Prof. dr hab. Stanisław Sirko
Akademia Sztuki Wojennej
Wydział Zarządzania i Dowodzenia
Instytut Zarządzania

Warszawa, 12.05.2025 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Romana Machugi
pt. „Determinanty wykorzystania chmur obliczeniowych
w zarządzaniu przedsiębiorstwami w krajach Unii Europejskiej"
opracowanej pod kierunkiem naukowym dr hab. Krzysztofa Krukowskiego, prof. UWM
oraz promotora pomocniczego dr Magdaleny Raczyńskiej,
w dziedzinie nauk społecznych, w dyscyplinie nauki o zarządzaniu i jakości

Podstawą przygotowania recenzji było pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Nauki o Zarządzaniu i Jakości Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie dr. hab. Mariana Olińskiego, prof. UWM, z 2 kwietnia 2025 roku, a w zakresie merytorycznym, wymagania określone w artykule 187 ustęp 1 oraz ustęp 2 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 r. poz. 1571, 1871, 1897). Oceniając rozprawę doktorską uwzględniono: znaczenie i aktualność podjętej problematyki, poprawność sformułowanych celów, problemów i hipotez, poprawność doboru i wykorzystania metod badawczych, strukturę pracy oraz aspekty formalne.

Znaczenie i aktualność podjętej problematyki

Jednym z czynników, które wpływają na funkcjonowanie współczesnych przedsiębiorstw są technologie informacyjno-komunikacyjne, które są wykorzystywane w wielu branżach, podlegają doskonaleniu i pozwalają korzystać z dużych możliwości obliczeniowych komputerów. Przedsiębiorstwa, mierząc się z bezprecedensowym wzrostem ilości i złożoności danych, mogą stosować te technologie do pozyskiwania użytecznych informacji. Pomocne w tym zakresie są chmury obliczeniowe, które przyczyniają się do

zwiększenia zwinności, wydajności i innowacyjności technologicznej. Wykorzystywane przez dostawców usług chmurowych rozwiązania zapewniające bezpieczeństwo danych, stosowanie nowoczesnych metod analizy danych, optymalizacja wykorzystania zasobów oraz działania na rzecz ograniczania zużywania energii, mogą przemawiać za stosowaniem tego rozwiązania.

Dostrzegając rozwój technologii informacyjno-komunikacyjnych, kształtowanie się społeczeństw informacyjnych, korzyści oraz wyzwania związane z wykorzystywaniem chmur obliczeniowych, Autor rozprawy podjął badania prowadzące do identyfikacji determinant stosowania chmur obliczeniowych w zarządzaniu małymi, średnimi i dużymi przedsiębiorstwami, w krajach Unii Europejskiej. Zrozumienie wpływu tych czynników na wykorzystanie chmur obliczeniowych, w przedsiębiorstwach różnej wielkości, które znajdują się w krajach, których poziom rozwoju technologicznego nie jest jednakowy, jest trudne, złożone i wymagające głębokiej wiedzy. Zagadnienia prezentowane w recenzowanej rozprawie są aktualne i ważne, w wymiarze naukowym i aplikacyjnym.

Ocena elementów metodycznych

Elementy metodyczne Autor przedstawił w wprowadzeniu oraz w rozdziale czwartym. Przyjęte rozwiązania są zasadniczo przejrzyste, spójne i trafne, pozwalając na generowanie spostrzeżeń w wymiarze teoretycznym i praktycznym. Doktorant, wskazując na lukę badawczą, sformułował problem badawczy, skupiając się na czynnikach warunkujących wykorzystanie chmur obliczeniowych, w zarządzaniu przedsiębiorstwami (s. 84). Dążąc do jego uszczegółowienia, przedstawił pięć pytań badawczych, przechodząc od pytania dotyczącego przyczyn zróżnicowania poziomu wykorzystania chmur obliczeniowych w krajach Unii Europejskiej, do bardziej ukierunkowanych, nawiązujących do wpływu zidentyfikowanych czynników na stosowanie chmur obliczeniowych, w przedsiębiorstwach różnej wielkości, optymalizacji wyboru chmur obliczeniowych oraz sposobu ich wdrożenia. Analizując je można dostrzec wyraźny związek między problemem badawczym, a pierwszym, drugim i trzecim pytaniem badawczym, w mniejszym stopniu, czwartym i piątym. Cel główny i cele szczegółowe są spójne. Powiązano je z tematem rozprawy oraz prezentowanymi w kolejnych rozdziałach

zagadnieniami. Obejmując wymiar teoretyczny i praktyczny, podkreślają kompleksowy charakter badania.

