

Prof. dr hab. inż. Adam MAZURKIEWICZ
Instytut Technologii Eksploatacji
w Radomiu

RECENZJA

**rozprawy habilitacyjnej, dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego
dr inż. Ewy CHODAKOWSKIEJ
opracowana w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego
doktora habilitowanego**

Podstawę formalną wykonania recenzji stanowiło pismo Prodziekana Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej, Pana Profesora Marka Kozenia, z dnia 10 stycznia 2020 r., wystosowane w związku z decyzją Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów Naukowych powołującą mnie na recenzenta rozprawy habilitacyjnej i dorobku naukowego dr inż. Ewy Chodakowskiej w dyscyplinie inżynieria mechaniczna (procedura habilitacyjna wszczęta w uprzednio obowiązującej dyscyplinie inżynieria produkcji).

Dokumentację formalną i merytoryczną opracowanej opinii stanowiły: egzemplarz rozprawy habilitacyjnej pt. „Hybrydowy model priorytetyzacji technologii”, Autoreferat przedstawiający opis dorobku naukowego, w tym charakterystykę głównego osiągnięcia naukowego Habilitantki oraz prezentację pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych, wykaz publikacji naukowych autorstwa lub współautorstwa dr inż. Ewy Chodakowskiej oraz dokonań dydaktycznych, popularyzacyjnych i organizacyjnych, a także trzy wybrane publikacje uznane przez Habilitantkę za najbardziej reprezentatywne dla jej dorobku naukowego, które razem z monografią składają się na monotematyczny cykl dokumentujący osiągnięcie naukowe pt.: „Opracowanie hybrydowego modelu priorytetyzacji technologii opartego na metodzie analizy obwiedni danych oraz koncepcji zbiorów przybliżonych”.

Ogólna charakterystyka Habilitantki

Zagadnienia badawcze stanowiące przedmiot zainteresowań naukowych i aplikacyjnych dr inż. E. Chodakowskiej obejmują zasadniczo dwa kompatybilne obszary: metodologię modelowania procesów gospodarczych i społecznych z wykorzystaniem metod statystycznych, teorii zbiorów i sztucznej inteligencji przy użyciu zaawansowanych technik informatycznych oraz problematykę prognozowania rozwoju, analizę i ocenę technologii, szczególnie ich priorytetyzację ze względu na przyjęte cele i założony zestaw kryteriów. W pierwszym z wymienionych obszarów aktywności badawczej Habilitantka, jeszcze przed uzyskaniem stopnia doktora, zajmowała się zagadnieniami modelowania, prognozowania, klasyfikacji i analizy wielkich zbiorów danych oraz oceny efektywności procesów. Problematyki tej dotyczyła zarówno praca magisterska obroniona w Instytucie Informatyki Politechniki Białostockiej, jak również późniejsza o dwa lata praca licencjacka przedłożona na Wydziale Zarządzania tejże Politechniki na kierunku zarządzanie i marketing, obie ukierunkowane na analizy porównawcze oraz metody prognozowania na podstawie szeregów czasowych. W pracy doktorskiej dotyczącej oceny efektywności struktur edukacyjnych, obronionej w 2012 r. na Uniwersytecie Warszawskim, Habilitantka wykorzystwała metodę analizy obwiedni danych *Data Envelopment Analysis* (DEA), którą stosowała w wielu pracach realizowanych po obronie doktoratu. Od początku swojej działalności naukowej i zawodowej na Politechnice Białostockiej dr inż. E. Chodakowska znajdowała się pod opieką merytoryczną prof. Joanniejusza Nazarko, twórcy autorskiej szkoły prognozowania rozwoju i zarządzania zaawansowanymi technologiami, który był również promotorem jej pracy doktorskiej. Po obronie doktoratu Habilitantka konsekwentnie rozwijała swoje umiejętności metodyczne w zakresie modelowania matematycznego procesów

gospodarczych i badania ich efektywności. Stosując indeks Malmquista i metody DEA badała zmiany produktywności w czasie w wybranych przedsiębiorstwach. Prowadziła ocenę produktywności przedsiębiorstw specjalizujących się w transporcie samochodowym z wykorzystaniem modeli nieradialnych DEA. Przy zastosowaniu metody DEA analizowała ratingi największych polskich producentów okien, porównując je do ratingów uznanych międzynarodowych agencji w celu wskazania kierunków mniejszego ryzyka kredytowego. Zastosowała hybrydową kombinację modelu DEA oraz regresji tobitowej do oceny tendencji zmian produktywności w sektorze budownictwa. Wykorzystała modele sieciowe DEA do analizy zależności w łańcuchach dostaw w logistyce oraz oceny efektywności zarządzania w uniwersytetach i szkołach średnich. Różnorodność zastosowań metody analizy obwiedniowej Habilitantka dokumentowała pracami dotyczącymi skuteczności jej wykorzystywania w procesach badania efektywności systemów społeczno-gospodarczych oraz w procedurach decyzyjnych, w tym dotyczących zagadnień priorytetyzacji technologii, których pakiety były i są generowane w różnego rodzaju gospodarczych programach rozwojowych na poziomie kraju, regionu czy też organizacji przemysłowej, m.in. z wykorzystaniem metod foresightu technologicznego. I właśnie problematyka analizy, oceny i priorytetyzacji przyszłościowych technologii stanowiła drugi obszar zainteresowań naukowych Habilitantki. W ramach foresightu krajowego „Narodowy Program Foresight Polska 2020 – wdrożenie wyników” oraz foresightu regionalnego „NT FOR Podlaskie 2020” dr inż. E. Chodakowska miała okazję zapoznać się z poważnymi problemami związanymi z wyborem technologii priorytetowych. Ta unikatowa wiedza dotycząca procesów i metod prognozowania rozwoju przyszłościowych technologii oraz profesjonalne opanowanie instrumentów modelowania matematycznego z wykorzystaniem badań ankietowych, technik statystycznych, wybranych metod teorii zbiorów, programowania liniowego i sztucznej inteligencji pozwoliła Habilitantce zidentyfikować istotną lukę badawczą oraz problem naukowy wymagający rozwiązania i ukierunkować na te zagadnienia rozważania w swojej dysertacji habilitacyjnej. Tego, że podjęte przez dr inż. E. Chodakowską wyzwania poznawcze i metodyczne są wyjątkowo istotne, autor niniejszej recenzji doświadczył, kierując głównym panelem „Zrównoważony Rozwój” w programie „Narodowy Foresight – Polska 2020”, w którym zagadnienia analizy i priorytetyzacji technologii przyszłości, determinujące rozwój gospodarki naszego kraju w perspektywie kilkunastu lat, stanowiły kluczowy, wyjątkowo trudno rozwiązywalny problem.

