

Dr hab. inż. Sławomir GRYS, prof. PCz Częstochowa, dnia 23 października 2024 r.

Wydział Elektryczny

Politechnika Częstochowska

Al. Armii Krajowej 17

42-200 Częstochowa

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Autor rozprawy: mgr inż. **Paweł Linczuk**

Tytuł rozprawy: Szybka platforma dystrybucji strumieni danych pomiarowych dla
detektora GEM do diagnostyki zanieczyszczeń plazmy tokamakowej

Promotor: prof. dr hab. inż. Krzysztof Poźniak

Promotor pomocniczy: dr hab. Maryna Chernyshova

Dziedzina: nauki inżyniersko-techniczne

Dyscyplina naukowa: Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne

I. Podstawa opracowania niniejszej recenzji

Recenzję rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Linczuka opracowano na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Warszawskiej, Pana prof. dra hab. inż. Tomasza Stareckiego w piśmie z dnia 03.10.2024 r. zgodnie z uchwałą z dnia 17 września 2024 r. Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Warszawskiej w sprawie wyznaczenia recenzentów rozprawy doktorskiej.

II. Tematyka badawcza, cel i tezy

Celem przedstawionej do recenzji rozprawy, pt. „Szybka platforma dystrybucji strumieni danych pomiarowych dla detektora GEM do diagnostyki zanieczyszczeń plazmy tokamakowej” jest opracowanie efektywnej czasowo platformy obliczeniowo-

przetwarzającej w czasie rzeczywistym dane pomiarowe przewidzianej jako składowa systemu pomiarowego do kontroli i sterowania procesem utrzymania wysokiej jakości plazmy w eksperymentalnych generatorach syntezy jądrowej. Problem badawczy dotyczy zaproponowania i wykonania platformy programowo-sprzętowej zapewniającej zdolność przetworzenia bardzo licznych zbiorów danych z gazowego detektora miękkiego promieniowania rentgenowskiego w krótkim reżimie czasu w celu wykorzystania wyników analizy tych danych przez układy sterowania plazmą – praca w pętli sprzężenia zwrotnego. Ponieważ rozważane i proponowane rozwiązanie jest niezbędne do długotrwałej stabilizacji procesu syntezy jądrowej dającej nadzieję na opanowanie przyszłościowej technologii kontrolowanego i bezpiecznego wytwarzania energii jako alternatywy dla klasycznych, tj. kopalnych jak i odnawialnych źródeł energii, uznaję podjętą w rozprawie tematykę za bardzo aktualną i wpisującą się w zakres zainteresowań sektora energetyki systemowej, docelowo odpowiadająca zaspokojeniu elementarnych potrzeb ludzkich w zakresie dostępu do energii. Osiągnięcie tego celu nie jest możliwe bez wysiłku wielu instytucji badawczych współpracujących na szczeblu międzynarodowym. Przykładem takiej udanej współpracy są przedstawiane w rozprawie efekty teoretyczne i praktyczne ze znacznym, oryginalnym udziałem Autora rozprawy, stąd moim zdaniem, tematyka badawcza w pełni nadaje się na przewód doktorski.

Przyjęta teza „Możliwe jest opracowanie wielokanałowej, niskolatencyjnej platformy dystrybucji oraz kontekstowego i strumieniowego przetwarzania pakietów danych pomiarowych wielkich rozmiarów z detektora GEM, służących do monitorowania zanieczyszczeń gorącej plazmy, dla systemu sterowania tokamakiem WEST pracującego w pętli sprzężenia zwrotnego, która realizuje etapy obliczeniowe za pomocą grafu przepływu o wielostopniowych wierzchołkach związanych z jednostkami sprzętowymi oraz krawędziach odpowiadających za komunikację punkt-punkt i umożliwiających minimalizację kopiowania danych” jest sformułowana prawidłowo i bardzo precyzyjnie.

W rozprawie określono trzy podstawowe cele badawcze:

- opracowanie modelu systemu programowo-sprzętowego o określonej funkcjonalności;
- wyznaczenie maksymalnych osiągnięć rozważanych różnych konfiguracji systemu nazywanego również w tekście rozprawy „ultra platformą” na podstawie znajomości parametrów, cech funkcjonalnych, znanych ograniczeń a przede wszystkim badań symulacyjnych i eksperymentalnych;

- opracowanie rzeczywistego prototypu systemu implementującego opracowany model sprzętowo-programowy i weryfikacja spełnienia wymagań na rzeczywistym obiekcie.

Osiągnięcie tych trzech celów przyjęto za warunek uznania tezy za udowodnioną. Recenzent zgadza się z takim podejściem i uznaje je za w pełni wystarczające.

