

Gliwice, 27.06.2026

## Recenzja

Osiągnięć naukowych dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego i w zakresie współpracy z innymi ośrodkami naukowymi

**dr. inż. Bogdana Ruszczaka**

w związku z podstępowaniem w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego  
w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja

Recenzja została sporządzona w odpowiedzi na pismo dr. hab. inż. Marcina Lorenca, Rektora Politechniki Opolskiej w związku z powołaniem mnie na recenzentkę w w/w postępowaniu. Recenzja została przygotowana zgodnie z przepisami prawa, w tym kryteriami oceny obowiązującymi na dzień wszczęcia postępowania habilitacyjnego, zawartymi w art. 219 i art. 221 ustawy z dn. 20 lipca 2018r, prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity: Dz. U. z 2024 r. poz. 1571;).

## Informacje Ogólne

Dr inż. Bogdan Ruszczak jest absolwentem Politechniki Opolskiej, gdzie uzyskał dwa tytuły magistra inżyniera: w 2005 roku na kierunku Zarządzanie i marketing (Wydział Zarządzania i Inżynierii Produkcji), a w 2006 roku na kierunku Informatyka (Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki). Stopień naukowy doktora inżyniera w dziedzinie nauk ekonomicznych uzyskał w listopadzie 2012 roku na Wydziale Informatyki i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej. Jego rozprawa doktorska nosiła tytuł „Metoda wspomagania oceny efektywności inwestycji w farmy wiatrowe”.

Kariera zawodowa Habilitanta łączy działalność akademicką z aktywną pracą w sektorze badawczo-rozwojowym. Od 2005 roku jest on związany z Politechniką Opolską, gdzie początkowo pracował jako asystent, a od 2014 roku jako adiunkt – najpierw na Wydziale Ekonomii i Zarządzania, a od 2018 roku w Instytucie Informatyki. Równoległe z pracą na uczelni, Kandydat rozwijał doświadczenie w firmach technologicznych o statusie centrów badawczo-rozwojowych. Pracował między innymi jako starszy programista w Future Processing (2018), kierownik projektów B+R oraz ekspert ds. uczenia maszynowego w QZ Solutions (2018–2022), a także jako specjalista ds. uczenia maszynowego w KP Labs (2022–2025).

## Ocena osiągnięcia naukowego

Głównym osiągnięciem naukowym przedłożonym do oceny w niniejszym postępowaniu habilitacyjnym jest cykl dziesięciu publikacji dr. inż. Bogdana Ruszczaka, zatytułowany „Metody uczenia maszynowego do analizy rzeczywistych danych wielowymiarowych”. Przedstawiony zbiór prac ma profil aplikacyjny i obejmuje pięć artykułów opublikowanych w czasopismach z listy JCR oraz pięć referatów zaprezentowanych na międzynarodowych konferencjach naukowych o randze CORE A. W ramach ocenianego cyklu Kandydat podejmuje zagadnienia projektowania, implementacji oraz ewaluacji modeli uczenia maszynowego w kontekście rzeczywistych problemów badawczych. Zastosowania analizowane w pracach Kandydata skupiają się wokół dwóch głównych obszarów: teledetekcji i diagnostyki z wykorzystaniem danych hiperspektralnych w rolnictwie oraz detekcji anomalii w satelitarnych danych telemetrycznych. Ważnym, uzupełniającym elementem zaprezentowanego dorobku jest opracowanie i udostępnienie

autorskich zbiorów danych oraz procedur testowych, co umożliwia replikację prowadzonych eksperymentów. Poniżej krótko omawiam tematykę prac wchodzących w skład przedstawionego osiągnięcia. Kolejność omawianych prac zgodna jest z kolejnością ich przedstawienia w Autoreferacie.

Osiągnięcie opisane w publikacji [A1] dotyczy automatycznej detekcji alternariozy u pomidorów z wykorzystaniem wysokorozdzielczych pomiarów spektrofotometrycznych (szeroki zakres 350–2500 nm, stanowiący 2151 pasm spektralnych) oraz algorytmów uczenia zespołowego. Kluczowym elementem metodyki, pozwalającym na skuteczną eliminację szumów i błędów pomiarowych, było zastosowanie diagramów całkowitej refleksyjności do wstępnego przetwarzania danych. W ramach eksperymentów klasyfikacji prowadzonych na zakażonych i zdrowych liściach dwóch odmian roślin, porównano wyniki wybranych modeli, głównie opartych o podejścia zespołowe (ang. *ensemble*). Kandydat wykazał najwyższą skuteczność modelu opartego na algorytmie lasów losowych, który osiągnął bardzo wysoką dokładność (F1-score równy 0,986). Istotną wartością dodaną pracy z perspektywy aplikacyjnej była analiza ważności cech modelu, która pozwoliła na wyselekcjonowanie najbardziej użytecznych pasm spektralnych (m.in. 905, 982, 1063 nm). Informacja ta może stanowić wniosek domenowy, otwierający drogę do konstruowania uproszczonych, tańszych sensorów przeznaczonych do wczesnej diagnostyki w rolnictwie precyzyjnym.

