

wpłynęło dnia 13.11.2023

nr ..... zał. ....

Częstochowa, 30 października 2023 r.

prof. dr hab. inż. Robert Nowicki  
Katedra Inteligentnych Systemów Informatycznych  
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki  
Politechnika Częstochowska

## **Recenzja rozprawy doktorskiej mgra inż. Dariusza Zielińskiego pt. „Wykorzystanie algorytmu genetycznego do doboru elementów ochronnika interfejsu komunikacyjnego w urządzeniach przytorowych”**

Niniejsza recenzja została przygotowana w odpowiedzi na pismo dr hab. inż. Moniki Kwoki, prof. PŚ, Przewodniczącej Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne, z dnia 22 sierpnia 2023 r. w związku z Uchwałą nr 50/2023 Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Śląskiej z dnia 11 lipca 2023 r. w sprawie wyznaczenia recenzentów rozprawy doktorskiej (Monitor Prawny PŚ z 2023, poz. 862).

Przekazana do recenzji rozprawa dotyczy, implementacji algorytmu genetycznego w projektowaniu ochronnika interfejsu komunikacyjnego w urządzeniach przytorowych. Rozprawa została podzielona na siedem numerowanych rozdziałów poprzedzonych Wstępem i uzupełnionych Bibliografią, Spisem rysunków oraz Spisem tabel. Publikacja zajmuje 139 stron. Bibliografia zawiera 134 pozycje, spośród których Autor rozprawy jest współautorem jednej. Do rozprawy nie dołączono streszczenia w języku angielskim, co jest wymagane zgodnie z art. 187. ust. 4. Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 poz. 1668 z późn. zm.).

### **Struktura i zakres pracy**

Chronologia rozprawy jest prawidłowa. Poszczególne rozdziały niezwykle szczegółowo przedstawiają zagadnienie zabezpieczeń prowadząc zdefiniowania odpowiednich modeli elementów systemu, by ostatecznie przedstawić propozycję rozwiązania zagadnienia postawionego jako cel rozprawy. Ponieważ w zamierzeniu Autora, promotora i opiekuna przemysłowego było wdrożenie zaproponowanego rozwiązania, **Podsumowanie** rozprawy poprzedza rozdział **Wdrożenie**, wyjaśniający dlaczego do wdrożenia ostatecznie nie doszło. Minusem struktury pracy jest bardzo duża dysproporcja pomiędzy wielkością poszczególnych rozdziałów. Najkrótszy zajmuje 2 strony, a najdłuższy – 41.

Zgodnie art. 187 ust. 2 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, rozprawa doktorska „Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych albo oryginalne dokonanie artystyczne”. Sam problem naukowy nie został wprost zdefiniowany, można go jednak wysnuć z celu rozprawy zdefiniowanego na pierwszej stronie **Wstępu**. Wynika z niego, że problemem jest „dobór elementów ochronnika interfejsu komunikacyjnego prowadzący do poprawy niezawodności działania aparatury oraz zmniejszenia liczby usterek pojawiających się wskutek działania przepięć.„ Wstęp wprowadza także czytelnika w tematykę instalacji kolejowych oraz przedstawia strukturę dalszej części rozprawy.

Rozdział 1. **Wprowadzenie** przybliży elektrotechniczne i elektroniczne elementy sterowania ruchem kolejowym. Szczególną uwagę położono na dwa elementy – okablowanie oraz interfejs komunikacyjny urządzeń przytorowych w systemie detekcji nie zajętości torów. Wskazano tu także na podatność tych elementów na czynniki środowiskowe oraz udary elektryczne wynikające z warunków pracy i wyładowań atmosferycznych. Wskazano również na problem certyfikacji urządzeń kolejowych, procesu kosztownego i czasochłonnego. Rozważania te stanowią genezę rozprawy, według której wcześniejsze modelowanie i symulacje, jako element algorytmu genetycznego, pozwolą na właściwe zaprojektowanie zabezpieczeń ograniczając ryzyko nieudanej certyfikacji.

**Rozdział 2.** został poświęcony opracowaniu modelu przewodów komunikacyjnych i zasilających urządzeń przytorowych. W modelu uwzględniono indukcyjność i rezystancję poszczególnych żył oraz pojemności i rezystancje pomiędzy poszczególnymi żyłami i ekranem. W pracy przedstawiono wyniki pomiarów rzeczywistych kabli, wykonane w warunkach laboratoryjnych. W rozważaniach uwzględniono degradację przewodów aproksymując zjawisko za pomocą wybranych funkcji w dziedzinie czasu.