Hipotezy zostały wyprowadzone z pytań badawczych. Zastosowanie hipotez szczegółowych (H1.1, H1.2, H1.3) przyczyniło się do pogłębienia analiz. Koncentrując się na relacji pomiędzy wykorzystaniem chmur obliczeniowych, a gotowością kraju do stosowania technologii informacyjnych, przy uwzględnieniu wielkości organizacji, odnoszą się do drugiego i trzeciego pytania badawczego (s. 13, 84). Pozostaje jeszcze kwestia pierwszego, czwartego i piątego pytania badawczego, dla których Autor nie sformułował hipotez. Przyjmując, że hipotezy są niezbędne w badaniach, gdzie sprawdzane są relacje między zmiennymi, pierwsze pytanie badawcze „Dlaczego poziomy wykorzystania chmur obliczeniowych w krajach Unii Europejskiej istotnie się różnią?" (s. 12, 84) oraz piąte „Jakie etapy i czynności muszą zostać zrealizowane, aby wdrożyć w przedsiębiorstwach wybraną chmurę obliczeniową?" (s.13, 85) nie koniecznie muszą znaleźć odzwierciedlenia w hipotezach. Inaczej wygląda sytuacja w przypadku pytania czwartego „Jak zoptymalizować wybór konkretnej chmury obliczeniowej do zastosowania w zarządzaniu przedsiębiorstwami?" (s. 13, 85), które implikuje potrzebę zidentyfikowania czynników, które przyczyniają się do optymalnego wyboru oraz realizację analiz. W tym przypadku hipoteza może pomóc w opracowaniu i sprawdzeniu podejścia do optymalizacji.

Przedmiot i podmiot badań (wykorzystanie chmury w małych, średnich i dużych przedsiębiorstwach) (s. 86) są odpowiednie do identyfikacji barier i czynników umożliwiających wykorzystanie rozwiązań chmurowych. Uwzględniając dane, które zostały użyte w trakcie opracowania rozprawy, stosowanie metody statystycznej, klasyfikacji taksonomicznej jest właściwe. Za takie też należy uznać wykorzystanie modelowania, które pozwalając przedstawiać rzeczywistość w uproszczony, ale wnikliwy sposób, poszerza poznanie. Nawiązując do analiz statystycznych. Doktorant charakteryzując rozdział szósty pisze o zastosowaniu testów Chi-kwadrat (strona 17, wiersz 21 od góry). Do zastosowania testów Chi-kwadrat nawiązano również na stronach (15, 87). Uwzględniając dane, które zostały wykorzystane podczas analiz oraz to, że w rozdziale szóstym nie wyeksponowano wykorzystania testu Chi-kwadrat, w trakcie obrony,

proszę Autora rozprawy o komentarz. Kolejna kwestia to korelacja, którą Doktorant stosował analizując czynniki wykorzystania chmur obliczeniowych (rozdział 6). O ile korelacja nie musi oznaczać występowania relacji, wydaje się lepszym rozwiązaniem od intuicyjnych związków przyczynowych. Pamiętając o zaletach i słabościach takiego rozwiązania, można ją wykorzystać, jak to uczynił Autor rozprawy, jako szybki mechanizm filtrujący oraz do oceny opracowanego miernika syntetycznego.

Wykaz publikacji obejmuje 287 pozycji, w tym monografie, artykuły naukowe, raporty, strony internetowe. Jest to znaczący zasób wiedzy, świadczący o gruntowności i staranności przeprowadzonych badań. Autor rozprawy umiejętnie wykorzystał materiały, stosując liczne przypisy źródłowe. Godne podkreślenia jest to, że wśród opracowań Doktorant zamieścił dziewięć swoich publikacji, które zostały wydane w latach 2016-2020 oraz się do nich odwołał (s.12, s. 27, s. 39, s. 43, s. 62, s. 73, s. 97).

Podsumowując ten element recenzji oceniam, że Pan mgr inż. Roman Machuga wykazał uwarunkowania podjęcia przeprowadzenia badań w zakresie problematyki wynikającej z tematu rozprawy. Zrealizował zaplanowane badania ukierunkowane na rozwiązanie problemu badawczego oraz osiągnięcie celu badań. Wykazał się znajomością metod i narzędzi badawczych oraz ich praktycznego wykorzystania, podczas realizacji przedsięwzięcia badawczego. Wskazuje to na opanowanie umiejętności planowania i realizacji badań oraz prezentacji ich wyników w formie rozprawy doktorskiej.

