

Warszawa, 28 stycznia 2024 r.

dr hab. inż. Dariusz Baczyński
Wydział Elektryczny
Politechniki Warszawskiej

Recenzja

osiągnięcia naukowego „Sztuczna inteligencja/uczenie maszynowe (AI/ML) dla prognozowania i inteligentnego zarządzania rozproszonymi zasobami energii” oraz istotnej aktywności naukowej

dr. inż. Vishnu Sidaarth Suresh

w związku z postępowaniem habilitacyjnym w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.

1. Podstawa recenzji

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne prof. dr. hab. inż. Andrzeja Dziedzica (pismo RDN AEETK/210/2023 z dnia 9 listopada 2023 r.). Recenzja została opracowana zgodnie z obowiązującym stanem prawnym na podstawie dokumentacji złożonej przez Kandydata zawierającej (w wersji cyfrowej w j. polskim):

- wniosek,
- dane wnioskodawcy,
- kopię dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora,
- autoreferat,
- wykaz osiągnięć naukowych,
- wykaz potwierżeń związanych z działalnością wskazaną we wniosku,
- kopie publikacji zawartych w cyklu.

2. Ogólna charakterystyka sylwetki naukowej Habilitanta

Dr inż. Vishnu Suresh ukończył studia inżynierskie w 2014 r. na kierunku elektrotechnika w Katedrze Elektrotechniki i Energetyki na University of Petroleum and Energy Studies w Indiach. Studia magisterskie ukończył w 2016 r. na Wydziale Elektrycznym Politechniki Wrocławskiej na kierunku elektrotechnika na specjalności Control in Electrical Power Engineering.

Stopień naukowy doktora nauk technicznych uzyskał na Wydziale Elektrycznym Politechniki Wrocławskiej w 2021 roku na podstawie rozprawy pod tytułem "Microgrid energy management systems with hybrid optimizers, embedded deep learning forecasters, and EV charging stations", której promotorem był dr hab. inż. Przemysław Janik.

Habilitant od 2021 roku jest zatrudniony stanowisku adiunkta w Katedrze Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii Wydziału Elektrycznego Politechniki Wrocławskiej (wcześniej przez 2 miesiące był asystentem). W 2022 roku był zatrudniony także jako starszy inżynier elektryk w niepełnym czasie pracy w firmie E-Phant (startup sfinansowany w Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Niemcy). W 2021 roku był zatrudniony na stanowisku Associate Scientist w dziale Embedded Power Systems w Hitachi ABB Power Grids, Kraków. Posiada także kontrakt (2022-2025) adiunkta (wizytującego) ds. nauczania i badań w School of Electrical Engineering (SELECT) w Vellore Institute of Technology, Chennai, Indie.

3. Ocena osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego

Dr inż. Vishnu. Suresh jako osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę do ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego przedstawił serię powiązanych tematycznie publikacji pod wspólnym tytułem „Sztuczna inteligencja/uczenie maszynowe (AI/ML) dla prognozowania i inteligentnego zarządzania rozproszonymi zasobami energii”. Na przedmiotowy zbiór składają się publikacje o symbolach [1] – [10] zgodnie z wykazem osiągnięć.

3.1 Motywacja, aktualność i istotność tematyki osiągnięcia naukowego

Habilitant w głównym zbiorze publikacji przedstawia różne zagadnienia wiążące się z tytułem osiągnięcia habilitacyjnego. Należą do nich kwestie związane z:

Zastosowaniem metod uczenia maszynowego do wyznaczania prognozy zapotrzebowania na moc i energię elektryczną. Ta część osiągnięcia jest reprezentowana przez artykuł [1] dotyczący prognozowania źródła PV; artykuł [6] dotyczący prognozowania przepływów w sieci; artykuł [7] dotyczący prognozowania bilansu energetycznego fragmentu sieci rozdzielczej oraz artykuł [9] dotyczący prognozowania zapotrzebowania zakładu przemysłowego.

Zastosowaniem metod inteligencji obliczeniowej do optymalizacji mikrosieci. Ta część reprezentowana jest przez artykuły [2], [3], [4], [5], [8] dotyczące optymalizacji pracy/struktury mikrosieci pracujących zarówno w trybie synchronicznym jak i wyspowym.

Zagadnienia związane zarówno z prognozowaniem jak i optymalizacją pracy sieci (mikrosieci) są aktualnie istotnymi kierunkami zarówno badań naukowych jak i prac wdrożeniowych. Jest to, rzecz jasna, związane z trwającą transformacją energetyczną ukierunkowaną na możliwie największe wykorzystanie źródeł odnawialnych i rozproszonych. Wydaje się, że w kolejnych latach zagadnienia te będą jeszcze bardziej zyskiwały na znaczeniu.

3.2 Charakterystyka i ocena osiągnięcia naukowego

Podstawą wniosku habilitacyjnego jest osiągnięcie przedstawione w serii tematycznie powiązanych publikacji pt.: „Sztuczna inteligencja/uczenie maszynowe (AI/ML) dla prognozowania i inteligentnego zarządzania rozproszonymi zasobami energii”.

Listę publikacji wchodzących w skład tego osiągnięcia habilitant przedstawił w dokumencie „5-Wykaz osiągnięć naukowych” – na podstawie informacji zawartych tamże określono wkład Habilitanta w powstanie poszczególnych publikacji.

