



Wrocław, 5 marca 2025 roku

dr hab. inż. Marcin Hernes, prof. UEW
Katedra Zarządzania Procesami
Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Bączkiewicz
pod tytułem „New multi-criteria methods for assessing sustainable
energy policy”

(“Nowe wielokryterialne metody oceny zrównoważonej polityki
energetycznej”)

Promotor: dr hab. inż. Jarosław Wątróbski, prof. US

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Wojciech Sałabun, prof. IŁ-PIB

1. Podstawa sporządzenia recenzji

Podstawą sporządzenia recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Instytutu Zarządzania Uniwersytetu Szczecińskiego, dr hab. Wojciecha Drożdża, prof. US informujące o wyznaczeniu mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Bączkiewicz. W piśmie poinformowano mnie również, że rozprawa doktorska mieści się w dyscyplinie nauki o zarządzaniu i jakości. Poinformowano mnie również, że postępowanie o nadanie stopnia doktora mgr inż. Aleksandrze Bączkiewicz przeprowadzane jest na podstawie ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571).

2. Określenie trafności wyboru i oryginalności problemu naukowego podjętego w rozprawie

Problem naukowy podjęty w pracy doktorskiej dotyczy oceny realizacji zrównoważonej polityki energetycznej krajów i regionów. Należy zauważyć, że skuteczne planowanie polityki energetycznej, wdrażanie założonych celów lub wybór najkorzystniejszych alternatyw dla wdrażania planów lub inwestycji wymaga odpowiednich narzędzi. Narzędzia te powinny umożliwiać wielowymiarową ocenę złożoności problemów polityki energetycznej. Ponadto powinny zapewniać obiektywne i powtarzalne wyniki. Należy podkreślić, że problem naukowy analizowany w niniejszej rozprawie doktorskiej jest istotny zarówno z punktu widzenia badań naukowych, jak i praktyki gospodarczej. Problem oceny realizacji zrównoważonej polityki energetycznej krajów i regionów jest analizowany w dotychczasowej literaturze przedmiotu w sposób niewystarczający. Najczęściej stosowane są tradycyjne podejścia jednokryterialne, w których bierze się pod uwagę tylko najistotniejsze atrybuty analizowanego problemu. Jednak analiza problematyki zrównoważonego rozwoju wskazuje, że decydenci podejmują decyzje dotyczące zrównoważonego rozwoju w oparciu o wiele, często sprzecznych kryteriów z obszarów ekologicznych, ekonomicznych, społeczno-kulturowych i politycznych. Zatem wykorzystanie metod wielokryterialnej analizy decyzji (MCDA), zaproponowanych w ocenianej rozprawie doktorskiej jest właściwe ponieważ, w przeciwieństwie do metod jednokryterialnych, zapewniają one ocenę w formie zintegrowanego wyniku uwzględniającego wiele kryteriów lub atrybutów.

Tym samym stwierdzam, że problem naukowy podjęty w rozprawie doktorskiej jest aktualny i ważny, a jego oryginalne rozwiązanie w recenzowanej rozprawie polega na opracowaniu nowych metod wielokryterialnej analizy decyzji (MCDA) oceny zrównoważonej polityki energetycznej.

W mojej ocenie obszar teoretyczny obejmujący teorię decyzji oraz zrównoważony rozwój, jak i obszar aplikacyjny dotyczący usprawniania procesu oceny realizacji zrównoważonej polityki energetycznej krajów i regionów dobrze pozycjonują recenzowaną rozprawę w dyscyplinie nauk o zarządzaniu i jakości. Należy jednocześnie zauważyć, że powiązanie obszarów tematycznych z zakresu zarządzania i informatyki jest trudne i wymaga podejścia interdyscyplinarnego. Autorka wykazała się dobrym rozeznaniem i szeroką znajomością omawianych zagadnień.

3. Ocena poprawności i kompletności celów oraz pytań badawczych

Cel główny rozprawy został określony w następujący sposób:

„Celem badań jest opracowanie nowych metod MCDA oceny zrównoważonej polityki energetycznej”. („The purpose of the research is to develop new MCDA method for evaluating sustainable energy polices”).

Sformułowano również 5 celów pomocniczych.

Ponieważ recenzowana rozprawa doktorska ma charakter metodologiczny, w mojej ocenie cel główny oraz cele pomocnicze zostały sformułowane prawidłowo oraz zostały osiągnięte w toku rozważań prowadzonych w ramach recenzowanej dysertacji. Zawierają zarówno elementy teoretyczne, metodyczne, jak i utylitarne, zatem są spójne i kompletne.

