

prof. dr hab. inż. Zdzisław Kowalczyk
profesor zwyczajny
Katedra Systemów Decyzyjnych i Robotyki
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
Politechnika Gdańska
ul. Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk

15 grudnia 2023

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
Biuro Rady Dyscypliny
Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika
i Technologia Kosmiczna

wpłynęło dnia 10.01.2024.

nr zał.

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
DLA RADY DYSCYPLINY AUTOMATYKI, ELEKTRONIKI I
ELEKTROTECHNIKI I TECHNIK KOSMICZNYCH
POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ**

Tytuł rozprawy: „Zastosowanie systemów rozmytych do oceny jakości modeli na potrzeby wirtualnego rozruchu systemów automatyki przemysłowej”

„

Autor rozprawy: mgr inż. Łukasz Głodek
Promotor: dr hab. inż. Witold Nocoń
Promotor pom.: dr inż. Aneta Szyda

-
- 1. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrywane w pracy (teza rozprawy) i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?**

Przedmiotem przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej jest istotne przemysłowo oraz technicznie zagadnienie projektowania systemów automatyki, a w szczególności wspierania inżyniera produkcji w uruchamianiu konkretnych obiektów, stanowisk i linii produkcyjnych. Doktorant skupia się przede wszystkim na problematyce oceny jakości modeli na potrzeby wirtualnego rozruchu systemów automatyki przemysłowej.

Od wielu lat do warsztatu naukowców wprowadzane są coraz to nowsze aspekty i problemy w zakresie projektowania systemów automatyki, motywowane nowymi koncepcjami naukowymi i możliwościami nowoczesnych technologii. W wielu wypadkach chętnie korzystamy z dziedziny sztucznej inteligencji, choć w obszarze przetwarzania danych i sygnałów oraz przekazywania informacji, ciągle atrakcyjne są klasyczne podejścia analityczne.

Specyficzne zagadnienie badawcze recenzowanej dysertacji, związanej z praktycznymi aspektami przemysłowymi, obejmuje szereg podstawowych aspektów wiążących się tematyką projektowania zaawansowanych systemów automatyki oraz ich wdrażania. Oznacza to, że praca ma charakter praktyczny, przemysłowy oraz doświadczalny, choć warsztat i przedmiot rozprawy obejmuje również fundamentalne zagadnienia teoretyczno-matematyczne.

W swojej dysertacji doktorant proponuje zatem specjalistyczne matematyczne narzędzia oparte na sztucznej inteligencji (systemach ekspertowych i rozmytych) w celu rozwiązania problemu selekcji-optymalizacji modeli matematycznych dobieranych do symulacyjnego uruchamiania procesów automatyki.

Istotność zagadnienia związana jest z potrzebą zwiększania ilości i jakości produkcji, szybkości uruchamiania nowych linii oraz bezpieczeństwa procesów technologicznych. Nowoczesne linie produkcyjne stają się coraz bardziej złożone strukturalnie i systemowo, co stawia coraz większe wymagania zespołom wdrożeniowym, które zmuszone są do szybkiego modelowania, testowania i walidacji takich systemów automatyki. Odpowiedzią na to zapotrzebowanie są techniki symulacji dotyczące specjalistycznych działań, objętych przez procesy wirtualnego uruchamiania – ang. *Virtual Commissioning* (VC). Podobnie jak znane różnego rodzaju techniki symulacji, działanie takie pozwala na wczesnym etapie projektowania dokonać analizy działania systemu oraz identyfikacji usterek i wąskich gardeł procesu produkcyjnego. Wirtualnie uruchomienie pozwala też na wczesne szkolenie operatorów linii.

Doktorant Łukasz Głodek w swojej rozprawie rozpatruje zatem zagadnienie oceny jakości modelu na potrzeby symulacji wirtualnego rozruchu systemów automatyki przemysłowej, uwzględniając przy tym swoje zamierzenie, polegające na prezentacji aktualnych wyzwań i perspektyw w wyżej wymienionym kontekście.