W okresie po doktoracie należy także podkreślić wyróżniającą aktywność dr inż. E. Chodakowskiej w realizacji projektów badawczych, w tym międzynarodowych, których problematyka była ściśle skorelowana z zagadnieniami oceny efektywności systemów gospodarczych i zaawansowanych technologii z wykorzystaniem znakomicie przyswojonych przez Habilitantkę i ciągle rozwijanych technik modelowania matematycznego, w tym różnych wariantów metody DEA oraz zbiorów rozmytych i przybliżonych. Szczególny przykład takiego projektu stanowi grant NCN pt. „Hybrydowa metoda Rough DEA obiektywizacji oceny technologii w projektach foresight”, którego Habilitantka była kierownikiem. Uczestniczyła także w realizacji dwóch projektów międzynarodowych: w ramach Erasmus+, ukierunkowanego na metodykę budowania kompetencji informatycznych absolwentów uczelni wyższych dla fabryk przyszłości (FoF) oraz w projekcie w ramach Horyzont 2020 dotyczącym wymiany wiedzy i budowy społecznego zaangażowania w rozwój odpowiedzialnej nanotechnologii. Swoje umiejętności w zakresie analizy danych dr inż. E. Chodakowska wykorzystywała także w ekspertyzach badawczych realizowanych dla Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz Wojewódzkiego Urzędu Pracy w Białymstoku, dotyczących efektywności funkcjonowania tych jednostek i rekomendacji w zakresie ich przyszłej działalności.

Należy także podkreślić dużą aktywność Habilitantki w organizacji konferencji naukowych, w tym międzynarodowych, zajmujących się problematyką zarządzania produkcją oraz modelowaniem, analizą i oceną produktywności technologii przyszłości.

Ogólna charakterystyka działalności naukowej i badawczo-rozwojowej dr inż. Ewy Chodakowskiej potwierdza systematyczny rozwój zainteresowań badawczych i ciągłe doskonalenie umiejętności dotyczących zagadnień metodycznych oraz instrumentarium badawczego w zakresie modelowania, analizy, programowania oraz badania efektywności procesów gospodarczych i priorytetyzacji zaawansowanych technologii przyszłości.

Habilitantka w sposób zasadny merytorycznie i metodologicznie łączy zagadnienia naukowego modelowania i systemowego projektowania rozwoju technologii przyszłości z wykorzystywaniem uzyskiwanych wyników do rozwiązywania problemów występujących w rzeczywistych procesach społeczno-gospodarczych.

Działalność badawcza, organizacyjna, dydaktyczna, ekspercka i publikacyjna dr inż. E. Chodakowskiej jest wyjątkowo spójna poznawczo i aplikacyjnie, co świadczy o zawodowej fascynacji uprawianą specjalizacją naukową i ciągłym podnoszeniu wiedzy i kwalifikacji w tym zakresie.

Ocena osiągnięcia naukowego

Rozprawa habilitacyjna

Rozprawa będąca przedmiotem oceny przedstawiona została w formie monografii (218 s.) pt. „Hybrydowy model priorytetyzacji technologii” opublikowanej w 2019 r. przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Białostockiej. Składa się z czterech rozdziałów poprzedzonych wprowadzeniem i zakończonych podsumowaniem czterech załączników zawierających wartości kryteriów dla różnych wariantów opracowanego modelu oraz bogatej bibliografii obejmującej 360 pozycji, z czego 96 zostało wydanych w okresie ostatnich pięciu lat.

Bazowy przedmiot monografii stanowi autorska metodyka ilościowej oceny i priorytetyzacji technologii mająca na celu zapewnienie naukowych podstaw i operacyjnych narzędzi analitycznych i informatycznych, umożliwiających modelowanie i wsparcie procesu decyzyjnego ukierunkowanego na kształtowanie strategii doboru przyszłościowych technologii oraz maksymalizację ich potencjalnej efektywności. Wynik rozważań metodologicznych stanowi oryginalny model hybrydowy priorytetyzacji technologii z wykorzystaniem aparatu matematycznego teorii zbiorów przybliżonych (RS) oraz metody obwiedni danych (DEA) dedykowany do modelowania zbiorów technologii przyszłości i kryteriów ich doboru stanowiących wynik analiz eksperckich, a zatem wiedzy w dużym stopniu niepełnej i niedokładnej.

Priorytetyzacja technologii to ważne zagadnienie społeczno-gospodarcze w warunkach gospodarki opartej na wiedzy i decydującej roli innowacji technologicznych w kształtowaniu krajowego i regionalnego potencjału ekonomicznego oraz konkurencyjności przedsiębiorstw. W Polsce od kilkunastu lat spotykamy się z tym zagadnieniem, a wyrazem jego ważności były m.in. strategiczne programy foresightowe ukierunkowane na wygenerowanie, analizę i ocenę efektywności przyszłych kierunków rozwoju gospodarki kraju, w tym głównie „Narodowy Program Foresight – Polska 2020”, wiele programów regionalnych, w tym „NT FOR Podlaskie 2020”, programy sektorowe i branżowe, a także projekty foresightu technologicznego programujące rozwój poszczególnych organizacji przemysłowych czy badawczych, np. zrealizowany w kilku kolejnych etapach foresight technologiczny w Instytucie Technologii Eksploatacji – PIB w Radomiu skutkujący uzyskaniem dwóch projektów inwestycyjnych w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Mazowieckiego. We wszystkich wymienionych przypadkach bazę informacyjną realizowanych projektów stanowiły w decydującym stopniu, a zwykle wyłącznie, dane ankietowe zbierane w zespołach eksperckich, systematyzowane następnie metodami statystycznymi, zazwyczaj z wykorzystaniem techniki kluczowych technologii umożliwiającej porównywanie wyróżnionych obiektów jedynie w układzie dualnym przy zazwyczaj wysokim stopniu niepewności i rozbieżności

opinii eksperckich. W odniesieniu do obecnie obowiązującej w kraju metodologii inteligentnych specjalizacji bazę informacyjną stanowiły przede wszystkim panele eksperckie. Można zatem uznać, że stosowane dotychczas podejście w priorytetyzacji technologii rozwojowych miało głównie charakter jakościowy, w niewielkim stopniu wspierany metodami ilościowymi. Tymczasem to właśnie modele ilościowe stanowią bazę obiektywnej oceny i hierarchizacji technologii przyszłości z równoczesną eliminacją niepełności i niepewności danych, przy uwzględnieniu wszystkich kryteriów ich oceny uznanych za kluczowe dla prowadzonej analizy oraz obiektywizacji wag tych kryteriów. Hybrydowy model priorytetyzacji technologii opracowany przez Habilitantkę w wysokim stopniu wypełnia te wymogi, umożliwiając w sposób systemowy transformację podejścia jakościowego w zobiektywizowane, zamodelowane matematycznie procedury ilościowe.

