

WPLYNĘŁO

2024 -01- 2 5
dn.....

prof. dr hab. inż. Andrzej Obuchowicz

Zielona Góra, 20 stycznia 2024

Uniwersytet Zielonogórski

Instytut Sterowania i Systemów Informatycznych

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Michała Falkowskiego

Root Cause Analysis in Complex Multi-Loop Control Systems

opracowana na zlecenie

Rady Dyscypliny Naukowej

Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne

Politechniki Warszawskiej

1. Problem badawczy i jego znaczenie

Nieustanny wzrost złożoności współczesnych procesów przemysłowych, oczekiwań wobec ich efektywności i bezpieczeństwa pracy, czyni problem diagnostyki i izolacji błędów i uszkodzeń w tychże systemach jednym z najistotniejszych kierunków rozwoju. Działanie te służą rozpoznawaniu nieprawidłowości procesu, uszkodzeń komponentów instalacji technologicznej, czujników pomiarowych, czy urządzeń wykonawczych. W realiach wielkoskalowych procesów przemysłowych proces diagnostyczny wiąże się z przetwarzaniem szerokiego strumienia surowych danych, które obciążone są pewnym stopniem niepewności i nieznanymi szumami. Istnienie w tego typu systemach wielu krzyżujących się pętli sterowania wiąże się z występowaniem korelacji pomiędzy zmiennymi stanu procesu co stanowi dodatkowe wyzwanie dla analizy przyczynowości wykrytych niedokładności w analizowanych danych pomiarowych. Autor rozprawy, wskazując na warunkowość dotychczas stosowanych,

znanych z literatury metod, podejmuje próbę weryfikacji przydatności do analizy przyczynowo-skutkowej propagacji błędów regulacji metody entropii transferu, zarówno w postaci klasycznej, jak i poprzez jej modyfikacje na poziomie funkcji rozkładu prawdopodobieństwa leżącego u podstaw jej działania. Podejście to jest ciekawym i godnym realizacji zadaniem badawczym.

2. Oryginalne osiągnięcia doktoranta

Zasadniczym osiągnięciem doktoranta jest weryfikacja przydatności metody entropii transferu do analizy przyczynowo-skutkowej propagacji błędów regulacji w systemie składającym się z wielu pętli sterowania. Oryginalnym wkładem autora rozprawy jest zastosowanie w rozważanej metodzie innych, niż Gaussowski, modeli statystycznych, parametrycznych i nieparametrycznych, w celu uzyskania bardziej wiarygodnych wyników analizy. W ramach badań wyróżnić można następujące osiągnięcia:

- wykazanie silnej korelacji pomiędzy efektywnością metody entropii transferu i jakością dopasowania modelu statystycznego do błędów sterowania;
- przeprowadzenie analizy zastosowania serii nie-Gaussowskich modeli statystycznych błędów sterowania;
- przeprowadzenie analizy wpływu danych odstających, szumów i oscylacji na efektywność metody entropii transferu;
- weryfikacja opracowanego podejścia na bazie danych pozyskanych z instalacji syntezy amoniaku.

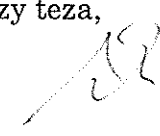
3. Poprawność rozprawy

Opiniowana praca, zawarta na 189 stronach, składa się z 11 rozdziałów uzupełnionych spisami tablic, rysunków, skorowidzem, listą symboli, oraz bibliografią zawierającą 169 pozycji cytowanej literatury, zawierającej wyczerpujący zbiór publikacji obejmujący stan badań prowadzonych w obszarze zainteresowania pracy.

Rozdział 1 zawiera lakoniczny wstęp do pracy, próbę określenia zakresu pracy oraz opis jej zawartości. W rozdziale drugim zawarto przegląd stanu badań w obszarze

diagnostyki procesów i systemów, próbe ich usystematyzowania i analizy ich zakresu zastosowań, zalet i ograniczeń, prowadząc do konkluzji uzasadniającej podjęcie badań w tym obszarze. Podstawy matematyczne metod najczęściej aplikowanych w zadaniach analizy przyczynowości, parametrycznych i nieparametrycznych modeli statystycznych, jak i metod dekompozycji danych zostały opisane w rozdziale 3. W rozdziale 4 przedstawiono szczegółowo system symulacyjny zastosowany w obliczeniach, jak również proces produkcji amoniaku realizowany przez Grupę Azoty Zakłady Azorowe „Puławy” SA, a z której to instalacji otrzymano rzeczywiste dane do weryfikacji proponowanych w rozprawie rozwiązań. Kolejne rozdziały zawierają zasadnicze wyniki badań doktoranta. Pierwszy z nich, rozdział 5, przedstawia wyniki badań przeprowadzonych na danych symulacyjnych z wykorzystaniem metody transferu entropii w jej podstawowej wersji. W Rozdziale 6 zawarto rozważania na temat wpływu doboru parametrycznego lub nieparametrycznego modelu statystycznego na jakość uzyskanych wyników badań. Wpływ wartości odstających i ich lokalizacji w zbiorze danych, oraz szumów i niepewności pomiarowej na proces analizy metodą transferu entropii jest rozważany odpowiednio w rozdziałach 7 i 8. Rozważania na temat zastosowania metody transferu entropii do sygnałów oscylacyjnych zawarto w rozdziale 9. W rozdziale 10 przedstawiono wyniki weryfikacji proponowanych rozwiązań na danych rzeczywistych z instalacji syntezy amoniaku. Na koniec, w rozdziale 11 podsumowano istotne wnioski z całego procesu badawczego oraz zidentyfikowano otwarte zagadnienia badawcze.