Postawiono również 4 pytania badawcze, które, w mojej opinii, są spójne z postawionymi celami rozprawy.

4. Ocena układu rozprawy doktorskiej oraz ocena indywidualnego wkładu kandydatki w powstanie rozprawy

Rozprawę doktorską stanowi zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych. Rozprawa doktorska składa się z 13 artykułów w czasopismach naukowych i recenzowanych materiałach konferencyjnych, poświęconych autorskim metodom wielokryterialnym:

[A1] Wątróbski, J., Bączkiewicz, A., Ziemia, E., Sałabun, W. (2022). Sustainable cities and communities assessment using the DARIA-TOPSIS method. *Sustainable Cities and Society* 83, 103926.

[A2] Bączkiewicz, A., Wątróbski, J. (2022). Multi-criteria temporal assessment of affordable and clean energy systems in European countries using the DARIA-TOPSIS method. *Procedia Computer Science* 207, 4442–4453. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.09.508>.

[A3] Bączkiewicz, A., Wątróbski, J., Jankowski, J., Sałabun, W. (2024). Multi-criteria Temporal Intelligent Decision Support System for Sustainable Energy Mix Assessment, In: *Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems*, Springer. pp. 95–106.

[A4] Bączkiewicz, A., Wątróbski, J., Karczmarczyk, A. (2024). A Novel Multi-Criteria Temporal Decision Support Method - Sustainability Evaluation Case Study, In: *International Conference on Computational Science*, Springer. pp. 189–203.

[A5] Bączkiewicz, A., Wątróbski, J., Karczmarczyk, A. (2022). Towards Multi-Criteria Temporal Sustainability Assessment, In: AMCIS 2022 Proceedings. 6., Association for Information Systems, AIS Electronic Library (AISeL). pp. 1–5.

[A6] Bączkiewicz, A. (2022). Temporal SWARA-SPOTIS for multi-criteria assessment of European countries regarding sustainable RES exploitation, In: Special Sessions in the Advances in Information Systems and Technologies Track of the Conference on Computer Science and Intelligence Systems, Springer. pp. 171–191.

[A7] Wątróbski, J., Bączkiewicz, A., Rudawska, I. (2023). A Strong Sustainability Paradigm based Analytical Hierarchy Process (SSP-AHP) method to evaluate sustainable healthcare systems. *Ecological Indicators* 154, 110493.

[A8] Bączkiewicz, A., Wątróbski, J. (2023). Selection of floating photovoltaic system considering strong sustainability paradigm using SSP-COPRAS method, In: 2023 18th Conference on Computer Science and Intelligence Systems (FedCSIS), IEEE. pp. 901–905.

[A9] Bączkiewicz, A., Wątróbski, J. (2023). Multi-criteria Assessment of the Sustainable Share of Renewable Energy Sources in European Countries Using the SSP-TOPSIS Method, In: European Conference on Artificial Intelligence, Springer. pp. 255–267.

[A10] Bączkiewicz, A., Wątróbski, J., Król, R. (2024). A Novel Multi-criteria Approach Supporting Strong Sustainability Assessment, In: International Conference on Computational Collective Intelligence, Springer. pp. 28–40.

[A11] Bączkiewicz, A., Wątróbski, J., Król, R. (2024). A New Approach to Assessing the Sustainable Share of Renewable Energy Sources in the Energy Economies of European Countries Supporting the Strong Sustainability Paradigm, *Procedia Computer Science*.

[A12] Wątróbski, J., Bączkiewicz, A., Sałabun, W. (2022). New multi-criteria method for evaluation of sustainable RES management. *Applied Energy* 324, 119695.

[A13] Wątróbski, J., Bączkiewicz, A., Król, R., Sałabun, W. (2022). Green electricity generation assessment using the CODAS-COMET method. *Ecological Indicators* 143, 109391.

Z tych prac pięć zostało opublikowane w uznanych, prestiżowych czasopismach z listy Journal Citation Reports (JCR), takich, jak: Sustainable Cities and Society, Ecological Indicators, Applied Energy. Pozostałe osiem prac stanowią publikacje konferencyjne. Te ostatnie oceniam również jako wartościowe publikacje – o jakości tych opracowań, oprócz warstwy merytorycznej, stanowi ranga tych międzynarodowych konferencji (takich, jak European Conference on Artificial Intelligence, International Conference on Computational Science), ich zorientowanie tematyczne na obszar badań doktorantki oraz jakość materiałów konferencyjnych.