Z doświadczenia recenzenta wynika, że poziom i jakość prac naukowych nie jest ściśle skorelowana ze wskaźnikami bibliometrycznymi przypisanymi do poszczególnych czasopism. Ta uwaga dotyczy także pozycji czasopisma na liście czasopism punktowanych MNiSW (MEiN). Dlatego też, aby ocenić, czy Habilitant wypełnił warunki ustawowe, recenzent nie będzie bazował na ocenie bibliometrycznej publikacji wchodzących w skład cyklu powiązanych tematycznie publikacji. Poniżej przedstawiono listę wspomnianych publikacji wraz z ich krótką charakterystyką i komentarzami.

[1] Vishnu S. Suresh, Fachrizal F. Aksan, Przemysław Janik, Tomasz Sikorski, B. Sri Revathi. Probabilistic LSTM-Autoencoder based hour-ahead solar power forecasting model for intra-day electricity market participation: A Polish case study. IEEE Access (MniSW: 100 pkt., IF: 3,476), 2022, vol. 10, s. 110628-110638.

Artykuł prezentuje zastosowanie różnych wersji sieci LSTM do prognozowania ultrakrótkoterminowego (następna godzina) produkcji energii elektrycznej w elektrowni fotowoltaicznej. Elektrownia znajduje się na terenie Polski i ma moc szczytową 317 kW. Elektrownia jest powiązana z zakładem produkującym stal na potrzeby przemysłu motoryzacyjnego o rocznym zapotrzebowaniu na energię od 0,531 MWh do 1,190 MWh (czyli stosunkowo bardzo, bardzo niewielkim). Współpraca elektrowni z zakładem produkcyjnym ma w założeniu zmniejszyć wpływ zakładu na środowisko oraz pozwolić na uczestnictwo w rynku energii elektrycznej.

Wykorzystanie sieci LSTM autorzy argumentują występowaniem tej sieci w wysokocytowanych pracach z zakresu prognozowania oraz wymianianiem tejże sieci jako dającej najczęściej bardzo dobre rezultaty. Rzeczywiście sieci z rodziny LSTM stały się w ostatniej dekadzie narzędziem bardzo popularnym, postrzeganym jako jedno z lepszych, ale także mającym pewne słabości. To powoduje, że należy stosować je z dużą ostrożnością, weryfikując uzyskane rezultaty za pomocą innych metod. Autorzy nie określają dokładnie danych objaśniających, ale z kontekstu oraz użytych modeli należy wnioskować, że jedyną daną objaśniającą był sam szereg czasowy produkcji godzinowej energii elektrycznej w elektrowni. W przypadku prognozowania ultrakrótkoterminowego jest to bardzo rzadko stosowana praktyka ze względu na niską efektywność takiego podejścia. Nie została także określona dostępna długość wspomnianego szeregu czasowego (jest tylko wzmianka o latach 2014 - 2019). Dodatkowo nie określono sposobu podziału danych na dane uczące, walidujące i testowe. To poddaje pod wątpliwość dla jakich zbiorów danych zaprezentowano wyniki. Wyniki sieci LSTM nie zostały także w żaden sposób skonfrontowane z wynikami prognoz opracowanych za pomocą innych metod (nawet najprostszych), co dawałoby możliwość zgrubnego ocenienia jakości proponowanych rozwiązań. Co prawda autorzy porównali uzyskane wartości wskaźników jakości do występujących w literaturze, jednak wybrane przykłady pochodziły z miejsc o istotnie innej charakterystyce insolacji w stosunku do omawianego w artykule.

Do innych mankamentów artykułu należy zaliczyć:

- brak w tabelach wyników wybranego przez autorów obciążenia prognozy MBE,

- błąd w formule (7),
- brak charakterystyki statystycznej danych objaśniających,
- brak informacji o wektorze wejściowym sieci,
- brak informacji o konfiguracji sieci dających najlepsze rezultaty.

W omawianym artykule autorzy zastosowali podstawowe modele sieci LSTM. Uruchomienie tych modeli w obecnie popularnych środowiskach jest czynnością bardzo prostą. W roku publikacji pracy większość autorów zajmujących się prognozowaniem weryfikowała już bardziej efektywne układy hybrydowe i zespołowe zawierające w swej strukturze sieci LSTM. Ze względu na ten fakt oraz wymienione mankamenty, pracy nie można uznać za wnoszącą znaczny wkład w rozwój dyscypliny.

Zgodnie z informacją w dokumencie „Wykaz osiągnięć naukowych” wkład Habilitanta w powstanie publikacji był, jak się wydaje, kluczowy i obejmował:

- Konceptualizację idei dotyczącej prognozowania energii wyjściowej z paneli fotowoltaicznych w celu radzenia sobie z ich nieprzewidywalnością.
- Wykorzystanie modeli głębokiego uczenia do precyzyjnych prognoz.
- Programowanie wybranych modeli w języku Python.
- Walidację i analizę formalną, w tym wykreślanie wyników i określanie metryk dokładności.
- Pisanie oryginalnego manuskryptu i odpowiadanie na uwagi recenzentów.
- Wizualizację użytych rycin w artykule.
- Pełnienie funkcji autora korespondencyjnego.