Teza mówiąca, że *połączenie informacji pochodzącej z różnych miar jakości modelu wsparte wnioskowaniem rozmytym pozwala na należyte uwzględnienie dziedzinowej wiedzy eksperckiej dotyczącej modelowania i wirtualnego uruchamiania systemów automatyki przemysłowej*. Na tej podstawie doktorant wskazał dwa cele: budowę systemu wnioskowania rozmytego (VCMF) do oceny jakości analizowanego modelu, z wykorzystaniem przedmiotowej wiedzy eksperckiej. Tak sformułowana teza, pracy postawiona na stronie 15, wyrażona jest wystarczająco jasno. W świetle badań naukowych oraz znanych wyników teoretycznych i praktycznych, teza ta jest bardzo prosta i konkretna oraz całkowicie uzasadniona i ważna praktycznie. Krótka motywacja wprowadzająca do niej jest całkowicie wystarczająca.

W swojej istocie zaprezentowana rozprawa skupiona jest przeglądzie literatury i wiedzy oraz zastosowaniu wniosków do opracowania użytecznego kryterium doboru modeli matematycznych do technologicznego procesu uruchamiania systemów automatyki.

Uwzględniając techniczno-inżynierską i dużą przemysłową wagę rozważanego zagadnienia projektowania zaawansowanych systemów wirtualnego uruchamiania procesów przemysłowych, tematykę rozprawy Pana Łukasza Głodka należy zaliczyć do ważnych przemysłowo, naukowo, oraz technologicznie.

2. Czy w rozprawie przeprowadzono analizę źródeł we właściwy sposób (w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle), świadczący o dostatecznej wiedzy autora? Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?

Poza krótką motywacją i pokazaniem kierunku działania, Autor dysertacji zastosował bardzo obszerne wprowadzenie do tematyki zawarte w złożeniu dwóch pierwszych rozdziałów (str. 17-82), zawierających informacje na temat zagadnienia symulacji i wizualizacji, matematycznych metod oceny jakości modeli i metodologię logiki rozmytej (rozdział 2) oraz materiał badawczy związany z analizą i przetwarzaniem danych (rozdział 3), z elementarną dyskusją. Na końcu tej części, jako p. 3.3 (str. 82-94)

pojawia się główny element dla dysertacji i klucz do rozwiązania problemu VC, a mianowicie współczynnik jakości modelu oparty na logice rozmytej.

Doktorant przeprowadził w ogólności poprawną analizę i rekolekcję światowych źródeł literaturowych w zakresie wyników naukowych dotyczących oceny jakości modeli wirtualnych. Zgromadzony materiał przeglądowy dobrze świadczy o stopniu opanowania dziedzinowej wiedzy przez doktoranta.

Dokonane wprowadzenie jest całkowicie wystarczające i ściśle skupione na postawionym konkretnym zadaniu VC. Dobrze określono podjętą tematykę, podano tezę i cele badawcze, jak również elementarne szczegóły proponowanego rozwiązania.

Praca jest bardzo bliska rozprawom wdrożeniowym, z minimalnym własnym wkładem teoretycznym (aczkolwiek centralnym oraz istotnym dla dysertacji). Prawdopodobnie dlatego brak jest znaczących publikacji związanych z pracą nad doktoratem (poza materiałem konferencyjnym APD'2022). Pominąwszy drobne przeoczenia i niedopracowanie, wnioski zaczerpnięte ze źródeł bibliograficznych nie budzą zastrzeżeń. Również sposób wykorzystania cytowanych pozycji literaturowych w dysertacji jest w ogólności poprawny. W recenzowanej pracy, przy uważnym czytaniu, nie ma wątpliwości, gdzie zaczyna się udział własny. Jednak wplatanie w rozdział przeglądowy własnego opracowania nie jest zalecane. W takiej sytuacji też uderza brak należytego podsumowania w rozdziale 2, a zwłaszcza w 3. Merytoryczny rozdział 4, zdający sprawę z badań praktycznych, również nie ma podsumowania.

Praca ogólnie liczy 141 stron, merytoryczna dla dysertacji część przedstawiona jest na 44 stronach (82-122), zaś spis bibliograficzny obejmuje 121 pozycji, wraz z jedną pracą współautorską.

3. Czy autor rozwiązał postawione zadania, czy użył właściwej do tego metody, oraz czy przyjęte założenia są uzasadnione?

