

Częstochowa, 22 kwiecień 2023r.

dr hab. inż. Robert KUČĘBA *Prof. PCz*
Z-ca Kierownika Katedry Informatycznych Systemów Zarządzania
Wydział Zarządzania
Politechnika Częstochowska

RECENZJA

dysertacji doktorskiej Mgra Radosława MARŁĘGI

nt.:

„IDENYFIKACJA I METAIDENYFIKACJA SYSTEMU ZARZĄDZANIA TOWAROWĄ GIEŁDĄ ENERGII ELEKTRYCZNEJ”

Promotor: dr hab. Jerzy Tchórzewski Prof. UPH w Siedlcach

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Arkadiusz Jurczuk

1. PODSTAWY WYKONANIA RECENZJI

Zgodnie z uchwałą nr 293/XXVII/XVI/2023 Senatu Politechniki Białostockiej z dnia 26 stycznia 2023r.

2. OCENA ZAKRESU PROBLEMU NAUKOWEGO I BADAWCZEGO W DYSERTACJI DOKTORSKIEJ

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska, dotyczy istotnych i aktualnych problemów poznawczo-badawczych z zakresu planowania oraz podejmowania decyzji przez uczestników i podmioty Towarowej Giełdy Energii Elektrycznej (TGEE), w szczególności na Rynku Dnia Następnego (RDN). Autor rozprawy doktorskiej prowadząc dyskurs naukowy uzasadnia, że obecne modele decyzyjne koncentrują się na modelach prognozowania cen i wolumenu energii elektrycznej na rynku hurtowym TGEE, z wykorzystaniem analizy szeregów czasowych. Doktorant nawiązując do tytułu dysertacji doktorskiej wskazuje, że w praktyce modelowania RDN, wprowadzane są również modele identyfikacyjne w tym: symulacyjne i neuronalne. Modele te, również uczące, budowane są na podstawie heterogenicznych wielkości wejściowych i wyjściowych, m.in. takich jak: wolumen energii elektrycznej, średnioważony wolumen ceny zakupu i sprzedaży energii elektrycznej, z uwzględnieniem czynników zewnętrznych (m.in.: ekonomicznych, pogodowych, społecznych), wpływających na bilans energetyczny. Autor dysertacji zwraca uwagę, że obecnie modele identyfikacyjne tworzone są z wykorzystaniem danych półrocznych i rocznych, przy czym ich dokładność można zwiększyć poprzez wprowadzenie w tych okresach nie tylko danych skumulowanych ale także godzinowych. Tym samym, wskazuje, że dotychczasową luką badawczą są rozbieżności pomiędzy rzeczywistym zapotrzebowaniem na modele i metamodely RDN a obecnymi możliwościami funkcjonalnymi modeli identyfikacyjnych, testowanych i adaptowanych przy modelowaniu RDN. Doktorant, wskazuje, że luką badawczą jest także metaidentyfikacja celem uzyskania metamodelu RDN TGE S.A.

Dobór tematyki określonej w tytule dysertacji jest swoiście aktualny, uzasadniony z uwagi na wielowymiarowość czynników kształtujących obecnie TGEE, a także zmiany zachodzące na rynku energii, niestabilność cen i wolumenu energii - nie tylko w Polsce ale także w wymiarze międzynarodowych, co wynika m.in. z pandemii COVID-19 czy obecnego konfliktu zbrojnego, wpływającego na szybką dywersyfikację paliw i energii w Europie a także na całym świecie. Doktorant w sposób uzasadniony stwierdza, że identyfikacja i metaidentyfikacja systemu zarządzania TGEE, dostarczy podmiotom uczestniczącym na tym rynku oraz heterogenicznym interesariuszom/uczestnikom rynku energii elektrycznej - nowych narzędzi decyzyjnych wspierających realizację operacji, przede wszystkim transakcyjnych.