[2] Vishnu S. Suresh, Przemysław Janik, Michał M. Jasiński, Josep M. Guerrero, Zbigniew Leonowicz. Microgrid energy management using metaheuristic optimization algorithms. Applied Soft Computing (MniSW: 200 pkt., IF: 8,263). 2023, vol. 134, art. 109981, s. 1-18.

Artykuł porusza zagadnienie zarządzania energią w mikrosieci. W pierwszej części przedstawiono algorytm decyzyjny zarządzania mikrosiecią. Uzależnia on sposób działania zasobników energii (baterijnych i wodorowych) od aktualnego bilansu produkcji i zapotrzebowania energii oraz od stanu zasobników. Drugą dość dużą część artykułu stanowi ustalenie najlepszego algorytmu OPF dla testowej sieci IEEE30. Rozważane są metaheurystyki: algorytm genetyczny GA, algorytm PSO, algorytm mrówkowy MIDACO, algorytm polityczny PO, oraz Lichtenberg Algorithm. Należy wskazać, że algorytm genetyczny ze swej natury nie jest narzędziem predystynowanym do rozwiązywania zadań o zmiennych ciągłych. Nieco zaskakujący jest komentarz w omówieniu wyników dotyczący tego algorytmu posiadającego „brute force nature”. Dla testowej sieci IEEE30 najlepsze rezultaty uzyskano przy pomocy GA, MIDACO oraz PO. Biorąc jednak pod uwagę czas uzyskania rozwiązania jako najlepszy algorytm wskazano MIDACO. Ten algorytm miał być zastosowany w trzeciej części artykułu poświęconej mikrosieci będącej modyfikacją i rozszerzeniem mikrosieci istniejącej na PWR. W tej części znajdujemy schemat tej mikrosieci, definicję funkcji celu procesu optymalizacyjnego (LCOE jak się wydaje) oraz charakterystykę elementów mikrosieci.

Proces zarządzania mikrosiecią (co jest wspomniane w tytule) jest problemem programowania dynamicznego. Oznacza to, że należy znaleźć takie stany elementów mikrosieci w czasie, które optymalizują określoną funkcję celu w całym okresie optymalizacyjnym. Można to rozumieć także jako znalezienie właściwego wektora sterowań. Niestety artykuł nie definiuje dokładnie zestawu

zmiennych decyzyjnych tego procesu, nie definiuje także funkcji celu (opisuje tylko założenia tej funkcji). Autorzy przy obliczaniu wartości funkcji LCOE posługują się w większości wskaźnikami średnimi i przebiegami sklasteryzowanymi. Oznacza to, że wyniki są praktycznie niezależne od sposobu sterowania w konkretnych przypadkach. A wynik końcowy bardziej pokazuje optymalną strukturę wytwórczo-akumulacyjną mikrosieci niż optymalne sterowanie. Prowadzi to do sytuacji, w której np. nadużywanie zasobnika energii wpływające na istotne skrócenie czasu jego eksploatacji nie będzie miało wpływu na wartość funkcji kryterialnej. Wykorzystanie algorytmu OPF w poszczególnych krokach czasowych optymalizowanego okresu nie prowadzi do optymalizacji pracy mikrosieci jako całości w założonym okresie. Głównym mankamentem pracy jest brak zdefiniowania współpracy pomiędzy algorytmem OPF a algorytmem decyzyjnym opisanym w pierwszej części pracy. Być może autorzy złączyli jakoś ze sobą te dwa algorytmy tak, że dają one akceptowalne wyniki, jednak nie jest to przedstawione i udowodnione obliczeniowo. Ze względu na ten fakt oraz wymienione mankamenty, pracy nie można uznać za wnoszącą znaczny wkład w rozwój dyscypliny w zakresie zarządzania mikrosieciami. Jest natomiast ciekawym w zakresie wyników optymalizacji problemu OPF uzyskiwanych różnymi metaheurystykami.

Zgodnie z informacją w dokumencie „Wykaz osiągnięć naukowych” wkład Habilitanta w powstanie publikacji był, jak się wydaje, kluczowy i obejmował:

- Konceptualizację wykorzystania zoptymalizowanych inteligentnych algorytmów optymalizacyjnych do dystrybucji rozproszonych zasobów energii dla minimalizacji kosztów operacyjnych w mikrosieci.
- Wykorzystanie metaheurystycznych algorytmów optymalizacyjnych w metodologii.
- Programowanie wybranych modeli w środowisku MATLAB.
- Walidację i analizę formalną, w tym wykreślanie wyników, optymalizacja hiperparametryczna algorytmu optymalizacyjnego i ocena wydajności badanych podejść.
- Pisanie oryginalnego manuskryptu i odpowiadanie na uwagi recenzentów.
- Wizualizację rycin użytych w artykule.
- Pełnienie funkcji autora korespondencyjnego.

[3] Vishnu S. Suresh, Michał M. Jasiński, Zbigniew Leonowicz, Dominika N. Kaczorowska, Jayachandranath Jithendranath, Hemachandra K. Reddy. Political-optimizer-based energy-management system for microgrids. *Electronics* (MniSW: 100 pkt., IF: 2,690). 2021, vol. 10, nr 24, art. 3119, s. 1-18.