Publikacja [A2] stanowi rozwinięcie badań nad teledetekcyjną diagnostyką chorób pomidorów przedstawioną w pracy [A1], rozszerzając analizę na pięć powszechnie występujących patogenów (alternariozę, antraknozę, bakteryjną cętkowość, zarazę ziemniaka, septoriozę) oraz próbę kontrolną. Wobec niskiej skuteczności pierwotnego modelu wieloklasowego, Habilitant zaproponował podejście oparte na budowie zestawu składowych klasyfikatorów binarnych, dyskryminujących poszczególne typy infekcji. Głównym osiągnięciem metodycznym w tej pracy było opracowanie wieloetapowej procedury optymalizacyjnej, obejmującej m.in. sekwencyjną i iteracyjną redukcję przestrzeni cech (z początkowych 2151 do 50 optymalnych pasm spektralnych) z wykorzystaniem metody RFE (ang. *Recursive Feature Elimination*) oraz strojenie hiperparametrów. Aspektem o istotnym znaczeniu aplikacyjnym i poznawczym było przeprowadzenie pogłębionej analizy wyselekcjonowanych cech dla poszczególnych modeli, co pozwoliło na zdefiniowanie nowych, silnie predykcyjnych pasm spektralnych dla badanych patogenów i znacząco wzbogaciło wiedzę domenową w obszarze teledetekcji chorób.

Wyniki zaprezentowane w publikacji [A3] dotyczą problemu klasyfikacji fenotypów roślin, a konkretnie wczesnego rozpoznawania stopnia odporności nowych odmian ziemniaka na stres suszowy na podstawie pomiarów hiperspektralnych liści. Głównym wyzwaniem badawczym była tu analiza zbioru danych o trudnej charakterystyce, stanowiącej klasyczny problem wysokiej wymiarowości: dysponowano niewielką liczbą próbek (216 pomiarów) w stosunku do obszernej przestrzeni cech (2151 pasm spektralnych). Dodatkowe trudności analityczne wynikały z silnego skorelowania sąsiednich sygnałów, obecności szumu pomiarowego oraz niezbalansowania klas decyzyjnych. Aby sprostać tym ograniczeniom, Kandydat opracował wieloetapową metodę optymalizacji, łączącą wstępne filtrowanie sygnału metodą Savitzkiego-Golaya z jednoczesną ewolucyjną redukcją przestrzeni cech (z wykorzystaniem strategii ewolucyjnych  $(\mu + \lambda)$  oraz  $(\mu, \lambda)$ ), zastosowaną do liniowego modelu uczenia maszynowego z regularyzacją L2. Wykorzystanie tego zintegrowanego podejścia pozwoliło na znaczną poprawę skuteczności predykcji względem modeli bazowych, przy jednoczesnej redukcji liczby wykorzystywanych pasm spektralnych z 2151 do 783. Z perspektywy dziedzinowej zaproponowane rozwiązanie posiada istotną wartość aplikacyjną, ponieważ umożliwia przydział nowej odmiany do odpowiedniej grupy odporności na stres suszowy na wczesnym etapie rozwoju rośliny, co zwalnia badaczy z konieczności oczekiwania na naturalną weryfikację do końca sezonu agronomicznego.

W publikacji [A4] przedstawiono badania związane z problematyką wiarygodnej i pozbawionej błędów systematycznych ewaluacji regresyjnych modeli uczenia maszynowego, przeznaczonych do teledetekcyjnej estymacji parametrów biofizycznych roślin na podstawie rzeczywistych obrazów hiperspektralnych. Habilitant zidentyfikował problem polegający na braku otwartych, przygotowanych w transparentny sposób zbiorów danych i dedykowanych im procedur testowania modeli dla zadań teledetekcyjnych opartych na rzeczywistych danych wielowymiarowych. Kluczowym wkładem Habilitanta było opracowanie i udostępnienie otwartego, referencyjnego zbioru danych (CHESS), w którym wysokorozdzielcze obrazy hiperspektralne powiązane ze zweryfikowanymi pomiarami laboratoryjnymi (m.in. indeksem SPAD, maksymalną wydajnością fotochemiczną PSII czy względną zawartością wody). W odpowiedzi na brak ujednoliconych standardów w tym obszarze, Autor zdefiniował rygorystyczną i powtarzalną procedurę walidacyjną, umożliwiającą obiektywne porównywanie nowo powstających algorytmów. Ważnym aspektem metodycznym pracy było również zaproponowanie translacji danych do przestrzeni cech gradientowych, co pozwoliło na wykorzystanie klasycznych, interpretowalnych modeli uczenia maszynowego zamiast złożonych architektur głębokich. Rozwiązanie

to charakteryzuje się niskim zapotrzebowaniem na zasoby obliczeniowe, co predysponuje je do zastosowań na urządzeniach brzegowych, w tym w satelitarnych misjach obserwacyjnych. Ponadto, w ramach badań przeprowadzono obszerną ewaluację piętnastu architektur modeli regresyjnych, dostarczając solidnych wyników bazowych (ang. *baseline*) oraz wykazując, że odpowiednie strojenie modeli i zastosowanie regularyzacji znacząco zwiększa ich zdolności uogólniania.

