

Dr hab. inż. Tomasz KORBIEL, prof. AGH
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Katedra Mechaniki i Wibroakustyki
30-059 Kraków; Al. Mickiewicza 30

Kraków 27.07.2027

Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym

Dr. inż. Pawła Stefaniaka

Podstawa opracowania i zakres recenzji

Podstawą do opracowania niniejszej recenzji było pismo Dyrektora Głównego Instytutu Górnictwa prof. dr. hab. inż. Stanisława Pruseka z dnia 29.05.2023 syg.: NOP/61/2023/R, informujące o powołaniu Komisji Habilitacyjnej przez Radę Naukową Głównego Instytutu Górnictwa w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego Panu dr. inż. Pawłowi Stefaniakowi. Stosownie do art. 221 ust. 8 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce recenzenci oceniają, czy osiągnięcia naukowe osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego odpowiadają wymaganiom określonym w art. 219 ust. 1 pkt 2.

Wraz z pismem przewodnim otrzymałem zestaw dokumentów niezbędnych do opracowania recenzji. Na podstawie przeprowadzonej analizy dokumentacji stwierdzam, że działalność naukowa, dorobek oraz aktywność na rzecz popularyzacji nauki Habilitanta mieści się w **dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka**. Przesłane dokumenty są kompletne, a zawarte w nich informacje pozwalają na sporządzenie obiektywnej i rzetelnej recenzji.

Charakterystyka sylwetki Habilitanta

Dr inż. Paweł Stefaniak w 2011 r. ukończył studia magisterskie na Wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej w specjalności geoinformatyka. Następnie rozpoczął studia doktoranckie na tym samym wydziale, które ukończył w 2016 r. rozprawą doktorską pt. „Modelowanie procesów eksploatacji rozproszonego przestrzennie systemu transportu ciągłego”, uzyskując stopień doktora w dyscyplinie górnictwo i geologia inżynierska, w specjalności transport kopalniany. Doświadczenie zawodowe zdobywał przede wszystkim w KGHM CUPRUM Sp. z o.o., gdzie

został zatrudniony w 2014 r. W 2017 r. objął stanowisko adiunkta, a w 2018 r. stanowisko kierownika zakładu. Jego zainteresowania naukowe oprócz głównego nurtu, jakim jest transport kopalniany obejmują zagadnienia związane z geologią i geodezją, utrzymaniem ruchu zakładów górniczych, diagnostyką maszyn, robotyką oraz bezpieczeństwem w kopalniach. W ramach tych zainteresowań między innymi współtworzył i rozwijał narzędzia informatyczne wspomagające monitorowanie deformacji terenu. Jego autorska aplikacja pozwoliła przeprowadzić wielowymiarowe analizy przestrzenne, ukierunkowane na identyfikację zależności głównych czynników deformacji oraz wartościami lokalnej zmiany wysokości terenu. Zagadnienia utrzymania ruchu w zakładach górniczych rozwijał poprzez badania w zakresie eksploatacji przenośników taśmowych, kombajnów chodnikowych i kruszarek młotkowych. Współtworzył kroczącego robota inspekcyjnego, przeznaczonego do pracy w kopalniach. Zajmuje się również wykorzystaniem dronów w inspekcji dużych obiektów technicznych.

Jego praca oraz osiągnięcia naukowe były doceniane już w okresie studiów, gdzie otrzymywał liczne nagrody oraz stypendia uznaniowe. W 2016 r. otrzymał III stopień górniczy, a w 2020 r. I stopień górniczy. W 2019 r. otrzymał brązowy medal za długoletnią służbę.

Od 2018 r. Pan dr inż. Paweł Stefaniak pełni funkcję Kierownika Zakładu Analityki Systemów. W środowisku zawodowym uważany jest za bardzo dobrego menagera, świetnego specjalistę oraz kompetentnego naukowca. Jego umiejętności interpersonalne pozwalają na sprawne kierowanie dużymi zespołami badawczymi, które osiągają znaczące wyniki. Jest jednym z najlepszych specjalistów w swojej branży, co w znacznej mierze uzasadnia moją pozytywną ocenę dorobku Habilitanta.

Ocena osiągnięcia naukowego

W rozumieniu art. 219 ust. 1 pkt 2 do oceny dorobku naukowego przedstawiona została monografia naukowa wydana przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a. t.j. Wydawnictwo Akademii Górniczo Hutniczej w Krakowie; identyfikator: 10700. Osiągnięcie naukowe stanowi autorska monografia: **Stefaniak, P. (2021). „Metody oceny efektywności, niezawodności i uwarunkowań eksploatacyjnych odstawy oponowej w kopalni podziemnej”**. Wydawnictwa AGH. ISBN: 978-83-66727-30-4. Recenzentami wydawniczymi byli dr hab. inż. Janusz Reś, prof. AGH oraz dr hab. inż. Michał Kopacz, prof. PAN.