Artykuł został opublikowany w 2021 roku i duża część jego elementów powtarza się w artykule [2] jako artykule nowszym z 2023 roku. W odróżnieniu od [2] artykuł omawia próby optymalizacji algorytmami GA, PSO, PO i LA dla takiej samej sieci IEEE30. Nie ma informacji dotyczących algorytmu MIDACO. Wyniki dla sieci testowej podano z dokładnością mniejszą niż w [2] o jeden rząd wielkości. Testowa mikrosieć posiada podobną strukturę w obu artykułach. Różnią się nieco jedynie maksymalne moce odbiorów i generatorów oraz długości połączeń między węzłami. Uwagi poczynione do artykułu [2] są w większości aktualne także dla tej pracy. Podobnie także jak w [2] określony został wkład Habilitanta w powstanie artykułu.

[4] Polamarasetty P. Kumar, **Vishnu S. Suresh**, Michał M. Jasiński, Zbigniew Leonowicz. Off-grid rural electrification in India using renewable energy resources and different battery technologies with a dynamic differential annealed optimization. *Energies* (MniSW: 140 pkt., IF: 3,252). 2021, vol. 14, nr 18, art. 5866, s. 1-21

W artykule opisano sposób optymalizacji struktury mikro sieci pracującej w trybie wyspowym a mającej zasilać wioskę na terenie Indii, do której nie można doprowadzić sieci elektroenergetycznej. Dość szczegółowo przedstawiono analizę używanych odbiorników i wynikającego z tego zapotrzebowania na energię i moc. Z założenia mikro sieć składała się z generatora zasilanego biomasą, zasobnika energii, przekształtnika DC/AC i źródła fotowoltaicznego. O ile zwymiarowanie generatora i przekształtnika wynikało ze szczytowego zapotrzebowania na moc, to w ramach optymalizacji dobierano wielkość źródła PV oraz zasobnika energii. Funkcją celu optymalizacji był całkowity koszt życia mikro sieci LCC. W pracy przedstawiono deterministyczny algorytm sterowania mikro sieci w ciągu roku (z kwantyzacją godzinową) będący jednocześnie symulacją działania mikro sieci w określonych scenariuszach co pozwala na obliczenie wartości funkcji celu.

Problem optymalizacyjny rozwiązywany za pomocą aż 9 metaheurystyk należy raczej do problemów nieskomplikowanych, gdyż funkcja celu zależy jedynie od dwóch zmiennych decyzyjnych. Mogą one przyjmować maksymalnie po około kilkaset stanów, co daje całkowitą liczbę rozwiązań mniejszą od miliona. Znajduje to potwierdzenie w umieszczonych w pracy przebiegach procesu optymalizacyjnego, które stabilizują się po kilkudziesięciu iteracjach algorytmów. Przy takiej liczbie rozwiązań można było pokusić o przeprowadzenie przeglądu zupełnego całej przestrzeni rozwiązań w celu weryfikacji czy uzyskiwane wyniki za pomocą metaheurystyk są optimami globalnymi problemu. Według autorów najlepsze rezultaty osiągnięto przy użyciu algorytmu dynamicznego różnicowego wyżarzania. W pracy przedstawiono także analizę wpływu kosztu mikro sieci na prawdopodobieństwo braku możliwości pokrycia zapotrzebowania na energię przez mikro sieć. Artykuł można uznać za cenny głos w dyskusji dotyczącej optymalizacji struktury mikro sieci szczególnie pracujących w trybie wyspowym.

Zgodnie z informacją w dokumencie „Wykaz osiągnięć naukowych” wkład Habilitanta w powstanie publikacji był, jak się wydaje, średni i obejmował:

- Znalezienie równań i modelowanie trzech rodzajów akumulatorów: niklowo-żelazowych (Ni-Fe), litowo-jonowych (Li-Ion) i kwasowo-ołowiowych (LA).
- Udział w ustosunkowaniu się do uwag części recenzji.
- Zarządzanie zasobami danych dla wytwórców energii odnawialnej oraz dostarczenie dodatkowej mocy obliczeniowej za pomocą przetwarzania w chmurze.
- Wizualizacja rycin użytych w artykule.
- Pełnienie funkcji autora korespondencyjnego.

[5] Polamarasetty P. Kumar, Ramakrishna S. S. Nuvvula, Md. Alamgir. Hossain, SK. A. Shezan, **Vishnu S. Suresh**, Michał M. Jasiński, Radomír Goňo, Zbigniew Leonowicz. Optimal operation of an integrated hybrid renewable energy system with demand-side management in a rural context. *Energies* 2022, 15, 5176. <https://doi.org/10.3390/en15145176>

Artykuł jest dość obszerny i należy go traktować jako rozwinięcie idei optymalizacji struktury mikro sieci pracującej w trybie wyspowym o nowe elementy w stosunku do pracy [4]. Oba artykuły mają wspólne: rysunek 2, strukturę i część danych w tabeli 1 (przy czym wersja w pracy [4] wydaje się zawierać błędy w przedostatniej kolumnie), rysunek 5, rysunek 6, rysunek 7 (w dużej części), modele matematyczne dużej części elementów mikro sieci, strukturę modelu kosztowego mikro sieci, strukturę rysunków 11, 12 oraz 13. Dodatkowymi elementami mikro sieci, które zostały wzięte pod uwagę są: generator napędzany silnikiem diesla oraz stacja uzdatniania wody. W pracy rozpatruje się 3 scenariusze obciążenia mikro sieci w zależności od kosztu energii.