Kluczowym, nawiązującym bezpośrednio do tytułu rozprawy, jest **rozdział 3**. Zdefiniowany została w nim schemat ochronnika przeciwprzepięciowego interfejsu komunikacyjnego urządzenia przytorowego, którego elementy mają podlegać doborowi. Schemat ochronnika nie podlega zmianie i doborowi. Postawiony problem ogranicza się do doboru elementów z ograniczonego katalogu. W kolejnych podrozdziałach zdefiniowano przestrzeń poszukiwań dla algorytmu genetycznego oraz budowę chromosomu. Ponieważ ocena poszczególnych rozwiązań ma odbywać się na podstawie przebiegów czasowych zjawisk zachodzących w toku symulacji na wcześniej zdefiniowanych modelach przewodu i ochronnika, niezwykle istotnym elementem implementacji algorytmu genetycznego było właściwe zdefiniowane funkcji celu. Zdefiniowano także pozostałe parametry algorytmu, w siedmiu konfiguracjach. Opisane działania pozwoliły przeprowadzić eksperymenty i przedstawić ich wyniki.

W celu weryfikacji przydatności uzyskanych parametrów ochronnika w długim okresie eksploatacji urządzeń przytorowych, w **rozdziale 4**. wykorzystano wyniki przedstawione w rozdziale 3 wraz z modelami aproksymującymi starzenie przewodów zaproponowane w rozdziale 2, we wspólnej symulacji.

Z treści zawartych w rozprawie wynika, że doktorat miał mieć charakter wdrożeniowy. Jak wynika z treści **rozdziału 5**. zatytułowanego **Wdrożenie**, do wdrożenia nie doszło. Stało się to z przyczyn niezależnych od doktoranta czy jakości uzyskanych wyników. Autor wymienił jednak inne aktywności, w ramach których promował swoje rozwiązanie. Rozdział ten, wraz z ilustracją, zajmuje niespełna dwie strony.

**Podsumowanie** zostało opatrzone w schemacie numeracji rozdziałów numerem 6. Wymieniono w nim wyniki prac przedstawione w poprzednich rozdziałach. Autor wylicza także siedem jego zdaniem oryginalnych osiągnięć uzyskanych w ramach prowadzonych badań i przedstawionych w rozprawie. Stawia także szereg wniosków dotyczących projektowania i eksploatacji okablowania i urządzeń przytorowych.

Pod numerem 7 umieszczono **Dodatek** zawierający wykresy i tabele przedstawiające dane pominięte we wcześniejszych częściach rozprawy. Materiał ten pozostawiono bez szerszego opisu lub komentarza.

### **Oryginalność rozwiązania i uzyskane osiągnięcia**

Wykorzystanie różnych metod inteligencji obliczeniowej i modeli zaliczanych do sztucznej inteligencji w projektowaniu jest znane od wielu lat, a nawet dziesięcioleci. Dotyczy to także projektowania układów elektronicznych, a w ostatnim czasie pojawiły się doniesienia o sukcesach w zakresie projektowania struktury układów scalonych. Zaproponowana implementacja absolutnie podstawowej wersji algorytmu genetycznego do poszukiwania wartości elementów układu elektronicznego (ochronnika) nie wnosi nic do rozwoju tych metod. Jednakże, dyscypliną naukową, w której prowadzony jest przewód, jest Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne. Doktorat ma ponadto, w założeniu, charakter wdrożeniowy. Oryginalność rozwiązania należy zatem rozpatrywać w kontekście projektowania układów elektrycznych i elektronicznych w automatyce kolejowej, w szczególności ochronnika przeciwprzepięciowego interfejsu komunikacyjnego CAN przytorowego czujnika koła. Ponadto, zagadnienie to zostało przez Autora potraktowane znacznie szerzej niż tylko poszukiwanie optymalnych parametrów kilku elementów z bardzo ograniczonego katalogu. Obejmuje ono bowiem także, modelowanie układu ochronnika wraz towarzyszącym mu kablem sygnałowym, pełniącym również funkcję zasilania układu. W zakresie implementacji programowej Autor posłużył się profesjonalnymi, gotowymi narzędziami (LTspice i Matlab), które zostały zintegrowane na potrzeby eksperymentów.

Osiągnięciami uzyskanymi w ramach pracy nad rozprawą są więc nie tylko wskazane w Podsumowaniu modele i elementy metody GACSOP, ale także zintegrowane środowisko, które dzięki zastosowaniu standardowych i wiarygodnych, a nie tworzonych tylko na potrzeby rozprawy, narzędzi można adaptować do rozwiązywania innych problemów z zakresu projektowania układów na potrzeby automatyki kolejnictwa.

Generalnie, poszczególnych propozycji przedstawionych w rozprawie nie można uznać za nowe i oryginalne. Wyjątek stanowi jedynie oryginalna funkcja celu uwzględniająca zjawiska w występujące w układzie w trakcie każdorazowej symulacji. Zaproponowane rozwiązanie, traktowane jako całość, zwłaszcza w kontekście potencjalnego wdrożenia, należy traktować jako oryginalny wkład Autora w uprawianą dyscyplinę naukową.