W publikacji [A5] opracowano rozwiązania stanowiące odpowiedź na wyzwania analityczne związane z przetwarzaniem rzeczywistych obrazów hiperspektralnych, pozyskiwanych w niekontrolowanych warunkach polowych (przy zmiennym oświetleniu słonecznym i zachmurzeniu), które charakteryzują się wysokim poziomem zaszumienia. Głównym wkładem Habilitanta opisanym w tym artykule jest opracowanie zoptymalizowanej metody wstępnego przetwarzania i filtracji ekstrahowanych krzywych spektralnych, bazującej na zaawansowanej adaptacji filtru Savitzkiego-Golaya. Wykazano, że precyzyjne strojenie parametrów tego filtru (w tym rozmiaru okna, stopnia wielomianu oraz krotności operacji gradientowej) jako metody przygotowania cech dla modelu, pozwala na istotną redukcję szumu i poprawę informatywności danych treningowych. Ewaluacja zaproponowanego podejścia na rzeczywistym zbiorze danych, w zadaniu estymacji parametrów biofizycznych roślin (SPAD, FvFm, PI, RWC) z użyciem modeli liniowych, potwierdziła wzrost ich skuteczności predykcyjnej. Zastosowanie zoptymalizowanej filtracji doprowadziło do znaczącego obniżenia przeciętnego błędu bezwzględnego estymacji. Stanowi to ważne osiągnięcie metodyczne, udowadniające, że odpowiedni preprocessing sygnału może w klasycznych modelach uczenia maszynowego skutecznie kompensować zakłócenia wynikające z trudnych uwarunkowań akwizycji środowiskowej, bez konieczności uciekania się do obciążających obliczeniowo metod uczenia głębokiego.

W publikacji [A6] Habilitant integruje wcześniejsze techniki przetwarzania danych spektralnych oraz ewaluacji modeli maszynowego uczenia w całościowy, zautomatyzowany proces optymalizacji, ukierunkowany na redukcję złożoności obliczeniowej. Autor zaproponował ewolucyjną metodę przeszukiwania przestrzeni konfiguracji parametrów filtra Savitzkiego-Golaya, wykorzystującą algorytmy genetyczne (GA) z mechanizmem elityzmu do wyboru optymalnych ustawień (rozmiaru okna, stopnia wielomianu oraz krotności operacji gradientowej). Aby ułatwić porównywanie wyników optymalizowanych modeli ze skutecznością modeli zaraportowanych w pracy [A4] Habilitant zaproponował relatywną metrykę rMAE. W drugim etapie badań Kandydat zaimplementował algorytm NSGA-II (ang. *Non-dominated Sorting Genetic Algorithm*), co umożliwiło wielokryterialną optymalizację modelu dla czterech różnych wskaźników teledetekcyjnych jednocześnie (SPAD, RWC, FvFm, PI), wyznaczając zbiór rozwiązań optymalnych w sensie Pareto. Wynikiem prac jest wykazanie, że zastosowane podejście ewolucyjne pozwala na redukcję przeszukiwanej przestrzeni parametrów co z kolei przekłada się na redukcję całkowitego czasu przetwarzania danych i trenowania modeli przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej skuteczności predykcyjnej względem modeli bazowych.

Publikacja [A7], skupia się na stronie inżynierskiej oraz procesie przygotowania danych, prezentując autorskie narzędzie informatyczne o nazwie OXI, służące do wizualizacji i etykietowania wielowymiarowych szeregów czasowych pochodzących z misji satelitarnych. Kandydat zidentyfikował brak dostępnych na rynku rozwiązań pozwalających na płynną pracę z rozległymi (zawierającymi do 2 milionów punktów) i wielokanałowymi zbiorami telemetrii, co stanowiło barierę w efektywnej współpracy z ekspertami domenowymi z Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA). Opracowane rozwiązanie, udostępnione na otwartej licencji, wprowadza optymalizacje w zakresie renderowania danych oraz obsługi pamięci, a także oferuje intuicyjne przybory do wykonywania oznaczeń 1D i 2D, co jest kluczowe przy definicji zbiorów uczących dla detektorów anomalii. Choć praca ta nie dostarcza bezpośrednio nowych wniosków metodycznych w zakresie algorytmów uczenia maszynowego i jak sam Habilitant stwierdza, może być traktowana jako publikacja uzupełniająca, stanowi ona fundament techniczny dla kolejnych badań habilitanta (A8–A10), umożliwiając wiarygodne przygotowanie wysokiej jakości danych uczących i weryfikacyjnych