Monografia liczy 257 stron, składa się z przedmowy, 10 rozdziałów oraz bibliografii. W pracy Autor przedstawił problem badawczy – rozdział 1-3, stosowane narzędzia badawcze – rozdział 4-6, wyniki prowadzonych badań wraz z ich interpretacją – rozdział 7-8 oraz podsumowanie i perspektywy

rozwoju – rozdział 9-10. Na początku monografii znajduje się „Wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów”, w którym brakuje kilku akronimów oraz sformułowań branżowych, wymagających dodatkowego komentarza. Większość z brakujących akronimów została rozwinięta w treści, jednak zebranie ich w jednym miejscu mogłoby ułatwić czytanie.

We wprowadzeniu Autor przedstawia problem zarządzania maszynami odstawczymi w kontekście pracy oddziału wydobywczego. Przedstawiona problematyka dotyczy specyficznego ZG, jakim jest KGHM. Rozważania te mają ograniczony zakres migracji wniosków, ze względu na wykorzystanie pojazdów kołowych w powiązaniu z pracą przenośników taśmowych. Wskazuje na istotne braki procedur rozpoznawania cykli odstawczych jak również procedur zapewniających lokalizowanie i śledzenie SMG. Powiązanie tych informacji z ekonomiczną eksploatacją przenośników taśmowych ma kluczowe znaczenie w procesie zarządzania produkcją. Biorąc pod uwagę specyficzne warunki kopalni podziemnej, przyjęty został wielowariantowy model badań z uwzględnieniem integracji danych procesowych. Podejście to wymagało opracowania metodyki przetwarzania danych poprzez syntezę informacji o wydajności SMG oraz danych procesu wydobywczego wraz z danymi dotyczącymi warunków pracy, historii eksploatacji oraz wybranych wskaźników technicznych. Na tej podstawie postawiona została teza badawcza: **„integracja i analiza danych z różnych źródeł zapewni detekcję cykli odstawczych, identyfikację warunków eksploatacyjnych, pogłębienie wiedzy oraz szersze poznanie historii eksploatacji”**. Teza ta wydaje się pewnego rodzaju truizmem, ponieważ w wyniku analizy danych zazwyczaj jesteśmy w stanie rozpoznać informacje zawarte w tych danych. Jednak analiza prowadzonego dowodu tak prostej tezy wskazuje na bardzo dużą wartość merytoryczną. Zatem wartością nie jest sama teza, lecz sposób jej udowodnienia, zastosowane podejście metrologiczne i analityczne oraz zastosowane algorytmy wnioskowania w bardzo złożonym procesie badawczym. Na tej podstawie postawiony został cel pracy jakim jest **opracowanie, budowa i implementacja w warunkach przemysłowych procedur oceny efektywności wraz z analizą awaryjności maszyn SMG oraz procedur identyfikacji warunków eksploatacyjnych ukierunkowanych na wspomaganie zarządzania ruchem oraz produkcją**. Jest to bardzo ambitny cel pracy o dużym znaczeniu użytkowym. Biorąc pod uwagę dotychczasowe metody utrzymania ruchu w zakładach górniczych, cel posiada cechy innowacyjności, jego złożoność stanowi o multidyscyplinarności. Na uwagę zasługuje również ścisłe powiązanie procesu badawczego, ukierunkowanego na osiągnięcie celu o znaczeniu praktycznym z działaniem zakładu górniczego. Stanowi to konsensus badań przemysłowych. W rozdziale 2 wraz z tezą pracy wskazane zostały motywacje. Przedstawione zostały cele oraz szczegółowy opis zadań.

Rozdział 3 zawiera studium przypadku, będące charakterystyką podziemnego procesu transportu urobku. Opisano przebieg procesu technologicznego, w szczególności wskazano

charakterystykę pracy samojezdnych maszyn załadowczo-odstawczych. Opisano organizację pracy oraz obowiązujące procedury i metody zarządzania. Przybliżono specyficzne warunki pracy tych maszyn oraz główne problemy eksploatacyjne.

W kolejnym **rozdziale – 4**, opisano systemy teleinformatyczne stosowane w kopalniach KGHM. Zbadano dostępność danych archiwalnych oraz zawartości informacyjną. Wskazano różnice w systemach IT stosowanych przez poszczególne ZG. Pozwoliło to na wskazanie potencjału analitycznego, niezbędnego dla rozwoju modeli przetwarzania danych. Wskazano dane krytyczne oraz określono poziom szumu informacyjnego, czyli wskazano dane nieistotne. Problemem badawczym okazał się sposób ekstrakcji danych archiwalnych, jak również występujące zależności kontekstowe związane z otoczeniem technologicznym procesu transportu urobku. Zaproponowano założenia budowy systemu przetwarzania danych w oparciu o metody typu *big data*.