W ramach szeroko rozumianego zagadnienia projektowego związanego z wirtualnym uruchamianiem systemów automatyki (WU/VC), występuje ważny etap związany z optymalizacją, doбором i weryfikacją modeli matematycznych uruchamianego obiektu. Potrzebne są tu odpowiednie kryteria jakości, które pozwolą na ścisłą, ilościową ocenę analizowanych wariantów. Stosowane miary lub standardy mają różny charakter, rozmaite interpretacje i skuteczność oraz różnorodny zakres dziedzinowy. Wybór optymalnej normy nie jest oczywisty. Natomiast we wszelkiego rodzaju procesach optymalizacji, najlepszym rozwiązaniem okazuje się zastosowanie kilku kryteriów jednocześnie (np. w typowym wieloparametrycznym projektowaniu wielokryterialnym).

W procesie poszukiwania adekwatnych rozwiązań, doktorant wykorzystał elementy analizy szeregów czasowych, modelowania, wnioskowania rozmytego i statystycznej analizy danych pomiarowych. Na początku pracy (2.1) doktorant opisał aktualne techniki symulacji, zaś dalej (2.2) zebrał wiedzę nt. powszechnie wykorzystywanych miar jakości. Biorąc pod uwagę specyficzność modeli oraz wiedzy w zakresie VC rozruchu automatyki przemysłowej, doktorant opracował własną procedurę projektową obejmującą metodologię wstępnego przetwarzania danych, opracowania modelu oraz oceny jego jakości. Wstępne przetwarzanie oraz analiza matematyczna (interpretacja statystycznej i analiza szeregów czasowych) pozwoliła na zapewnienie odpowiedniej jakości danych pomiarowych (fizycznych i symulacyjnych).

Głównym zadaniem autora było zatem pokazanie sposobu dochodzenia do właściwego (optymalnego) modelu matematycznego, który będzie spełniał kryteria wymagane przy wirtualnym uruchamianiu i testowaniu oraz diagnozowaniu systemów.

Na podstawie szczegółowej lektury rozprawy można uznać, iż jej autor rozwiązał postawione zadanie – wykazując się przy tym: umiejętnością skupienia się na wybranym aspekcie projektowania systemów automatyki, udokumentowanym opanowaniem wiedzy dziedzinowej, znajomością studiowanego problemu modelowania i wirtualnego uruchamiania obiektów przemysłowych, opanowaniem materiału teoretycznego i technicznego, z uwzględnieniem wiedzy technologicznej, dobrze rozwiniętym warsztatem naukowo-technicznym, umiejętnością doboru założeń badawczych, definiowania kierunków badań, projektowania i implementacji systemów technicznych, formułowania wniosków, i rozwiązywania postawionych zadań, jak również opanowaniem środowiska CPS (*Cyber-Physical systems*), umiejętnością weryfikacji osiągniętych rezultatów oraz profesjonalizmem w realizacji obliczeń oraz prowadzeniu testów laboratoryjnych.

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Można stwierdzić, że zgodnie z postawioną tezą i zamierzonymi celami badawczymi rozprawy doktorskiej, jej autor oraz osiągnął kilka oryginalnych wyników w zakresie wykorzystania wiedzy matematycznej i eksperckiej z przedmiotowego zakresu VC, służącego uruchamianiu systemów produkcyjnych.

Do dowodów kwalifikacji naukowych i techniczno-technologicznych posiadanych przez doktoranta, pozwalających na jego pracę zarówno indywidualną oraz w zespołach naukowych, dochodzi opanowanie przez niego warstwy merytorycznej w zakresie podstaw matematycznych problematyki jakości modeli procesów automatyki oraz umiejętność prowadzenia badań eksperymentalnych na poziomie przemysłowym.

Doktorant dokonał usystematyzowania wiedzy nt. powszechnie stosowanych miar jakości modeli oraz zaproponował użycie metody rozmytego systemu TSK (Takagi-Sugeno-Kanga), nazwanej utylitarnie współczynnikiem VCMF, do oceny jakości modelu, gdzie w naturalny i standardowy sposób można agregować wiele kryteriów w jedno.