Problem optymalizacyjny (podobnie jak w pracy [4]) rozwiązywany za pomocą aż 9 metaheurystyk. Specjalną uwagę autorzy zwrócili na Algorytm Roju Salp, który osiągał dobre rezultaty w najkrótszym czasie. Należy jednak wskazać, że podobnie jak w pracy [4] problem optymalizacyjny miał jedynie dwie zmienne decyzyjne i można go było rozwiązać za pomocą przeglądu zupełnego rozwiązań. W pracy przedstawiono także analizę czułości rozwiązania na: poziom stóp procentowych, ilość zbieranej biomasy i ceny oleju napędowego. Artykuł można uznać za cenny głos w dyskusji dotyczącej optymalizacji struktury mikro sieci szczególnie pracujących w trybie wyspowym.

Zgodnie z informacją w dokumencie „Wykaz osiągnięć naukowych” wkład Habilitanta w powstanie publikacji był, jak się wydaje, średni i obejmował:

- Kuracja danych zebranych z różnych źródeł, w tym generatorów i obciążeń wykorzystywanych w hybrydowym systemie energii odnawialnej.
- Zaangażowanie w modelowanie i podejmowanie decyzji dotyczących wskaźników analizy kosztów, takich jak koszt bieżący netto i koszt cyklu życia.
- Pełnienie funkcji autora korespondencyjnego.

[6] Fachrizal F. Aksan, Yang Li, **Vishnu S. Suresh**, Przemysław Janik. CNN-LSTM vs. LSTM-CNN to predict power flow direction: a case study of the high-voltage subnet of Northeast Germany. Sensors (MniSW: 100 pkt., IF: 3,847). 2023, vol. 23, nr 2, art. 901, s. 1-20.

W artykule opisano zastosowanie sieci CNN i LSTM oraz ich układów hybrydowych do estymacji przepływów mocy w liniach łączących fragment sieci (klaster) z dwiema stacjami elektroenergetycznymi. Daną objaśnianą zadania (jak wynika z treści artykułu) jest zatem przepływ mocy w pojedynczej linii elektroenergetycznej z 6 linii łączących klaster ze stacjami. Danymi objaśniającymi w jednym przypadku są informacje o przepływach w pozostałych liniach oraz w drugim przypadku informacje o przepływach w pozostałych liniach i informacje o warunkach meteorologicznych (rys. 5). W artykule autorzy nie wspominają o horyzoncie „prognozy”. Nie wspominają także ani o szeregu czasowym, ani o przesunięciach w danych objaśniających w stosunku do zmiennej objaśnianej. Dlatego też należy przyjąć, że wyznacza się wartość zmiennej objaśnianej dla tej samej chwili, dla której podano zmienne objaśniane. Zatem problem wyznaczania wartości nie dotyczy przyszłości (zależności czasowych), co oznacza, że nie można nazwać przeprowadzonego przez autorów procesu prognozowaniem (jak zostało to zadeklarowane w tytule). Jest to proces szacowania (estymacji) wartości.

Zaproponowane przez autorów rozwiązanie problemu estymacyjnego za pomocą dość skomplikowanych modeli uczenia maszynowego powinno być porównane z jakąkolwiek inną,

prostsza metodą (np.: zależność liniowa, wielomianowa, BP MLP). Może się bowiem okazać, że ze względu na małą liczbę zmiennych objaśniających oraz dużą fluktuację danych metoda prostsza dałaby bardziej stabilne wyniki. Pewnym potwierdzeniem takiego podejrzenia może być zestawienie wyników w tabeli 7 i 8, które nie wskazują jednoznacznie najlepszego modelu (przy dość dużych różnicach w wynikach). Analizę wyników ułatwiłoby także zastosowanie metryk znormalizowanych (nRMSE, nMAE) np. rozstępem występującym w szeregu czasowym dla poszczególnych linii elektroenergetycznych.

Zgodnie z informacją w dokumencie „Wykaz osiągnięć naukowych” wkład Habilitanta w powstanie publikacji był, jak się wydaje, średni i obejmował:

- Oprogramowanie i programowanie badanych modeli głębokiego uczenia w języku Python.
- Walidację i sprawdzenie działania zaprogramowanych modeli.
- Analizę formalną, w tym kilkakrotne uruchamianie modelu i analizę spójności wyników za pomocą testów statystycznych.
- Odpowiadanie na uwagi recenzentów.
- Opiekę nad autorem wiodącym jako promotorem autora pomocniczego.
- Administrację projektu, w tym organizację finansowania publikacji manuskryptu.
- Pełnienie funkcji autora korespondencyjnego.

[7] Fachrizal F. Aksan, Yang Li, **Vishnu S. Suresh**, Przemysław Janik. Multistep forecasting of power flow based on LSTM autoencoder: a study case in regional grid cluster proposal. *Energies* (MniSW: 140 pkt., IF: 3,2). 2023, vol. 16, nr 13, art. 5014, s. 1-20.