### **Uwagi krytyczne i polemiczne**

Celu rozprawy przedstawiony we Wstępie został zrealizowany. Opracowano metodę doboru elementów ochronnika interfejsu komunikacyjnego, a podane wyniki wskazują, że można oczekiwać poprawy niezawodności działania aparatury oraz zmniejszenia liczby usterek pojawiających się na skutek przepięć. Uwzględniono także postulowane w dalszej części pracy kwestie dostępności części składowych w wieloletnim okresie eksploatacji oraz wpływu degradacji okablowania na skutek czynników środowiskowych i eksploatacyjnych. Niestety nie doszło do planowanego wdrożenia, nie wiadomo zatem, czy rozwiązanie jest rzeczywiście gotowe do zastosowań praktycznych, ani jak efekty jego zastosowania zostaną przyjęte przez ekspertów branżowych.

W rozprawie znalazły się też inne elementy, które należy ocenić krytycznie. Pierwszym z nich jest wybór głównego algorytmu optymalizacyjnego (algorytmu genetycznego) do optymalizacji zawierającego zaledwie kilka elementów układu elektronicznego. Powszechnie znane są analityczne metody projektowania układów elektrycznych i elektronicznych, których naucza się w szkołach średnich (technikach) i na uczelniach technicznych. W rozprawie brakuje próby wyznaczenia wartości elementów ochronnika metodami klasycznymi i porównania wyników z tymi otrzymanymi za pomocą algorytmu genetycznego.

W rozdziale 2 zastosowano model przewodu dwuparowego z ekranem. Model ten został ograniczony do pojedynczych rezystancji i indukcyjności reprezentujących rezystancję i indukcyjność poszczególnych żył oraz pojedynczych rezystancji i pojemności reprezentujących rezystancję i pojemności występujących pomiędzy żyłami. W rzeczywistości ww. rezystancje, indukcyjności i pojemności są rozłożone równomiernie na całej długości każdego przewodu. Dlatego zjawiska zachodzące w liniach transmisyjnych modeluje się stosując schemat zastępczy linii długiej składający się z połączonych kaskadowo trójkątów o określonych rezystancji, indukcyjności i pojemności. W rozprawie wskazano, że użyty model dotyczy odcinka elementarnego, brakuje jednak odniesienia do powszechnie przyjętego modelu linii długiej.

Do badania parametrów i degradacji przewodów komunikacyjnych użyty został miernik Wayne Kerr, którego dokładność podano w tabeli 3. Informacja ta nie jest jednak wykorzystana w opracowaniu wyników pomiarów. Co więcej, pojęcia używane w metrologii (błąd względny i odchylenie standardowe) zostały użyte (wzory (1) i (2)) nie w kontekście wiarygodności pomiaru, a dla porównania zmian wartości mierzonych parametrów w trakcie procesu degradacji (starzenia).

Pomiędzy genotypem, reprezentowanym w rozprawie przez jeden chromosom, a fenotypem, którym jest rozwiązanie zadania reprezentowane przez danych genotyp przeprowadza się operację kodowania i dekodowania. O kodowanie przekształca fenotyp w genotyp, natomiast dekodowanie przekształca genotyp w fenotyp. W klasycznym algorytmie genetycznym, bez mechanizmów naprawy, a taki został zastosowany w rozprawie, realizuje się wyłącznie dekodowanie. Jest to konieczne przed wyznaczeniem funkcji celu w procesie symulacji – algorytm genetyczny przetwarza genotyp, symulacja używa modelu, czyli fenotypu. O ile właściwym, a nawet koniecznym jest zdefiniowanie kodowania problemu co ma miejsce w rozdziale 3.3, w samym algorytmie powinien być użyty wyłącznie proces odwrotny. Umieszczenie kodowania w algorytmie na rysunku 28 jest zapewne błędne.

W pierwszym akapicie rozdziału 3.5. Funkcja celu, Autor twierdzi, że w procesie optymalizacji funkcja celu jest minimalizowana, a najlepsze rozwiązanie powinno funkcję celu wyzerować. Oba stwierdzenia są w ogólnym przypadku nieprawdziwe. Podstawowe metody selekcji (koła ruletki, rankingowa, turniejowa) są naturalnie zdefiniowane dla poszukiwania maksymalnej wartości funkcji celu. Jeśli jednak przekształcimy je dla poszukiwania minimum, wartość minimum globalnego nie musi wynosić zero. Może w ogóle nie być znana. Auto wydaje się być tego świadom, gdyż na stronie 80 szacuje spodziewaną wartość funkcji celu w granicach 204-256.