W sposób właściwy, w kontekście tematyki zawartej w tytule dysertacji doktorskiej, Autor opisał segmenty i wyjaśnił mechanizmy rynku energii elektrycznej. Wyjaśnił istotę identyfikacji i metaidentyfikacji systemów TGEE, przeprowadzając S.A. identyfikację RDN TGE S.A., w określonych interwałach czasowych a także metaidentyfikację na podstawie przyjętych parametrów. Wymierną wartością opiniowanej dysertacji doktorskiej było opracowanie modeli symulacyjnych systemu RDN w środowisku SIMULINK oraz określenie ich jakości, a w szczególności: skuteczności i efektywności w zależności od wolumenu energii elektrycznej; skuteczności w zależności od średnioważonej wolumenem ceny energii elektrycznej oraz krzepkości w zależności od wolumenu energii elektrycznej.

Powołując się na powyższą dyskusję przeprowadzoną w tej części opinii stwierdzam, że luka badawcza, problem naukowo-badawczy są aktualne i poprawnie uzasadnione. Zakres poznawczy oraz badawczy wpisuje się w **dyscyplinę Nauk o Zarządzaniu i Jakości**.

2.1. STRUKTURA ROZPRAWY

Zasadniczo układ dysertacji doktorskiej jest logiczny. Opiniowana praca składa się z 238 stron maszynopisu, łącznie z: bibliografią, spisem rysunków, spisem tabel i dołączonymi załącznikami (Dodatkami A, B, C). W pracy, celem podniesienia jej jakości, czytelności uzyskanych wyników badań oraz przeprowadzonych analiz - wprowadzono 35 tabel oraz 62 rysunki. W portfolio bibliograficznym Autor dysertacji doktorskiej wprowadza 262 pozycje bibliograficznych. Wszystkie pozycje bibliograficzne wpisują się w zakres tematyczny rozprawy doktorskiej określony w tytule. Ponadto, należy wskazać, że w portfolio bibliograficznym 143 pozycje są anglojęzyczne.

Zasadnicza część pracy składa się z wprowadzenia, siedmiu rozdziałów zasadniczych oraz podsumowania, wniosków i kierunków dalszych badań. W opiniowanym opracowaniu wprowadzono części: teoriopoznawczą, metodologiczną oraz empiryczną. Treści teoriopoznawcze zasadniczo zostały wprowadzone: 1) w rozdziale pierwszym, którego zakres tematyczny dotyczy struktury podmiotowej, segmentów oraz zakresu działalności TGEE, w szczególności RDN TGE S.A., 2) w rozdziale drugim, w którym na podstawie kwerendy teoriopoznawczej wyjaśniono mechanizmy modelowania identyfikacyjnego systemów TGEE w szczególności dotyczy RDN TGE S.A.. Rozdział trzeci opiniowanej dysertacji uznaje się jako metodyczny. Zaprezentowano przyjętą metodykę - badań identyfikacyjnych i metaidentyfikacyjnych systemu RDN TGE S.A. Kolejne rozdziały: czwarty, piąty, szósty

i siódmy stanowią w większości część merytoryczną. W rozdziale czwartym i piątym przeprowadzono preprocessing danych do modelu identyfikacji i metaidentyfikacji RDN. W rozdziale szóstym zagregowano opisano i zwizualizowano opracowany model symulacyjny RDN TGE S.A. oraz zestawiono wyniki badania wrażliwości systemu RDN.

Rozdział siódmy uznaje się jako podsumowujący, w którym określono jakość modeli w zakresie: efektywności, skuteczności oraz krzepkości.

Poniżej przeprowadzono syntetyczną ewaluację poszczególnych rozdziałów dysertacji doktorskiej.

We „**Wprowadzeniu**” pracy (12 stron), Doktorant podejmuje próbę uzasadnienia wyboru tematyki dysertacji doktorskiej oraz podmiotu i przedmiotu badań. W tej części dysertacji doktorskiej, identyfikuje lukę badawczą, formułuje problemy badawcze (podstawowy naukowy oraz dodatkowy), cel ogólny rozprawy, osiem celów szczegółowych oraz dwie hipotezy badawcze. We wprowadzeniu w sposób syntetyczny zarekomendowano strukturę pracy oraz jej zawartość merytoryczną - jako wynik kwerendy teoriopoznawczej, badań i analiz empirycznych. W tej części pracy uzasadniono także użyteczny charakter opiniowanej rozprawy doktorskiej.

