

Wrocław, 29.01.2019 r.

Prof. dr hab. inż. Tomasz Nowakowski
Politechnika Wrocławska
Wydział Mechaniczny
Katedra Eksploatacji Systemów Logistycznych,
Systemów Transportowych i Układów Hydraulicznych
Wyb. Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr Ewy Dąbrowskiej

pt.: „Monte Carlo Simulation Approach to Reliability Analysis of Complex Systems”
 (“Podejście symulacyjne Monte Carlo do analizy niezawodności złożonych systemów”)

Podstawa formalna napisania recenzji: pismo Zastępcy Dyrektora ds. Naukowych Instytutu Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk dr. inż. Jana W. Owińskiego z dnia 27 listopada 2018 r. (BA3-004-3/2018).

1. Charakterystyka pracy

Rozprawa doktorska mgr Ewy Dąbrowskiej pt.: „Monte Carlo Simulation Approach to Reliability Analysis of Complex Systems” (“Podejście symulacyjne Monte Carlo do analizy niezawodności złożonych systemów”) została wydana na Instytucie Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk w Warszawie w 2018 r. Promotorem pracy jest dr hab. Joanna Soszyńska-Budny, prof. Akademii Morskiej w Gdyni, a promotorem pomocniczym dr Agnieszka Błokus z Wydziału Nawigacyjnego Uniwersytetu Morskiego w Gdyni.

Praca zawiera 146 stron maszynopisu napisanych w języku angielskim, w tym: wstęp, 4 rozdziały merytoryczne, podsumowanie, spis literatury i streszczenie w języku polskim.

2. Tematyka pracy

Tematyka rozprawy doktorskiej koncentruje się na zagadnieniu modelowania niezawodności złożonego systemu technicznego z wykorzystaniem metody symulacyjnej Monte Carlo. Zastosowanie symulacji numerycznej pozwala na rezygnację z założenia o

wykładniczym rozkładzie prawdopodobieństwa analizowanych zmiennych losowych, koniecznego przy poszukiwaniu rozwiązań metodami analitycznymi. A zatem możliwe jest modelowanie systemu technicznego podlegającego procesom zużycia i starzenia; systemu, którego elementy charakteryzują się zmienną w czasie (rosnącą) intensywnością uszkodzeń.

Tematyka rozprawy należy do zagadnień znanych i publikowanych w obszarze teorii i inżynierii niezawodności od wielu lat. Jeżeli przyjąć publikacje prezentowane na kolejnych europejskich konferencjach ESREL (European Safety and Reliability Conference) jako pewien wzorzec aktualnych zainteresowań naukowych w Europie i na świecie (udział biorą także autorzy z USA, Brazylii, Australii, itd.) to problematyce modelowania bezpieczeństwa i niezawodności obiektów i systemów technicznych oraz wykorzystania technik symulacyjnych zawsze poświęconych jest kilka / kilkanaście sesji. Jednocześnie widać, że nowym kierunkiem prac jest modelowanie niezawodności człowieka i jego wpływu na podejmowanie decyzji w zakresie zarządzania wykorzystaniem i utrzymaniem zasobów nie tylko technicznych. Stopień ogólności modeli teoretycznych omówionych w rozprawie nie wyklucza, moim zdaniem, podjęcia w przyszłości prac nad tymi najbardziej aktualnymi problemami.

W Polsce, patrząc np. na historię 47 Zimowych Szkół Niezawodności, tematyka rozprawy należy do najczęściej prezentowanych zagadnień. Zresztą prace naukowe zespołu, w którym pracuje doktorantka, były często i szeroko omawiane i dyskutowane w trakcie wielu Szkół.

Tak więc, uważam, że tematyka rozprawy jest aktualna i dotyczy zagadnień naukowych o istotnej wartości poznawczej i użytecznej. Ze względu na podstawowy charakter rozważań teoretycznych i opracowanego algorytmu symulacji numerycznej mieści się dyscyplinie naukowej automatyka i robotyka.

3. Wartość naukowa pracy

Celem rozprawy jest (str. 5) badanie niezawodności wielostanowego systemu technicznego zależnego od jego procesu użytkowania, nazwanego systemem złożonym, uwzględniającego zmienną w różnych stanach użytkowania strukturę niezawodnościową systemu oraz zmienne parametry niezawodności jego komponentów. Wskazano również na praktyczne zastosowanie uzyskanych wyników do oceny złożonego systemu transportowego.