W szczególności, konstrukcja miary VCMF, posadowionej na systemie TSK wnioskowania rozmytego, oparto na rozmytej agregacji wybranych czterech wskaźników (NR MSE, MAE, ME, oraz MIA) z efektywnym wykorzystaniem dziedzinowej wiedzy eksperckiej i możliwą dynamiczną/elastyczną rozbudową.

Miara VCMF pozwoliła na uporządkowanie modeli według dopasowania (do grupy modeli dopasowanych i niedopasowanych). Przyjęty przy tym próg odcięcia w tej kwalifikacji dobrany został za pomocą mieszaniny Gaussowskiej (GMM), zaś uzyskane wyniki zostały zanalizowane i porównane z innymi miarami.

Wskaźnik VCMF został opracowany jako narzędzie służące selekcjonowaniu modeli dobrych w kategorii funkcjonalności dla procesu wirtualnego uruchamiania, które są wierne wejściowo-wyjściowo względem obiektu rzeczywistego w rozważanym układzie eksperymentu VC.

Współczynnik VCMF został przetestowany na danych pomiarowych zdjętych z przenośnika pasowego, które zostały poddane wstępnemu przetwarzaniu z użyciem metod statystycznej analizy danych oraz na danych symulacyjnych kaskadowego układu zbiorników wodnych o wahadła.

Wskaźnik VCMF, dotyczący relacji matematycznych i opracowany dla oceny jakości symulacyjnych modeli linii produkcyjnej, stanowi zatem kluczowy element

pracy oraz jej zasadniczy wynik i składnik odpowiedzi na postawione zadanie. Ten aspekt pracy pozwala też na jej ulokowanie na poziomie standardowej dysertacji (choć z silnymi znamionami pracy wdrożeniowej). Z drugiej strony, norma VCMF stanowi też główną wartość dodaną (również w opinii doktoranta).

Z zaprezentowanego raportu wynika duża sprawność doktoranta w prowadzeniu innowacyjnych prac badawczo-projektowych uwzględniających elementy teoretyczne i praktyczne narzędzia inżynierskie do modelowania i symulacji systemów automatyki.

Uwzględniając powyższe, uważam, że mgr inż. Łukasz Glodek dowiódł postawionej tezy i zrealizował cel rozprawy oraz wykazał się wiedzą i umiejętnością rozwiązywania zagadnień naukowych i technicznych w zakresie projektowania, modelowania i wirtualnego uruchamiania zaawansowanych systemów automatyki.

5. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)?

Na podstawie lektury rozprawy można powiedzieć, że doktorant posiadał należytą umiejętność korzystania z teorii i technik zaczerpniętych z literatury oraz wnoszenia własnych pomysłów w celu rozwiązania postawionego zadania, jak również dostateczną zdolność zwięzłego i jasnego przedstawiania uzyskanych wyników.

Przegląd literaturowy i spis literatury zostały dobrze opracowane. Całość raportu dokumentuje wkład doktoranta i uzyskane przez niego wyniki. Ogólnie prezentuje się wiarygodnie. Zewnętrzna struktura pracy jest w miarę akceptowalna (z ww. uwagą co do sposobu prezentacji własnych osiągnięć i podsumowania wyników). Zazwyczaj autor daje przegląd niezbędnych podstaw i prezentuje własną konstrukcję lub modyfikację. Czasami jednak brak należytego wyważenia lub podsumowania najważniejszych treści.

Całość raportu, przygotowanego w języku polskim, nie daje pełnego wrażenia solidnie skomponowanej pracy. Porządek rzeczy wewnątrz poszczególnych rozdziałów posiada w miarę odpowiednią strukturę. Zastosowany w raporcie język techniczny jest ogólnie zrozumiały i w miarę jasny (bez natrętnych zwrotów slangowych, które często rażą w pracach wdrożeniowych).

Ogólnie omawiana praca doktorska (o charakterze głównie wdrożeniowym, z elementami teoretycznej innowacji), dotycząca innowacyjnej dziedziny w technologii produkcji i automatyce przemysłowej o ważnych gospodarczo perspektywach, prezentuje się pod względem merytorycznym dobrze. Nie dostrzegłem propozycji kierunków dalszych badań.