Rozdział pierwszy – **„Rynek Dnia Następnego TGE S.A. jako system zarządzania”** – liczy 14 stron. W sposób syntetyczny ale jednocześnie właściwy w kontekście tematyki określonej w tytule dysertacji doktorskiej, zdefiniowano i opisano strukturę podmiotową oraz przedmiotową rynku energii elektrycznej, uwzględniając jego podsystemy: rynek energii czynnej, techniczny i finansowy. Wskazano i opisano segmenty rynku energii czynnej: kontraktowy, giełdowy i bilansujący, wskazując jednocześnie ich różnice a także ich współzależność i dopasowanie. Zestawiono i w sposób bardzo syntetyczny opisano uczestników rynku energii, w szczególności biorących udział w transakcjach kupna i sprzedaży w segmencie giełdowym (TGEE). Wymierną wartością dyskursu naukowego przeprowadzonego w rozdziale pierwszym, była próba uzasadnienia TGEE jako podstawowego podsystemu Rynku Energii Elektrycznej. Zestawiono podstawowe podmioty TGEE, wielkości charakteryzujące wolumen obrotu energią elektryczną w tym segmencie. Wskazano jego powiązania międzynarodowe. Oczywiście koncentracja poznawcza dotyczy systemu RDN TGE S.A.. Scharakteryzowano strukturę tego rynku. Opisano i wyjaśniono istotę dwóch zasadniczych grup notowań na RDN: godzinowe oraz blokowe takie jak: BASE, PEAK, OFFPEAK, BASE_WEEKEND, PEAK_WEEKEND, OFFPEAK_WEEKEND. Zestawiono obowiązki, uprawnienia i przywileje uczestników RDN TGE S.A.

Charakteryzując TGE S.A. autor dysertacji pominął bardzo istotny segment - Rynek Dnia Bieżącego (RDB), brak uzasadnienia. Pominął także Rynek Uprawnień do Emisji CO² (RUE) oraz Rynek Terminowy i Rynek Praw Majątkowych, związany z mechanizmami wsparcia: OZE, wysokosprawnej kogeneracji, efektywności energetycznej i poszanowania środowiskowego.

Rozdział drugi – **„Modelowanie identyfikacyjne w ujęciu systemowym”** jest zamieszczony na 20 stronach. W tej części dysertacji doktorskiej, optyka poznawcza dotyczy taksonomii modelowania identyfikacyjnego. W sposób bardzo syntetyczny wprowadzono i opisano fazy identyfikacji w ujęciu systemowym. Wskazano metody modelowania identyfikacyjnego. W podrozdziale 2.2., uzasadniono istotę modelowania systemów TGE S.A. Na podstawie kwerendy literaturowej, zwłaszcza periodyków naukowych z zakresu teorii sterowania i inżynierii systemów, w wyniku identyfikacji - zestawiono heterogeniczne klasy modeli. W tym, jednak należy zaznaczyć, że z punktu wartości poznawczej powinny być one objaśnione celem poprawy czytelności dysertacji doktorskiej. Tym bardziej byłoby to istotne w kontekście zestawionych w kolejnej części podrozdziału 2.2, istniejących modeli wykorzystywanych na potrzeby modelowania TGEE, w szczególności w zakresie: 1) modelowania prognozowania cen energii elektrycznej, 2) modelowania kształtowania cen energii elektrycznej, 3) modelowania ustalania cen energii elektrycznej, 4) modelowania szeregów czasowych dotyczących heterogenicznych wskaźników cenowych i wolumenu energii elektrycznej, z wykorzystaniem modeli algorytmizowanych (np. ARMA, GARCH) i modeli budowanych na bazie sztucznej inteligencji (np. modele neuralne, modele mrówkowe, czy systemy rozmyte...). Istotnym z punktu oceny poznawczej modelowania identyfikacyjnego wyróżnionego przez Autora dysertacji systemu RDN TGE S.A., ale również dyscypliny nauk o zarządzaniu i jakości jest identyfikacja systemu RDN w kategoriach inżynierii systemów. Przedstawiono proces modelowania a także metamodelowania systemu RDN, co jest istotne także z punktu wyjaśnienia różnic pomiędzy identyfikacją i metaidentyfikacją, które są kluczowe w niniejszej dysertacji. Wymierną wartością poznawczą rozdziału drugiego jest zestawienie wybranych modeli prognozowania, modeli adaptacyjnych, modeli neuralnych parametrycznych dla których zestawiono ponadto, m.in.: mierniki oceny, horyzont czasowy, referencje oraz środowisko obliczeniowe. Brak w tym odniesieniu informacji o weryfikacji tych modeli i ich implementacji w praktyce biznesu i dla jakich podmiotów uczestniczących na TGE S.A. są one dedykowane.