Opisane we wstępie zagadnienie badawcze związane z detekcją cykli odstawczych znalazło rozwinięcie w **rozdziale 5**. Przedstawiony opis idei detekcji cykli odstawy został poprzedzony szczegółową analizą literatury (SoA). Rozwój tej idei wymagał wskazania kluczowych zmiennych oraz zależności występujących między tymi zmiennymi. Wskazano zasadność analizy danych bazującej na sygnałach z pokładowych systemów monitorujących. W wyniku analizy dostępnych danych zbudowano rekord próbki testowej, przystosowany do budowy, uczenia oraz testowania algorytmów detekcji. Przedstawiono szereg metod detekcji operacji cząstkowych, wizualizacji danych, jak również dedykowane narzędzia raportowania. Analizując opisane metody odniosłem wrażenie bardziej opisu ogólnego niż modelu przetwarzania danych. Brak zapisu formalnego tych modeli uniemożliwia weryfikację ogólnej poprawności. Uzasadnieniem takiego podejścia jest wykorzystanie istniejących metod (SVM, DBSCAN), dobrze opisanych w literaturze. Ich weryfikacja na wybranych danych przemysłowych potwierdza skuteczność tylko w ograniczonym zakresie. Dyskusyjną kwestią jest również brak badania odporności zaproponowanych algorytmów na sygnały zakłócające, co w konsekwencji może wydłużyć czas wdrażania tych metod w warunkach przemysłowych.

Problem eksploracji informacji w istniejących bazach danych został poruszony w **rozdziale 6**. Głównym zagadnieniem badawczym jest ocena awaryjności maszyn SMG, a rozstrzygnięcia wymaga niespójna baza danych pochodząca z systemu CMMS. Pobieżny przegląd literaturowy nakreślił jedynie kierunki analizy statystycznej, bez uwzględnienia innych narzędzi np. metod analizy szeregów czasowych, metod autoregresji czy metod identyfikacji modelu. Zawężenie analizy SoA tylko do górnictwa znacznie zawęziło szersze spojrzenie na problem oceny niezawodności i awaryjności maszyn na podstawie nieprecyzyjnych informacji tekstowych. Jako główne ograniczenie wykorzystania danych systemu SMMS wskazano tekstowy charakter zawartych tam informacji. W celu

ustrukturyzowania danych takich baz zaprojektowano narzędzie *text mining*. Opisano sposób tworzenia tego narzędzia od budowy założeń poprzez podstawowe operacje oraz ekstrakcje tekstów, aż do końcowej kategoryzacji informacji. Tak przygotowane narzędzie zostało zastosowane do danych rzeczywistych pochodzących z systemu SMMS. Dla tych danych przeprowadzono analizy ilościowe i analizę historii. Stosując analizy wielowymiarowe z wykorzystaniem metod uczenia maszynowego oraz analizy koszykowej wskazano wzorce i reguły dla poszczególnych ZG. Uzyskane wyniki pozwoliły na dalsze analizy kosztów oraz niezawodności. Analizę niezawodności wybranych podzespołów przeprowadzono dla podstawowych wskaźników, dzięki którym uzyskano istotne informacje dla zarządzania utrzymaniem ruchu. Rozdział ten uważam za kluczowy w ocenie osiągnięć naukowych, ponieważ przedstawiono w nim innowacyjne metody identyfikacji informacji eksploatacyjnych, utylitarne zastosowanie narzędzi informatycznych, właściwą weryfikację tezy badawczej oraz wnioski bezpośrednio przekładające się na zastosowania przemysłowe.

Ważnym wnioskiem, wynikającym między innymi z analizy baz danych jest brak informacji dotyczących warunków eksploatacji SMG. W **rozdziale 7** opisano zrealizowane badania mające na celu ciągłą ocenę warunków drogowych oraz przeciążeń dynamicznych. Przedstawiono badania związane z metodą oceny warunków eksploatacji, które mogą występować podczas pracy maszyn w trybie odstawczym. Badania skupiają się na zwiększonych przeciążeniach dynamicznych o charakterze udarowym, które z czasem mogą prowadzić do utraty trwałości elementów maszyn i ich uszkodzenia. Tego typu oddziaływania bezpośrednio wpływają na ресурс maszyn, przyspieszają procesy degradacji, często są przyczyną awarii krytycznych. Przeprowadzone studia literaturowe identyfikują główne czynniki determinujące występowanie przeciążeń dynamicznych o charakterze udarowym. Wybrano główny element sensoryczny, którym jest czujnik przyśpieszenia, działający jako inercyjny układ pomiarowy. Zaprojektowano eksperymenty pomiarowe zarówno w warunkach laboratoryjnych na dedykowanych stanowiskach, pomiary poligonowe w warunkach kontrolowanych, jak również pomiary w rzeczywistych warunkach eksploatacji dołowej. Badania dotyczyły oceny wpływu prędkości pojazdu, sił bezwładności, stanu drogi oraz ilości transportowanego urobku na parametry rejestrowanych drgań. Testy w kopalni podziemnej obejmowały typowe warunki ruchowe pojazdów SMG. Celem tych testów było potwierdzenie czy dane z czujników przyśpieszenia umożliwiają ocenę uwarunkowań drogowych i przeciążeń dynamicznych, a także identyfikację kluczowych zmiennych w tym zakresie. Dodatkowo, testy miały na celu pozyskanie bazy danych do dalszego rozwoju metod analitycznych. Ważnym wnioskiem wynikającym z przeprowadzonych eksperymentów jest pojemność informacyjna składowej pionowej przyspieszenia drgań. Sygnał ten jest źródłem informacji o stanie nawierzchni drogi oraz obciążeniach dynamicznych. W oparciu o całkowanie numeryczne opracowano metody analizy danych pozwalających na identyfikacje takich

