicznej bardziej skomplikowane kształty nie mogą być uzasadnione na podstawie informacji, którą dysponowano. Inne postaci funkcji przynależności nie wpływały zasadniczo na wartości wyników – różnice w wynikach nie przekraczały 5%.

Na wyjściu modelu otrzymano wartości wielkości zmiany niezawodności badanego elementu pojazdu szynowego w postaci zbiorów rozmytych o określonej postaci funkcji przynależności. Następnie wykorzystując arytmetykę rozmytą otrzymano bardzo wiele możliwych wartości niezawodności elementów analizowanego obiektu.

Mając określone wszystkie funkcje przynależności zbiorów rozmytych (zmiennych lingwistycznych) wielkości wejściowych i wyjściowych, zbudowano odpowiedni model z użyciem Fuzzy Toolboxa (rys. 1).

Do fuzyfikacji wybrano najpopularniejszą metodę środka ciężkości COG nazwaną tutaj „centroid”. Natomiast agregację AND zbiorów rozmytych przeprowadzono stosując iloczyn „min”.



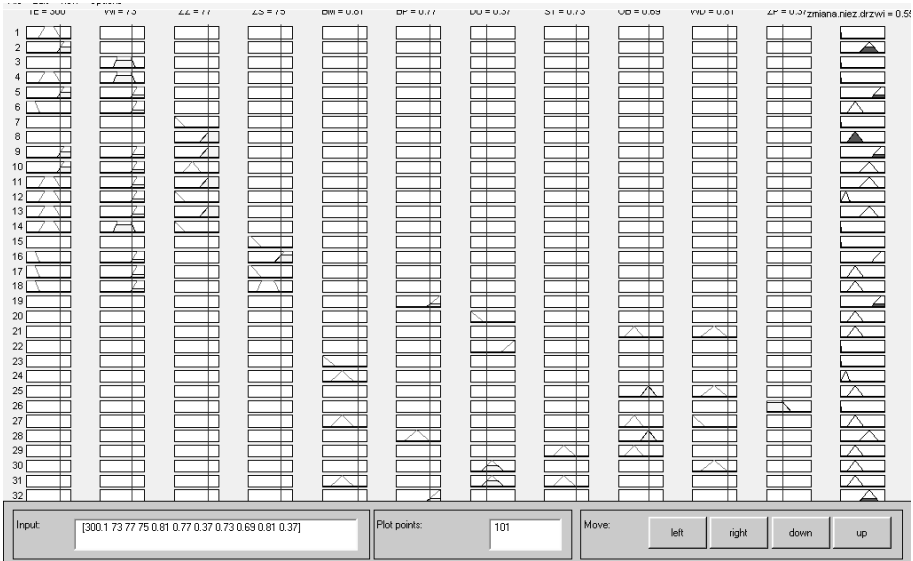
Rys. 1. Schemat modelu oddziaływań czynników zewnętrznych na zmianę niezawodności wybranego elementu pojazdu szynowego

Kolejny etap tworzenia modelu objął tworzenie bazy reguł w oparciu o wyniki przeprowadzonych badań eksploatacyjnych, dokumentację techniczną pojazdu szynowego i wyróżnionych elementów oraz literaturę. Wizualizację działania bazy reguł implikacyjnych dla utworzonego modelu przedstawia rysunek 2. Reguły zostały utworzone w oparciu o wykaz możliwych uszkodzeń, jakim podlegał badany element pojazdu w rozpatrywanym okresie.

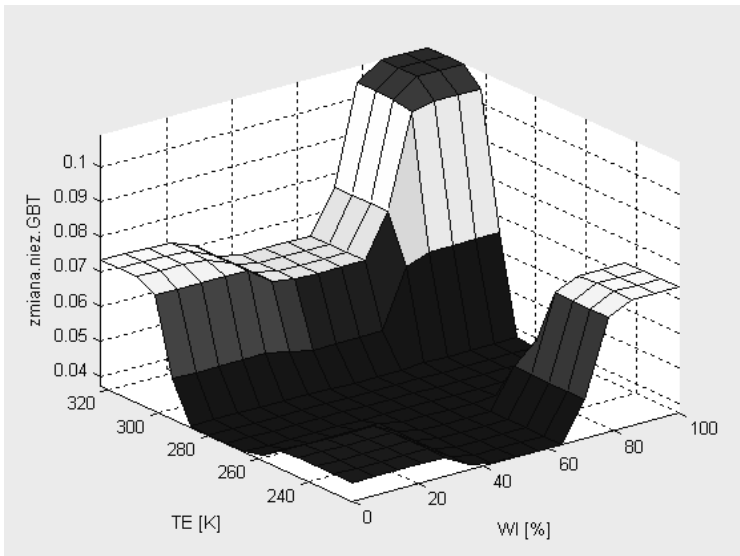
3. Wynik modelowania

Przeprowadzone symulacje pozwoliły na uzyskanie płaszczyzn wpływu poszczególnych czynników i ich kumulacji na zmianę niezawodności elementu tramwaju. Rysunek 3 przedstawia wybrane wyniki symulacji wpływu czynników zewnętrznych na zmianę niezawodności tego elementu. Przyjęto założenie, że zachowanie i przestrzeganie warunków eksploatacji uznanych przez producenta i dokumentację techniczną poszczególnych elementów za dopuszczalne, nie wpływa na istotną zmianę niezawodności badanego elementu.