Rozdział trzeci – „**Metodyka badań identyfikacyjnych**

i metaidentyfikacyjnych systemu Runku Dnia następnego” liczy 21 stron.

W zdecydowanej części jest to rozdział metodyczny. Przedstawiono i opisano osiem kolejnych etapów badawczych, które wpisują się w pełni w zakres tematyczny dysertacji doktorskiej, są kompatybilne z wyznaczonym celem głównym rozprawy a także celami szczegółowymi. W sposób transparentny zestawiono tabelarycznie szczegółowe cele rozprawy, którym odpowiednio przypisano uzasadnione zadania badawcze, pytania badawcze oraz metody badawcze. W rozdziale tym oprócz wartości poznawczej dotyczącej metodologii badań, wyjaśniono i opisano jakościowe oraz ilościowe znaczenie pojęć, takich jak: efektywność, skuteczność oraz krzepkość systemu RDN, oczywiście w kontekście tematyki rozprawy doktorskiej i podjętego problemu badawczego. Niedosyt poznawczy wprowadza brak jednoznacznego uzasadnienia wprowadzonych wielkości w kontekście badania modeli identyfikacji i metaidentyfikacji systemu zarządzania RDN, jako wkład poznawczy w kontekście dyskursu naukowego przeprowadzonego w rozdziałach szóstym i siódmym.

Rozdział czwarty – „**Identyfikacja systemu Rynku Dnia Następnego**

TGE S.A.”, zamieszczony został przez Doktoranta na 38 stronach. W pierwszej części tego rozdziału, przyjęto założenia dotyczące RDN TGE S.A., będące podstawą tworzenia systemowego modelu identyfikacji. W szczególności w przyjętych założeniach wyróżniono : 1) dwa typy strumieni danych notowanych na RDN: łączny wolumen dostarczonej i sprzedanej energii elektrycznej, oraz średnioważona wolumenem cena wszystkich transakcji na RDN; 2) dwa typy strumieni informacyjnych - dotyczące wolumenu energii elektrycznej oraz strumieni finansowych; 3) wielkości wejściowe do modelu: wolumen dostarczonej/sprzedanej energii elektrycznej w poszczególnych godzinach doby oraz przyjęto wielkości wyjściowe modelu: średnioważone wolumenem ceny energii elektrycznej w poszczególnych godzinach doby; 4) zgodnie z częstotliwością notowań na giełdzie i transakcji giełdowych przyjęto godzinowe interwały czasowe w ujęciu dobowym; 5) półroczne (184 dni) i roczne (365 dni) okresy identyfikacji funkcjonowania RDN TGE S.A.; 6) modele parametryczne dyskretnie które mogą podlegać przekształceniu na metamodele parametryczne; 7) dwie zmienne czasowe: identyfikacja dla poszczególnych godzin doby oraz metamodele ciągle w przestrzeni stanów.

Przyjęte założenia, przyjęte parametry, zmienne wejściowe i wyjściowe zostały w rozdziale czwartym w sposób właściwy uzasadnione, zagregowane, opisane jakościowo, jak

również zwizualizowane. W procesie konwersji modelu parametrycznego dyskretnego liniowego na model ciągły liniowy w przestrzeni stanów, utworzono cztery macierze: wewnętrznej organizacji procesu zakupu i sprzedaży energii na RDN TGE S.A., sterowania procesem zarządzania na RDN TGE S.A., oddziaływania wewnętrznej organizacji systemu zarządzania RDN na średnioważoną wolumenem cenę energii elektrycznej oraz sprzężeń systemu RDN z otoczeniem. Przekształcenia modeli parametrycznych przeprowadzono na danych rzeczywistych RDN TGE S.A. w określonych przez Doktoranta przedziałach czasowych.