Obrana struktura pracy jest ciekawa, choć, w mojej opinii, nie do końca takiej oczekiwałbym od rozprawy doktorskiej. Czytając przez odnosi się czasem wrażenie, że w rękę trzymamy nie rozprawę doktorską, ale monografię kierowaną do doktorantów, czy młodych adeptów nauki. To irytujące opiniującego wrażenie ujawnia się w poniższych uwagach.

- Bardzo lakoniczny wstęp jest napisany na tak wysokim stopniu ogólności, że właściwie trudno stwierdzić co jest zasadniczym celem pracy i jaką tezę postawiono i dowodzone. Nie podano żadnej motywacji podjęcia badań, jaką lukę w obszarze badań pragnie doktorant swoją dysertacją wypełnić, brak chociażby krótkiego przeglądu literaturowego stanu aktualnego badań. Elementy te znajdują się w kolejnych rozdziałach 2, 3 i 4, ale formalnie cel pracy, czy teza, nie została jednoznacznie sformułowana.
- 

- Jednoznacznie postawiona teza, bądź cel pracy, czyli stwierdzenie, którego dowód stanowi dysertacja, automatycznie definiuje strukturę pracy nastawioną na ten dowód. Zatem jednoznacznie ustalane są kryteria, według których uzasadniony będzie sukces zaproponowanego rozwiązania. Takich kryteriów, numerycznych bądź testowych, formalnie nie zdefiniowano, a jeżeli można się ich dopatrzeć w pracy, to nie zostały one uwypuklone w podsumowaniu pracy, w którym należałoby pokazać, że cel pracy został osiągnięty, lub teza pracy udowodniona. Czytając opiniowaną rozprawę można mieć wrażenie, że cel pracy można sprowadzić do stwierdzenia: pobawmy się trochę techniką entropii transferu w zadaniu analizy przyczynowo-skutkowej propagacji błędów regulacji w systemie składającym się z wielu pętli sterowania, być może uda nam się uzyskać korzystniejsze wyniki w stosunku do innych technik.
- Podobnie jak rozdział pierwszy *Introduction*, na bardzo wysokim stopniu ogólności napisany został rozdział ostatni *Conclusions*. Nie zawarto w nim żadnych konkretnych efektów zastosowania obranej metodyki, nie wskazano jawnie, powołując się na podsumowania wyników opisanych w poprzednich rozdziałach, na jej zalety i wady. Owszem zapisy takie znajdują się wewnątrz pracy, ale powinny być zebrane i podsumowane w rozdziale 11.

Powyższe uwagi dotyczą redakcji samej pracy i, oczywiście, są dyskusyjne. Należy jednak pokreślić wysoką jakość edycyjną, przyjemny w czytaniu i przejrzysty język.

Od raportu badawczego, jakim jest rozprawa doktorska, oczekuje się, aby była możliwość odtworzenia badań przez czytelnika. W niniejszej rozprawie nie zawsze wszystkie dane są podane.

- W pracy nie formalnie podanej procedury stosującej metodę entropii transferu. Wzór (3.14) nie wnosi żadnej informacji na ten temat. Oczywiście opis powyżej podaje ideę metody, ale nie zamieszczono formalnego toku postępowania. Zwłaszcza, że nie wszystkie rozważane rozkłady prawdopodobieństwa posiadają jawną analityczną postać funkcji gęstości.
- Rozkłady α -stabilne to cała rodzina rozkładów sparametryzowana czterema indeksami: indeksem stabilności α , parametrami skośności β , skali γ i lokalizacji δ . Szczególnie dwa pierwsze definiują zupełnie różne rozkłady. Który

z nich został użyty do uzyskania wyników prezentowanych choćby na wykresach od 4.6 do 4.15? Czy też stosowano jakąś procedurę adaptacji wszystkich czterech parametrów definiujących rozkład?

4. Wiedza kandydata

Podjęty przez doktoranta w rozprawie problem naukowy wymaga wiedzy i umiejętności z wielu obszarów badawczych, w szczególności z zakresu diagnostyki procesów i systemów, czy analizy danych. Zawartość treści w rozdziałach 2 i 3 pracy dogłębnie i wyczerpująco zapoznaje czytelnika z aktualnym stanem wiedzy dziedzinowej, a także opis jej realizacji w rozdziałach następnym wskazuje na szeroką wiedzę autora rozprawy w powyższych obszarach i umiejętność z niej korzystania. Ponadto doktorant wykazał się poprawnością terminologiczną i szeroką znajomością literatury przedmiotu.

5. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę opinie zaprezentowane w poprzednich punktach i wymagania zdefiniowane przez artykuł 187 ust. 1 i 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2023 r., poz. 742 z późn. zm.) **stwierdzam, że:** rozprawa doktorska pana mgr inż. Michała Falkowskiego zawiera oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, kandydat posiada ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i i technologie kosmiczne, oraz posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

W związku z powyższym **wnoszę** o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