III. Struktura rozprawy

Przedstawiona do oceny rozprawa została wydana w formie monografii i liczy 213 numerowanych stron. Praca zawiera stronę tytułową, podziękowania, streszczenie w języku polskim i angielskim, spis treści, używane skróty, 10 numerowanych rozdziałów obejmujących wprowadzenie i podsumowanie oraz 3 załączniki. Załączniki zawierają pseudokod wybranych elementów stworzonego oprogramowania. Treść pracy zawiera rozdział – Literatura, który z jakichś powodów został pominięty w spisie treści? Struktura rozprawy jest kompletna i logiczna, natomiast można mieć zastrzeżenia do układu i proporcji treści. Wynika to prawdopodobnie z przyjętej konwencji „dzieła” bardziej zbliżonej do monografii książkowej przeznaczonej dla szerszego czytelnika niż klasycznej rozprawy naukowej, w tym przypadku rozprawy doktorskiej, koncentrującej się na wybranym, badanym aspekcie, prezentującej szczegółowo wyniki analizy przy użyciu stosownego aparatu naukowego. Treść rozprawy można zakwalifikować jako dokument ramowy, który odwołuje się do wielu publikacji z udziałem autora. W takim kontekście dają one dopiero całościowy obraz pracy nad problematyką badawczą. Moim zdaniem, do kluczowych publikacji spośród wskazanych w tekście rozprawy należy zaliczyć przynajmniej pozycje [300, 305, 70-72, 256]. Konieczne, w kontekście wymogów ustawowych, wyszczególnienie wkładu autora z syntezą jego dorobku naukowego jest przy tym ułatwione przez zamieszczenie w treści rozprawy dedykowanych temu podrozdziałów.

Można się tylko domyślać, że pierwotną przyczyną takiego podejścia przy konstrukcji układu rozprawy był niejako fakt odwrócenia kolejności sposobu upowszechniania efektów prac badawczych. Autor, przez wiele lat był zaangażowany w prace w międzynarodowym zespole naukowym stając się współautorem licznych, wysokocytowanych publikacji. Nie jest to wymagane na etapie doktoratu, ale zasługuje na pozytywną ocenę. Dopiero po latach powstał tekst ocenianej rozprawy jako synteza dokonań z jego indywidualnym udziałem. Mimo tej uwagi należy podkreślić, że w tekście znalazły się niezbędne elementy, tj. motywacja, sformułowanie problemu badawczego, odniesienie do stanu wiedzy i techniki,

światowej literatury, charakterystyk użytych pojęć, użytych metod i narzędzi, dyskusję wyników, do wniosków końcowych i podsumowania.

Kolejną kwestią dyskusyjną są proporcje i umieszczenie niektórych treści niekoniecznie we właściwych rozdziałach. Autor poświęcił aż 78 stron na wprowadzenie w tematykę klasycznych źródeł energii i poszukiwań źródeł alternatywnych – rozdział 3 z naciskiem na syntezę jądrową – początkowa część rozdziału 4, przechodząc w tym rozdziale do problematyki mierzenia i przetwarzania wybranych parametrów plazmy. Dalej prowadzi obszerną dyskusję mającą wykazać brak skalowalnych, uniwersalnych i spełniających wszystkie wymagania środków technicznych, co prowadzi do zarysowania problemu badawczego i technologicznego. Skądinąd jest to logiczny układ, lecz w efekcie geneza pracy, tezy i cele pracy podane są dopiero od strony 79 rozpoczynając zasadniczą część rozprawy, najbardziej interesującą w kontekście poznawczym. Moim zdaniem, ale nie muszę mieć przecież racji, bardziej zasadne wydaje się przeniesienie podrozdziału 4.1. „Kierunki prac nad syntezą termojądrową” do rozdziału wcześniejszego, postawienie tezy, celów i kontynuowanie rozdziału 4. Wymagałoby to przenieśnięcia rozdziałów. Analizując oryginalny układ i kolejność rozdziałów można uznać dalsze rozdziały za prawidłowo ułożone i w większości dobrze zbalansowane objętościowo. W skrócie, dotyczą one propozycji modelu platformy obliczeniowej – rozdział 6, jej implementacji w eksperymencie WEST – rozdział 7, opis wykonanych badań eksperymentalnych w warunkach laboratoryjnych – rozdział 8. Nie jest natomiast dla mnie jasne, dlaczego rozdział 9, o objętości zaledwie czterech stron, nosi tytuł „Rozwój środowiska wdrożeniowego na tokamatu WEST” i stanowi samodzielny rozdział. Czy nie powinien on zawierać się w rozdziale wcześniejszym właśnie poświęconym 6. „Badaniom technicznym i eksperymentalnym”, skoro w chociażby w podrozdziale 9.2 przedstawiane są „... wyniki pomiaru plazmy uzyskane za pomocą opracowanego rozwiązania platformy” czyli efekty badań eksperymentalnych? Ostatnim rozdziałem jest podsumowanie z określeniem wkładu autora, syntezą dorobku publikacyjnego i propozycją dalszych badań.

