



POLITECHNIKA POZNAŃSKA
INSTYTUT TECHNOLOGII MECHANICZNEJ
ZAKŁAD PROJEKTOWANIA TECHNOLOGII

Prof. dr hab. inż. Stanisław LEGUTKO
profesor zwyczajny, prof. h. c.

ul. Piotrowo 3 60-965 Poznań
tel. (0-61) 665-25-77, fax (061) 665-22-00
e-mail: stanislaw.legutko@put.poznan.pl

Poznań, 28.08.2019r.

Recenzja nr 43/dr/SL

rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartosza SKOBIEJA pt. *Szeregowanie zadań w systemach produkcyjnych z wykorzystaniem hybrydowego algorytmu genetyczno-rozmytego z symulacją*

Podstawa opracowania recenzji: pismo prodziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie dra hab. inż. Krzysztofa Danileckiego nr WIMiM/319/2019 z dnia 05.07.2019 oraz stosowna umowa o dzieło

1. Analiza rozprawy

Recenzowaną rozprawę doktorską, z naukoznawczego punktu widzenia, można usytuować przede wszystkim w tzw. warstwie metodycznej współczesnej szeroko rozumianej inżynierii mechanicznej. W analizowanym przypadku - w jej fragmentach określanych, jako racjonalizacja szeregowania zadań w systemach produkcyjnych. Identyfikacja usytuowania niniejszej pracy na tym tle oraz zarysowanie głównych dróg rozwoju tego obszaru, w którym ona się mieści, pozwoli na osądzenie, czy Autor trafnie wybrał tematykę badawczą.

W drugiej dekadzie XXI wieku jesteśmy świadkami i niekiedy również uczestnikami tzw. czwartej rewolucji przemysłowej nazywanej Przemysł 4.0 (w oryginale Industrie 4.0) zgodnie z propozycją grupy roboczej kierowanej przez Siegfrieda Daisa z firmy Robert Bosch GmbH, która przedstawiła rządowi federalnemu Niemiec zestaw zaleceń wdrożeniowych tej koncepcji w kwietniu 2013 roku. Jak wiadomo, Przemysł 4.0 to zbiorcze pojęcie oznaczające integrację inteligentnych maszyn, systemów oraz wprowadzanie zmian w procesach produkcyjnych mających na celu zwiększanie wydajności i ekonomicznej efektywności wytwarzania oraz implementację możliwości elastycznych zmian produkowanego asortymentu. W tym kontekście, idea Przemysł 4.0 polega więc na integracji ludzi oraz sterowanych cyfrowo maszyn z Internetem i technologiami informacyjnymi. Oprócz wirtualizacji, za kluczowe elementy składowe koncepcji Przemysł 4.0 uważane są: Internet rzeczy, praca w chmurze obliczeniowej, uczenie maszynowe oraz analityka dużej liczby danych (ang. *Data Science & Big Data*). Tak więc, idea Przemysł 4.0 jest próbą wprowadzenia do sfery wytwórczej wielu nowoczesnych metod zarządzania, a także wytwarzania. Jest to szczególnie ważne w przypadku małych i średnich przedsiębiorstw, które są fundamentem naszej ekonomii, a ich zaawansowanie informatyczne w większości przypadków, nie odpowiada możliwościom naszych czasów, na czym cierpi ich konkurencyjność i zdolność rozwojowa. Na podstawie moich własnych obserwacji stwierdzam, że sprzężenie zwrotne między oprogramowaniem służącym harmonogramowaniu produkcji, a identyfikacją stanu produkcji w czasie rzeczywistym, nie jest jeszcze obecnie realizowane lub występuje w małym zakresie, zwłaszcza w przypadku małych i średnich przedsiębiorstw. Zgadzam się z opinią Doktoranta, że wiele współczesnych implementacji tzw. zintegrowanych systemów informatycznych (np. klasy ERP), nie wykonuje oczekiwanych funkcjonalności w zakresie przekazywania danych pomiędzy modułami aplikacji, a więc również pomiędzy komórkami wewnątrz przedsiębiorstwa. Profesor Ryszard Knosala podsumowując ten stan rzeczy stwierdza, że