Struktura pracy

W recenzowanej rozprawie zachowano proporcje pomiędzy elementami teoretycznymi i empirycznymi. Opracowanie składa się z wprowadzenia, sześciu rozdziałów (rozdziały 1-3 stanowią tło teoretyczne dla całości pracy, rozdział 4 zawiera opis metodyki badań, w rozdziałach 5-6 przedstawiono wyniki analiz przedmiotowych), podsumowania i wniosków. W rozprawie zamieszczono również wykaz skrótów, streszczenie w języku polskim i języku angielskim, spis literatury, spis tabel i rysunków oraz sześć aneksów zawierających charakterystyki chmur obliczeniowych, wyniki analiz statystycznych, rankingi krajów Unii Europejskiej według ich gotowości do stosowania technologii informacyjnych (rozprawa, łącznie liczy 211 stron). Układ ocenianej pracy

doktorskiej jest zgodny z logiką procesu badawczego, pozwalającego na uzyskanie odpowiedzi na pytania badawcze oraz weryfikację hipotez badawczych. Tytuły rozdziałów i podrozdziałów korespondują z tytułem opracowania oddając zamieszczone w nich treści.

W rozdziale pierwszym Autor przedstawił kluczowe pojęcia dotyczące chmur obliczeniowych. W zwięzły sposób scharakteryzował ich modele i rodzaje, wymieniając zalety i wady, które mają wpływ na wybór określonego rodzaju chmury przez organizacje. Odnosząc się do zainteresowania chmurami obliczeniowymi przedstawił trendy wyszukiwania określonych słów „cloud computing", „saas", „paas" i „iaas" dla świata (rysunek 1, s. 23) i dla Polski (rysunek 2, s. 24). Rozwiązanie to wzbogaca przekaz, jednak jest on niepełny. Uwzględniając zakres przestrzenny realizowanych badań (s. 87), analiza (wykorzystując możliwości, które oferuje Google Trends), jak kształtowało się zainteresowanie wymienionymi słowami, w pozostałych krajach Unii Europejskiej, mogłaby dostarczyć dodatkowych, użytecznych informacji. Na kolejnych stronach rozprawy, odwołując się do innych autorów, Doktorant w syntetyczny sposób przedstawił zagadnienia: bezpieczeństwa informacji, wykorzystania technologii informacyjno-komunikacyjnych oraz zastosowania chmur obliczeniowych. Rozdział kończy prezentacją stymulant i barier związanych z zastosowaniem technologii chmurowych w przedsiębiorstwach, dzieląc je na technologiczne, organizacyjne i środowiskowe.

W rozdziale drugim Doktorant omówił zagadnienie związane z zastosowaniem chmur obliczeniowych w zarządzaniu przedsiębiorstwami, ze szczególnym uwzględnieniem procesów informacyjnych. Przedstawił możliwości chmur obliczeniowych oraz wskazał obszary ich wykorzystania, słusznie uwzględniając wielkość przedsiębiorstw. Środowiska chmurowe, niezależnie od typu posiadają cechy wspólne oraz cechy je różniące. To sprawia, że wykorzystanie tych środowisk wymaga zrozumienia mechanizmów oraz uwarunkowań, które uzasadniają ich stosowanie. Podejmując decyzję o wdrożeniu chmury obliczeniowej, przedsiębiorstwa powinny uwzględnić szereg czynników. Kwestie te dostrzega Autor, wymieniając na końcu rozdziału (s. 61) obszary, które powinny zostać potraktowane jako dominujące w wykorzystaniu rozwiązań chmurowych, inne jako dodatkowe, opcjonalne, w zależności od typu działalności

gospodarczej przedsiębiorstwa. Wśród obszarów na pierwszym miejscu została wymieniona analityka danych. Trzeba jednak pamiętać, że najlepsze technologie i narzędzia bez personelu posiadającego odpowiednie umiejętności oraz właściwego nastawienia, są mało przydatne. Drobna uwaga do rysunku 3 (s. 38). Prezentując zarządzanie przedsiębiorstwem według kryterium „3. Procesowe" przyjęto nietrafioną numerację procesów. Szkoda także, że trendy wyszukiwania chmur obliczeniowych, podobnie jak w rozdziale pierwszym, przedstawiono dla jednego kraju (rysunek 5, s. 46).