W przypadku dopuszczenia rozprawy do publicznej obrony, byłbym wdzięczny za komentarz Autora do powyższych uwag dotyczących układu pracy, które chciałbym podkreślić, mają charakter uznaniowy i dyskusyjny i zasadniczo nie wpływają na merytoryczną ocenę pracy.

W rozdziale bibliografia wykazano aż 325 pozycji literaturowych, w tym 41 z udziałem autora rozprawy, choć na str. 169 jest podana liczba 47, publikowanych w renomowanych czasopismach i materiałach pokonferencyjnych. Wszystkie wskazane publikacje są ściśle związane z tematyką rozprawy doktorskiej a ich liczność wskazuje na dogłębną analizę stanu wiedzy i techniki reprezentowaną przez literaturę światową. W ocenie Recenzenta sposób upowszechnienia wyników rozprawy poprzez udział w konferencjach naukowych i publikacje jest prawidłowy, wystarczający, a nawet wykraczający poza przyjęte standardy, do spełnienia wymogów stawianym rozprawom naukowym.

IV. Istotne osiągnięcia

Wkład Autora został opisany w podrozdziale 10.1 w podziale na trzy główne cele, które należy stwierdzić, że zostały osiągnięte. Cel pierwszy dotyczył opracowania modelu platformy spełniającej przyjęte kryteria, głównie niskiej latencji danych i dużej przepustowości umożliwiającej implementację algorytmów w formie grafów skierowanych. Platforma posiada wbudowane metody i narzędzia optymalizacji systemu operacyjnego, narzędzia analizy czasowej i symulator warstwy sprzętowej.

Cel drugi to opracowanie metody przetwarzania danych strumieniowych wg zasady sterowania przepływem danych, tzw. dataflow co umożliwia realizację przetwarzania w czasie rzeczywistym, opisanie przepływu danych za pomocą grafów.

Cel trzeci to implementacja opracowanej warstwy sprzętowo-programowej wraz z własnym oprogramowaniem na stanowiskach testowych i docelowo rzeczywistym obiekcie, tj. układzie pomiaru i kontroli parametrów plazmy w tokamaku WEST.

Opracowane i opisane w rozprawie rozwiązanie techniczne stanowi część systemu pomiarowego realizowanego w zespole naukowym Politechniki Warszawskiej, co wymagało wielu prac koncepcyjnych i integracji. Charakter wykonanych i opisanych w rozprawie prac można scharakteryzować z jednej strony jako typowo inżynierski – konfiguracja sprzętu, prace programistyczne, przygotowanie i wykonanie testów funkcjonalnych i wydajnościowych, prace integracyjne i uruchomieniowe na docelowym obiekcie. Aspekt badawczy w kontekście nowej wiedzy to pozyskanie wiedzy know-how na podstawie bardzo restrykcyjnego wyboru narzędzi sprzętowych i programowych, środowisk, bibliotek, umiejętności ich integracji i jednocześnie z zarysowanym wyraźnie twórczym wkładem w rozwój oprogramowania. W efekcie powstał prototyp podsystemu o

zadanej funkcjonalności. Całość rozprawy doktorskiej klasyfikowałbym, to moja subiektywna ocena, bardziej jako „doktorat wdrożeniowy” niż teoretyczno-poznawczy, szczególnie mając na uwadze cel końcowy jakim była udana implementacja. Za najbardziej istotne i oryginalne osiągnięcie w sensie poznawczym, co stanowi dorobek Autora, uznaję propozycję modelu Ultra-Platformy integrującej takie techniki i technologie, które umożliwiły spełnienie postawionych wymagań jakościowych i funkcjonalnych, wobec braku takich rozwiązań wśród dostępnych komercyjnie. Kolejnym osiągnięciem autora jest propozycja metodyki badania opracowanego modelu platformy przede wszystkim z naciskiem na sprawdzenie przepustowości i opóźnienia danych pomiarowych oraz elastyczność systemu.

Kwestią nie mniejszej wagi jest udana implementacja modelu wraz z narzędziami w na rzeczywistej warstwie sprzętowej i obiekcie co potwierdza posiadanie wysokich umiejętności technicznych pożądanых wobec Doktoranta aspirującego do stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych.