Publikacja [A8] przedstawia autorską dwuetapową metodę detekcji anomalii w rzeczywistych sygnałach telemetrycznych satelity OPS-SAT, opracowaną w ramach współpracy z Europejską Agencją Kosmiczną. W pierwszym etapie metody Habilitant zaproponował generowanie 18 pośrednich, syntetycznych cech statystycznych dla krótkich segmentów danych, co umożliwiło analizę sygnałów mimo ich nieciągłości, zmiennego próbkowania oraz występowania przerw i zakłóceń. W drugim etapie, na podstawie wygenerowanych cech, trenowano i oceniano modele uczenia nadzorowanego. Istotnym elementem pracy było również zastosowanie technik rozszerzania danych (ang. *data augmentation*), takich jak odbicia czy przesunięcia segmentów sygnału, co pozwoliło podnieść dokładność modelu. Interesującym jest fakt, że opracowany algorytm pomyślnie przeszedł proces walidacji i został wdrożony do działania a czasie misji satelity, co wymagało takiego zaprojektowania metody, aby mogła ona działać w środowisku ograniczonych wymagań obliczeniowych i pamięciowym. Część opisującą publikację [A8] zawiera również

dotatkowe analizy będące uzupełniającą weryfikacją metody na wielowymiarowym zbiorze danych ESA-ADB. Wykazano wyższą skuteczność podejścia integrującego dane z wielu kanałów jednocześnie (*late fusion*) w porównaniu do modeli pracujących na pojedynczych sygnałach.

Publikacja [A9] stanowi dalsze rozszerzenie badań nad detekcją anomalii w satelitarnych danych telemetrycznych, wnosząc trzy opisane wkłady: udostępnienie zweryfikowanego zbioru danych (OPSSAT-AD) społeczności naukowej, ewaluację 30 algorytmów uczenia maszynowego oraz wskazanie kluczowych kierunków dalszego rozwoju w tej dziedzinie. Autor przeprowadził porównawczą analizę skuteczności, obejmującą zarówno nadzorowane jak i nienadzorowane architektury modeli, co pozwoliło na rzetelne zobrazowanie potencjału poszczególnych rozwiązań w warunkach rzeczywistych. Choć modele nienadzorowane wykazały niższą skuteczność niż rozwiązania nadzorowane, niektóre z nich osiągnęły wyniki wskazujące na ich przydatność w scenariuszach o ograniczonym dostępie do etykiet. Jako odpowiedź na wyzwania zidentyfikowane w toku prac, Habilitant wskazał na konieczność rozwoju algorytmów uczenia ciągłego (ang. *Continual Learning*) oraz metod uczenia na małej liczbie próbek (ang. *Few-Shot Learning*), które stanowią obecnie główny nurt prac Habilitanta w zakresie adaptacji sieci typu DeepSAD czy DevNet do ekstrakcji wzorców z wielowymiarowych danych satelitarnych. Kolejnym opisanym wyzwaniem jest konieczność budowania wyjaśnialnych modeli detekcji (XAI), co jest niezbędne dla zwiększenia zaufania operatorów systemów satelitarnych do automatycznych procedur diagnostycznych.

Praca [A10], będąca ostatnią z publikacji wymienionych jako osiągnięcie Habilitanta, przedstawia architekturę predykcyjną dla wielowymiarowych szeregów czasowych, dedykowaną prognozowaniu cen energii, w której bazowy model oparty na sieciach TCN (ang. *Temporal Convolutional Networks*) został sprzężony z równoległym pracującym detektorem anomalii. Kluczowym osiągnięciem metodycznym jest mechanizm zwrotnego przekazywania informacji o stanie rynku; detektor analizuje bieżące dane i dostarcza predyktorowi dodatkowy sygnał kodujący informacje o anomalnym bądź nominalnym charakterze sytuacji, co znacząco zwiększa moc prognostyczną systemu. W procesie optymalizacji hiperparametrów sieci TCN Autor zastosował ewolucyjną strategię CMA-ES (Covariance Matrix Adaptation Evolution Strategy), która okazała się skuteczniejsza od metody MOTPE (Multiobjective Tree structured Parzen Estimator) w przeszukiwaniu złożonej przestrzeni konfiguracji modelu. Skuteczność podejścia zweryfikowano na zbiorze 435 dni notowań z Towarowej Giełdy Energii, wykazując istotną redukcję błędów predykcyjnych dzięki integracji detekcji anomalii. Praca ta dostarcza również narzędzie wizualizacyjne do identyfikacji anomalii rynkowych oraz autorski zbiór danych rynkowych z eksperckimi oznaczeniami, co stanowi cenne wsparcie dla dalszych badań nad adaptacyjnymi modelami prognostycznymi w energetyce.