współczesne wdrożenia metod sztucznej inteligencji w inżynierii mechanicznej skoncentrowane są na wybranych pojedynczych zagadnieniach występujących w procesie produkcji, takich jak np.: organizacja cyklu produkcyjnego, harmonogramowanie produkcji, sterowanie przepływem produkcji, grupowanie postaci konstrukcyjnych elementów maszyn, organizacja procesów montażu, czy też badanie relacji między podobieństwem konstrukcyjno-technologicznym, a kosztami wytwarzania. Zastosowanie metod sztucznej inteligencji do rozwiązywania wymienionych, a także nowo pojawiających się, problemów w sferze działań wytwórczych jest jak najbardziej potrzebne i wskazane. W szczególności implementacja metod sztucznej inteligencji do harmonogramowania produkcji ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia efektywnej realizacji zdań produkcyjnych w warunkach wymagań klientów, które zmieniają się, czy też nie dają się przewidzieć. Brak jednakże, jak dotąd, całościowego podejścia do opisu i zrozumienia procesu produkcyjnego, co być może umożliwiłoby opracowanie metod dających satysfakcjonujące rozwiązania dotyczące tak całości, jak i elementów składowych tej całości.

Na tego typu wyzwania stara się odpowiedzieć Doktorant. Tak więc, rozprawa doktorska mgr inż. Bartosza Skobieja plasuje się w koncepcji Przemysł 4.0. A mianowicie, znajdują się w niej takie elementy tej koncepcji, jak wirtualizacja, uczenie maszynowe oraz Internet rzeczy. Z punktu widzenia rozważanej problematyki jest to praca o szerokim spektrum obejmująca elementy wiedzy z zakresu teorii decyzji, optymalizacji, metod sztucznej inteligencji, inżynierii produkcji i zarządzania.

Recenzowana dysertacja, w której Autor zajmuje się szeregowaniem zadań w systemach produkcyjnych z zastosowaniem zaawansowanych narzędzi informatycznych, mieści się przeto w zasadniczym nurcie współczesnych kierunków badań inżynierii mechanicznej. Liczący się ośrodek szczeciński wnosi twórczy wkład, m. in. w rozwój tych warstw inżynierii mechanicznej, które określiam jako metodyczną i merytoryczną. Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Bartosza Skobieja napisana pod kierunkiem dra hab. inż. Andrzeja Jardziocha prof. PSz. powstała na dobrze uprawionej, żyznej glebie wcześniejszego rozpoznania merytorycznego i metodycznego rozważanego obszaru inżynierii produkcji i stanowi wartościowe ogniwo, logicznie usytuowane, w całym ciągu prac naukowych wykonywanych w tym ośrodku. Motywacją do podjęcia problematyki rozważanej w niniejszej dysertacji były wyniki przedstawione we wcześniejszej monografii Promotora, a także inspiracje wypływające z praktyki przemysłowej Autora. To ostatnie świadczy o aktualności i ważności problematyki z utylitarnego punktu widzenia.

Wymienione okoliczności poczytuję przeto, jako potwierdzenie **trafności i sensowności wyboru tematyki badawczej**. Uzasadnieniem wspomnianej trafności wyboru jest nie tylko sam fakt usytuowania pracy na szerszym tle aktualnych kierunków badań, ale również i to, że podejmowana w rozprawie doktorskiej tematyka szczegółowa rokuje nadzieje poznawcze w aspekcie metodycznym, a także, co też ma szczególne znaczenie w kontekście rozpatrywanej tematyki, nadzieję na uzyskanie walorów utylitarnych.

Strukturę rozprawy stanowi sześć rozdziałów, spis literatury, spis rysunków, spis tabel oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. Integralną częścią pracy jest zestaw oprogramowania komputerowego składający się z czterech kluczowych komponentów:

- 1) serwer stron www – Apache 2.4;
- 2) interpreter języka skryptowego PHP 7.2;
- 3) oprogramowanie autorskie DSS (Decision Support System) w postaci stron www z implementacją PHP;
- 4) zestawy zadań weryfikacyjnych, uczących i testowych.

Jest to spójna tematycznie praca, jej układ zaś jest prawidłowy - typowy dla prac analityczno-metodycznych. **Tytuł dysertacji** jest zgodny z jej treścią. Moim zdaniem, wykaz zastosowanych oznaczeń i akronimów sprzyjałby lepszej komunikatywności tekstu. Z tego też powodu, przydałby się również słowniczek wyrażen i akronimów anglojęzycznych.