V. Uwagi krytyczne i dyskusyjne o charakterze merytorycznym

Uwagi szczegółowe:

- podrozdział 4.1. Rys. 11 podaje stan na lata przed rokiem 2020. Jak sytuacja wygląda obecnie, tj. w roku wydania rozprawy doktorskiej?
- podrozdział 4.4.1.2. Informacja o nierozwijanych projektach może mieć jedynie wartość historyczną, lecz raczej nic nie wnosi do rozprawy?
- podrozdział 6.3.1. Brak odniesienia do innych systemów czasu rzeczywistego dedykowanych do pracy w pętli sprzężenia zwrotnego, np. QNX czy pracujących wg standardu TRON RTOS uznanego przez IEEE jako kamień milowy w rozwoju architektury komputerowej i być może mogących również spełnić wymagania?
- w podrozdziale 8.4.1 jest dyskutowana analiza jakości algorytmu wyznaczania histogramów. Czy badano wpływ liczby poziomów, tzw. „binsów” na wskaźniki jakościowe? W jaki sposób dobrano optymalną liczbę tych poziomów, do których przyporządkowywano dane pomiarowe?
- jaką wartość dla Czytelnika będzie mieć kod fragmentów oprogramowania zamieszczonych w załącznikach?

- podrozdział 8.1 Na rys. 51 wskazano różnice pomiędzy wynikami algorytmu wyznaczania klastrow i histogramów dla opracowanego rozwiązania względem algorytmu referencyjnego. Wyniki zostały podane dla konkretnego impulsu plazmowego, tj. 58317. Czy dla innych impulsów należy spodziewać się podobnych wyników? Czy sprawdzano tę kwestię dla większej liczby impulsów?

- podrozdział 8.1. str 144. Proszę szerzej wyjaśnić na czym polegały „...analizy jakości porównujące algorytm zaimplementowany w Ultra-Platformie z kodem referencyjnym w Matlab”. Czy kod Matlabu był uruchomiony na takiej samej architekturze sprzętowej jak Ultra-Platforma?

- podrozdział 10.1. Autor określił własny wkład w realizację pracy w odniesieniu do wcześniej zdefiniowanych trzech głównych celów pracy. Które z tych efektów Autor uważa za najbardziej znaczące, mające krytyczny wpływ na funkcjonalność opracowanego systemu i w jakim stopniu ono wnosi nową wiedzę teoretyczną lub typu know-how w rozwój dyscypliny Elektronika?

VI. Język rozprawy i uwagi redakcyjne

Pod względem językowym praca została przygotowana bardzo starannie na wysokim poziomie poprawności językowej. Tekst jest czytelny, Autor nie stosuje określeń żargonowych ani eufemizmów, unika subiektywnej oceny przedstawianych treści. Wywód jest prowadzony zwięźle i logicznie, dzięki temu tekst powinien być zrozumiały nawet dla Czytelnika nie będącego ekspertem w obszarze związanym z tematyką rozprawy doktorskiej. Nie zauważono usterek językowych czy redakcyjnych. Stwierdzam, że Autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia omawianych treści a przede wszystkim uzyskanych wyników.

VII. Konkluzja

Podsumowując uważam, że tematyka rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Linczuka stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i ponadto:

- w przeważającej mierze mieści się w dyscyplinie Elektronika w zakresie kwestii sprzętowych, badań eksperymentalnych i implementacji systemu oraz niewielkim w dyscyplinie Automatyka właściwie jedynie ze względu na przeznaczenie systemu do pracy w pętli sprzężenia zwrotnego układu kontrolno-sterującego stabilizacji plazmy - obu

przypisanych obecnie do dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych;

- w mniejszym wymiarze mieści się w dyscyplinie Informatyka techniczna i telekomunikacja ze względu na kwestie programistyczne, optymalizację systemu i kodu.

- zdefiniowane cele zostały osiągnięte a teza udowodniona;

- doktorant wykazał się dostateczną wiedzą z tematyki, która jest przedmiotem niniejszej rozprawy oraz umiejętnościami w zakresie samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że przedstawiona rozprawa, mimo nielicznych, raczej dyskusyjnych niedostatków, spełnia w stopniu wystarczającym warunki stawiane rozprawom doktorskim określone w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. z 2017 r., poz. 1789), w związku z art. 179 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. – Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r., poz. 1669, z późn. zm.). W związku z powyższym przedstawiam Wysokiej Radzie Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Warszawskiej wniosek o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.

Uwzględniając wysoki poziom naukowy, wnikliwą i wieloaspektową analizę, fakt potwierdzenia rozważań teoretycznych i badań eksperymentalnych skuteczną implementacją zaproponowanego rozwiązania technicznego w postaci modelu i prototypu platformy cyfrowej przetwarzającej z niskim opóźnieniem obszerne strumienie danych niosących informacje o kontrolowanym procesie fizycznym, a ponadto ponadprzeciętny, względem wymagań stawianym rozprawom doktorskim, dorobek publikacyjny o wysokich wskaźnikach bibliometrycznych, zaliczam ocenianą rozprawę doktorską do kategorii „wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie” i wnioskuję do Wysokiej Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Warszawskiej, w przypadku pozytywnego przebiegu publicznej obrony, o jej wyróżnienie.

Dr hab. inż. Sławomir GRYŚ, prof. uczelni