Struktura monografii habilitacyjnej jest spójna, logiczna i wartościowa poznawczo. Dostyc jednak nietypowo bardzo ważne aspekty podjęcia dysertacyjnej problematyki badawczej dotyczącej oceny i priorytetyzacji wyłaniających się technologii przyszłości zawarto we wprowadzeniu monografii. Podano w nim uzasadnienie ważkości tej problematyki dla rozwoju współczesnej gospodarki determinowanej zagrożeniami podjęcia niewłaściwej strategicznie decyzji inwestycyjnej, jak również korzyściami wynikającymi z prawidłowej identyfikacji szans rozwojowych nowoczesnych technologii, skutkujących przewagą konkurencyjną i korzyściami ekonomicznymi i społecznymi. Ze względu na wyjątkową istotność zagadnień analizy i zarządzania innowacyjnymi technologiami przyszłości opracowano dotychczas wiele metod, metodyk i modeli ich oceny. Zazwyczaj odmienny pakiet metod stosowany jest do oceny technologii w jednostkach gospodarczych, w przypadku których wykorzystujemy w decydującej mierze dane ilościowe, a w znacznie mniejszym stopniu informacje jakościowe (przydatna np. metoda AHP), podczas gdy do analizy i hierarchizacji technologii przyszłościowych, których celem jest wspomaganie strategicznych decyzji gospodarczo-społecznych w skali państwa, regionu czy branży, z natury rzeczy wykorzystywane są w wysokim stopniu subiektywne opinie eksperckie. W tym drugim przypadku konieczność dokonania właściwego wyboru technologii kluczowych dla długofalowego rozwoju gospodarki z wykorzystaniem metod i modeli, głównie jakościowych, o wysokim stopniu niepewności oraz brak procedur wyznaczania obiektywnych kryteriów i wag stanowi poważny problem poznawczy i operacyjny takiej oceny. Właśnie w zakresie tych zagadnień Habilitantka zidentyfikowała lukę badawczą, stwierdzając brak wiedzy naukowej i narzędzi badawczych dotyczących modeli hybrydowych do ograniczenia arbitralności decyzyjnej wynikającej z dotychczas stosowanych metod. Postępując zgodnie z zasadami metodologii nauk, na podstawie stwierdzonej luki badawczej został sformułowany problem badawczy wskazujący na możliwość integracji metody zbiorów przybliżonych RF oraz metody obwiedni danych (DEA) na potrzeby ilościowej oceny i priorytetyzacji technologii w warunkach niepewności. Zaproponowany został także cel naukowy dysertacji jako opracowanie hybrydowego modelu priorytetyzacji przyszłościowych technologii w warunkach niepewności wraz z jego operacyjną algorytmizacją. Oryginalność proponowanego modelu polega według Autorki, z czym należy się zgodzić, na wykorzystaniu metody zbiorów przybliżonych do selekcji istotnych kryteriów oceny technologii oraz eliminacji rozbieżności ocen eksperckich, a także jej integracji z metodą analizy obwiedniowej wykorzystywaną do wyznaczania wag poszczególnych kryteriów i finalnej priorytetyzacji technologii. Z zaproponowanych pięciu zadań (pytań) badawczych najistotniejsze wydaje się to dotyczące efektu synergicznego wynikającego z połączenia koncepcji zbiorów przybliżonych RS i metody DEA, tj. w jakim stopniu integrację tych dwóch metod można uznać za ich hybrydyzację wprowadzającą nadprogramową wartość dodaną. Pomijając jednak tę semantyczną uwagę zaproponowany model bez wątpienia wpisuje się w zaspokojenie potrzeby poznawczej i narzędziowej dotyczącej ilościowej priorytetyzacji

technologii zarówno ze względu na eliminację subiektywności doboru i selekcji kryteriów, jak i uwzględnienia niepewności i rozbieżności wartości danych je charakteryzujących.

Pierwszy rozdział monografii poświęcony jest dwóm aspektom: uporządkowaniu i autorskiemu zdefiniowaniu pojęć bazowych dla merytorycznego wywodu prowadzonego w dysertacji oraz literaturowej charakterystyce metod stanowiących integralne składowe opracowanego przez Autorkę, hybrydowego modelu priorytetyzacji technologii. Kompendium definicyjnym zostały objęte m.in. takie pojęcia jak: technologia, ocena technologii, w tym jej wersja prospektywna (FTA), foresight technologiczny, prognozowanie technologiczne oraz priorytetyzacja. Należy przy tym zaznaczyć, że definicje dotyczące pojęć metodologicznych takie jak: metoda, model, analiza, ocena czy ewaluacja zostały podane we wprowadzeniu monografii. Druga część tego rozdziału została poświęcona głównie przeglądowi literaturowemu aplikacji metod składowych modelu hybrydowego stanowiącego przedmiot dysertacji, tj. metod RS i DEA. Zaprezentowano w niej literaturowy przegląd zastosowań metody zbiorów przybliżonych m.in. do: redukcji kryteriów oceny, indukcji reguł decyzyjnych, wyznaczania wartości wag oraz modelowania niepewności. Autorka zauważyła, że metoda zbiorów przybliżonych była stosunkowo rzadko wykorzystywana w rozwiązywaniu zagadnień ukierunkowanych na ocenę technologii przyszłości warunkujących rozwój gospodarczy w ujęciu strategicznym. Podobna analiza w odniesieniu do metody obwiedni danych wykazała z kolei dosyć szerokie jej zastosowania m.in. do ustalania priorytetów badawczo-rozwojowych, badania efektywności systemów oraz prognozowania technologicznego. Autorka odnosi się także, ale raczej w skromnym wymiarze, do przykładów hybrydyzacji przedmiotowych metod stwierdzając, że ich integracja jest stosunkowo rzadko prezentowana w literaturze przedmiotu. Tezę tę można uznać za zasadną, jednak kilka pozycji literaturowych, choćby z bazy Springera, dokumentujących taki proces zostało przez Habilitantkę pominiętych w przeprowadzonej analizie literaturowej, np.:

- Der-Jang Chi, Ching-Chiang Yeh, Ming-Cheng Lai: „A hybrid approach of DEA, rough set theory and random forests for credit rating”; *International Journal of Innovative Computing, Information & Control: IJICIC* 7(8), 2011,
- Ching-Chiang Yeh, Der-Jang Chi, Ming-Fu Hsu: „A hybrid approach of DEA, rough set and support vector machines for business failure prediction”; *Expert Systems with Applications*, Taiwan, 2010,
- Hong Yan, Quanling Wei: „Data envelopment analysis classification machine”; *Information Sciences*, Hong Kong; 2011.

Odczuwa się także pewien niedosyt wynikający z braku w przeprowadzonej szerokiej kwerendzie literaturowej dyskusji dotyczącej metod hybrydyzacji z wykorzystaniem innych metod analitycznych, np. AHP czy też metod sztucznej inteligencji, jak algorytmy genetyczne, potwierdzającej korzyści wynikające z tego typu integracji. Rozdział pierwszy monografii finalizuje bogata prezentacja metod analizy technologii, ich topologii, klasyfikacji i w szczególności sposobów priorytetyzacji. Wydaje się, że zbędnie przytoczono zestawienia i opisy klasycznych metod stosowanych w ocenie technologii dostępnych w wielu podręcznikach z zarządzania. Za uzasadnioną, z punktu widzenia bazowej problematyki monografii, można natomiast uznać dyskusję metod umożliwiających priorytetyzację pakietów technologii, tj. metod transformujących informacje o analizowanych technologiach w wartościujące je klasyfikacje wg przyjętych kryteriów; przy czym kryteria determinujące taką klasyfikację powinny być dostosowane do celów badania i specyficznych cech technologii. Zaprezentowano także etapy priorytetyzacji technologii oraz przypisane im metody ilościowe i jakościowe. Szczególną uwagę zwrócono na klasyczną metodę kluczowych technologii jako metodę

hierarchizacji dwuwymiarowej, której znakomite rozwinięcie i wysokojakościowy substytut stanowi wielokryterialny, hybrydowy model priorytetyzacji opracowany przez Habilitantkę.