Jako punkt wyjścia do podjęcia merytorycznych działań własnych Autor sformułował **tezę pracy**, będącą fundamentem intelektualnej konstrukcji budowanej przez Niego, w następującej postaci: *Zastosowanie koncepcji holistycznego modelowania procesu produkcyjnego, w którym zestaw reguł sterujących systemem decyzyjnym ulegać będzie ewolucji w procesie uczenia maszynowego, umożliwi poprawę uszeregowania zadań produkcyjnych.* Nasuwa się pytanie: poprawę w stosunku do czego? Czy Autor ma na myśli wszystkie metody, które scharakteryzował we wcześniejszym rozdziale, czy też tylko niektóre wybrane? Doktorant przedstawił również cztery następujące zamierzenia, co do badań własnych, określone jako **naukowe cele pracy**:

- 1) zaprojektowanie i wykonanie symulacyjnego modelu komputerowego, realizującego zadany proces wytwórczy;
- 2) zaprojektowanie i wykonanie agenta wsparcia decyzyjnego działającego w oparciu o system regułowy;
- 3) zaprojektowanie i wykonanie algorytmu uczenia maszynowego systemu regułowego realizującego wsparcie procesu decyzyjnego;
- 4) zintegrowanie opracowanych elementów systemu ze szczególnym uwzględnieniem przesyłania danych pomiędzy nimi, a następnie weryfikacja symulacyjna opracowanego narzędzia badawczego.

Przedstawione cele rozprawy można potraktować, jako lakoniczną, acz klarowną charakterystykę **zakresu pracy i sposobu jej realizacji**. Wyłuszczone zamierzenia nie mają charakteru trywialnego i są dobrze ugruntowane w dotychczasowym stanie wiedzy.

Wstęp, jako tekst pierwszego nienumerowanego rozdziału pracy zapoznającego czytelnika z tłem badanego zagadnienia napisany jest bardzo ładnie, choć lakonicznie i co do jego treści nie zgłaszam zastrzeżeń.

Pierwszy numerowany rozdział pracy to *Wprowadzenie*. Autor przedstawia tu historyczny rys rozwoju maszyn i wybranych aspektów ich eksploatacji na tle kolejnych rewolucji przemysłowych. Szczególny nacisk w tej części pracy położono na charakterystykę kolejnych etapów wdrażania nowych technologii i technik zarządzania, które znajdują zastosowanie również we współczesnych realiach. Autor scharakteryzował też dość obszernie ideę Przemysł 4.0, albowiem jako tło i punkt wyjścia własnych badań przyjął właśnie tą koncepcję. W dalszej części przedstawił własne doświadczenia dotyczące kontaktów z przemysłem, co jak już wspomniałem stanowiło jeden z bezpośrednich impulsów do podjęcia rozważanej tematyki. Na podstawie tej inspiracji zdecydował się na zbudowanie fragmentu rzeczywistego systemu wytwórczego, którym jest dwumaszynowe gniazdo produkcyjne i na jego badania symulacyjne w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu. W ostatniej części tego rozdziału przedstawił istotność zagadnienia szeregowania zadań produkcyjnych w kontekście racjonalizacji zarządzania produkcją. Na bazie zaprezentowanych tam rozważań, w celu czytelnego przedstawienia głównego problemu badawczego, Autor zdecydował się na zastosowanie w badaniach dwóch głównych kryteriów optymalizacji – minimalizacji czasu produkcji oraz minimalizacji sumy czasów opóźnień, traktowanych rozłącznie.