warunków, jak nachylenie drogi i zakręty, co w konsekwencji pozwoliło na wykreślanie ścieżki ruchu. Ciekawym rozwiązaniem zaproponowanym przez autora jest klasyfikacja staniu drogi. Zaproponowano trójstanową klasyfikację stanu drogi, a przypisanie klasy oparto o walidacyjne procedury przetwarzania danych. Z sygnału usunięto główne źródła zakłóceń tzn.: przyspieszenie grawitacyjne i oddziaływania układu napędowego. Całość została zwieńczona procedurami wizualizacji w powiązaniu z ładunkiem, nachyleniem drogi, przeciążeniami dynamicznymi, trajektorią ruchu w odniesieniu do pola eksploatacji w kopalni.

Rozwinięcie metod detekcji trajektorii ruchu pojazdu SMG w odniesieniu do mapy rzeczywistego wyrobiska przedstawiono **rozdziale 8**. Metoda analizy sygnałów z czujników inercyjnych estymuje trajektorię ruchu poprzez całkowanie szeregów czasowych żyroskopu w osi Z, prędkości jazdy oraz aktualnego biegu i kierunku jazdy. W modelu analitycznym zaimplementowano metodę wnioskowania bazującą na regułach topologicznych wyrobisk korytarzowych. Wykorzystano w tym podejściu ortogonalny układ korytarzy w komorowo-filarowym systemie eksploatacji złoża. W rezultacie zbudowano model analityczny zapewniający w pełni automatyczne lokalizowanie SMG na mapie cyfrowej wyrobiska kopalni.

W ostatnim **rozdziale 9** – podsumowaniu, wskazano najważniejsze osiągnięcia opisane w monografii. Jako oryginalny wkład autora wskazano:

- identyfikacje i parametryzacje cykli odstawczych
- Analizę awaryjności SMG
- Identyfikacje stanu drogi oraz jej nachylenie
- Ocenę przeciążeń dynamicznych
- Mapowanie ścieżki ruchu SMC w odniesieniu do mapy wyrobiska.

W wyniku przeprowadzanych prac badawczych powstały innowacyjne narzędzia i systemy pozwalające na identyfikacje warunków pracy, procesów degradacyjnych oraz zarządzanie utrzymaniem ruchu pojazdów SMG. Zostało nakreślone dalsze wykorzystanie tych narzędzi, pokazano perspektywy rozwoju i ewaluacji osiągniętych wyników. Prowadzone kolejne badania pokazują bardzo duże znaczenie opisanych w monografii osiągnięć.

Monografia napisana jest poprawnym językiem, posiada usystematyzowany tok rozważań. Zawarte w niej tezy są poprawnie dowodzone w szczególności eksperymentem czynnym. Można by prowadzić dyskusje na temat optymalnego wyboru ścieżki badawczej, ale osiągnięte efekty są argumentem nie do podważenia, a wykazana samodzielność naukowa Habilitanta wielokrotnie została wykazana. Również dyskusja dotycząca poprawności języka może być niezasadna, ponieważ

język jest „organizmem żywym” podlegający ciągłym przemianom. Moim zdaniem kilka pojęć należy wskazać jako niepoprawne, w szczególności „*metodologia*” – (jest to nauka o metodach) powinno być metodyka czy „*monitoring*” – mamy polskie znaczenie tego słowa – monitorowanie. W pracy pojawiają się też, moim zdaniem zbyt daleko idące uproszczenia. Nie jest to zarzut a jedynie obszar do dyskusji, ponieważ pomimo wprowadzonych uproszczeń, otrzymane wyniki są poprawne i satysfakcjonujące. Niech przykładem będzie estymacja nachylenia drogi. Nie zdefiniowano pojęcia nachylenia drogi, a w szczególności bazy pomiarowej. Domyślnie jest to rozstaw osi pojazdu, ale jasno tego nie wskazano. Zatem pojawia się pytanie o granice pomiędzy wybojem a pochyleniem drogi. Również z analizy wzoru 7.4, 7.7 wynika, że przyjęto tylko jedną płaszczyznę pochylenia, wynikającą z położenia pojazdu. Droga może być pochylona zarówno w kierunku jazdy jak również w kierunkach bocznych, co stwarza bardziej złożony układ (3D). Oczywiście rozważania te mają charakter czysto akademicki, ponieważ wynikiem końcowym nie jest wartość nachylenia drogi a jedynie klasyfikacja trójstanowa. Jedno z sformułowań, z którym nie mogę się zgodzić to twierdzenie, że „*Najdokładniejsze informacje o nachyleniu drogi w krótkim okresie można otrzymać przez całkowanie sygnału z żyroskopu.*” (str.202), oraz „potwierdzenie” tego na rysunku 7.46 wg którego kąt pochylenia drogi wynosi 140°(?).