W mojej opinii, do najważniejszego dorobku Habilitanta (wchodzącego w skład przedstawionego osiągnięcia naukowego), który przyczynił się do rozwoju dziedziny należy zaliczyć:

- Opracowanie i weryfikację mechanizmów zautomatyzowanej, ewolucyjnej optymalizacji potoków przetwarzania sygnałów, co zostało udokumentowane przede wszystkim w pracach [A5], [A6] i [A10]. Autor z sukcesem odszedł od powszechnej w badaniach aplikacyjnych praktyki traktowania wstępnego przetwarzania danych – takiego jak choćby dobór parametrów filtracji Savitzkiego-Golaya – jako arbitralnego, manualnego kroku eksperckiego. Zamiast tego, Habilitant zintegrował proces czyszczenia i wyboru cech bezpośrednio z architekturą uczenia maszynowego pokazując, że preprocessing może i powinien być elementem podlegającym rygorystycznej, zautomatyzowanej optymalizacji. Zaproponowane podejście nie tylko radykalnie skraca czas poszukiwania optymalnych konfiguracji modeli w porównaniu do metod tradycyjnych, ale przede wszystkim systemowo eliminuje obciążenie ludzkie (ang. *human bias*) z procesu przygotowania danych.
- Drugim, równie istotnym z perspektywy rozwoju dyscypliny osiągnięciem, jest autorskie rozwiązanie problemu modelowania trudnych szeregów czasowych poprzez architektoniczne sprzężenie detekcji anomalii z modelowaniem predykcyjnym. Autor wykazuje, w szczególności w pracach [A8] i [A10], że dla zaszumionych danych rzeczywistych o dużej zmienności, odejście od standardowych, czarnych skrzynek typu *end-to-end* na rzecz ukierunkowanych architektur hybrydowych przynosi wymierne korzyści analityczne. Wyrazem tego jest innowacyjny mechanizm wewnątrzsystemowej propagacji informacji wprowadzony w publikacji [A10], gdzie równoległe operujący detektor anomalii na bieżąco klasyfikuje stan analizowanego środowiska, a wypracowany przez niego sygnał statusowy jest przekazywany jako dodatkowe, dynamiczne wejście dla właściwej sieci prognostycznej TCN. Z kolei w badaniach nad telemetryą [A8] Kandydat zaprezentował oryginalne, odporne na braki danych podejście do ekstrakcji syntetycznych cech statystycznych dla nieciągłych i nieregularnie próbkowanych sygnałów.

Osiągnięcie habilitacyjne stanowi zbiór prac o wysokim poziomie merytorycznym oraz praktycznej możliwości zastosowania, jednakże analiza jego struktury tematycznej prowadzi do pewnych wątpliwości w kontekście spójności linii badawczej. Habilitacja, zgodnie ze standardami akademickimi, powinna stanowić tematycznie spójny cykl artykułów naukowych, natomiast w obecnych warunkach rozwoju informatyki, dziedziny takie jak uczenie maszynowe czy analiza danych wielowymiarowych stały się na tyle pojemne i szerokie, że w praktyce pozwalają na zakwalifikowanie pod to hasło niemal dowolnego nurtu badawczego. W mojej ocenie, Habilitant wykorzystał tę szeroką definicję, prezentując badania realizowane w trzech odmiennych domenach: teledetekcji rolniczej [A1–A6], telemetrii satelitarnej [A7–A9] oraz prognozowaniu rynkowym [A10]. Choć wspólnym mianownikiem tych prac są algorytmy uczenia maszynowego, to z perspektywy recenzenta cykl ten sprawia wrażenie zbioru rozproszonych studiów przypadku, a nie konsekwentnie budowanej, skoncentrowanej strategii badawczej. W mojej opinii wniosek zyskałby na spójności, gdyby Habilitant dokonał bardziej restrykcyjnej selekcji materiału, gdyż włączenie tak odmiennych tematycznie zagadnień do jednego osiągnięcia sprawia, że narracja badawcza staje się nieco rozmyta; Habilitant wydaje się podążać za bieżącymi potrzebami projektowymi, zamiast zdefiniować jeden, wiodący nurt rozwoju własnej myśli naukowej. Uważam, że dla potrzeb habilitacji korzystniejszym rozwiązaniem byłoby skupienie się na wybranym obszarze i pogłębienie wkładu w teorię metod maszynowego uczenia w jego ramach, zamiast demonstracji narzędzi w kilku niepowiązanych domenach. Niemniej, powyższa uwaga nie umniejsza wysokiej jakości prezentowanych wyników badań, stanowiąc jedynie wskazówkę dotyczącą optymalnej strategii budowania dorobku naukowego przez Kandydata na przyszłość.

Mam również jedną uwagę techniczną odnośnie elektronicznej wersji Autoreferatu, która została mi udostępniona. Odnośniki do osiągnięć przenoszą na ostatnią stronę Autoreferatu (zamiast do konkretnych załączonych artykułów), co w pewnym stopniu utrudniło mi nawigację po dokumencie.