Szczegółowa i dogłębna **analiza piśmiennictwa** z zakresu podjętej tematyki została przedstawiona w rozdziale drugim. W rozdziale tym mgr inż. B. Skobiej scharakteryzował i poddał krytycznej analizie wybrane metody szeregowania zadań. Omówione zostały wybrane metody szeregowania zadań należące do grupy algorytmów deterministycznych oraz wybrane algorytmy sztucznej inteligencji, które zaliczane są do grupy algorytmów probabilistycznych. Charakterystyka omawianych metod jest bardzo klarowna i poparta zrozumiałymi prostymi przykładami. Doktorant powołuje się tu również na własne publikacje, stanowiące wartościowy wcześniejszy Jego dorobek oraz przedstawia współautorską koncepcję algorytmu symulowanego hartowania. Wymienia również inne sposoby klasyfikacji tych metod, np. podział na dokładne i przybliżone, albo podział na cztery kategorie: sztuczną inteligencję, heurystykę, metaheurystykę i hiper-heurystykę. Ujawnia się tu du-

za erudycja Doktoranta. Dobór rozpatrywanych zagadnień jest prawidłowy i moim zdaniem, pozwala na rekonstrukcję dotychczasowego stanu wiedzy oraz stanowi bardzo solidną podstawę do określenia celów pracy oraz obszaru i metodyki badań własnych Autora. Wachlarz prac analizowanych przez Doktoranta jest bardzo obszerny. Potrafi On umiejętnie zsyntetyzować przedstawiane informacje.

W lapidarnie ujętym rozdziale trzecim Autor, na podstawie wcześniejszych rozważań, przedstawia uzasadnienie podjęcia tematu, ambitnie sformułowaną tezę i cele naukowe pracy.

Układ tej części pracy oceniam jako logiczny, choć mam pewne zapytania, sugestie i uwagi szczegółowe:

1. Rysunki 4 i 7 są mało czytelne.
2. Dlaczego rys. 11 znajduje się przed rys. 10?
3. Str. 25, wiersz 4g – zamiast 80 powinno być 70, a w miejsce 230 powinno być 220.
4. Str. 25, wiersz 5g - zamiast 80 powinno być 70.
5. Rys. 24 – nie podano wystarczającego komentarza, co oznaczają linie zielona i niebieska?
6. Na początku rozdziałów pierwszego i drugiego występuje tzw. tekst wiszący.
7. Krytyczne syntetyczne podsumowanie rozdziału pierwszego i drugiego byłoby, jak sądzę, z korzyścią dla zrozumienia decyzji podjętych przez Doktoranta, co do własnych działań.

Zasadniczą część rozprawy z punktu widzenia etapów badania naukowego, stanowią rozdziały, w których Autor referuje **metodykę, wyniki i analizę wyników badań własnych**. Są to rozdziały 4 i 5.

W rozdziale czwartym bardzo szczegółowo zostało przedstawione autorskie oprogramowanie komputerowe DSS (Decision Support System), które można zaliczyć do grupy systemów ekspertrych. Opracowany system ma podstawę w trzech zasadniczych koncepcjach omówionych w kolejnych podrozdziałach: hiper-heurystyka (podrozdział 4.2), paradygmat uczenia klasyfikatorów - LCS (Learning Classifier System) (podrozdział 4.4) oraz złożony system adaptacyjny – CAS (Complex Adaptive System) (podrozdział 4.4). Można wyróżnić 3 moduły funkcjonalne opracowanego systemu:

- model symulacyjny *digital twin* (podrozdział 4.5.1),
- algorytm logiki rozmytej (podrozdział 4.5.2),
- algorytm genetyczny (podrozdział 4.5.3).

Na podkreślenie zasługuje bardzo klarowne przedstawienie treści pozwalające zainteresowanemu czytelnikowi w łatwy sposób zorientować się, co do szczegółów opracowywanych fragmentów autorskiej aplikacji.

Rozdział piąty zatytułowany jest *Badania symulacyjne i analiza wyników*. Autor poddał weryfikacji funkcjonalność zaprojektowanego systemu wspomaganie decyzji na bazie zestawu 100 charakterystycznych zadań uczących. Wykonane i opisane zostały 4 procesy uczenia maszynowego, w których zastosowano algorytm genetyczny oraz po raz pierwszy współautorski algorytm symulowanego hartowania. W dwóch przypadkach, jako kluczowy wskaźnik efektywności przyjęto minimalizację czasu produkcji, a w dwóch pozostałych – minimalizację sumy czasów opóźnień. W celu sprawdzenia efektywności przeprowadzonego procesu uczenia i oceny jakościowej wyłonionych chromosomów, do dalszych badań zastosowano dane testowe pozyskane z trzech źródeł: z przedsiębiorstwa STr sp. z o.o., z literatury oraz wygenerowane losowo. Wyniki wykonanych testów na wymienionych zestawach były zadowalające, przy czym genetyczny algorytm uczący wygenerował rozwiązania, które okazały się bardziej efektywne w przypadku szeregowania zadań produkcyjnych biorąc pod uwagę kryterium minimalizacji sumy czasów opóźnień. Natomiast współautorski algorytm uczący symulowanego hartowania wygenerował bardziej efektywne rozwiązania dla kryterium minimalizacji czasu produkcji. Swoją użyteczność potwierdził więc, w omawianym przypadku algorytm symulowanego hartowania, dla którego czas uruchomienia procesu uczenia maszynowe-