W rozdziale drugim monografii przedstawiono podstawy teoretyczne metod RS i DEA, których integracja w opracowanym modelu hybrydowym powinna zapewnić efekt synergii w istotnych poznawczo i aplikacyjnie procesach priorytetyzacji technologii, w szczególności tych stanowiących przedmiot zainteresowań Autorki, determinujących przyszły rozwój gospodarczy. Oprócz prezentacji matematycznej struktury formalnej obu metod przeprowadzono analizę ich cech funkcjonalnych uzasadniając celowość wykorzystania w opracowywanym hybrydowym modelu hierarchizacji technologii. W zbiorach przybliżonych, zaliczanych podobnie jak zbiory rozmyte do metod sztucznej inteligencji, wykorzystywany jest aparat matematyczny teorii mnogości bardzo wyrafinowany w zapisach formalnych, ale przystępny w procedurach operacyjnych. Jego wykorzystanie pozwala ocenić badane elementy zbioru i ich atrybuty w odniesieniu do założonej funkcji celu, eliminację mało istotnych, których wartość dla procesów decyzyjnych jest znikoma, a tym samym znacząco uprościć procedury obliczeniowe. Metoda obwiedni danych, będąca techniką programowania liniowego umożliwia natomiast, w układzie wielokryterialnym, względną ocenę efektywności badanych obiektów (technologii) stanowiących przedmiot analizy, opcjonalnie także z uwzględnieniem efektów niepożądanych. Opracowano dotychczas wiele wariantów metody, w tym uwzględniających niepewność danych, a więc umożliwiających wykorzystanie zmiennych lingwistycznych.

Przeprowadzona szczegółowa analiza metod RF i DEA integrowanych w modelu hybrydowym Habilitantki, interesująca i atrakcyjna w zapisach matematycznych, choć moim zdaniem zdecydowanie nadmiarowa w odniesieniu do prezentacji podstaw teoretycznych i formalnych przedmiotowych metod dostępnych w fachowych podręcznikach, umożliwiła sprecyzowanie ich bazowych przymiotów przydatnych w konstrukcji autorskiego modelu hybrydowego, do których należy zaliczyć: możliwość redukcji kryteriów i atrybutów ocenianych technologii bez uszczerbku dla jakości analizy, optymalizację wag reduktów atrybutów i dyskretyzację ich wartości, skuteczne modelowanie rozbieżności ocen eksperckich oraz obiektywizowaną ocenę efektywności technologii na potrzeby finalnej priorytetyzacji.

Rozdział trzeci, kluczowy dla oceny wartości poznawczej monografii i osiągnięcia naukowego Habilitantki obejmuje założenia, koncepcję oraz opis struktury i funkcjonalności autorskiego modelu hybrydowej priorytetyzacji technologii. W pierwszej jego części zaprezentowano formalną konstrukcję modelu z uwzględnieniem analitycznych zapisów matematycznych teorii zbiorów przybliżonych i programowania liniowego, a także zaprogramowanych procedur algorytmicznych; w drugiej przedstawiono umiejscowienie opracowanego modelu w klasycznym procesie priorytetyzacji technologii. W opracowanym modelu wykorzystano koncepcję zmiennej przybliżonej umożliwiającą wyznaczenie górnej (optymistycznej) i dolnej (pesymistycznej) granic efektywności analizowanych technologii oraz formalizację nieostrych wartości atrybutów wynikających z danych lingwistycznych. Wykorzystano także zbiory przybliżone do redukcji zestawu kryteriów opisujących technologie przy zachowaniu ich pełnej rozróżnialności, a także do obiektywizacji zastosowanych wag. Standardowy proces priorytetyzacji technologii obejmuje zasadniczo trzy etapy: gromadzenie danych, analizę technologii i ocenę w formie finalnej klasyfikacji (w monografii przytoczono także inne bardziej szczegółowe klasyfikacje). Etap przygotowawczy gromadzenia danych to dobór ekspertów, kompletowanie pakietu technologii stanowiących przedmiot analizy, wyznaczenie kryteriów oraz wartości i wag je charakteryzujących. Etap analizy decydujący o jakości prowadzonego procesu hierarchizacji obejmuje m.in.: opracowanie reduktów macierzy atrybutów technologii, a także modelowanie niepewności i niepełności danych. Etap trzeci dotyczy opracowania wyników prowadzonej oceny i zaprogramowania finalnej klasyfikacji.

Zaproponowany autorski model hybrydowy wpisuje się głównie w etap realizacji metodyki oceny technologii, a zatem kluczowy ze względów stosowanych narzędzi analitycznych etap procesu priorytetyzacji. Na etapie realizacji algorytmów ocenowych niezbędne jest uwzględnienie kilku założeń determinujących poprawność prowadzonej analizy, w tym np. zapewnianie odpowiedniego stosunku liczby analizowanych technologii do liczby zaproponowanych kryteriów poprzez zastosowanie procedur redukcyjnych, czy też wykorzystanie, w miejsce zmiennej lingwistycznej, zmiennej przybliżonej eliminującej w wysokim stopniu nieprecyzyjność i niespójność ocen eksperckich. Opracowany hybrydowy model priorytetyzacji technologii bazuje na danych eksperckich o dużym stopniu niepewności i ukierunkowany został przede wszystkim na wspomaganie procesów decyzyjnych o charakterze strategicznym w odniesieniu do kształtowania rozwoju technologii przyszłości warunkujących prawidłowy rozwój gospodarczy. Formalna konstrukcja modelu jest logiczna i spójna, efektywna metodycznie, a zaproponowane algorytmy operacyjne powinny zapewnić jego skuteczną implementację zarówno w odniesieniu do oryginalnych wyzwań badawczych jak również w układach referencyjnych do innych metod priorytetyzacji technologii.

W czwartym rozdziale monografii zaprezentowano wyniki wieloaspektowej weryfikacji opracowanego modelu, wykorzystując dane empiryczne uzyskane w regionalnym projekcie foresightowym „NT FOR Podlaskie 2020”, zrealizowanym w latach 2009–2013, porównując uzyskane wyniki z rezultatami priorytetyzacji technologii przeprowadzonej w tym projekcie metodą kluczowych technologii. Przeprowadzona weryfikacja wykazała wiele zalet hybrydowego modelu zaproponowanego przez Habilitantkę. Umożliwiła m.in. znaczne obniżenie liczby kryteriów efektywności i wykonalności z 21 w przypadku metody kluczowych technologii do 7 przy zastosowaniu autorskiego modelu hybrydowego dla wariantu bez średnich ważonych i 8 ze średnimi ważonymi wiedzą ekspercką. Eliminacja nadmiarowości kryteriów skutkowała także ich obiektywizacją poprzez dopasowanie odpowiednio wyznaczonych wag oraz ograniczenie liczby priorytetowych technologii uznanych za w pełni efektywne. Przeprowadzone obliczenia nie wykazały natomiast istotnych różnic w strukturze technologii priorytetowych wyznaczonej obydwiema metodami, choć należy przyznać, że klarowność procedur operacyjnych i obiektywność wyników będąca następstwem m.in. eliminacji niepewności danych jest zdecydowanie wyższa, a pracochłonność istotnie niższa w przypadku metody hybrydowej. Przeprowadzona weryfikacja pomimo swojej wielowariantowości i wysiłku włożonego przez Habilitantkę w prezentację możliwie szerokiego spektrum uzyskanych wyników pozostawia pewien niedosyt. Po pierwsze dla foresightu przeprowadzonego prawie 10 lat temu powinny już być znane przynajmniej niektóre wyniki przeprowadzonej prognozy i warto było porównać rzeczywistą trafność rezultatów uzyskanych obu metodami. Po drugie przeprowadzona weryfikacja to pewna etiuda obliczeniowa i byłoby interesujące przeprowadzenie badań z wykorzystaniem hybrydowej metody dla wariantów macierzy danych niespełniających założeń determinujących prawidłowe zastosowanie modelu, a więc np. dla liczby technologii mniejszej od liczby przyjętych kryteriów czy też symulację priorytetyzacji technologii wybranych z dostępnego zbioru danych historycznych dla współczesnych warunków gospodarczych. Po trzecie należy uznać, że Habilitantka miała dostęp do ogromnego zbioru danych foresightowych programu „Narodowy Foresight Polska 2020 – wdrożenie wyników”, w którym uczestniczyła i przeprowadzenie weryfikacji hybrydowego modelu na wybranej części tych danych dałoby możliwość zarówno sprawdzenia operacyjnego opracowanego narzędzia dla innego pakietu danych, jak również oceny trafności dokonanej wówczas priorytetyzacji technologii przyszłości w skali kraju.