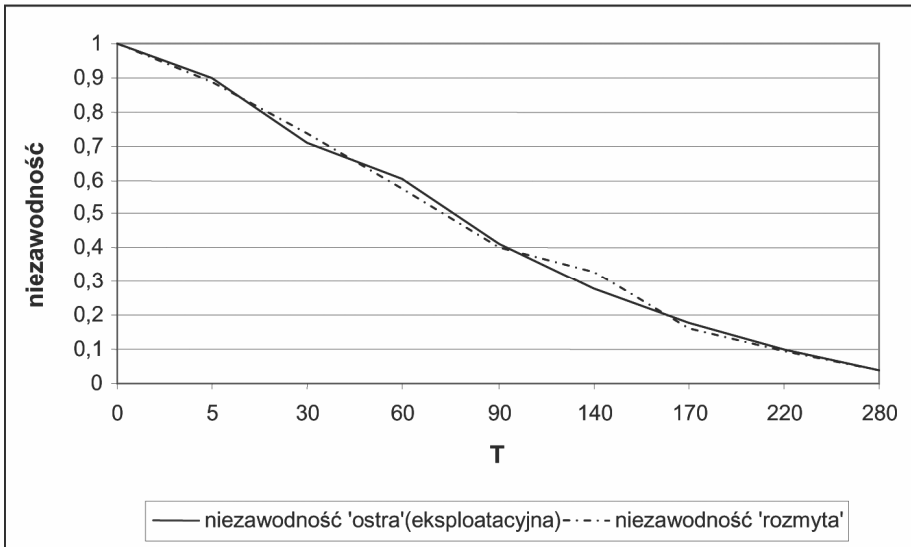
Przeprowadzona symulacja działania utworzonego modelu wpływu oddziaływania czynników otoczenia pozwoliła oszacować przybliżone wartości liczbowe wielkości zmian niezawodności analizowanego elementu.



Rys. 2. Wizualizacja działania bazy reguł (fragment) – model dla badanego elementu pojazdu szynowego



Rys. 3. Wpływ temperatury i wilgotności na zmianę niezawodności badanego elementu pojazdu szynowego



Rys. 4. Porównanie ostrej i rozmytej funkcji niezawodności elementu pojazdu szynowego

Dla wykazania skuteczności proponowanej metody, wartość teoretyczna niezawodności (wyliczona na podstawie dokumentacji dla założonych przez producenta normalnych warunków eksploatacji) została skorygowana o uzyskane wartości i naniesiona na wykresy celem porównania z wynikami statystycznej analizy niezawodnościowej (tzw. niezawodność eksploatacyjna). Na rys. 4 przedstawiono porównanie uzyskanych wyników.

Podsumowanie

Stosując teorię zbiorów rozmytych, modelowaniu podlegać mogą zarówno czynniki związane z funkcjonowaniem obiektu (obciążenia, prędkości, przyspieszenia), jak też czynniki zewnętrzne związane z otoczeniem, w którym obiekt jest eksploatowany (temperatura, wilgotność itp.). Zasadniczą kwestią jest tutaj ustalenie relacji i związków przyczynowych między zmianami cech obiektu a przebiegiem eksploatacyjnych czynników wymuszających. Dane te jednak można uzyskać i zamodelować na podstawie badań eksploatacyjnych, pomiarów, opinii ekspertów czy wyników wcześniejszych badań.

Rezultaty zastosowanej metody i techniki modelowania mogą znaleźć zastosowanie w wielu analizach niezawodności oraz bezpieczeństwa pojazdów szynowych. Zastosowane podejście może być wykorzystane do szacowania niezawodności innych obiektów technicznych i złożonych systemów w rzeczy-

wistym czasie ich funkcjonowania, w przypadku których nie mamy pełnej informacji. Proponowane szacowanie niezawodności może być przydatne w sytuacjach kryzysowych, awariach i innych, w przypadku których istnieje konieczność podjęcia szybkich decyzji bądź też istnieją ograniczenia ekonomiczne i czasowe dla przeprowadzenia danej analizy.

Bibliografia

1. Adamkiewicz W., Hempel L., Podsiadło A., Śliwiński R.: Badania i ocena niezawodności maszyny w systemie transportowym. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1983, 31.
2. Jaźwiński J., Borgoń J.: Niezawodność eksploatacyjna i bezpieczeństwo lotów. Wydawnictwa Komunikacji Łączności, Warszawa 1989, 78.
3. Oprzędkiewicz J.: Elementy symulacji komputerowej dla kwantyfikacji jakości systemów technicznych. PNTTE, 1999, 23.
4. Sztarski M.: Problemy niezawodności urządzeń elektrycznych. Wydawnictwa Łączności i Komunikacji, Warszawa 1965, 42.

Recenzent:
Włodzimierz GAŚOWSKI

Model of operating condition influence on element reliability of rail vehicles using fuzzy sets

Key words

Fuzzy set, rail vehicle, operating conditions.

Summary

This article presents the reliability assumption of rail vehicle elements (e.g. starter) using fuzzy set theory. Fuzzy modeling has been used for describing real operating conditions of rail vehicles. Results of the modeling have been compared with reliability from statistical analysis.