Powyższe uwagi nie mają istotnego wpływu na ocenę osiągnięcia naukowego i jednoznacznie stwierdzam, że osiągnięcie naukowe jakim jest monografia: **Stefaniak, P. (2021). „Metody oceny efektywności, niezawodności i uwarunkowań eksploatacyjnych odstawy oponowej w kopalni podziemnej”** spełnia wymagania określone w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Ocena całości dorobku naukowego

Aktywność naukowa Habilitanta ściśle związana jest z przemysłem wydobywczym. Szczególne osiągnięcia dotyczą diagnostyki maszyn, przede wszystkim elementów przenośników taśmowych. Udział w 7 monografiach naukowych w latach 2012-2014 wskazuje na rozwój naukowy w zakresie diagnostyki układów napędowych. Jednak moim zdaniem znaczącym wkładem w rozwój dyscypliny naukowej jest cykl artykułów naukowych w renomowanych czasopismach. Publikacja 8 artykułów w czasopismach o $IF > 2,8$ stanowi cykl artykułów o wspólnej tematyce z dobrym współczynnikiem cytowalności. W pozycji II.4.5 Skoczylas, A., Stefaniak, P., Anufriiev, S., & Jachnik, B. (2021). „*Belt conveyors rollers diagnostics based on acoustic signal collected using autonomous legged inspection robot.*” Applied Sciences, 11(5), 2299 opisano metodę wykrywania uszkodzeń rolek przenośnika na podstawie sygnału akustycznego. Dane zostały zebrane za pomocą autonomicznego robota ANYmal dokonującego inspekcji przenośników taśmowych. W ramach eksperymentu skontrolowano około

100 m działającego przenośnika taśmowego. Wykrywanie usterek na podstawie sygnału wibroakustycznego w warunkach zakładu górniczego nie jest zadaniem trywialnym, biorąc pod uwagę znaczny poziom zakłóceń akustycznych wytwarzanych przez wiele źródeł. Dodatkowo cechy niektórych zaburzeń częściowo pokrywają się z cechami badanego zjawiska. W związku z tym zaproponowano odpowiednią metodę filtrowania. Habilitant zaangażowany był w administrowanie artykułu oraz znacznej części merytorycznej, w szczególności: opracowaniu koncepcji, pozyskiwaniu danych, ich weryfikacji i walidacji wraz ze wstępnym przetwarzaniem i wizualizacją, opracowaniem artykułu i odpowiedziami na recenzje wydawnicze. Dalsze badania związane z diagnostyką przenośników taśmowych zostały zaprezentowane w artykule II.4.8: Stachowiak, M., Koperska, W., Stefaniak, P., Skoczylas, A., & Anufriiev, S. (2021). „*Procedures of detecting damage to a conveyor belt with use of an inspection legged robot for deep mine infrastructure.*” *Minerals*, 11(10), 1040. W artykule opisano algorytmy wykrywania potencjalnych uszkodzeń taśmy przenośnika. Algorytmy do analizy wykorzystały nagrania wideo poruszającego się przenośnika taśmowego, które w przypadku wystąpienia niebezpiecznych warunków w kopalniach głębinowych mogą być gromadzone np. przez autonomicznego robota inspekcyjnego. Sygnał wideo było następnie analizowany klatka po klatce. W artykule opisano algorytmy wykrywania uszkodzeń krawędzi, odchyień taśmy i szacowania obciążenia przenośnika. Szczegóły Inercyjnej Jednostki Pomiarowej (IMU), wykorzystywane w baniach przedstawionych głównym osiągnięciu naukowym zostały przedstawione w poz. II.4.6. Witulska, J., Stefaniak, P., Jachnik, B., Skoczylas, A., Śliwiński, P., & Dudzik, M. (2021). „*Recognition of LHD position and manoeuvres in underground mining excavations-identification and parametrization of turns.*” *Applied Sciences*, 11(13), 6075. Przedstawiono w nim porównanie kilku modeli matematycznych zastosowanych do problemu detekcji skrętu maszyny, które zostały wytrenowane i przetestowane na rzeczywistych danych przemysłowych zarejestrowanych za pomocą IMU podczas jednej zmiany roboczej maszyny samojezdnej. Habilitant kierował opracowaniem artykułu, przyczynił się do pozyskania finansowania a w szczególności opracowywał koncepcje i metodykę badań, przeprowadził analizę formalną oraz przygotowywał autorski projekt badań. Analiza sygnałów pomiarowych z pojazdów SMG pozwoliła na opracowanie ciekawych i wydajnych algorytmów DWT. W artykule II.4.7. Stefaniak, P., Jachnik, B., Koperska, W., & Skoczylas, A. (2021). „*Localization of LHD machines in underground conditions using IMU sensors and DTW algorithm.*” *Applied Sciences*, 11(15), 6751, przedstawiono koncepcję wykorzystania algorytmu DTW do częściowego rozwiązania problemu lokalizacji LHD (load, haul, dump) w kopalni podziemnej. Koncepcja zakłada rozpoznawanie cech – wzorców, które są zawarte w sygnale drgań rejestrowanych przez pojazdy SMG pracujące w wyrobisku podziemnym. Jednym z głównych problemów jest odmienne ułożenie fragmentów sygnału wynikające z jazdy wraz z charakterystycznymi fragmentami trasy (wyboje, uszkodzenia nawierzchni, bryły urobku itp.) przy różnych prędkościach jazdy. Problem ten został rozwiązany poprzez