Monografia została przygotowana bardzo starannie zarówno pod względem merytorycznym, strukturalnym, językowym, jak i edytorskim. Nie udało się uniknąć drobnych uchybień takich jak: brak opisu znaczenia parametru oznaczonego na rys. 1.3 kolorem żółtym

(s. 27); nieuprawnione wykorzystanie pojęcia wektor do opisu wartości cech ocenianych obiektów, które są danymi skalarnymi (s. 34), odwrotne przypisanie funkcji przynależności niż to podano w opisie rys. 3.3 a i b (s. 65). W klarownie napisanym tekście można napotkać kilka niezgrabnych sformułowań np., że „konceptę hybrydowego modelu...realizują wzory i algorytmy” (s. 87) czy też „warto rozważyć potrzebę zróżnicowania odpowiedzi ekspertów biorąc pod uwagę ich wiedzę” (s. 99). Uważam również za zbyt liczne umieszczanie w pracy np. tabeli 1.3 z opisami klasycznych metod oceny technologii oraz podręcznikowe, szerokie przedstawienie teoretycznych podstaw metod RF i DEA, które mogłoby ewentualnie, w skondensowanej formie, stanowić element rozdziału opisującego autorski model priorytetyzacji technologii. Oczywiście merytoryczne uwagi zawarte w niniejszej opinii mają charakter dyskusyjny, a marginalne, szczegółowe uwagi edytorskie dokumentują jedynie gruntowną pracę recenzenta nad bardzo interesującym i wartościowym tekstem monografii.

W podsumowaniu oceny monografii habilitacyjnej stwierdzam, że powstała ona jako synteza dorobku naukowego, badawczego i aplikacyjnego Habilitantki i w znaczącej części jest jego twórczym rozwinięciem.

Za słabsze strony rozprawy uważam:

- **praktycznie całkowity brak opisu zastosowanych do obliczeń narzędzi informatycznych, ograniczony do podania nazwy, autorów (w publikacji) i afiliacji oprogramowania, bez przeprowadzenia dyskusji czy będzie ono mogło być wykorzystane w planowanym rozszerzeniu funkcjonalności opracowanego modelu;**
- **ograniczenie stosowalności modelu wyłącznie do danych deskryptywnych (lingwistycznych) bez próby uwzględniania w wartościach atrybutów technologii danych eksploratywnych (ilościowych);**
- **brak weryfikacji modelu dla różnorodnych zbiorów danych w wariantach niekoniecznie spełniających podstawowe założenia metod RF i DEA;**
- **brak przekonującego odniesienia do uzyskanego efektu synergii wynikającego z hybrydowego zintegrowania przedmiotowych metod w opracowanym modelu ponieważ nawet znakomita hybryda dwóch metod nie musi skutkować dodatnim wynikiem synergicznym.**

Za istotne zalety rozprawy należy natomiast uznać:

- **dogłębne przygotowane kompendium wiedzy w zakresie stosowalności teorii zbiorów przybliżonych RS i metody obwiedni danych DEA, jak również metodyk priorytetyzacji technologii;**
- **zapropozowanie oryginalnej, autorskiej metodyki i hybrydowego modelu priorytetyzacji technologii warunkujących przeszłościowy rozwój gospodarczy z wykorzystaniem metody sztucznej inteligencji RF i programowania liniowego DEA;**
- **dogłębną, wielowariantową weryfikację opracowanego modelu, chociaż ograniczoną do jednego zbioru danych empirycznych;**
- **znakomitą narrację rozprawy;**
- **obietujące perspektywy zastosowania praktycznego i rozwoju jakościowego opracowanego rozwiązania.**

Przedstawione w monografii wyniki prac badawczych, opracowany hybrydowy model oceny i zaproponowana metodyka priorytetyzacji technologii posiadają zarówno wartość poznawczą, jak i aplikacyjną i stanowią autorskie, naukowe osiągnięcie Habilitantki.

Pozostałe publikacje dokumentujące osiągnięcie naukowe

Do wykazu prac dokumentujących osiągnięcie naukowe dr inż. E. Chodakowska zaliczyła jeszcze trzy publikacje: dwie autorskie i jedną współautorską notowaną w bazie JCR.

W wysoko punktowanym współautorskim artykule *Environmental DEA method for assessing productivity of European countries* (65% udziału Habilitantki) przedstawiono zastosowanie zmodyfikowanej metody obwiedni danych do oceny efektywności produkcji kilkunastu krajów europejskich ze względu na dwa czynniki wejściowe (siła robocza, zużycie energii) oraz dwa czynniki wyjściowe: pożądaný (produkt krajowy brutto) i niepożądaný (emisja CO₂). Badano również korelację nakładów na B&R ze spadkiem emisji CO₂. Publikacja jest interesująca, ale nie występuje w niej zagadnienie hybrydyzacji metod obliczeniowych.

W autorskim artykule „Koncepcja analizy wyłaniających się technologii za pomocą metody DEA i zbiorów przybliżonych” przeprowadzono analizę literaturową metod hybrydowych rankingowania technologii, w tym hybrydy: metod DEA i AHP, metody DEA i zbiorów rozmytych, metody DEA i analizy czynnikowej oraz metody DEA i zbiorów przybliżonych (zabrakło takiej analizy w monografii habilitacyjnej). Zaprezentowano także symulację zastosowania metody DEA i zbiorów przybliżonych dla 12 potencjalnych wyłaniających się technologii w odniesieniu do kilku kryteriów oceny korzyści i kosztów je charakteryzujących: ekonomicznych i nieekonomicznych oraz dla różnych poziomów zaufania. Zwrócono uwagę na możliwości obiektywizacji wag, a tym samym zmniejszenia niepewności z wykorzystaniem proponowanej hybrydowej metodyki.

W artykule *Rough and fuzzy DEA in the process of prospective technology analysis* Habilitantka przeprowadziła profesjonalną analizę porównawczą metodyk oceny i rankingowania technologii przyszłości w odniesieniu do wariantów integracji metody DEA z wykorzystaniem zbiorów rozmytych oraz zbiorów rozproszonych. Oba metodyczne podejścia ukierunkowane są na obniżenie niepewności danych charakteryzujących wartości atrybutów analizowanych technologii. Zaprezentowano i skonfrontowano aparat matematyczny zagregowanych metodyk DEA rozmyte i DEA przybliżone oraz zasymulowano obliczenia porównawcze dla modelowych danych w odniesieniu do 10 potencjalnych technologii. Zwrócono uwagę na podobne zalety obu podejść związanych z eliminacją niepewności danych wskazując przewagę DEA przybliżone w odniesieniu do redukcji atrybutów, a tym samym obniżenie pracochłonności obliczeń.