Artykuły A1, A2, A3, A4, A5 i A6 koncentrują się na uwzględnieniu zmienności atrybutów w czasie w procesie agregacji danych. Opracowano nowe metody wielokryterialne i poddano je weryfikacji praktycznej w domenie oceny zrównoważonej polityki energetycznej.

Artykuły A7, A8, A9, A10 oraz A11 obejmują opracowanie rozszerzeń wybranych metod wielokryterialnych o możliwość zmiennej redukcji kompensacji kryteriów zgodnie z paradygmatem silnego zrównoważonego rozwoju.

Z kolei artykuły A12 oraz A13 dotyczą badań nad rozwinięciem metody COMET.

W mojej ocenie wybór i kolejność publikacji stanowiących zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych jest prawidłowy i umożliwia prowadzenie wywodu w zakresie realizacji celów rozprawy oraz udzielenia odpowiedzi na pytania badawcze. Z punktu widzenia metodologii badań naukowych tytuły artykułów są sformułowane prawidłowo.

Po zapoznaniu się z treścią rozprawy doktorskiej a także oświadczeniami współautorów jednoznacznie określających wkład doktorantki w prace stanowiące zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych stwierdzam, że w doktorantka jest samodzielną autorką publikacji A6, w ośmiu publikacjach (A2, A3, A4, A5, A8, A9, A10, A11) rola doktorantki w powstaniu tych współautorskich prac naukowych była wiodąca (jest pierwszym współautorem) natomiast w pozostałych publikacjach (A1, A7, A12, A13) rola doktorantki jest bardzo istotna. Jako zaletę traktuję fakt, że publikacje te są wieloautorskie, co jest dominującą tendencją we współczesnych badaniach naukowych. Wskazuje to na umiejętność doktorantki prowadzenia badań naukowych w zespołach. Biorąc pod uwagę wszystkie publikacje wchodzące w skład przedmiotowego zbioru, doktorantka wykazała umiejętności prowadzenia badań w szerokim spektrum procesu badawczego i metodologii badań, przede wszystkim w zakresie opracowania koncepcji badań, analizy literatury przedmiotu, opracowania metodyki badań, formalizacji pojęć, opracowania aksjomatów, opracowania metod i dowodów ich poprawności, modeli, algorytmów, przeprowadzenia eksperymentów badawczych oraz analizy wyników badań.

5. Wskazanie oraz ocena zastosowanych metod badawczych

Metodyka badawcza przyjęta w ramach badań prowadzonych w ocenianej rozprawie doktorskiej jest zgodna z procedurą analizy systemowej i składa się z następujących etapów:

1. Analiza problematyki wielokryterialnego wspomaganie decyzji. Metoda badawcza: przegląd literatury przedmiotu.
2. Analiza problematyki oceny zrównoważonej polityki energetycznej. Metoda badawcza: przegląd literatury przedmiotu.
3. Identyfikacja referencyjnych metod oraz modeli wielokryterialnego wspomaganie decyzji dla obszaru oceny polityki energetycznej. Metody badawcze: analiza literatury przedmiotu, metoda eksploracyjna, analiza eksperymentów badawczych.
4. Opracowanie nowych metod oceny zrównoważonej polityki energetycznej. Metody badawcze: metoda dedukcji, metoda modelowania systemów informatycznych, dowody poprawności metod (dowody indukcyjne i dedukcyjne), implementacja oraz dokumentacja opracowanych algorytmów metod zgodnie z zasadami inżynierii oprogramowania.
5. Weryfikacja praktyczna i ewaluacja metod oceny zrównoważonej polityki energetycznej. Metody badawcze: metoda eksperymentu badawczego, symulacja, analiza statystyczna.

Bardzo wysoko oceniam zastosowaną w pracy metodykę badawczą oraz zastosowane metody badawcze, które umożliwiły w konsekwencji realizację celów oraz odpowiedzi na pytania badawcze sformułowane w rozprawie.

6. Ocena zastosowanego piśmiennictwa w ramach rozprawy doktorskiej

Publikacje stanowiące zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych zawierają głównie pozycje publikowane w czasopismach i wydawnictwach o zasięgu międzynarodowym. Tematyka cytowanych prac związana jest ściśle z obszarami badawczymi podjętymi w rozprawie doktorskiej. Pozycje literatury są aktualne. Analiza i interpretacja źródeł literaturowych jest prawidłowa. Autorka w trakcie rozważań dokonuje ich analizy i syntezy oraz przedstawia własne wnioski i krytyczną ocenę analizowanych pozycji literatury.