Biorąc pod uwagę treść pracy, doprecyzowałbym, że celem rozprawy było opracowanie i weryfikacja modelu niezawodności wielostanowego degradującego się systemu, który podczas użytkowania może zmieniać swoją strukturę niezawodnościową i parametry

niezawodnościowe komponentów przy pominięciu założenia, że komponenty mają wykładniczą funkcję niezawodności.

Realizacja celu pracy wymagała: omówienia podstawowego modelu niezawodności systemu złożonego w zakresie podejścia analitycznego, podejścia symulacyjnego metodą Monte Carlo oraz przedstawienia założeń modelowania niezawodności przykładowego systemu transportu zboża w porcie; przedstawienia niezawodności uogólnionego złożonego systemu wykładniczego w zakresie modelu analitycznego i modelu symulacyjnego w zastosowaniu do zamodelowania niezawodności systemu transportu zboża oraz dyskusji wykorzystania metody symulacyjnej Monte Carlo do modelowania niezawodności złożonego systemu nie-wykładniczego z przykładowymi obliczeniami dla systemu dwustanowego poddanego dwustanowemu procesowi użytkowania. Taki zakres pracy pozwolił na wykazanie, że założony cel rozprawy został w zadowalający sposób zrealizowany.

Do najważniejszych osiągnięć doktorantki zaliczam wyniki pracy dotyczące problemu modelowania niezawodności obiektów z rosnącą intensywnością uszkodzeń – rozdział 5. W literaturze zagadnienia brakuje odpowiedzi na pytania dotyczące skutków przyjmowania założenia o wykładniczości rozkładów analizowanych zmiennych losowych.

Doktorantka udowodniła wzory na wartość oczekiwaną i odchylenie standardowe zmiennych losowych będących sumą niezależnych zmiennych losowych mających identyczne dystrybuanty czasu przebywania w danym stanie dla trzech przypadków: rozkładu wykładniczego, rozkładu normalnego i rozkładu jednostajnego. Dostosowała własny algorytm symulacji metodą Monte Carlo do wyznaczenia niezawodności złożonego systemu charakteryzującego się takimi parametrami. Przeprowadziła przykładowe obliczenia dla systemu dwustanowego pracującego w dwóch stanach eksploatacyjnych. Syntetyczne wyniki obliczeń zostały zestawione w tabeli 5.3 dla 8 przypadków charakteryzowanych przez 4 przykładowe warunkowe funkcje rozkładu czasu przebywania w stanie eksploatacyjnym i 2 przykładowe funkcje niezawodności, w tym rozkład Weibulla z parametrem kształtu 2, w więc liniowo rosnącą intensywnością uszkodzeń. Porównanie poszczególnych przypadków wskazuje na zależność zarówno wartości średniej, jak i odchylenia standardowego od rodzaju rozkładu prawdopodobieństwa (odpowiednio - zmienność o około 60% i 30%). Pokazany przykład daje możliwości dalszej analizy wrażliwości modelu na przyjmowane w rozwiązaniach analitycznych założenia.

Do ważnych osiągnięć doktorantki zaliczyłbym także opracowanie i zweryfikowanie algorytmów do symulacji niezawodności złożonych systemów metodą Monte Carlo (rys. 2.9). Starannie przebadano dokładność uzyskiwanych oszacowań w zależności od liczby powtórzeń

procesu symulacji. Poprawność obliczeń sprawdzono poprzez porównanie wyników obliczeń niezawodności przykładowego systemu transportowego metodą analityczną i symulacyjną przy założeniu rozkładu wykładniczego niezawodności komponentów uzyskując dobrą zgodność oszacowań (różnice na poziomie 10%). Można zatem przyjąć, że wyniki symulacji dla przykładowego systemu o nie-wykładniczych funkcjach niezawodności są wiarygodne, a sformułowane wnioski nadają się do rozpowszechnienia.

4. Uwagi krytyczne

Ocena pracy wymaga przedyskutowania trzech zagadnień: sposobu napisania rozprawy na sposób podręcznika dydaktycznego, zakresu przeprowadzonego przeglądu literatury zagadnienia oraz ograniczonych możliwości wnioskowania z opracowanego modelu rzeczywistego systemu transportowego.