Podsumowując, wykazane przez Habilitanta osiągnięcia naukowe dowodzą, że z powodzeniem łączy on warsztat inżynierski z gruntowną metodyką badawczą w obszarze uczenia maszynowego oraz analizy zaszumionych, wielowymiarowych danych rzeczywistych takich jak obrazy hiperspektralne oraz szeregi czasowe. Przedstawione w cyklu prace charakteryzują się bardzo silnym aspektem aplikacyjnym, z uwagi na fakt, iż zautomatyzowana inżynieria cech oraz ewolucyjna optymalizacja potoków wstępnego przetwarzania sygnałów są kluczowe dla budowy odpornych systemów decyzyjnych pracujących w nieprzewidywalnych warunkach rzeczywistych. Dzięki opracowanym mechanizmom analitycznym i eksperckim domenowi mogą zredukować czas poświęcany na wyczerpujące, manualne przygotowanie danych. Pozwala to na skupienie uwagi na interpretacji wyników i weryfikacji hipotez, przy jednoczesnym obniżeniu złożoności obliczeniowej modeli oraz eliminacji subiektywnego błędu ludzkiego z procesu analitycznego.

Na końcu, chciałabym też podkreślić istotny wkład Habilitanta w standaryzację protokołów badawczych, polegający na tworzeniu otwartych zbiorów referencyjnych (benchmarków) oraz przeprowadzaniu rygorystycznych ewaluacji szerokiego spektrum algorytmów. Tego rodzaju systematyczna walidacja ma w informatyce znaczenie fundamentalne, gdyż zapewnia wysoką powtarzalność badań i umożliwia obiektywne porównywanie nowych metod.

**Podsumowując, opracowane przez Habilitanta narzędzia i publikacje stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja.**

## Ocena ogólnej aktywności naukowej

### Publikacje naukowe poza cyklem habilitacyjnym

Poza cyklem 10-ciu prac ocenionych w poprzednim rozdziale, dr inż. Bogdan Ruszczak wykazywał się aktywnością naukową będąc współautorem 55 artykułów naukowych po uzyskaniu doktoratu. Analizując ten dorobek publikacyjny Habilitanta, można zauważyć pewną dychotomię w doborze miejsc publikacji oraz obszarów tematycznych. Zdecydowaną i najsilniejszą część tego dorobku stanowią artykuły opublikowane w renomowanych, międzynarodowych periodykach i na wiodących konferencjach naukowych. Na szczególne uznanie zasługują publikacje w czasopiśmie takich jak *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, *Expert Systems With Applications*, czy *IEEE Transactions on Power Systems* oraz referaty prezentowane na konferencjach oznaczonych kategorią CORE A (GECCO, ECML PKDD), w tym praca wyróżniona nagrodą *Best Paper Award* [B2]. Stanowi to niepodważalny dowód na to, że Habilitant potrafi prowadzić badania weryfikowane przez najbardziej wymagające gremia w głównym nurcie światowej sztucznej inteligencji.

Z drugiej strony, w wykazie znajduje się również zauważalna liczba publikacji, które w pewnym stopniu rozmywają stricte informatyczny profil Kandydata. Mowa tu o licznych publikacjach o charakterze interdyscyplinarnym, osadzonych w periodykach z zakresu nauk ekonomicznych i społecznych (np. badania nad migracją zarobkową, rynkiem pracy). O ile tego typu otwartość na

aplikacyjność algorytmów analizy danych w innych dziedzinach jest wartością w projektach, o tyle z perspektywy ewaluacji dorobku w dyscyplinie informatyka techniczna wprowadza to pewien szum publikacyjny. Analizując dorobek widać, że są to prace powstałe na wcześniejszym etapie kariery Habilitanta, być może powiązane jeszcze z jego wcześniejszymi zainteresowaniami naukowymi w dziedzinie ekonomii. Ostatecznie, z uwagi na wybitny i niezaprzeczalnie silny trzon informatyczny (CORE A, czasopisma IEEE/Elsevier i inne czasopisma z listy JCR), ogólną jakość dorobku poza cyklem głównym oceniam wysoko.

#### **Udostępnione zbiory danych**

Na wyróżnienie zasługuje również wkład Kandydata w rozwój idei Otwartej Nauki (Open Science). W dobie kryzysu replikowalności badań w obszarze uczenia maszynowego, publikowanie samych artykułów jest często niewystarczające. Kandydat doskonale rozumie ten problem, co udowodnił publikując pięć unikalnych, rygorystycznie przygotowanych zbiorów danych [D1–D5]. Zbiory takie jak *OPSSAT Anomaly Dataset* (ponad 3200 pobrań) czy *ESA-ADB* (ponad 4400 pobrań) stanowią obiektywnie ogromną wartość dla globalnej społeczności badawczej. Udostępnianie wysokiej jakości surowych danych (m.in. telemetrii satelitarnej, obrazowań hiperspektralnych gleby) w powiązaniu z otwartym kodem źródłowym (repozytoria GitHub, notatniki Jupyter) świadczy o wysokim standardzie prowadzenia badań. Chciałabym podkreślić, że ten mierzalny wpływ na środowisko naukowe wagę nie mniejszą niż tradycyjne wskaźniki cytowań.