Rozdział piąty – **„Metaidentyfikacja systemu Rynku Dnia Następnego TGE S.A.”** zamieszczony został przez Doktoranta na 36 stronach. W tej części pracy Doktorant wprowadza procesy metaidentyfikacji systemu RDN. Utworzono katalog 35 dyskretnych modeli parametrycznych arx systemu RDN. Na podstawie tych modeli przeprowadzono identyfikację wtórną – metaidentyfikację.

Wymierną wartością było utworzenie metamodelu neuralnego systemu RDN w środowiskach: MATLAB i SIMULINK

Rozdział szósty – **„Badania symulacyjne, komparatystyczne oraz badania wrażliwości systemu Rynku Dnia Następnego”** zamieszczony został przez Doktoranta na 28 stronach. Rozdział ten jest *stricte* rozdziałem empirycznym. Na podstawie badań własnych opracowano model symulacyjny RDN TGE S.A. Model opracowany w środowisku aplikacyjnym SIMULINK składa się z czterech modeli parametrycznych arx typu MISO. Z kolei, struktura funkcjonalna tego modelu składa się z ośmiu grup subsystemów symulacyjnych, takich jak: 1) separator wolumenu energii elektrycznej; 2) generator efektywności; 3) miernik przebiegu efektywności; 4) miernik błędu względnego krzepkości; 5) separator ceny energii elektrycznej; 6) miernik błędu względnego efektywności pomiędzy modelem i systemem RDN; 7) generator wskaźników oceny jakości modelu (uwzględniając efektywność, skuteczność, krzepkość); 8) model godzinowy systemu RDN. W kolejnych częściach rozdziału szóstego opisano i zwizualizowano poszczególne moduły opracowanego modelu symulacyjnego RDN. W sposób właściwy, uzasadniono wszystkie funkcjonalności. Wymierną wartością opiniowanego rozdziału jest zestawienie wyników badań komparatystycznych, wyników badań wrażliwości modelu RDN, a także wyników badania: 1) efektywności; 2) skuteczności oraz 3) krzepkości. Pozytywnie ocenia się wprowadzone wizualizacje uzyskanych wyników badań.

W ostatnim zasadniczym rozdziale siódmym **„Badanie i interpretacja parametrów oraz badanie jakości modeli”** (liczba stron - 23), uzasadniono, że równowaga systemu RDN TGE S.A., może być osiągnięta, ze względu na stabilność systemu podtrzymywana sterowaniem, m.in. poprzez bieżące dostosowanie w obrębie danej jednostki czasu. Przeprowadzono ocenę jakości opracowanego modelu poprzez określenie dokładności modelu mierzonej miernikiem błędu średniej wartości procentowej MAPE, w kontekście wyznaczonej efektywności, skuteczności i krzepkości. W szczególności, zestawione i zwizualizowane w rozdziale siódmym wyniki badań dotyczą: skuteczności i efektywności w zależności od wolumenu energii elektrycznej; skuteczności w zależności od średnioważonej wolumenem ceny energii elektrycznej oraz krzepkości w zależności od wolumenu energii elektrycznej. Powyższe parametry zostały wyznaczone i zestawione dla określonych przez Doktoranta godzin RDN TGE S.A. - w interwałach dobowo – godzinowych dla prowadzonych obserwacji półrocznych i rocznych.

Ostatnia część rozprawy doktorskiej - **„Podsumowanie, wnioski i kierunki dalszych badań”** liczy 6 stron. Autor, na podstawie zestawionych w rozdziałach zasadniczych rezultatów badawczych uzasadnia realizację celu ogólnego. Wykazano m.in., że osiągnięto stosunkowo wysoką jakość modeli parametrycznych dyskretnych systemu RDN TGE S.A., wzmacnianą modelami neuralnymi, które są wynikiem przeprowadzonej identyfikacji tego systemu. Ponadto, podkreślono, że uzyskano katalog 35 modeli parametrycznych, które był podstawą dla metaidentyfikacji, której wynikiem są parametryczne modele metaidentyfikacyjne oraz metamodel neuralny systemu RDN TGE S.A. W tej części rozprawy doktorskiej ponownie uzasadniono i potwierdzono pozytywną weryfikację sformułowanych hipotez badawczych. Pozytywnie ocenia się dyskurs naukowy wprowadzony w tej części pracy doktorskiej. Potwierdza się, że opracowane modele mogą stanowić źródło danych wejściowych i wyjściowych oraz reguł uczących - w budowie bazy wiedzy systemu RDN TGE S.A.