Publikacje zaliczone przez dr inż. E. Chodakowską do osiągnięcia naukowego, poza rozprawą habilitacyjną, wnoszą niezbyt wiele uzupełnień do metodyki i modelu zaprezentowanych w monografii, choć prezentują odpowiedni poziom merytoryczny. Uważam, że mogły być one zaliczone do pozostałych osiągnięć naukowych, co potwierdza również brak jakiegokolwiek odniesienia się do nich Habilitantki w Autoreferacie.

Ocena dorobku naukowego

Doktor inż. E. Chodakowska w prowadzonych badaniach własnych, w całym dotychczasowym okresie aktywności naukowej, konsekwentnie i na zaawansowanym poziomie merytorycznym i analitycznym zajmowała się zagadnieniami efektywności technologii oraz systemów gospodarczych i społecznych, w tym edukacyjnych. Umiejętnie i na wysokim stopniu profesjonalizmu metodycznego adaptowała do badań poznawczych i rozwiązywania problemów implementacyjnych, nowatorskie metody analizy danych, teorii zbiorów, programowania liniowego oraz sztucznej inteligencji, w tym przede wszystkim metodę analizy obwiedniowej oraz teorię zbiorów rozmytych i przybliżonych. Obszerna część dorobku naukowego dotyczy wykorzystania różnych wariantów metody analizy obwiedniowej DEA do badania efektywności systemów gospodarczych. Badania te obejmowały m.in.: ocenę wyników polskich regionalnych funduszy ochrony środowiska i gospodarki wodnej, modele efektywności firm kurierskich, pomiar produktywności przemysłu budowlanego, ocenę ryzyka kredytowego firm, ocenę efektywności technicznej systemów kolejowych, a także analizę efektywności operacyjnej uniwersytetów i jednostek szkolnictwa średniego. Szerokie spektrum

podejmowanej problematyki aplikacyjnej korelowało z bardzo spójnym, jednolitym narzędziowo wspomnianym już aparatem matematycznym i informatycznym. Profesjonalna, ciągle rozwijana i doskonalona umiejętność posługiwania się nowoczesnymi technikami analitycznymi i metodami sztucznej inteligencji stanowiła bazę opracowania oryginalnego, hybrydowego modelu priorytetyzacji technologii, szczególnie tych przyszłościowych, charakteryzujących się wysokim stopniem niepewności, ale równocześnie determinujących rozwój gospodarczy. Możliwości integracji metody obwiedni danych DEA ze zbiorami przybliżonymi i rozmytymi, a także innymi metodami analizy danych, oprócz monografii habilitacyjnej dokumentującej osiągnięcia badawcze, były prezentowane w kilku artykułach i referatach konferencyjnych o zasięgu międzynarodowym.

Ilościowo dorobek publikacyjny dr inż. E. Chodakowskiej obejmuje 134 zadeklarowane pozycje dokumentujące osiągnięcia badawcze i użytkowe, w tym 17 publikacji (jedna wydana w wydawnictwie Springer w 2020 r. po złożeniu dokumentacji habilitacyjnej, jedna w druku), a także 6 zrealizowanych projektów badawczych krajowych (4) i międzynarodowych (2). W obrębie wydanych publikacji, oprócz monografii habilitacyjnej, znaczący udział (10) stanowią indywidualne artykuły naukowe, 2 współautorskie publikacje zostały wydane w czasopiśmie z listy JCR oraz 3 opublikowano w wydawnictwach konferencyjnych indeksowanych przez WoS. Dorobek współautorski posiada wysoki stopień udziału własnego Habilitantki (50–65%), o czym świadczą załączone deklaracje udziału współautorów publikacji. Dorobek publikacyjny, umiarkowany pod względem ilościowym, należy uznać za istotny pod względem merytorycznym oraz właściwie upowszechniany w znaczących czasopismach krajowych i zagranicznych (większość publikacji – około 70% – ukazała się w języku angielskim). Wyniki prowadzonych badań naukowych i aplikacyjnych były przedmiotem wystąpień na 9 konferencjach, głównie o zasięgu międzynarodowym.

W odniesieniu do analizy wymagań stawianych osobie ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, zgodnie z kryteriami podanymi w rozporządzeniu MNiSW, zamieszczonymi w Dzienniku Ustaw Nr 196 Poz. 1165 z dnia 1 września 2011 r., w zakresie osiągnięć naukowo-badawczych w obszarze nauk technicznych, dorobek Habilitantki obejmuje:

- autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w czasopismach znajdujących się w bazie JCR: 2 pozycje (współautorskie);
- współautorstwo zrealizowanego, oryginalnego osiągnięcia projektowego, konstrukcyjnego lub technicznego: brak;
- udzielone patenty międzynarodowe lub krajowe: brak;
- wynalazki, wzory użytkowe i przemysłowe, które uzyskały ochronę i zostały wystawione na międzynarodowych lub krajowych wystawach lub targach: brak;
- autorstwo lub współautorstwo monografii, publikacji naukowych w czasopismach międzynarodowych lub krajowych: monografia samodzielna – 1, współautorstwo rozdziałów w wydawnictwach zbiorowych – 2, referaty w wydawnictwach konferencyjnych indeksowanych przez Web of Science – 3 (+1 w druku), artykuły w pozostałych recenzowanych czasopismach naukowych – 8;
- autorstwo lub współautorstwo odpowiednio dla danego obszaru: opracowań zbiorowych, katalogów, dokumentacji prac badawczych: – 2 ekspertyzy dla NFOŚiGW i WFOŚiGW w Białymstoku;
- sumaryczny IF publikacji naukowych wg JCR, zgodnie z rokiem opublikowania: 4,904;
- liczba cytowań wg bazy *Web of Science*: łącznie 18 cytowań (podanych w autoreferacie, aktualnie 24), w tym 16 (aktualnie 22) bez autocytowań;
- indeks Hirscha opublikowanych publikacji wg bazy Web of Science: h 3; Scopus h 4;

- kierowanie międzynarodowymi lub krajowymi projektami badawczymi lub udział w takich projektach: kierowanie projektami – 1, udział w projektach badawczych – 5;
- międzynarodowe lub krajowe nagrody za działalność naukową: nagroda za referat na konferencji EPPM, 2016 r.;
- wygłoszenie referatów na międzynarodowych lub krajowych konferencjach tematycznych: po uzyskaniu stopnia doktora – 9 wystąpień, w tym 7 na konferencjach zagranicznych.

W podsumowaniu oceny dorobku naukowego stwierdzam, że:

- prace naukowe i badawczo-rozwojowe realizowane przez dr inż. E. Chodakowską obejmują ważne zagadnienia zarządzania innowacyjnymi technologiami, w szczególności prognozowanie ich efektywności i obiektywizację kryteriów oceny w procesach rankingowania, z wykorzystaniem zaawansowanych metod matematycznych i algorytmicznych;
- oprócz walorów poznawczych wyniki prowadzonych badań jakościowych i ilościowych znajdują znaczące zastosowanie w optymalizacji procesów gospodarczych i społecznych w zakresie formułowania strategii rozwoju oraz ustalania priorytetów operacyjnych, organizacyjnych i inwestycyjnych;
- wiedza Habilitantki w zakresie metodologii prac badawczych, metodyk wykorzystania zaawansowanego aparatu matematycznego teorii zbiorów rozmytych i przybliżonych oraz programowania linowego, w szczególności wielowariantowej analizy obwiedni danych DEA, a także ujednoczonego języka modelowania UML jest zdecydowanie wyróżniająca i systematycznie rozwijana;
- dorobek naukowy dr inż. E. Chodakowskiej, aczkolwiek niezbyt imponujący ilościowo, jest w wysokim stopniu autorski, spójny tematycznie, wynikający z uczestnictwa w znaczących projektach badawczych oraz upowszechniany w specjalistycznych czasopismach naukowych i konferencjach krajowych i międzynarodowych.