6. Jaka jest charakterystyka rozprawy, jej słabe strony i główne wady?

Metoda jest prosta w swojej filozofii i takież jest wynik, ale jednocześnie trzeba przyznać, że przedstawione opracowanie jest dość uniwersalne oraz że zostało uzyskane jako metodologiczne opracowanie łączące wiedzę z zakresu statystyki, analizy danych, analizy przebiegów czasowych, metod optymalizacji, systemów rozmytych, wiedzy eksperckiej, metod identyfikacji oraz systemów automatyki oraz przede wszystkim wyników związanych z wirtualnym i rzeczywistym rozruchem systemów automatyki i linii produkcyjnych oraz problemów szkolenia operatorów takich procesów.

Dodatkowo, należy docenić funkcjonalność wyników w perspektywie ich przemysłowego wdrażania w zainteresowanej firmie w zakresie analizy danych, wyboru

cech i klasy modelu oraz jego oceny za pomocą narzędzia CVMF (m.in. zastosowanie tego wskaźnika w przewidywaniu i we wczesnym ostrzeganiu o awariach na linii produkcyjnej w ramach grantu NCBiR). Poza tym, przedstawiony raport może też w pewnej mierze służyć jako podręcznik dla inżynierów w przemyśle.

Modele matematyczne wchodzą do głównego nurtu prac. Dlatego powtórzę w tym miejscu wadę metodologiczną, jaką jest brak odniesienia do pojęć – poziomów wierności (replikacyjnego, predykcyjnego i strukturalnego) powszechnie znanych w modelowaniu matematycznym, jak również definicyjnego (systemicznego) rozróżnienia pojęć takich jak: system, układ, model, proces czy algorytm, albo ocena i ewaluacja, zarządzanie, nadzór, monitorowanie, diagnostyka...

Należy też zauważyć, że skrót **VCMF** nie jest dobrze wybrany (bliżej byłoby → **FMVC**: *Fuzzy-Model Virtual-Commissioning coefficient* LUB *Fuzzy-Model-based Virtual Commissioning coefficient* ALBO bliżej symbolicznie **VCFM**: *Virtual Commissioning based on Fuzzy-Model Coefficient* ALBO z tymże **VCFM**, ale jeszcze dokładniej: *Coefficient for estimating Virtual Commissioning based on Fuzzy-Model*.

W związku z konstrukcją najbardziej istotnego dla pracy wskaźnika VCMF brakuje nawiązania w p. 3.3 i dyskusji na temat ujednolicenia zakresów wartości kryteriów składowych pokazanych w tab. 2.2: [0,1] oraz [0,+∞). Niedopracowana dyskusja nad rys. 3.7 –niejasne (względem tab. 2.2) położenie w kategoriach NRMSE dobrego modelu (blisko 0, zamiast blisko 1), albo niepoprawny podpis pod rysunkiem.

Poza wspomnianymi w tekście recenzji niedociągnięciami, w dysertacji wskazać też można inne usterki wymienione poniżej.

Rozdziały tej rozprawy doktorskiej nie mają podsumowania. Dlatego trudno jest do końca ocenić umiejętność jasnego przedstawiania wniosków, uogólniania, właściwej strukturalizacji i uporządkowania tekstu i zawarcia rzeczy niezbędnych bez powtórzeń.

Tytuły (pod)rozdziałów powinny być bardziej opisowe i informacyjne (a nie jedno słowo, np. 4. Wyniki), dając czytelnikowi pracy lepszy wgląd w materiał. Pojawiają się też nieinformacyjne lub powtarzające się podpisy pod rysunkami.

Brak wykazu oznaczeń (zmiennych, funkcji, relacji, operatorów), który pomógłby autorowi usystematyzować obszerny materiał przeglądowy a czytelnikowi łatwy odbiór tych treści. Byłoby to dużo ważniejsze niż całkowicie nieużyteczny spis tabel i rysunków (ale łatwy do wygenerowania w LaTeXu). Ponadto w materiale przeglądowym (+ rozdział podsumowujący) mieści się sporo oczywistości i powtórzeń.