Obiektem badawczym jest prawdopodobnie ta sama sieć (klaster), która była przedmiotem badań w artykule [6]. Podstawowym celem, który autorzy postawili przed sobą było tym razem nie prognozowanie przepływów w poszczególnych liniach a prognozowanie bilansu mocowego podsieci (P_{net}) zasilanej przez te linie. Horyzont prognozy obejmował pełną godzinę – czyli 4 wartości szeregu czasowego odczytów mocy wykonywanych co 15 minut. Danymi objaśniającymi były wartości tego szeregu czasowego z ostatnich 6 godzin (24 wartości). Autorzy przedstawili wyniki dla 5 modeli uczenia maszynowego. Ze względu na dość duże różnice wyników, wskazanym byłoby porównanie ich choćby z prostą metodą naiwną (ewentualnie ARIMA lub regresji wielorakiej). Takie porównanie daje zwykle punkt odniesienia na ile skomplikowane modele ML są warte rozważenia w tego typu zadaniach. Artykuł można uznać za cenny głos w dyskusji dotyczącej prognozowania ultrakrótkoterminowego bilansu mocowego fragmentu sieci rozdzielczej.

Zgodnie z informacją w dokumencie „Wykaz osiągnięć naukowych” wkład Habilitanta w powstanie publikacji był, jak się wydaje, średni i obejmował:

- Opiekę nad autorem wiodącym jako promotor pomocniczy.
- Programowanie modelu LSTM Autoencoder ze względu na jego wysoką wydajność w zrozumieniu zależności czasowych w dostarczonych danych.
- Administrację projektem, w tym organizację finansowania publikacji manuskryptu.

[8] Habib Kraiem, Aymen Flah, Naoui Mohamed, Mohamed H. B. Messaoud, Essam A. Al-Ammar, Ahmed Althobaiti, Abdullah Alhumaidi. Alotaibi, Michał M. Jasiński, Vishnu S. Suresh, Zbigniew Leonowicz, Elżbieta Jasińska. Decreasing the battery recharge time if using a fuzzy based power management loop for an isolated micro-grid farm. Sustainability (MniSW: 100 pkt., IF: 3,889). 2022, vol. 14, nr 5, art. 2870, s. 1-21.

W artykule przedstawiono zastosowanie sterownika rozmytego do zarządzania procesem ładowania zasobnika energii w mikro sieci pracującej w trybie wyspowym. Szczegółowo omówiono modele matematyczne elementów modelowej mikro sieci oraz zakładany sposób jej działania. Mikro sieć składała się ze źródła fotowoltaicznego, źródła wiatrowego, odbioru (do 15kW) oraz wspomnianego zasobnika energii. Autorzy przeanalizowali krótkie symulacje działania kontrolera ładowania zasobnika wykorzystującego wspomniany sterownik rozmyty a także sterownik wykorzystujący sieć neuronową, sterownik PI i sterownik przekaźnikowy realizujący proste reguły. Dodatkowo wykonali symulacje działania dwóch kontrolerów na rocznych danych pogodowych dla istniejącej lokalizacji. Na tej podstawie sformułowali wnioski wskazujące na znacznie szybsze ładowanie zasobnika wykorzystujące regulator rozmyty. Artykuł można uznać za ciekawy głos w dyskusji dotyczącej zarządzania pracą zasobników energii w mikro sieciach działających w trybie wyspowym.

Zgodnie z informacją w dokumencie „Wykaz osiągnięć naukowych” wkład Habilitanta w powstanie publikacji był, jak się wydaje, średni i obejmował:

- Metodologię obejmującą modelowanie autonomicznej mikro sieci.
- Badanie mające na celu zidentyfikowanie pętli zarządzania energią opartej na logice rozmytej jako odpowiedniej metody skracania czasu ładowania baterii spośród wielu innych dostępnych metod.
- Pozyskanie finansowania.

[9] Fachrizal F. Aksan, Vishnu S. Suresh, Przemysław Janik, Tomasz Sikorski. Load Forecasting for the Laser Metal Processing Industry Using VMD and Hybrid Deep Learning Models. Energies (MniSW: 140 pkt., IF: 3,2). 2023 vol. 16, nr. 14, art. 5381, s. 1-24.

Artykuł prezentuje zastosowanie kilku metod uczenia maszynowego do ultrakrótkoterminowego prognozowania (następna godzina) zapotrzebowania na moc w zakładzie przemysłowym. Zmiennymi objaśniającymi były wartości z poprzednich 6 godzin. Dane pomiarowe, na których przeprowadzono testy metod, obejmowały 3 lata pomiarów wartości 15 minutowych, które zostały sprowadzone do wartości godzinnych. Z założenia dane zostały podzielone na zbiory dotyczące poszczególnych pór roku oraz na dni robocze oraz weekendy. Do prognozowania autorzy wykorzystali następujące modele pojedyncze i hybrydowe: MLP, LSTM, GRU, CNN, CNN-LSTM, CNN-GRU, VMD-CNN-LSTM, VMD-CNN-GRU.