W odniesieniu do kryteriów formalnych dotyczących osiągnięć naukowo-badawczych dla kandydatów ubiegających się o stopień naukowy doktora habilitowanego, podanych w rozporządzeniu MNiSW, Habilitantka wypełnia 9 z 12 wskaźników, co należy uznać jako wskaźnik zadowalający.

Obszar problemowy stanowiący przedmiot badań i osiągnięcia naukowego dr inż. Ewy Chodakowskiej, obejmujący zagadnienia zarządzania innowacjami oraz prognozowanie technologiczne, a także tematyka zrealizowanych prac naukowo-badawczych, eksperckich i aplikacyjnych mieści się w zakresie dyscypliny inżynieria produkcji, w odniesieniu do której została wszczęta procedura habilitacyjna, a po modyfikacji dziedzin i dyscyplin naukowych zarządzeniem MNiSzW, z dnia 1 maja 2019 r. należy uznać za właściwe nadanie stopnia naukowego doktora hab. nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej

Doktor inż. E. Chodakowska jest aktywnym i doświadczonej nauczycielem akademickim i jak to wynika z przedłożonej dokumentacji wyjątkowo zaangażowanym w działalność edukacyjną poprzez prowadzenie zajęć dydaktycznych (również w angielskiej wersji językowej), współautorstwo podręczników akademickich oraz przygotowywanie programów nauczania dla studentów studiów stacjonarnych i niestacjonarnych. Tematyka prowadzonych zajęć dydaktycznych obejmowała m.in.: zagadnienia analizy produktywności, podstawy informatyczne systemów produkcyjnych i usługowych oraz zarządzanie i inżynierię produkcji. O aktywności dydaktycznej Habilitantki świadczy także objęcie, w charakterze promotora pomocniczego, dwóch prac doktorskich, których tematyka jest jednoznacznie związana

z inżynierią produkcji i inżynierią mechaniczną, promotorstwo kilkunastu prac dyplomowych; inżynierskich i magisterskich, sporządzenie blisko 40 recenzji takich prac, a także opieka naukowa nad studentami z Chin w ramach Polsko-Chińskiej Szkoły Letniej Logistyki. Doktor inż. E. Chodakowska odbyła także trzy staże w wiodących ośrodkach akademickich i naukowych w kraju (Uniwersytet Warszawski) i za granicą (*Vilnius Gediminas Technical University, Aston University*, Birmingham, Wielka Brytania) ukierunkowane na nawiązanie współpracy naukowej i doskonalenie warsztatu badawczego w obszarze badań nad oceną efektywności oraz programowania rozwoju zaawansowanych technologii przyszłości. Uczestniczyła także w projektach badawczych ukierunkowanych na opracowanie i prowadzenie zajęć dydaktycznych, w tym w projekcie „2WORK kompleksowy program kształtujący kompetencje i kwalifikacje, zwiększający szanse absolwentów na rynku pracy”. Również działalność organizacyjna była ściśle związana z zainteresowaniami naukowymi. Habilitantki i obejmowała m.in. pełnienie roli członka zarządu akademickiej organizacji *Association of Engineering, Project, and Production Management* oraz członkostwo w międzynarodowym stowarzyszeniu *Technology and Engineering Management Society*, a także Polskim Towarzystwie Zarządzania Produkcją oraz Polskim Towarzystwie Statystycznym.

W aspekcie analizy wymagań stawianych osobie ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, zgodnie z kryteriami podanymi w przytoczonym już Rozporządzeniu MNiSW, osiągnięcia dr inż. E. Chodakowskiej w zakresie dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej obejmują:

- uczestnictwo w programach europejskich i innych programach międzynarodowych lub krajowych: 5, w tym: Miniatura 2 (Narodowe Centrum Nauki), Program Ramowy UE Horyzont 2020 – NANO2ALL, ERASMUS+ DigiFoF, „Narodowy Program Foresight – wdrożenie wyników”; oraz projekty edukacyjne „Logistyka i zarządzanie – międzynarodowe programy studiów II stopnia (LogMan2)” (POWR.03.03.00-00-M076/16-00); „2WORK kompleksowy program kształtujący kompetencje i kwalifikacje, zwiększający szanse absolwentów na rynku pracy” (POWR.03.01.00-00-K299/16-00);
- udział w międzynarodowych lub krajowych konferencjach naukowych lub udział w komitetach organizacyjnych tych konferencji: wygłoszenie referatów na 9 konferencjach, w tym 7 międzynarodowych; członek komitetów naukowych i organizacyjnych międzynarodowych konferencji naukowych: *International Conference on Engineering, Project and Production Management* (EPPM2020, EPPM2019, EPPM2018 oraz EPPM2016);
- otrzymane nagrody i wyróżnienia: nagrody Rektora Politechniki Białostockiej za wyróżniającą działalność dydaktyczną i organizacyjną (4) oraz Medal Komisji Edukacji Narodowej 2015 za szczególne zasługi dla oświaty i wychowania;
- udział w konsorcjach i sieciach badawczych: brak;
- kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z naukowcami z innych ośrodków polskich i zagranicznych: brak;
- udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism: brak;
- członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych: członek zarządu *Association of Engineering, Project and Production Management* (2018–2020), członek *Technology and Engineering Management Society*, członek Podlaskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, członek Sekcji Klasyfikacji i Analizy Danych Polskiego Towarzystwa Statystycznego;
- osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki: współautorstwo podręcznika akademickiego, prowadzenie zajęć dydaktycznych w Katedrze Informatyki Gospodarczej i Logistyki oraz Międzynarodowym Chińskim i Środkowo-Wschodnioeuropejskim

Instytucie Logistyki i Nauki o Usługach na Wydziale Inżynierii Zarządzania Politechniki Białostockiej;

- opieka naukowa nad studentami: opiekun dydaktyczny studentów na kierunku studiów: zarządzanie i inżynieria usług, w tym studentów z Chin, w ramach Polsko-Chińskiej Szkoły Letniej Logistyki, a także opiekun naukowy stażu asystenckiego (2019 r.);
- opieka naukowa nad doktorantami w charakterze opiekuna naukowego lub promotora pomocniczego z podaniem tytułów rozpraw doktorskich: promotor pomocniczy w przewodzie doktorskim mgr. inż. Mateusza Kikolskiego, 2018, „Projektowanie optymalnego rozmieszczenia stanowisk roboczych w procesach wytwórczych”, Wydział Inżynierii Zarządzania Politechniki; promotor pomocniczy w przewodzie doktorskim mgr. inż. Patryka Zwierzyńskiego, 2019, „Zwiększenie produktywności linii montażowej poprzez przekształcenie struktury szeregowej na strukturę komórkową”, Wydział Inżynierii Zarządzania Politechniki Białostockiej;
- staże w zagranicznych lub krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich: 3 staże, w tym 2 zagraniczne;
- wykonywanie ekspertyz i innych opracowań na zamówienie: współautorka dwóch ekspertyz dla Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz współautorka ekspertyzy dotyczącej analizy kształcenia zawodowego dla Wojewódzkiego Urzędu Pracy w Białymstoku;
- udział w zespołach eksperckich i konkursowych: przewodnicząca Zespołu ds. dostosowania dokumentacji i programu studiów do Ustawy MNiSzW, z dnia 20 lipca 2018, na kierunku zarządzanie i inżynieria usług oraz członek kilku zespołów wydziałowych ds. wyników i technologii kształcenia na Wydziale Zarządzania PB;
- recenzowanie projektów międzynarodowych lub krajowych oraz publikacji w czasopiśmie międzynarodowych i krajowych: recenzent 8 artykułów naukowych m.in. w czasopiśmie: *Technological and Economic Development of Economy* (3 artykuły).