Podsumowując, moja ocena znajomości, doboru, analizy i interpretacji źródeł literaturowych przez Autorkę jest pozytywna.

7. Ocena zawartości merytorycznej zbioru opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, w tym informacje dotyczące praktycznego zastosowania uzyskanych wyników badań oraz informacja o ewentualnych nieprawidłowościach, które pojawiły się w ocenianej rozprawie doktorskiej

Badania prowadzone w ramach niniejszej dysertacji koncentrowały się na opracowaniu nowych metod wielokryterialnych oceny polityki energetycznej. Szczególną uwagę poświęcono modelowaniu dynamiki modelowanej domeny, problemom redukcji kompensacji kryteriów oraz odzwierciedleniu w modelach niepewności danych przy minimalizacji wysiłku kognitywnego decydenta.

W artykule A1 zaproponowano innowacyjną metodę oceny zrównoważonego rozwoju, która integruje podejście MCDA ze zmiennością wyników wydajności alternatyw, zwaną Data vARIability Assessment Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (metoda DARIA-TOPSIS). Po przeprowadzeniu analiz opartych na zmienności wyników w czasie w odniesieniu do zagregowanych danych dotyczących krajów i indywidualnych wymiarów zrównoważonego rozwoju udowodniono skuteczność nowego podejścia w obszarze zrównoważonych miast i społeczeństw. Wskazano również wykorzystanie opracowanej metody w ocenie realizacji zrównoważonej polityki energetycznej przez kraje europejskie. Wysoko oceniam udostępnienie implementacji opracowanej metody w publicznym repozytorium GitHub.

W artykule A2 przedstawiono zastosowania metody Data vARIability Assessment Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (metoda DARIA-TOPSIS) do wielokryterialnej oceny czasowej krajów europejskich w zakresie przystępnej cenowo i czystej energii. Metoda ta łączy metodę o nazwie Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) do oceny wielokryterialnej z opartą na współczynniku Giniego miarą zmienności wyników. Oceniono kraje europejskie względem realizacji SDG 7 dla lat 2016-2020. Wykorzystanie metody pozwoliło zidentyfikować kraje z najlepszymi wynikami w zakresie wdrażania zrównoważonych polityk energetycznych skoncentrowanych na przystępnej cenowo i czystej energii, w tym Norwegię, Islandię i Szwecję.

W artykule [A3] opracowano inteligentny system wspomaganie decyzji, który umożliwia wielokryterialną ocenę, biorąc pod uwagę dynamikę czasową wydajności ocenianych alternatyw. Struktura systemu jest oparta na nowej metodzie o nazwie DARIA-EDAS (Data vARIability Assessment- Evaluation based on Distance from Average Solution), która

umożliwia ocenę alternatyw z jednoczesnym uwzględnieniem wielu kryteriów oceny i integrację czasową uzyskanych wyników w jeden jednoznaczny wynik w formie wartości oceny i rankingów. Efektywność opracowanego systemu została zbadana na przykładzie wielokryterialnej oceny czasowej wdrażania 7 Celu Zrównoważonego Rozwoju (SDG 7) przez wybrane kraje europejskie. Uzyskane wyniki potwierdziły skuteczność systemu w wielokryterialnej ocenie czasowej zrównoważonego rozwoju w zakresie zrównoważonego mixu energetycznego.

W artykule A4 opracowano inteligentny system wspomagania decyzji, który umożliwia wielokryterialną ocenę, biorąc pod uwagę czasową zmienność wyników osiąganych przez oceniane alternatywy. System wykorzystuje metodę DARIA-MARCOS w celu analizy wielokryterialnej dotyczącej realizacji celów zrównoważonego rozwoju uwzględnionych w Celach Zrównoważonego Rozwoju zawartych w SDG 11, koncentrującym się na zrównoważonych miastach i społecznościach. Uzyskane w badaniu wyniki potwierdziły użyteczność proponowanego systemu w wielokryterialnej ocenie czasowej zrównoważonego rozwoju, skoncentrowanej na zrównoważonych miastach i społecznościach.