Sposób napisania pracy ma bardziej charakter podręcznikowy niż rozprawy naukowej służącej udowodnieniu tezy lub zrealizowania postawionego celu. Powtarzanie wielokrotnie tych samych wzorów z różnymi parametrami może mieć charakter dydaktyczny. Jaki sens ma drukowanie np. wzoru 3.38 na stronach 89 i 90; sprawdzanie czy autorka poprawnie wstawiła poszczególne liczby w odpowiednie człony równania jest niewykonalne i nie wnosi nic nowego do omawianego modelu. Wystarczy podana wcześniej postać ogólna wzoru i np. zestawienie tabelaryczne parametrów służących do obliczenia wyników. Dla udowodnienia możliwości wykorzystania opracowanego wzoru i jego poprawności istotne są wyniki podane we wzorach 3.40 – 3.43. W pracy podano także wzory na oszacowanie wymaganej liczby powtórzeń procesu symulacji ze względu na dokładność obliczeń. Co ogranicza liczbę powtórzeń w procesie symulacji; czy istotny jest czas obliczeń ?

Przegląd literatury zawiera 111 pozycji, w tym 54 pozycje opublikowane przez pracowników Akademii Morskiej. Zakres przeglądu literatury powinien skoncentrować się na dwóch zagadnieniach: modelach niezawodności systemów złożonych i sposobów wykorzystania metody Monte Carlo do symulowania niezawodności obiektów / systemów technicznych. Spośród prac własnych zespołu AM dotyczących modelu niezawodności systemu złożonego warto omówić tylko najważniejsze publikacje, które pozwoliłyby na wskazanie, które fragmenty doktoratu są oryginalnym osiągnięciem doktorantki. Natomiast więcej uwagi zwróciłbym na syntezę wiedzy zawartej w ogromnej liczbie publikacji omawiających metodę Monte Carlo i jej zastosowaniach w teorii i inżynierii niezawodności.

Przykład obliczeniowy systemu transportu zboża może być traktowany tylko jako przykład obliczeniowy. Wyniki nie mają praktycznej wartości dla oszacowania

nieuszkodzalności rzeczywistego systemu, gdyż parametry modelu zostały przyjęte w sposób subiektywny. Co zresztą jest w pełni usprawiedliwione – praktyka prowadzenia badań eksploatacyjny wskazuje, że nie ma możliwości zgromadzenia tak szczegółowych i dostatecznie wiarygodnych danych o zdarzeniach niepożądanych. Warto też zwrócić uwagę, że struktura niezawodnościowa systemu transportowego na poziomie podsystemów ma charakter szeregowy, a pominięto zespoły takie jak zasuw, serwomechanizmy czy napędy (zespoły o dużej podatności na agresywne warunki w nadmorskim środowisku eksploatacji) bez bardziej szczegółowego uzasadnienia. Dlaczego założono, że najgorszym stanem użytkowania systemu jest ten, w którym zdadne są pojedyncze przenośniki, a więc stan o najniższej wydajności; możliwa jest przecież także sytuacja, w której wszystkie elementy jednego z podsystemów będą uszkodzone i cały system transportowy będzie niezdatny.

5. Sposób napisania i zredagowania pracy.

Praca jest napisana poprawnym językiem naukowym. Można mieć uwagi do sposobu definiowania pojęcia ryzyko. Najczęściej ryzyko jest szacowane jako kombinacja możliwości wystąpienia zdarzenia niepożądanego i miary skutków takiego zdarzenia. W pracy można by funkcję $r(t)$ nazywać np. funkcją zawodności; ale doktorantka korzysta z wcześniejszych publikacji dotyczących omawianego modelu.

Praca jest zredagowana starannie. Nie zauważono w tekście błędów edycyjnych. Rysunki i tabele są celowo dobrane, dobrze dopracowane graficznie.

6. Podsumowanie

Mimo przedstawionych powyżej uwag krytycznych, które nie dotyczą zasadniczego dorobku doktorantki, uważam, że postawiony cel pracy ma charakter naukowy i został konsekwentnie zrealizowany. Rozprawa doktorska charakteryzuje się celowo dobraną i ważną, szczególnie w zakresie badań symulacyjnych, tematyką. Dzięki umiejętnemu zastosowaniu teorii niezawodności wnosi istotne poszerzenie wiedzy w obszarze modelowania niezawodności systemów złożonych.

Podsumowując ocenę rozprawy doktorskiej stwierdzam, że:

- praca stanowi oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego,
- doktorant wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowo-badawczej,
- doktorant opanował ogólną wiedzę teoretyczną w zakresie modelowania i symulowania niezawodności złożonych systemów technicznych.

Wobec powyższego uważam, że rozprawa doktorska mgr Ewy Dąbrowskiej pt.: „Monte Carlo Simulation Approach to Reliability Analysis of Complex Systems” (“Podejście symulacyjne Monte Carlo do analizy niezawodności złożonych systemów”) spełnia ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim oraz mieści się w dyscyplinie automatyka i robotyka. Wnoszę o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jawohl', is centered on the page.