Rozdział trzeci został poświęcony modelom akceptacji technologii (TBP, TAM, TAM2, TAM3, D&M IS Success, UTAUT, UTAUT2). Autor scharakteryzował je oraz uzasadnił wykorzystanie modelu UTAUT2 przy planowaniu badań empirycznych. Wybór ten jest zasadny, ponieważ uznaje się, że w porównaniu z innymi modelami, UTAUT2 wykazuje większą moc wyjaśniającą i trafność. Włączenie czynników moderujących, wiek, płeć i doświadczenie, dodatkowo zwiększa jego wrażliwość na zmienność demograficzną, czyniąc go solidnym i elastycznym zarówno do badań akademickich, jak i zastosowań praktycznych. Autor, przydzielając czynniki, które mogą wpływać na poziom wykorzystania chmur obliczeniowych w przedsiębiorstwach, do trzech grup (grupa 1- czynniki charakteryzujące sektor ICT oraz rozwój gospodarki cyfrowej w kraju, grupa 2 - czynniki charakteryzujące informatyzację przedsiębiorstw kraju, grupa 3 - czynniki charakteryzujące umiejętności cyfrowe ludności kraju) uzasadnił ich wybór, zaliczając do pierwszej grupy osiem z nich, do drugiej sześć i dwa do trzeciej (s. 76-83). Czynniki zaliczone przez Doktoranta do poszczególnych grup odzwierciedlają cyfrową dojrzałość gospodarki, charakteryzują informatyzację przedsiębiorstw i umiejętności cyfrowe ludności. Dyskusyjny jest przydział czynnika „Odsetek osób prywatnych komunikujących się z władzami publicznymi przez Internet" do grupy pierwszej oraz zaliczenie czynników „Osoby pracujące z wykształceniem ICT według wieku" i „Osoby pracujące z wykształceniem ICT według płci" do grupy drugiej. W pierwszym przypadku, wymieniony czynnik bardziej nawiązuje do usług publicznych i umiejętności mieszkańców, niż do sektorowej struktury gospodarki. W sytuacji drugiej grupy, uwzględnienie osób pracujących z wykształceniem ICT według wieku i płci, wprowadza element demograficzny, odbiegając od koncentracji na

przedsiębiorstwie. Przeniesienie tych czynników do grupy trzeciej mogłyby poprawić przejrzystość koncepcyjną i użyteczność analityczną.

Badanie elementów determinujących wykorzystanie chmury obliczeniowej w zarządzaniu organizacją wymaga ustrukturyzowanego podejścia, które opiera się na teorii, wymaga odpowiednich danych i ich analizy. Zagadnienia te zostały przedstawione w rozdziale czwartym, który poświęcono metodyce badań. Autor zamieścił w nim cele, problemy i hipotezy badawcze, scharakteryzował metody badań, wymienił wykorzystywane narzędzia oraz zaprezentował model badawczy. Rzetelnie przedstawił kolejne kroki prowadzące do powstania modelu, wskazując na niezbędne działania potrzebne do powstania „bazowego" zbioru danych. O ile stosowane w rozprawie dane są ogólnie dostępne w postaci stabelaryzowanej, to jednak liczba zmiennych, kompletność danych, wymagały wysiłku, w celu ich właściwego przygotowania. Nawiązując do uwagi Doktoranta dotyczącej braków danych i poczynionych działań (sposób uzupełnienia brakujących danych s. 95) oraz powtarzalności badań, wśród załączników mógł się znaleźć przygotowany do analiz zbiór danych, z zaznaczeniem tych danych, które powstały w wyniku zabiegów Autora rozprawy. Miary statystyki opisowej dla analizowanych danych znajdują się w aneksie drugim.

W rozdziale piątym został przedstawiony: stan wykorzystania chmur obliczeniowych w przedsiębiorstwach, w krajach Unii Europejskiej, postępowanie, które powinno prowadzić do wyboru przez przedsiębiorstwo najlepszej oferty oraz proces wdrażania w przedsiębiorstwach chmur obliczeniowych. Podobnie jak we wcześniejszych rozdziałach, omawiając wykorzystanie chmur obliczeniowych w przedsiębiorstwach, w Unii Europejskiej, Autor skupił uwagę na pojedynczych krajach (Finlandii i Polsce). Zaniedbując analizę wykorzystania chmur obliczeniowych, w przedsiębiorstwach innych państw Unii Europejskiej, analizując sytuację w Finlandii i w Polsce, przedstawił informacje związane z wykorzystaniem chmur obliczeniowych, uwzględniając kategorię działalność gospodarcza (s. 101-105). Spostrzeżenie to prezentuję w kontekście zapisu znajdującego się w podsumowaniu i wnioskach „Jednym z kierunków dalszych badań naukowych może być analiza uwarunkowań wykorzystania chmur obliczeniowych w zarządzaniu przedsiębiorstwami w podziale na rodzaje działalności gospodarczej"