Skumulowane wyniki nadań zestawiono w trzech Dodatkach A, B, C.



2.2. OCENA FORMALNA I REALIZACJA METODYCZNA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Układ pracy, podział na rozdziały i podrozdziały, uznaje się za dość poprawne. W większości zachowano proporcje pomiędzy poszczególnymi częściami poznawczymi i empirycznymi opiniowanej dysertacji doktorskiej. Oceniając stronę formalną pracy, pozytywnie ocenia się jej przejrzystość, jakość rysunków, tabel, portfel narzędziowy a także wprowadzoną wizualizację wyników o wysokiej częstotliwości. Wprowadzona wizualizacja wyników badań wzmacnia wartość poznawczo-badawczą ocenianej dysertacji. Autor posługuje się poprawnym językiem polskim a redakcja pracy jest wzorcowa.

Z kolei, dobór metod badawczych jest w pełni uzasadniony, w odniesieniu realizowanych celów pracy: ogólnego i szczegółowych oraz weryfikowanych dwóch hipotez rozprawy. W sposób trafny a zarazem uzasadniony, przeprowadzono identyfikację na podstawie modeli parametrycznych dyskretnych systemu RDN, a także metaidentyfikację wzmacnianą narzędziami neutralnymi klasy AI. Opracowany i zastosowany portfel narzędzi i metod badawczych potwierdza w pełni dojrzałość badawczą Doktoranta.

3. Ocena merytoryczna

W ocenie merytorycznej należy podkreślić, że cel ogólny rozprawy oraz cele szczegółowe zostały zrealizowane. Na podstawie kwerendy literaturowej przeprowadzono studium poznawcze Rynku Energii Elektrycznej w Polsce, ze szczególnym uwzględnieniem - umiejscowienia na tym rynku - TGE S.A. (cel szczegółowy 1). Ponadto, na podstawie literatury przedmiotu, obserwacji własnych oraz badań jakościowych uzasadniono istotę identyfikacji, w szczególności w segmencie TGEE, przeprowadzono przegląd modeli wspomagających zarządzanie TGE S.A, przeprowadzono krytyczny przegląd literatury w zakresie modeli systemu RDN (cel szczegółowy 2). Z kolei, na podstawie badań jakościowych, wprowadzono syntetyczny opis procesu badawczego przyjętego przy realizacji celów rozprawy doktorskiej. Określono czynniki, które uzasadniają ujęcie systemowe systemu RDN. Określono istotę pomiaru skuteczności, efektywności i krzepkości modeli systemu RDN (cel szczegółowy 3). Na podstawie badań empirycznych identyfikacji i oceny TGEE, przyjęto założenia dotyczące identyfikacji systemu RDN. Opracowano modele matematyczne identyfikacji systemu RDN, określono poziom zarządzania oraz poziom wewnętrznej organizacji systemu RDN (cel szczegółowy 4). Na podstawie badań empirycznych metaidentyfikacji oraz modeli uczących

przeprowadzono metaidentyfikację systemu RDN (cel szczegółowy 5). W części empirycznej realizując kolejny cel szczegółowy, opracowano modele symulacyjne systemu RDN oraz przeprowadzono badania efektywności, skuteczności oraz krzepkości (cel szczegółowy 6). Dokonano także interpretacji modeli parametrycznych oraz modeli zmiennych stanu (cel szczegółowy 7). Realizując ostatni cel szczegółowy, Doktorant przeprowadza dyskurs naukowy oraz formułuje wnioski na podstawie uzyskanych rezultatów badań oraz ustala kierunki kontynuacji prac naukowych w zakresie tematycznym dysertacji (cel szczegółowy 8). Realizując wszystkie cele szczegółowe uznaje się, że zrealizowany został cel ogólny dysertacji doktorskiej – przeprowadzenie modelowania identyfikacyjnego i metaidentyfikacyjnego w kategoriach systemu RDN.