Choć dysertacja została ogólnie w miarę dobrze zredagowana i nie ma wielkich potknięć strukturalnych, jednak przejrzystość przekazu mogłaby zostać znacznie poprawiona poprzez poszerzenie powierzchownego opisu stanowisk badawczych, zastosowanie odpowiedniej strukturalizacji tekstu, przez kompilację kompletnego spisu akronimów (brak np., IRQ, ...), czy eliminację innych wad edytorskich: takich jak „puste nagłówki”, „sieroty” paragrafowe i „osierocone” wzory, czy „wdowie” linijki (kończące myśl na następnej stronie), braki definicyjne i referencyjne, liczne powtórzenia (zwłaszcza we wprowadzającej części przeglądowej), nieprecyzyjna analiza, nieodpowiednie słownictwo („stwarzać” zamiast opracować, budować, implementować, realizować, ...). nazbyt kwiecisty styl („idee różnią się kierunkowością przepływu”), błędy lub niespójności przy edycji wzorów: (2.11), (2.16), (2.19), (2.20), (2.25), niestandardowe dla technicznych tekstów oznaczenie wektorów i ich transpozycji, nieujednolicony opis przedziałów domkniętych ($\leq$, $[]$); procedury powinny być opisane w innym foncie.

Czytelnik też często trafia na niezbyt przejrzysty lub niespójny opis. Pojawiają się też niedociągnięcia w logice wywodu lub precyzji opisu, skróty myślowe albo truizmy

(„kopia obiektu, oparta na zebranych danych”, „połączenie modelu ze środowiskiem 3D”, „obiekty nieuporządkowane”), które składają się na nadmiarowość, niezgrabność lub trywialność prezentowanego opisu. Nie zawsze wiadomo do czego autor zmierza: w tekście pojawiają się bez konkluzji zaczerpnięte z literatury partie (listy, wzory, tabele), które nie są dalej omawiane.

Sporadycznie zdarzają się duże, pół-stronicowe paragrafy i przydługie zdania oraz przerywające tok wyводу wielolinijkowe nawiasowe wtrącenia w jeszcze dłuższym zdaniu. Stosowanie zaimka odnoszącego się do poprzedniego paragrafu. Do tego dochodzą drobne błędy redaktorskie: ortograficzne, interpunkcyjne oraz gramatyczne i składniowe.

Oczekując dalszego rozwoju doktoranta, szkicowo przekazuję powyższe szczegółowe uwagi, które powinny przysłużyć się uzyskaniu wyższej jakości raportów i prezentacji w naukowych i dydaktycznych pracach oraz publikacjach podoktorskich, którą można osiągnąć poprzez zwiększenie nacisku na logikę wywodów, poprawność stylu, kompletność informacji, spójność matematyczną, przejrzystość konstrukcji wypowiedzi, lepszą strukturę raportu i stosowanie innych dobrych praktyk.

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Konkludując, rozprawa dotyczy nowoczesnych teorii systemów, automatyki i robotyki, modelowania, przetwarzania obrazów oraz sztucznej inteligencji, których integracja pozwala na budowę inteligentnych produktów, jak zaawansowane systemy wspierania kierowcy. Przydatność prac badawczych, związanych z poprawieniem bezpieczeństwa w komunikacji samochodowej, dla nauki i gospodarki oraz rozmaitych społecznych kontekstów zastosowań wytworów techniki jest bardzo duża, tak poznawczo, jak i aplikacyjnie. Poprzez przeprowadzone testy z wykorzystaniem opracowanych modeli kamer wizyjnych autor dostarczył dowodów użyteczności swoich opracowań.

Wyniki pracy w postaci zweryfikowanego rozwiązania inżynierskiego mają duże znaczenie dla nauk technicznych. Krytyczne uwagi redakcyjno-edytorskie nie wpływają na wysoką ocenę zakresu oraz oryginalnych merytorycznych osiągnięć naukowo-badawczych doktoranta, zawartych w recenzowanej rozprawie, oraz pozytywną ocenę pracy, która całkowicie spełnia wymagania (wdrożeniowej) rozprawy doktorskiej.

8. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

- (a) nie spełniająca wymagań stawianych rozprawom doktorskim,
- (b) wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania,
- (c) spełniająca całkowicie wymagania,
- (d) spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem,
- (e) wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie.

ZKowalczyk