zastosowanie kombinacji algorytmu detekcji jakości dróg oraz algorytmu DTW, który szacuje podobieństwo szeregów czasowych o różnej długości. Koncepcja została opracowana i wstępnie przetestowana na stanowisku badawczym i skonstruowanym robocie kołowym, a następnie zweryfikowana w warunkach podziemnej kopalni miedzi. Również w tym artykule, Habilitant odpowiedzialny był za nadzór i administrację badań, przygotował koncepcje i metodykę prac oraz przygotowywał treść artykułu, prowadził analizę formalną, opracowywał odpowiedzi dla recenzentów. Kolejne wykorzystanie systemów diagnostycznych w pojazdach SMG opisano w artykule II.4.14: Stefaniak, P., Koperska, W., Skoczylas, A., & Stachowiak, M. (2022). „*Application of spectral entropy in haul truck joint damage detection.*” *Sensors*, 22(19). Przedstawiono w nim problem często uszkodzanych przegubów pojazdów SMG. Postanowiono zbadać problem pod kątem przeciążeń dynamicznych za pomocą dwóch czujników inercyjnych NGIMU i rozmieszczenia ich w dwóch miejscach na pojeździe. Dane pozyskano podczas normalnej pracy różnych maszyn w kilku oddziałach górniczych, co pozwoliło na wykrycie różnorodnych czynników wpływających na sygnały drganiowe. Postawiono hipotezę, że jakiegokolwiek zmiany w przegubie spowodują zmianę charakterystyk sygnałów, które zmierzono za pomocą entropii widmowej drgań pionowych. Analizy wykazały, że istnieje związek między zmianą różnicy entropii widmowej (między przodem i tyłem pojazdu) a zdarzeniami w przegubach: dokręcaniem nakrętek, wymianą nakrętek, a nawet złamaniem i wymianą przegubu. Przedstawione wyniki dają potencjał do stworzenia narzędzia do diagnostyki przegubów i wczesnego wykrywania uszkodzeń. Habilitant odpowiedzialny był za administrowanie oraz nadzór nad prowadzonymi badaniami, przygotowywał koncepcje oraz metodykę, zajmował się przetwarzaniem danych oraz opracowywał treść artykułu i odpowiedzi dla recenzentów. W procesie wspomagania utrzymaniem ruchu pojazdów SMG sięgnięto po nowe osiągnięcia nauki, jakim są algorytmy rozpoznawania mowy. W artykule II.4.13: Stefaniak, P., Stachowiak, M., Koperska, W., Skoczylas, A., & Śliwiński, P. (2022). „*Application of wearable computer and ASR technology in an underground mine to support mine supervision of the heavy machinery chamber.*” *Sensors*, 22(19), 7628 opisano próbę zastosowania ASR w górnictwie podziemnym jako usprawnienie ewidencji pracy w komorze maszyn ciężkich przez sztygara. Szczególną uwagę zwrócono na czynniki, które w tym przypadku będą miały negatywny wpływ na rozpoznawanie mowy: wpływ środowiska, specjalistyczne słownictwo górnicze oraz krzywą uczenia się. Opracowano słownik specjalistycznego słownictwa górniczego oraz źródłową bazę danych, które w połączeniu z algorytmami dopasowywania ciągów znaków mają na celu poprawę rozpoznawania mowy. Analiza *text mining*, metody *machine learning* zostały wykorzystane do stworzenia funkcjonalności wspomagających rejestrację informacji. Na koniec przeprowadzono testy prototypu aplikacji w środowisku górniczym i zaprezentowano poprawność uzyskanych wyników. Także i tutaj Habilitant prowadził nadzór oraz zarządzał prowadzonymi badaniami, opracowywał koncepcję i metodykę badań, zajmował się przetwarzaniem

danych, opracowywał treść artykułu. Ciekawe zastosowanie filtracji falkowej w diagnostyce przesiewaczy oraz praktycznego zastosowania strategii predykcyjnego utrzymania ruchu zostało opisane w II.4.9: Duda-Mróż, N., Anufriev, S., & Stefaniak, P. (2021). „*Application of wavelet filtering to vibrational signals from the mining screen for spring condition monitoring.*” *Minerals*, 11(10), 1076. Artykuł koncentruje się na danych dotyczących wibracji. Rozważono problem wykrywania uszkodzeń w obecności składników okresowo impulsowych wynikających z opadania urobku na przesiewacz oraz dalszego procesu jego przesiewania. Zakłócenia te mają charakter szumu niegaussowskiego, którego wyeliminowanie jest niezbędne do wyodrębnienia interesującego sygnału związanego z uszkodzeniem. Zaproponowano rozwiązanie oparte o odpowiednie wygładzenie i filtrowanie surowego sygnału poprzez filtry falkowe. W kolejnym kroku badane jest działanie filtra falkowego w zależności od jego parametrów. Następnie wyniki filtracji falkowej są porównywane z takimi metodami jak filtracja dolnoprzepustowa i wygładzanie z wykorzystaniem średniej ruchomej. Na koniec zbadano wpływ filtrowania falkowego na obliczanie trajektorii elementów przesiewacza. W tej pracy Habilitant odpowiedzialny był za opracowanie danych, przygotowanie treści artykułu oraz nadzór i administrowaniem projektu.