W artykule A5 opracowano hybrydową metodę Temporal SWARA-SPOTIS przeznaczoną do czasowej oceny zrównoważonego rozwoju z uwzględnieniem dynamiki wyników w obserwacji długoterminowej. Proponowana metoda agreguje wyniki ocen uzyskanych w różnych okresach, w tym priorytetyzację ekspercką poszczególnych okresów. Praktyczne zastosowanie proponowanej metody obejmuje ocenę zrównoważonego rozwoju krajów europejskich w kierunku czystego, wydajnego i niedrogiego systemu energetycznego. W ocenie uwzględniono dane pobrane z Eurostatu z lat 2015-2020 zebrane dla wybranych krajów europejskich pod względem realizacji założeń 7 celu zrównoważonego rozwoju SDG 7. W badaniu najlepsze rezultaty osiągnęły kraje skandynawskie takie, jak Norwegia, Islandia, Szwecja, Finlandia oraz Dania, co świadczy o wysokim udziale OZE w rozważanych w modelu gałęziach gospodarki.

Artykuł A6 dotyczy opracowania temporalnej metody SWARA-SPOTIS znajdującej zastosowanie w wielokryterialnej czasowej ocenie wyników alternatyw. Proponowana metoda łączy w sobie metodę Step-Wise Weights Assessment Ratio Analysis (SWARA) do określania istotności poszczególnych okresów oraz metodę stabilnych preferencji w kierunku idealnego rozwiązania (SPOTIS) do wielokryterialnej oceny alternatyw. Opracowana metoda została zastosowana do budowy modelu oceny zrównoważonego wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE) przez kraje europejskie w różnych gałęziach gospodarki i przemysłu, z uwzględnieniem wielu kryteriów i dynamiki zmian uzyskanych wyników w czasie.

Zastosowanie proponowanej metody przedstawiono na przykładzie obejmującym ocenę 30 wybranych krajów europejskich w okresie pięciu lat 2015-2019 na podstawie danych z Eurostatu. Analiza wyników badań pozwoliła wysunąć wniosek, że najwyżej ocenianymi krajami pod względem zrównoważonego wykorzystania OZE są przede wszystkim kraje skandynawskie.

W pracy A7 opracowano metodę Strong Sustainability Paradigm based Analytical Hierarchy Process (SSP-AHP) w celu redukcji substytucji kryteriów poprzez promowanie alternatyw, które osiągają dobre wartości wydajności we wszystkich kryteriach, co jednocześnie oznacza zrównoważony rozwój. Wyniki badań umożliwiają wgląd w podstawowe domeny, poddomeny i wskaźniki, które wspierają bardziej kompleksową ocenę zrównoważonego rozwoju społecznego systemów opieki zdrowotnej. Wskaźniki skonstruowane w tym badaniu składają się z pięciu głównych obszarów: równości, jakości, responsywności, pokrycia finansowego i adaptowalności. Mogą one służyć jako instrument odniesienia, zapewniając przejrzystość w zakresie podstawowych aspektów wyników, które mają być mierzone i raportowane, a także wspierając decydentów w podejmowaniu decyzji dotyczących strategii sektorowych w opiece zdrowotnej.

W artykule A8 zaprezentowano badania obejmujące wybór konstrukcji pływających systemów fotowoltaicznych (Floating Photovoltaic - FPV) w polskich warunkach z wykorzystaniem metody wielokryterialnej uwzględniającej redukcję kompensacji kryteriów zgodnie z paradygmatem silnego zrównoważonego rozwoju. Zastosowana metoda nosi nazwę SSP-COPRAS. Wyboru dokonano spośród czterech projektów FPV i jednego referencyjnego konwencjonalnego naziemnego systemu fotowoltaicznego (GMPV). Wyniki badań pozwoliły wyciągnąć wniosek, że system FPV ma zauważalny potencjał, aby uczynić go konkurencyjnym w stosunku do GMPV, zwłaszcza gdy kryteria techniczne i kryteria redukcji kompensacji odgrywają ważną rolę. Jednak wyższe oceny GMPV, zwłaszcza pod względem ekonomicznym, pokazują, że FPV musiałby osiągnąć wyższą dojrzałość produktu, aby stać się realnie konkurencyjnym.

W artykule A9 opracowano metodę Strong Sustainability Paradigm based Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (SSP-TOPSIS) obejmującą modelowanie redukcji kompensacji kryteriów. Proponowana metoda opiera się na znanym algorytmie Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), a innowacyjny krok redukcji kompensacji kryteriów sprawia, że technika ta nadaje się do oceny wymagającej uwzględnienia paradygmatu silnego zrównoważenia.