go był krótszy około 4 razy w przypadku kryterium minimalizacji czasu produkcji, w stosunku do algorytmu genetycznego.

Jedyna uwaga, jak mi się tu nasuwa, to to, że rysunki 32 i 34 są mało czytelne.

Na podstawie dotąd przeprowadzonej analizy można podjąć próbę rekonstrukcji **osiągnięcia naukowego rozprawy**. Jako elementy tego osiągnięcia widocznie odróżniające je od aktualnego stanu wiedzy w rozpatrywanej problematyce oraz świadczące o oryginalności rozprawy uważam:

- opracowanie autorskiego oryginalnego systemu wsparcia decyzji w szeregowaniu zadań w czasie rzeczywistym;
- połączenie koncepcji hiper-heurystyki z paradygmatem uczenia klasyfikatorów w środowisku złożonego systemu adaptacyjnego;
- opracowanie i oprogramowanie współautorskiego algorytmu symulowanego hartowania;
- wdrożenie algorytmu symulowanego hartowania do procesu uczenia maszynowego, jako heurystyki wyższego rzędu w koncepcji hiper-heurystyki;
- propozycję zmiany metody wysokości pozwalającą na przeciwdziałanie brakowi jej wrażliwości na stopień aktywacji zbioru rozmytego;
- opracowanie oraz implementację autorskiej modyfikacji metody krzyżowania i mutacji definiującej punkt przecięcia chromosomu i miejsca mutacji dla nieortodoksyjnego kodowania chromosomów algorytmu genetycznego;
- zastosowanie hybrydowej metody Michigan-Pittsburg, w celu wyznaczenia chromosomów przeznaczonych do badań testowych uczenia maszynowego.

Autor zastosował w swojej pracy adekwatne do potrzeb instrumentarium badawcze. Przyjęty zakres badań własnych jest wystarczająco obszerny. Doktorant zastosował także odpowiedni do założonych celów aparat metodyczny. Wiarygodność uzyskanych wyników potwierdzona została adekwatną weryfikacją.

W rozdziale szóstym zatytułowanym *Podsumowanie i wnioski* Kandydat podkreślił, że głównym jego osiągnięciem jest zbudowanie autorskiego systemu wsparcia decyzyjnego realizującego sterowanie systemem wytwórczym metodą logiki rozmytej w reżimie czasu rzeczywistego. Stwierdził ponadto, że założone naukowe cele oraz teza pracy zostały udowodnione. Moim zdaniem, ten końcowy rozdział jest zbyt lakoniczny, na skutek czego walory pracy nie są w pełni uwidocznione. Wyniki pracy byłyby bardziej wyeksponowane i klarowne w odbiorze, gdyby zgodnie z tradycją akademicką w tym względzie tekst został podzielony na: wnioski dotyczące celów pracy, wnioski poznawcze, utylitarne i charakterystykę kierunków dalszych badań.

Co do całości tekstu nasuwają mi się jeszcze następujące uwagi:

- 1) brak wyraźnego sformułowania problemu naukowego pracy;
- 2) zdarza się niewłaściwe używanie niektórych słów, np.: „obniżenie”, gdy lepiej byłoby „zmniejszenie”, np. na str. 71; „przy pomocy” zamiast „za pomocą”, np. na str. 36.

Bibliografia zamieszczona w końcowej części pracy jest bardzo obszerna i zawiera 207 pozycji, w tym 7 pozycji z udziałem Autora - ważnych dla tematu pracy. Mgr inż. Bartosz Skobiej analizuje i cytuje literaturę najnowszą, a także klasyczne dzieła o nieco starszym rodowodzie.