#### **Udział w projektach badawczych**

Analiza aktywności projektowej dr. inż. Bogdana Ruszczaka dowodzi jego silnych kompetencji inżynierskich i gruntownego osadzenia w badaniach o charakterze aplikacyjnym. Kandydat wykazał udział w 12 projektach B+R. Na uznanie zasługuje jego rola jako głównego eksperta ds. uczenia maszynowego w projektach dla Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA), w tym przy wdrażaniu algorytmów bezpośrednio na pokładzie satelity OPS-SAT. Dowodzi to, że opracowywane przez niego rozwiązania spełniają rygorystyczne standardy przemysłu kosmicznego. Kandydat brał również aktywny udział w licznych projektach z ramienia NCBiR, wykazując doskonałą synergię nauki z gospodarką – wyniki tych prac B+R skutecznie przekuł na publikacje wysokiej jakości (m.in. prace [A3–A5] oraz [A10] z cyklu głównego).

Oceniając jednak ten dorobek w kontekście samodzielności naukowej, recenzenckim obowiązkiem jest odnotowanie pewnego niedosytu. Kandydat wprawdzie z sukcesami kierował badaniami B+R w projektach przemysłowych (np. „DeepPotato”) oraz grantach uczelnianych, brakuje mu jednak w dorobku funkcji Kierownika Projektu w klasycznych, fundamentalnych grantach naukowych typu NCN OPUS czy SONATA. Kandydat pozycjonuje się raczej jako ceniony wykonawca i ekspert techniczny w dużych konsorcjach niż niezależny kreator badań podstawowych. Niemniej jednak, w dyscyplinie informatyka techniczna umiejętność skutecznego transferu technologii, zwłaszcza na poziomie dużych międzynarodowych konsorcjów, w pełni rekompensuje ten brak, dlatego aktywność projektową Kandydata oceniam bardzo pozytywnie.

#### **Aktywność recenzencka**

Dr inż. Bogdan Ruszczak wykazuje się dużą i regularną aktywnością jako recenzent w międzynarodowym obiegu naukowym. Sporządził blisko 70 recenzji dla czasopism i konferencji, co świadczy o zaufaniu, jakim darzy go środowisko. Z uznaniem należy odnotować recenzje dla wiodących czasopism wydawnictw Elsevier (m.in. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, *Expert Systems With Applications*) oraz Nature (*Scientific Reports*, *Scientific Data*). Dodatkowo, powierzenie Habilitantowi roli recenzenta na wiodących konferencjach naukowych oznaczonych kategorią CORE A (m.in. ECML PKDD oraz warsztatach przy ECAI w 2025 r.) obiektywnie potwierdza jego ugruntowaną pozycję ekspercką w społeczności badaczy sztucznej inteligencji.

#### **Nagrody i wyróżnienia**

Dorobek Kandydata został wielokrotnie doceniony na szczeblu uczelnianym, na co wskazuje seria nagród projakościowych JM Rektora Politechniki Opolskiej (lata 2019–2023). Z punktu widzenia postępowania habilitacyjnego najważniejszym wyróżnieniem jest nagroda *Best Paper Award* uzyskana w 2025 roku na konferencji GECCO (*Genetic and Evolutionary Computation Conference*). Zdobcie głównej nagrody na konferencji o statusie CORE A to niewątpliwý dowód wysokiej jakości warsztatu naukowego.

Zgodnie z bazami Scopus / Web of Science na dzień sporządzania niniejszej recenzji prace Kandydata były cytowane łącznie 286/216 (bez autocytowań), a jego indeks Hirscha wynosi 11/10. Są to wskaźniki w pełni adekwatne dla dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja na etapie postępowania habilitacyjnego, dowodzące, że wyniki prac Habilitanta są zauważane i wykorzystywane przez globalną społeczność badawczą.

**Podsumowując, pozostały dorobek naukowy dr. inż. Bogdana Ruszczaka oceniam bardzo pozytywnie**

## **Aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.**

Z przedłożonej dokumentacji wynika, że Kandydat odbył liczne wizyty jako profesor wizytujący w ośrodkach zagranicznych (m.in. w Hiszpanii, Grecji i Portugalii), realizowane głównie w ramach programu Erasmus. Choć z opisu nie wynika jednoznacznie wymiar czasowy tych pobytów, co może sugerować ich relatywnie krótki, dydaktyczny charakter.

Niezależnie od mobilności zagranicznej, na pozytywną ocenę zasługuje istniejąca współpraca Habilitanta z krajowymi, zewnętrznymi instytucjami badawczo-rozwojowymi. Habilitant odbył wieloletnie staże naukowe i pełnił wiodące role eksperckie w jednostkach posiadających formalny status Centrów Badawczo-Rozwojowych (nadany przez Ministerstwo Rozwoju i Technologii), takich jak KP Labs sp. z o.o. (3 lata) oraz QZ Solutions sp. z o.o. (3,5 roku), a także w firmie TwinIO Energy. To właśnie ta długoterminowa, zewnętrzna aktywność w interdyscyplinarnych zespołach, potwierdzona realizacją wspólnych projektów dla ESA oraz NCBiR, a także kluczowymi publikacjami wchodzącymi w skład głównego osiągnięcia [A1–A10], dowodzi pełnej dojrzałości Habilitanta do prowadzenia badań poza macierzystą uczelnią.