Ponadto, w kontekście oceny merytorycznej pracy doktorskiej, pozytywnie ocenia się dojrzałość Autora w formułowaniu i w rozwiązywaniu problemów, celów, częściowych zadań badawczych. Ponadto, pomiar jakości i dokładności opracowanych modeli i uzyskane wyniki są potwierdzeniem pozytywnej weryfikacji sformułowanych hipotez badawczych.

Pozytywnie ocenianymi walorami recenzowanej rozprawy doktorskiej są:

- trafny i praktycznie użyteczny wybór tematu badawczego,
- duża wnikliwość i intuicja badawcza,
- łatwość formułowania problemów naukowych, łatwość formułowania wniosków,
- duża wnikliwość przy weryfikacji sformułowanych hipotez badawczych,
- wysoka jakość przeprowadzonych badań naukowych, oraz wizualizacji wyników badań.

4. Oceny, uwagi krytyczne i polemiczne

Po przeprowadzeniu wnikliwej analizy całej rozprawy doktorskiej, jak również z obowiązku recenzenta, który to nakłada na mnie dokonanie globalnej oceny merytorycznej, poddaję pod uwagę oraz dyskusję główne kwestie:

1. Proszę jednoznacznie wyjaśnić znaczenie skuteczności, efektywności i krzepkości. Jakie występują relacje i co odróżnia te parametry. Dlaczego tylko skuteczność analizowana była w zależności średnioważonej wolumenem ceny energii elektrycznej?
2. Które z modeli TGEE zestawionych w tabeli 2.1 są stosowne w praktyce biznesu TGE S.A i przez jakie podmioty/uczestników rynku energii elektrycznej w segmencie giełdowym?



3. Jak i w jakich *stricte* obszarach decyzyjnych, opracowane modele wspomagają zarządzanie firmami uczestniczącymi na rynku energii elektrycznej w segmencie giełdowym, zarówno po stronie popytowej, podażowej a także operacyjnej?
4. Proszę uzasadnić użyteczność opracowanych modeli. Czy opracowane modele były testowane i podlegały walidacji oraz weryfikacji w warunkach rzeczywistych funkcjonowania podmiotów TGE S.A.?

Pozostałe uwagi wprowadzone we wcześniejszych częściach niniejszej opinii mają wymiar formalno-dyskusyjny.

5. Ocena kwalifikacyjna

Recenzowana praca doktorska dotyczy ważnego problemu o istotnym znaczeniu nie tylko poznawczym ale również gospodarczym. Opracowane modele identyfikacji i metaidentyfikacji systemu zarządzania RDN TGE S.A., stanowią *novum* metodologiczne oraz systemowe, w zakresie zarządzania w segmencie giełdowym, wolumenem energii elektrycznej po stronie popytowej, podażowej a także operacyjnej. Są odpowiedzią na rosnące wciąż zapotrzebowanie rynkowe na nowoczesne narzędzia, które wspierają procesy decyzyjne, przede wszystkim zakupowo-sprzedażowe - heterogenicznych uczestników rynku TGEE. Rozpoznanie obecnych metod, narzędzi, technik zarządzania wolumenem energii elektrycznej na giełdowym rynku energii, opracowanie innowacyjnego rozwiązania modelowania systemu RDN TGE S.A, oraz przeprowadzone symulacje, **potwierdzają wartość poznawczą, empiryczną i użyteczną dysertacji doktorskiej**. Podając zatem, ocenie kwalifikacyjnej całość pracy uważam, że Doktorant wykazał się bardzo dobrą ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie Nauk o Zarządzaniu i Jakości. Nabył umiejętności samodzielnej pracy naukowej. Rezultat ostateczny przedłożonej dysertacji stanowi oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego. Wprowadzone uwagi mają jedynie charakter swoiście dyskusyjny.

Stwierdzam, że przedstawiona praca odpowiada wymaganiom stawianym rozprawie doktorskiej, zgodnie z zapisem zawartym w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.). Wobec tego **wnoszę o przyjęcie recenzowanej dysertacji doktorskiej i dopuszczenie Pana mgr Radosława Marłęgi do obrony**.

Robert Kucęba