(s. 148). W tej sytuacji proszę, aby podczas obrony Doktorant szerzej odniósł się do pytania badawczego „Dlaczego poziomy wykorzystania chmur obliczeniowych w krajach Unii Europejskiej istotnie się różnią?" (s. 84). W charakteryzowanym rozdziale znajdują się też propozycje Autora dotyczące optymalizacji wyboru chmur obliczeniowych oraz ich implementacji w przedsiębiorstwie. Zastosowana przez Doktoranta metoda ważonych kryteriów jest racjonalnym wyborem. Przyjmując zestaw kryteriów dla dysków wirtualnych i dla platform przedstawił, wykorzystując umowne dane, proces wyboru chmury obliczeniowej. Odnosząc się do ostatniego elementu w ocenianym rozdziale, implementacji chmur obliczeniowych, w przygotowanych algorytmach i przedstawionym opisie implementacji, Autor uwzględnił, co należy podkreślić, kwestie integracji ze starszymi rozwiązaniami, które mogą być wykorzystywane w organizacji, bezpieczeństwa danych, niezawodności, kompetencji personelu.

W ostatnim rozdziale zostały przedstawione wyniki analiz statystycznych prowadzące do zidentyfikowania czynników istotnych statystycznie, dzieląc je na stymulanty i destymulanty. Następnie do wyznaczenia syntetycznego miernika „Gotowość kraju do stosowania technologii informacyjnych" wykorzystano trzy taksonomiczne metody porządkowania liniowego (TMR Hellwiga, BMR, TOPSIS). Uzyskane wartości liczbowe miernika wykorzystano do zbudowania rankingu krajów Unii Europejskiej demonstrującego ich gotowość do wdrażania innowacyjnych rozwiązań informatycznych. Podzielono je na cztery grupy: 1) te które reprezentują bardzo wysoki poziom gotowości do stosowania technologii informacyjnych, 2) poziom wysoki, 3) poziom średni, 4) poziom niski. Opisane postępowanie jest prawidłowe i dobrze ustrukturyzowane. Doktorant podąża logiczną, opartą na danych ścieżką, od wyboru zmiennych do konstrukcji rankingu. Zastosowanie analizy korelacji zapewniło oparty na danych wybór właściwych czynników oraz ich klasyfikację na stymulanty i destymulanty. Zastosowanie wielu metod taksonomicznych, zwiększa solidność i niezawodność uzyskanego miernika syntetycznego. Stworzenie rankingu przedsiębiorstw na jego podstawie jest logicznym następstwem z poprzednich kroków i dostarcza praktycznych spostrzeżeń. Pozwala na identyfikację liderów i kraje w mniejszym stopniu gotowe na wykorzystanie chmur obliczeniowych oraz umożliwia dalsze analizy. W podsumowaniach i wnioskach Autor

zamieścił kluczowe spostrzeżenia nawiązując do uzyskanych wyników badań i weryfikacji hipotez badawczych.

Aspekty formalne

Rozprawa została przygotowana w sposób przejrzysty i komunikatywny. Drobne błędy edytorskie np. „podrozdział 0" (s. 148) oraz nieznaczne uwagi do rysunków, z korzyścią dla rozprawy, nie występowały często.

Wnioski końcowe

W recenzowanej rozprawie poruszono wiele istotnych zagadnień. Uważna lektura całości opracowania pozwala wyciągnąć wniosek, że Pan mgr inż. Roman Machuga posiada wiedzę w zakresie problematyki przedstawionej w rozprawie i jest przygotowany do prowadzenia badań naukowych. Recenzowana rozprawa doktorska jest Jego indywidualnym dorobkiem, który spełnia kryteria stawiane pracom doktorskim określone w art. 187 ustawy z 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 r. poz. 1571, 1871, 1897). W związku z powyższym wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Nauki o Zarządzaniu i Jakości Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie o dopuszczenie Pana mgr inż. Romana Machugi do dalszego postępowania, w sprawie nadania stopnia doktora w dziedzinie nauki społeczne, w dyscyplinie nauki o zarządzaniu i jakości.

Stanisław Sitko