Dobór parametrów algorytmu genetycznego nie jest zadaniem trywialnym i zwykle odbywa się metoda eksperymentalną. Zadanie utrudnia brak determinizmu algorytmu, co wymusza wielokrotne uruchamianie z tymi samymi parametrami. Dotyczy to zwłaszcza eksperymentów na małej populacji ograniczonej do niskiej liczby generacji, jak w przypadku prezentowanym w rozprawie. Z



przedstawionych wyników i opisów nie wynika, że poszczególne eksperymenty zostały powtórzone. Jeśli nie zostały, pojawia się pytanie o przesłankę jaka kierował się Autor by uznać uzyskane wyniki za wiarygodne. Nie określono też które, spośród kilku zdefiniowanych kryteriów stopu, zakończyło ewolucję, co ma istotny wpływ na znaczenie czasu podanego w tabeli 19.

Odnieść chciałbym się również do wniosków zamieszczonych w Podsumowaniu. Jednym z nich jest „wymaganie by połączenie ekranu z uziemieniem odpowiednio zabezpieczyć, a w przypadku oddziaływań agresywnych warunków środowiskowych, narażony fragment należy obciąć, a uziemienie ponownie podłączyć do niezdegradowanego odcinka ekranu”. Jestem absolutnie przekonany, że zalecenie to jest oczywiste dla każdego instalatora i trudno dociec w jaki sposób wynika ono z przeprowadzonych badań. To samo można powiedzieć o zaleceniu stosowania zapasów okablowania.

W opiniowanej rozprawie, jak w każdej, występują mniej lub bardziej istotne błędy i niedociągnięcia edytorskie, m.in.:

- przełom stron 6-7, jest „Zakres kryteriów, jakie należy spełnić, jest wielowymiarowy począwszy od struktury organizacyjnej zespołu, po wymagania programistyczne, kończąc na szerokim spektrum wymagań środowiskowych [...]”, pomijając użytą hiperbolę „wielowymiarowy zakres kryteriów” powinno być „Zakres kryteriów, jakie należy spełnić, jest wielowymiarowy począwszy od struktury organizacyjnej zespołu, przez wymagania programistyczne, kończąc na szerokim spektrum wymagań środowiskowych [...]”,
- s. 7 w. 13, jest „[...] jest wykorzystywana do starowania [...] oraz wyzwalaniem [...]”, powinno być „wyzwalania”,
- s. 17, w. 12, jest „występowanie tak ekstremalnym zjawisk [...]”, powinno być „występowanie tak ekstremalnych zjawisk [...]”,
- s. 52, w. 3, jest „magistrala CAN posiada możliwości [...] zwiększające jego odporności na [...]”, powinno być „magistrala CAN posiada możliwości [...] zwiększające jej odporność na [...]”,
- s. 61, w. 18, jest „W dalej części [...]”, powinno być „W dalszej części [...]”,
- s. 62, w. 9, jest „Pierwszy stopniem ochrony [...]”, powinno być „Pierwszym stopniem ochrony [...]”,
- w bardzo wielu miejscach kontynuacja zdania po wzorze, rozpoczynająca się od słowa „gdzie” jest wcięta,
- brak interpunkcji w otoczeniu wzorów na stronach 80-81.

Reasumując, opracowanie rozprawy jako publikacji naukowej jest na dobrym poziomie. Praca nie sprawia trudności czytelnikowi.

### **Podsumowanie**

Przedstawione powyżej uwagi krytyczne i polemiczne będą, jak mam nadzieję, przedmiotem dyskusji w trakcie obrony rozprawy. Ich obecność nie uniemożliwia jej pozytywnej oceny, w tym wkładu koncepcyjnego i pracy badawczej Autora. Postawiony cel został osiągnięty, zaproponowane rozwiązanie ma potencjał praktyczny i wdrożeniowy.

Podsumowując, stwierdzam, że Autor

- wykazał się wiedzą i znajomością literatury w zakresie, którego dotyczy rozprawa,
- przedstawił problem naukowy o znaczeniu praktycznym,
- przygotował i wykorzystał modele układu elektronicznego będących obiektem badań,
- zdefiniował kryterium optymalizacji (funkcję celu) dla zadanego problemu,
- rozwiązał wskazany problem proponując konkretną implementację algorytmu genetycznego oraz symulatora układów elektronicznych i dokonując ich integracji,
- zaplanował i przeprowadził badania zaproponowanego rozwiązania, wykazując jego skuteczność dla zadanych kryteriów.

**Rozprawa doktorska „Wykorzystanie algorytmu genetycznego do doboru elementów ochronnika interfejsu komunikacyjnego w urządzeniach przytorowych” autorstwa mgra inż. Dariusza Zielińskiego stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i spełnia wymagania określone w artykułe 187 ust. 1 i ust. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 poz. 1668 z późn. zm.). Wnoszę o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony oraz kontynuowanie prac celem nadania Autorowi stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.**