Biorąc pod uwagę liczne publikacje współautorskie z grupami badawczymi spoza Politechniki Opolskiej, oraz wieloletnią, niezwykle owocną naukową pracę w zewnętrznych centrach B+R, jednoznacznie stwierdzam, że **warunek wykazania istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej (w szczególności zagranicznej), został przez Kandydata spełniony w stopniu w pełni zadowalającym.**

## **Ocena osiągnięć organizacyjnych, dydaktycznych oraz popularyzatorskich**

### **Kształcenie kadr naukowych i opieka promotorska**

W kontekście oceny gotowości Kandydata do uzyskania stopnia doktora habilitowanego, kluczowym elementem jest wykazanie się doświadczeniem w kształceniu młodej kadry naukowej. Habilitant udokumentował w tym zakresie osiągnięcia w pełni satysfakcjonujące. Pełnił funkcję promotora pomocniczego w zakończonym sukcesem przewodzie doktorskim dr. inż. Krzysztofa Smykały (obrona w 2024 r.), gdzie jego wkład obejmował nie tylko wsparcie metodyczne, ale również bezpośrednią współpracę przy publikacjach wchodzących w skład głównego osiągnięcia [A1, A2]. Obecnie opiekuje się kolejnym doktorantem (mgr inż. S. Szymocha). Dodatkowo, powierzenie Habilitantowi roli recenzenta w międzynarodowym przewodzie doktorskim na Universidad Politécnica de Cartagena (Hiszpania, 2024) świadczy o uznaniu jego autorytetu badawczego poza granicami kraju. Dorobek ten uzupełnia opieka nad 34 pracami dyplomowymi (inżynierskimi, licencjackimi i magisterskimi), z których część zaowocowała wspólnymi publikacjami [B3, B4, B6], co świadczy o ponadstandardowym, naukowym podejściu do procesu dyplomowania.

### **Osiągnięcia dydaktyczne**

Habilitant legitymuje się wieloletnim doświadczeniem dydaktycznym, nabytym od 2005 roku w Politechnice Opolskiej. Przeniesienie aktywności Kandydata w 2018 roku na Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki zaowocowało profilowaniem dydaktyki stricte w kierunku informatyki (bazy danych, AI, systemy ekspertowe). Za niezwykle cenne należy uznać opracowanie szeregu zaawansowanych sylabusów (m.in. przetwarzanie danych w chmurze, inżynieria obliczeniowa, analiza szeregów czasowych) dla nowego kierunku "Analityka danych w biznesie". Stanowi to istotny wkład w unowocześnienie oferty edukacyjnej uczelni. Wysoką jakość pracy dydaktycznej Habilitanta potwierdzają niemal maksymalne oceny (często równe 10.0) uzyskiwane regularnie w studenckich ankietach ewaluacyjnych, co dowodzi świetnego warsztatu wykładowcy.

### **Osiągnięcia organizacyjne i popularyzatorskie**

Wykazana działalność organizacyjna potwierdza rosnącą międzynarodową rozpoznawalność Kandydata. Na szczególne uznanie zasługuje wyjątkowo intensywna aktywność w 2025 roku, polegająca m.in. na pełnieniu roli członka komitetów programowych i współorganizatora warsztatów przy prestiżowych konferencjach kategorii CORE A (ECML PKDD, ECAI). Równie wysoko należy ocenić innowacyjne formy popularyzacji nauki – współorganizację hackathonu w centrum kontroli misji ESA (Darmstadt) oraz międzynarodowych konkursów analitycznych (na platformach Kaggle i ESA AI4EO), bazujących na współtworzonych przez Kandydata zbiorach danych.

Na poziomie uczelnianym Kandydat dał się poznać jako sprawny organizator, pełniąc m.in. niezwykle wymagające funkcje planisty wydziałowego, koordynatora ds. planów zajęć oraz członka Rady Wydziału. Wykazane członkostwo w renomowanych stowarzyszeniach naukowych, takich jak IEEE (GRSS) czy ACM, dopełnia profilu aktywnego i zintegrowanego ze społecznością badacza.

**Podsumowując, dorobek naukowo-organizacyjny i dydaktyczny dr. inż. Bogdana Ruszczaka oceniam bardzo wysoko.**

## Podsumowanie i wnioski końcowe

Biorąc pod uwagę wszystkie elementy dorobku dr. inż. Bogdana Ruszczaka, których ocena została przedstawiona w poszczególnych punktach niniejszej Recenzji stwierdzam, że spełnione zostały kryteria określone w Ustawie z dn. 20 lipca 2018r, prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity: Dz. U. z 2024 r. poz. 1571;). Tym samym uważam, iż spełnione są wszelkie wymagania uzasadniające nadanie dr. inż. Bogdanowi Ruszczakowi stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja.



Signed by / Podpisano  
przez:

Aleksandra Helena  
Gruca  
Politechnika Śląska

Date / Data: 2026-06-  
27 16:16 Aleksandra Gruca