W dorobku naukowym na uwagę zasługują również osiągnięcia projektowe, które spotkały się z nagrodami i wyróżnieniami. Praca statutowa z 2016 r. „*Metody modelowania i analizy sygnałów sejsmicznych*” oraz badania „*Diagnostyka obiektów i procesów technologicznych w obecności silnych zakłóceń*” otrzymały nagrodę Zarządu KGHM CUPRUM sp. z o.o. Centrum Badawczo-Rozwojowe. Projekt z 2020 r. pt.: „*DISIRE – Integrated Process Control Based on Distributed in situ Sensors into Raw Material and Energy Feedstock*” został wpisany przez organizację Solar Impulse Foundation na listę 1000 nowoczesnych technologii zmieniających świat. W latach 2015-2017 Habilitant był wykonawcą tego projektu. Potwierdzeniem osiągnięć naukowych są dane naukometryczne. Przy 34 artykułach w bazie Web of Science osiągnięto 204 cytowania i H-indeks 10, natomiast w bazie Scopus przy 52 pozycjach uzyskano 256 cytowań przy H-indeksie 9. W bazie Google-Scholar zarejestrowano ponad 640 cytowań. Biorąc pod uwagę osiągnięcia publikacyjne, prace projektowe, udział w konferencjach oraz zaangażowanie w rozwój dyscypliny naukowej **jednoznacznie pozytywnie oceniam** ten obszar aktywności.

Ocena dorobku dydaktycznego, organizacyjnego oraz działalności w zakresie popularyzacji nauki

Aktywność zawodowa dr. inż. Pawła Stefaniaka związana jest z przemysłem wydobywczym, w szczególności z pracą w Centrum Badawczo – Rozwojowym. Trudno jest zatem wykazać szczególne osiągnięcia dydaktyczne. Niemniej prowadził jako opiekun pomocniczy doktorat wdrożeniowy

doktoranta Pawła Pydy pt. „Opracowanie modelu architektury danych dla zaawansowanej analityki dla wielozakładowych przedsiębiorstw przemysłowych”. Promotorem pracy była dr hab. Helena Dudycz, prof. UEW. Ponieważ doktorat był realizowany w Uniwersytecie Ekonomicznym we Wrocławiu, zaangażowanie Habilitanta wskazuje na istotną interdyscyplinarność popularyzacji nauki. Obecnie jest opiekunem pomocniczym doktoranta Kajetana Witeckiego realizującego w ramach projektu finansowanego z III edycji „Doktorat Wdrożeniowy” badania naukowe pt. „Wpływ zmienności parametrów jakościowych wód technologicznych na wzbogacalność polskich rud miedzi”. Do osiągnięć dydaktycznych należy zaliczyć również przeprowadzenie ponad 600 godzin zajęć dydaktycznych na 3 uczelniach: Politechnika Wrocławska, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu oraz Uniwersytet Wrocławski. Były to zajęcia laboratoryjne i wykłady głównie z zakresu informatyki. W ramach szkoły doktorskiej ukończył kursy dydaktyczne oraz językowe, co pozwala na prowadzenie zajęć akademickich. Ważną aktywnością dydaktyczną Habilitanta jest organizowanie, prowadzenie i rozliczanie programu praktyk studenckich i staży naukowych realizowanych w Zakładzie Analityki Systemów. Był opiekunem 42 studentów oraz nadzorował 69 praktyki studenckie dla studentów: Politechniki Wrocławskiej, Uniwersytetu Wrocławskiego, Polsko-Japońskiej Akademii Technik Komputerowych oraz Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. W zakresie podnoszenia kompetencji pracowników organizował szereg warsztatów i szkoleń dla: kadry inżynierów danych, kadry inżynierów ds. rozwoju monitoringu samojezdnych maszyn górniczych, pracowników firmy produkującej maszyny górnicze, użytkowników odstawy taśmowej i pracowników One-Control-Room. Zorganizował oraz przeprowadził staże badawczo-przemysłowe dla dwóch adiunktów Politechniki Krakowskiej. W zakresie propagowania wyników prowadzonych badań należy wskazać znaczną ilość (87) wystąpień na konferencjach krajowych i międzynarodowych. Pewnym niedosytem, pomimo zdobytego doświadczenia jest brak zaangażowania w realizację konferencji naukowych. Należy to uznać pewną stratę dla środowisk naukowych, ponieważ posiadając umiejętności organizacyjne oraz szeroką wiedzę, pomoc Habilitanta w komitetach organizacyjnych byłaby niebagatelna. Podobny zarzut dotyczy zaangażowania w komitetach redakcyjnych periodyków naukowych, jednak należy dostrzec zaangażowanie w proces recenzji artykułów naukowych – 26 recenzji. Członkostwo w organizacjach i towarzystwach naukowych ograniczone jest do Naczelnej Organizacji Technicznej, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Górnictwa. Tutaj również możliwe jest częściowe uzasadnienie niskiego zaangażowania, ponieważ udział w licznych projektach, międzynarodowych konsorcjach projektowych oraz pakietach roboczych istotnie przyczynia się do popularyzacji nauki, rozwoju dyscypliny oraz promocji polskiej myśli technicznej na arenach międzynarodowych. W tym miejscu chciałbym zachęcić Habilitanta do wsparcia polskich towarzystw naukowych (PTDT, PTMTIS, PNTTE ...) swoim członkostwem, przyczyni się to do konsolidacji ośrodków