2. Ocena rozprawy

Przedstawiona analiza rozprawy zawiera wystarczające, moim zdaniem, przesłanki do sformułowania oceny. Treść rozprawy jest zgodna z tematem zaakceptowanym przez Radę Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Podjęty temat jest ważny zarówno z poznawczych, jak i praktycznych względów i opracowany został obszernie i wyczerpująco. Jest to solidna praca badawcza dotycząca sensownego zagadnienia. Bazą dla niniejszej rozprawy są liczne prace badawcze wykonane wcześniej, w tym również z udziałem Autora. Sformułowane w niniejszej recenzji nieliczne uwagi nie umniejszają warto-

ści materiału dowodowego pracy, w większości albowiem odnoszą się do sposobu prezentacji uzyskanych wyników. Nie mogą, więc stanowić podstawy do kwestionowania wartości pracy.

Praca wykonana jest w ośrodku o długoletnich tradycjach badawczych i dużym potencjale oraz zgromadzonej wiedzy. Na podstawie niniejszej pracy uważam Doktoranta za doświadczonego badacza, wykazującego się dogłębną znajomością rzeczy w zakresie podjętej tematyki.

Pod względem metodycznym rozprawa jest poprawna. Literatura specjalistyczna została dobrana trafnie. Układ rozprawy i podział treści między poszczególne rozdziały jest logiczny, choć moim zdaniem, można by go nieco zmodyfikować wykorzystując sugestie podane przeze mnie wcześniej. Zbiór pojęciowy, jakim posługuje się Autor, jest poprawny. Strona ilustracyjna pracy, z małymi wyjątkami, nie budzi większych zastrzeżeń. Redakcja rozprawy nie wykazuje niedociągnięć.

Godna pochwały jest pracowitość Doktoranta owocująca wartościową pracą wykazującą walory poznawcze i utylitarne. Autor rozprawy wykonał bardzo szczegółowe i pracochłonne badania. Skondensowane przedstawienie wyników badań własnych poczytuję również, jako walor tego tekstu pozwalający zainteresowanemu czytelnikowi na uzyskanie oglądu całości bez specjalnego trudu.

Warunkiem dysertabilności rozprawy doktorskiej jest jej związek z problemem metodologicznym, metodycznym lub poznawczym bezpośrednio lub pośrednio wpływającym na stan wiedzy. W przypadku recenzowanej rozprawy warunek ten jest spełniony pod względem drugiego i trzeciego z wymienionych aspektów, co wykazałem w analizie rozprawy. Rozprawa jest w wystarczającym stopniu poprawna metodologicznie, gdyż zawiera elementy, które w metodologii nauk określa się jako etapy badania naukowego.

Na podstawie analizy rozprawy mogę stwierdzić, że mgr inż. Bartosz Skobiej jest przygotowany do prowadzenia samodzielnej pracy naukowej. Doktorant wydatnie poszerzył swoją wiedzę w obszarze stosowania metod i narzędzi badawczych, a szczególnie informatycznych, do szeregowania zadań produkcyjnych oraz w zakresie praktycznego zastosowania metod sztucznej inteligencji.

Podsumowując moją ocenę stwierdzam, że rozprawa:

- spełnia wymóg oryginalnego rozwiązania przez Autora zagadnienia naukowego,
- spełnia wymóg wykazania Jego ogólnej wiedzy teoretycznej w uprawianej dyscyplinie
- oraz wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia przez Autora pracy naukowej.

3. Wniosek końcowy

W świetle dokonanej analizy i sformułowanych ocen stwierdzam, że rozprawa mgra inż. Bartosza Skobieja pt. *Szeregowanie zadań w systemach produkcyjnych z wykorzystaniem hybrydowego algorytmu genetyczno-rozmytego z symulacją* spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące w tym względzie aktualne przepisy ((Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789); rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2018 r. poz. 261); ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668)) oraz tradycję akademicką i może stanowić podstawę do nadania jej Autorowi stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie *Budowa i eksploatacja maszyn* (obecnie *Inżynieria mechaniczna*). Może być, przeto dopuszczona do publicznej obrony.