Doktor inż. E. Chodakowska posiada również znaczące osiągnięcia w zakresie działalności organizacyjnej, wśród których za najważniejsze należy wskazać autorstwo 12 programów nowych przedmiotów zaakceptowanych do realizacji na Wydziale Inżynierii Zarządzania PB dotyczących m.in. rachunku produktywności oraz nowoczesnych metod i narzędzi zarządzania oraz udział w pracy zespołów uczelnianych ds. programów studiów i jakości kształcenia.

Reasumując ocenę działalności dydaktycznej dr inż. E. Chodakowskiej, należy stwierdzić, że Habilitantka jest doświadczonym i aktywnym nauczycielem akademickim, a tematyka prowadzonych zajęć dydaktycznych była silnie skorelowana z uprawianą specjalnością naukową, podobnie jak aktywność w działalności organizacyjnej.

W odniesieniu do kryteriów formalnych dotyczących osiągnięć dydaktycznych i organizacyjnych dla kandydatów ubiegających się o stopień naukowy doktora habilitowanego, podanych w rozporządzeniu MNiSW, Dz. U. Nr 196 poz. 1165 z dnia 1 września 2011 r., dr inż. E. Chodakowska wypełnia 10 z 14 wskaźników, co stanowi wynik satysfakcjonujący.

Podsumowanie

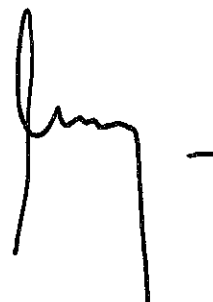
Dokonana ocena osiągnięcia naukowego i istotnej aktywności naukowej dr inż. E. Chodakowskiej, udokumentowana monografią habilitacyjną, autorskimi publikacjami i zrealizowanymi projektami badawczymi i aplikacyjnymi wykazała, że uprawiana przez Habilitantkę problematyka badawcza jest aktualna, wartościowa poznawczo, a podjęte zagadnienia badawcze zostały rozwiązane na wysokim poziomie merytorycznym i metodycznym. Ilościowa analiza i systemowa priorytetyzacja wyłaniających się technologii wymaga bowiem naukowych podstaw kształtowania procesu decyzyjnego mającego zapewnić prawidłowy i dynamiczny rozwój strategicznych struktur gospodarczych oraz warunkuje ich konkurencyjność i efektywność. Przeprowadzona przez Habilitantkę, w sposób wysoce profesjonalny metodycznie, analiza studialna wykazała lukę w zakresie wielokryterialnej, ilościowej oceny i priorytetyzacji technologii w warunkach niepewności danych uzyskiwanych głównie w badaniach eksperckich. Po dogłębnej analizie stosowanych dotychczas metod analizy, oceny i zarządzania innowacyjnymi technologiami dr inż. E. Chodakowska zaproponowała oryginalny model priorytetyzacji technologii integrujący teorię zbiorów przybliżonych RS i metodę obwiedni danych DEA. Opracowana, oryginalna metodyka i autorski model hybrydyzacji obu metod przyniosły efekt w postaci możliwości redukcji zbioru kryteriów, obiektywizacji wag oraz jednoczesnego uwzględniania wielu parametrów oceny efektywności, w odróżnieniu od dwuparametrowej analizy stosowanej w dominującej dotychczas w tym obszarze badań metodzie kluczowych technologii. Warto podkreślić jest znakomite operowanie przez Habilitantkę zaawansowanym aparatem matematycznym teorii mnogości, teorii zbiorów rozproszonych i zbiorów rozmytych oraz metodami statystycznymi, a także profesjonalnymi narzędziami modelowania symulacyjnego i algorytmizacji informatycznej. Zwraca także uwagę logiczna, przemyślana struktura prowadzonych wywodów merytorycznych, operacji matematycznych oraz procedur weryfikacyjnych opracowanego modelu, a także dominujący udział artykułów autorskich w dorobku publikacyjnym. O wysokiej wartości wyników realizowanych przez dr inż. E. Chodakowską prac badawczych w zakresie systemowej analizy innowacyjnych, wyłaniających się technologii i ich rankingowania świadczą implementacje w wielu projektach i ekspertyzach gospodarczych, edukacyjnych i społecznych, a także duże perspektywy rozwoju opracowanej metodyki i hybrydowego modelu zarówno na płaszczyźnie poznawczej, jak i operacyjnej. Dotychczasowe dokonania Habilitantki w zakresie aktywności konferencyjnej oraz w organizacjach krajowych i zagranicznych należy uznać za wyróżniające. Szczególnie godna podkreślenia jest działalność dr inż. E. Chodakowskiej w obszarze kształcenia akademickiego, przygotowywania nowatorskich programów nauczania, promowania i recenzowania prac magisterskich i inżynierskich, a także opieki nad studentami, w tym zagranicznymi, oraz młodymi pracownikami nauki.

Przeprowadzona analiza osiągnięcia naukowego oraz dokonań Habilitantki we wszystkich obszarach aktywności naukowej, aplikacyjnej i akademickiej pozwala sformułować opinię, że osiągnięcia te należy uznać za satysfakcjonujące w odniesieniu do kandydata starającego się o status samodzielnego pracownika nauki. Problematyka naukowa uprawiana przez dr inż. E. Chodakowską, udokumentowana osiągnięciem naukowym zaprezentowanym w przedłożonej monografii habilitacyjnej oraz pozostałym dorobkiem naukowym, a także wypełnieniem w wysokim stopniu wymagań formalnych dotyczących osiągnięć naukowo-badawczych oraz dydaktyczno-organizacyjnych, mieści się w pierwotnie zadeklarowanej w dokumentacji habilitacyjnej dyscyplinie naukowej inżynieria produkcji, a po ustawowej modyfikacji w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Konkluzja końcowa

Na podstawie przeprowadzonej oceny osiągnięcia naukowego, w tym monografii habilitacyjnej oraz aktywności naukowej, organizacyjnej, dydaktycznej i aplikacyjnej stwierdzam, że zostały spełnione wymagania stawiane procedurze habilitacyjnej, wynikające z Ustawy o stopniach i tytule naukowym, z dnia 14 marca 2003 r. art. 16 i 17 oraz Rozporządzenia MNiSW, Dz. U. Nr 196 poz. 1165 z dnia 1 września 2011 r.

Przedkładam zatem wniosek do Komisji Habilitacyjnej i Rady Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej o nadanie dr inż. Ewie Chodakowskiej stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

A handwritten signature in black ink, consisting of a tall vertical stroke on the left, a series of horizontal and slightly wavy lines in the middle, and a shorter vertical stroke on the right. A small horizontal dash is positioned to the right of the signature.

Radom, dnia 24 lutego 2020 r.