Duże wątpliwości wzbudzają wyniki umieszczone w Tabeli 4. Dla przykładu średnie zapotrzebowanie zakładu na moc w zimie z trzech lat (wg tabeli 2) to około 120 kW. Średni błąd bezwzględny dla zimy dla MLP to 37,169 kW a dla modelu VMD-CNN-GRU to 16,303 kW. Według autorów przekłada się to na błąd MAPE odpowiednio 0,285% i 0,153%. Wydaje się, że są to wartości o dwa rzędy wielkości za małe. Dzielać bowiem średni błąd bezwzględny przez średnie zapotrzebowanie i mnożąc przez 100% uzyskujemy (oczywiście bardzo zgrubną) estymatę wartości błędów MAPE. W tym przypadku

wartości estymaty i wartości umieszczone w tabeli 4 oraz tekście różnią się o dwa rzędy wielkości. Drugim elementem jest kwestia znacznej różnicy pomiędzy wynikami uzyskanymi za pomocą metod pojedynczych oraz hybrydowych a proponowanym podejściem VMD-CNN-LSTM i VMD-CNN-GRU. Ponieważ najprostsza z metod MLP osiąga wyniki bardzo porównywalne (i raczej słabe) do układu hybrydowego CNN-LSTM, to rodzi się pytanie czy struktura i sposób doboru parametrów tych modeli był optymalny. Można to ocenić porównując uzyskane wyniki z metodami prostymi np. metodą naiwną (wartość poprzednia, wartość z tej samej godziny dnia poprzedniego). Powstaje też pytanie, czy każda z metod była trenowana na danych podzielonych na klasy (pory roku, dni tygodnia). Bez tych informacji oraz punktu odniesienia co do jakości prognoz trudno ocenić na ile proponowane przez autorów rozwiązanie jest wnoszące nową jakość w zakresie prognozowania.

Zgodnie z informacją w dokumencie „Wykaz osiągnięć naukowych” wkład Habilitanta w powstanie publikacji był, jak się wydaje, istotny i obejmował:

- Konceptualizację w zakresie wykorzystania modeli głębokiego uczenia się do prognozowania zapotrzebowania na obciążenie fabryki.
- Kurację danych, w tym czyszczenie i wstępne przetwarzanie danych.
- Analizę formalną w celu zrozumienia zapotrzebowania na obciążenie fabryki w różnych okresach czasu, używając narzędzi statystycznych.
- Propozycję metodologii wykorzystującej dekompozycję w trybie wariacyjnym i modele hybrydowe, takie jak CNN-GRU i CNN-LSTM.
- Oprogramowanie, w tym programowanie modeli, napisanie oryginalnego manuskryptu i odpowiadanie na uwagi recenzentów.
- Zarządzanie zasobami projektu, w tym przetwarzanie danych i generowanie wizualizacji wyników.

[10] Mohan Bharathidasan, Vairavasundaram Indragandhi, **Vishnu S. Suresh**, Michał M. Jasiński, Zbigniew Leonowicz. A review on electric vehicle: technologies, energy trading, and cyber security. Energy Reports (MniSW: 100 pkt., IF: 4,937).

Artykuł przeglądowy omawiający różne zagadnienia związane z elektromobilnością. W kolejnych częściach autorzy przedstawili kwestie związane z: relacją odnawialnych źródeł energii z elektromobilnością, rozwojem silników trakcyjnych, architekturami przekształtników energoelektronicznych, technologiami komunikacyjnymi, konstrukcjami akumulatorów, sposobami ładowania, koncepcjami handlu energią i cyberbezpieczeństwem. Trudno wskazać wyraźny związek pomiędzy zawartością tego artykułu a tytułem osiągnięcia habilitacyjnego („Sztuczna inteligencja/uczenie maszynowe (AI/ML) dla prognozowania i inteligentnego zarządzania rozproszonymi zasobami energii”).

Dalsza analiza będzie obejmowała tylko publikacje [1] – [9] jako związane merytorycznie z postawionym tytułem osiągnięcia habilitacyjnego. Tak jak zostało to wspomniane w punkcie 3.1 tworzą one dwie grupy prac związane z:

- zastosowaniem metod uczenia maszynowego do wyznaczania prognozy, reprezentowaną przez artykuły [1], [6], [7] i [9],
- zastosowaniem metod inteligencji obliczeniowej do optymalizacji mikro sieci, reprezentowaną przez artykuły [2], [3], [4], [5], [8].

W większości przypadków w publikacjach proponuje się nowe spojrzenie: na prognozowanie i wykorzystanie modeli uczenia maszynowego oraz zastosowanie metod inteligencji obliczeniowej do optymalizacji. Jednak dokument „4 Autoreferat” nie prezentuje w wystarczający sposób wkładu merytorycznego Habilitanta w większości publikacji. Lektura tego dokumentu jest żmudna i wymaga jednoczesnego dokładnego zapoznawania się z treścią poszczególnych artykułów, gdyż występują nieścisłości i przekłamania związane z tłumaczeniem na język polski. Czytelnik jest nawet zaskakiwany kilkukrotnym użyciem przez Habilitanta feminatywów przy omawianiu osiągnięć. Jest to prawdopodobnie spowodowane tym, że dla Habilitanta język polski nie jest językiem ojczystym. Podobnie w dokumencie „5-Wykaz osiągnięć naukowych” Habilitant posługuje się raczej skrótami myślowymi i zdawkowymi stwierdzeniami, które nie pozwalają na określenie w sposób jednoznaczny merytorycznego wkładu Habilitanta w poszczególne prace. Habilitant nie przedstawia także szacowanego udziału procentowego w powstanie poszczególnych prac. Podpisane oświadczenia współautorów przedstawiono jedynie dla publikacji [1] i [10]. Na potrzeby recenzji można zestawzić wszystkie publikacje ze zbioru. Zakładając równomierny udział poszczególnych autorów w powstanie prac, średni udział Habilitanta wynosi niecałe 20% (co jest wartością niewielką).