badawczych, płynnej wymiany myśli technicznej, rozwijania i propagowania inżynierskiej wiedzy i osiągnięć praktycznych.

Pomimo pewnych uwag, które należy traktować bardziej jako inspiracje, obszar dorobku dydaktycznego, organizacyjnego oraz działalności w zakresie popularyzacji nauki, moim zdaniem w całości **wypełnia kryteria** oceny aktywności naukowej w postępowaniu habilitacyjnym.

Ocena współpracy międzynarodowej

W zakresie współpracy międzynarodowej nie sposób przecenić zaangażowania Habilitanta. Brał udział w pracach międzynarodowych zespołów badawczych powiązanych z jednostki naukowymi oraz przedsiębiorcami. Do kluczowych partnerów przemysłowych należy zaliczyć DMT GmbH & CO. KG (Niemcy), Sandvik Mining And Construction GMBH (Austria), Epiroc Rock Drills AB (Szwecja), ABB AB (Szwecja), LTU Business AB (Szwecja) oraz ANYbotics AG (Szwajcaria), Worldsensing SL (Hiszpania). W zakresie współpracy z ośrodkami naukowymi podejmował współpracę między innymi z: Luleå Tekniska Universitet (Szwecja), Montanuniversität Leoben (Austria), Aalto Korkeakoulusaatio SR (Finlandia), Tampere University (Finlandia), The University of Edinburgh (Wielka Brytania), Eidgenoessische Technische Hochschule Zuerich (Szwajcaria), Fundación TECNALIA Research & Innovation (Hiszpania), Universitat Politècnica de Catalunya (Hiszpania) oraz Fondazione Bruno Kessler (Włochy). Wskazana współpraca realizowana była m.in. w ramach 7. Programu Ramowego, programu Horyzont 2020, EIT RawMaterials, Horizon Europe oraz Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój. W realizowanych projektach pełnił rolę członka zespołu badawczego oraz role kierownicze w pakietach roboczych. W projektach:

- H2020: subTERRANEAN Haptic INvestiGator,
- SEC4TD: Securing tailings dam infrastructure with an innovative monitoring system
- NetHelix: Intelligent digital toolbox towards more sustainable and safer extraction of mineral resources

pełnił rolę kierownika projektu. Brał udział w kilkunastu programach europejskich, w ramach których realizował prace naukowo-badawcze oraz prace o charakterze aplikacyjnym.

W zakresie współpracy międzynarodowej należy wskazać również zaangażowanie Habilitanta w pozyskiwaniu finansowania projektów badawczych. Organizował konsorcja badawcze do konkursów finansowanych z różnych programów Unii Europejskiej (EIT RawMaterials, HORIZON 2020, HORIZON EUROPE). Sukcesem zakończyły się 4 konkursy unijne oraz jeden krajowy.

Obszar współpracy międzynarodowej oceniam bardzo wysoko. Uważam, że Pan dr inż. Paweł Stefaniak znakomicie reprezentuje polską myśl techniczną, osiągnięcia naukowe, innowacyjne

rozwiązania inżynierskie oraz postęp technologiczny. Jest osobą zauważalną oraz docenianą w naukowym środowisku międzynarodowym.

Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę zamieszczoną wyżej ocenę osiągnięcia naukowego będącego podstawą do ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w postaci monografii: Stefaniak, P. (2021). „Metody oceny efektywności, niezawodności i uwarunkowań eksploatacyjnych odstawy oponowej w kopalni podziemnej”. Wydawnictwa AGH wraz z dorobkiem naukowym w postaci współudziału w 7 monografiach, 27 artykułach naukowych oraz pozostałego dorobku naukowego, a także osiągnięć dydaktycznych i organizacyjnych, stwierdzam, że dr inż. Paweł Stefaniak **spełnia wymagania** stawiane osobom kandydującym do nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego w **dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka**, określonych w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie Wyższym i Nauce, co upoważnia mnie do zarekomendowania Komisji w postępowaniu habilitacyjnym dr. inż. Pawła Stefaniaka poparcia wniosku o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

27.07.2023