Nr.	Nazwa czasopisma	Punkty wg MniSW	Liczba autorów	Udział %	Punkty udział	Pozycja habilitanta na liście autorów
[1]	IEEE Access	100	5	20	20	1
[2]	Applied Soft Computing	200	5	20	40	1
[3]	Electronics	100	6	16,7	16,7	1
[4]	Energies	140	4	25	35	2
[5]	Energies	140	8	12,5	17,5	5
[6]	Sensors	100	4	25	25	3
[7]	Energies	140	4	25	35	3
[8]	Sustainability	100	11	9,1	9,1	9
[9]	Energies	140	4	25	35	2
[10]	Energy Reports	100	5	20	20	3
średnia			5,6	19,8	25,3	3
suma		1260	56	198,3	253,3	

Zgodnie z Art. 219 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”, stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która (oprócz innych wymagań natury formalnej) „posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny”. Ponieważ Habilitant przedstawił osiągnięcia stanowiące części prac zbiorowych, toteż zadaniem recenzenta jest ustalenie, czy indywidualny wkład Habilitanta w przedstawiony cykl

publikacji spełnia przesłanki ustawowe. Wobec dość zdawkowego opisu (w liście prac, artykułach i oświadczeniach) wkładu Habilitanta w powstanie większości publikacji, trudno jest przesądzić czy był on istotny. Dodatkowo, pewne niedociągnięcia i niedomówienia merytoryczne w części artykułów nie pozwalają na jednoznaczne określenie ich jako stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny.

3.3 Podsumowanie

W aspekcie wskaźników bibliometrycznych stosowanych podczas ewaluacji jednostek naukowych i uwzględniając dość krótki czas opracowania publikacji, osiągnięcie jest znaczące. W sensie merytorycznym, można uznać osiągnięcie za ciekawą i szeroką dyskusję na temat zastosowania metod inteligencji obliczeniowej i metod uczenia maszynowego w elektroenergetyce.

Ze względu na brak możliwości precyzyjnego - w sensie ilościowym i merytorycznym - określenia udziału Habilitanta w przedstawionym osiągnięciu, niezwykle trudno jest jednoznacznie określić wkład Habilitanta w rozwój dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.

Na podstawie analizy dokumentacji przedstawionego przez Habilitanta osiągnięcia naukowego – zbioru publikacji pod wspólnym tytułem „Sztuczna inteligencja/uczenie maszynowe (AI/ML) dla prognozowania i inteligentnego zarządzania rozproszonymi zasobami energii” nie mogą stwierdzić, jakie było wydzielone zagadnienie będące indywidualnym wkładem osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego (zgodnie z Art. 219 ust. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce). Pociąga to za sobą brak możliwości uznania przesłanki z Art. 219 ust 1 wspomnianej ustawy za spełnioną.

Biorąc pod uwagę zaistniałą sytuację uważam, że Habilitant powinien uzupełnić informacje dotyczące opiniowanego osiągnięcia habilitacyjnego na przykład w czasie kolokwium.

4. Ocena pozostałej działalności

4.1 Ocena działalności naukowej

Wśród pozostałych osiągnięć naukowych Habilitant wymienia:

- współautorstwo 17 artykułów w czasopismach JCR,
- autorstwo 7 referatów na konferencjach międzynarodowych,
- udział w 3 pracach badawczych,
- udział w 2 projektach badawczych (Horyzont, NAWA),
- współpraca międzynarodowa z badaczami m.in. z Indii, Niemiec, Danii i Czech,
- działalność naukową w Vellore Institute of Technology, Chennai, Indie,
- opracowanie wielu recenzji publikacji naukowych.

Dorobek naukowy Habilitanta przedstawiony w dokumentacji charakteryzuje się wystarczającymi wskaźnikami bibliometrycznymi.

Na podstawie przedstawionej dokumentacji można uznać, że Habilitant wykazuje się istotną aktywnością naukową.

4.2 Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej

Habilitant prowadził wykłady i zajęcia laboratoryjne w aktualnym miejscu pracy oraz był opiekunem 10 prac inżynierskich i magisterskich. Habilitant uzyskał także nagrody za działalność naukową. Tę sferę działalności Habilitanta należy ocenić pozytywnie.

5. Wniosek końcowy

Na podstawie przedstawionej oceny osiągnięcia naukowego oraz działalności naukowej, stwierdzam, że:

- przedstawiony do oceny cykl publikacji może stanowić istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne;
- pozostały dorobek naukowy jest wystarczający, charakterystyczny dla osób prowadzących głównie działalność badawczą;
- wobec braku możliwości określenia, jakie było wydzielone zagadnienie będące indywidualnym wkładem osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego, nie można określić wkładu Habilitanta w rozwój dyscypliny naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne;

Zatem nie zostały spełnione wszystkie warunki stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego określone zapisami ustawy z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Biorąc pod uwagę zaistniałą sytuację uważam, że Habilitant powinien uzupełnić informacje dotyczące opiniowanego osiągnięcia habilitacyjnego w czasie kolokwium. Może to być także okazja do wyjaśnienia pewnych niedociągnięć i niedomówień merytorycznych w części artykułów. Wówczas, o ile wspomniane „wydzielone zagadnienie” będzie spełniało przesłanki istotnego wkładu w rozwój dyscypliny, poprę wniosek w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr. inż. Vishnu Suresh.