Opracowana metoda została zastosowana w praktycznym przypadku wielokryterialnej oceny zrównoważonego wykorzystania odnawialnych źródeł energii w gospodarkach wybranych krajów europejskich. Atrybuty modelu SHARES (Short assessment of renewable Energy sources - Krótka ocena odnawialnych źródeł energii) zaproponowanego przez Eurostat (urząd statystyczny Unii Europejskiej) obejmujące wytwarzanie energii z odnawialnych źródeł energii (OZE) i jej zużycie w różnych gałęziach gospodarki zostały wykorzystane jako kryteria dla ram badawczych. Badania przeprowadzono dla wielu przypadków, biorąc pod uwagę kryterialne modelowanie redukcji kompensacji. Wyniki wskazały Szwecję jako najbardziej zrównoważony kraj pod względem eksploatacji OZE. Inne kraje, które uzyskały dobre wyniki, to Austria, Niemcy i Holandia. Wysoko oceniam udostępnienie implementacji opracowanej metody w otwartym repozytorium GitHub.

W artykule A10 opracowano metodę SSP-VIKOR (Strong Sustainability Paradigm-based VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) opartą na metodzie VIKOR, ale z uwzględnieniem możliwości modelowania redukcji liniowej kompensacji kryteriów. Zastosowanie zaproponowanej metody zostało przedstawione dla praktycznego problemu oceny osiągnięcia celów SDG 7 (Sustainable Development Goal 7) przez wybrane kraje europejskie. Przeprowadzono również analizę porównawczą z referencyjną metodą SPOTIS (Stable Preference Ordering Towards Ideal Solution) rozszerzoną o możliwość redukcji kompensacji w celu potwierdzenia wiarygodności wyników. Wyniki badań potwierdzają skuteczność metody SSP-VIKOR w wielokryterialnych problemach decyzyjnych dotyczących zrównoważonego rozwoju oraz wiarygodność otrzymanych wyników.

Również wysoko oceniam umieszczenie implementacji opracowanej metody w repozytorium GitHub.

W artykule A11 opracowano metodę SSP-SPOTIS (Strong Sustainability Paradigm based Stable Preference Ordering Towards Ideal Solution) w celu modelowania redukcji liniowej kompensacji kryteriów. Wykazano przydatność SSP-SPOTIS do problemu oceny zrównoważonego udziału OZE w gospodarkach wybranych krajów europejskich. Uzyskane wyniki wskazują, że najbardziej zrównoważony udział OZE reprezentują kraje nordyckie, takie jak Szwecja, Norwegia, Dania i Finlandia. Ponadto Estonia i Austria również znalazły się wśród krajów wysoko ocenionych.

W artykule A12 przedstawiono nową metodę V-COMET do oceny zrównoważonego zarządzania odnawialnymi źródłami energii (OZE) w krajach europejskich. Jest ona oparta na metodzie regułowej COMET uwzględniającej reprezentację wartości alternatyw względem kryterium w formie liczb rozmytych (np. trójkątnych), do budowy modelu wykorzystuje

hierarchizację i dekompozycję, co umożliwia znaczną redukcję porównań parami obiektów charakterystycznych. Zamiast bezpośredniego porównywania alternatyw porównywane są obiekty charakterystyczne. Metoda jest odporna na zjawisko odwracania rankingów, co oznacza, że usunięcie lub dodanie jakiejś nowej alternatywy ze zbioru alternatyw nie powoduje zmian w rankingu. Metoda VIKOR w proponowanym podejściu została natomiast wykorzystana do automatycznej oceny obiektów charakterystycznych, która zastępuje pracochłonne i subiektywne porównywanie parami dokonywane przez decydentów.

Praktycznym problemem oceny wielokryterialnej, w odniesieniu do którego zweryfikowano opracowaną metodę jest ocena udziału odnawialnych źródeł energii w wybranych 30 państwach europejskich na podstawie danych SHARES udostępnionych w Eurostacie dla lat 2015-2019. Wzięto pod uwagę następujące grupy kryteriów:

- kryteria opisujące udział OZE w generowaniu energii ze źródeł odnawialnych,
- konsumpcja energii ze źródeł odnawialnych w transporcie,
- w ogrzewaniu i chłodzeniu,
- całkowita konsumpcja energii ze źródeł odnawialnych.

Łącznie model decyzyjny uwzględnia 15 kryteriów. Przeprowadzono ocenę wielokryterialną dla trzech jednostek: KTOE, procentowy udział OZE i TOE na osobę, czyli z oceną udziału OZE z uwzględnieniem populacji. Dokonano analizy porównawczej wyników dla referencyjnych metod MCDA obejmujących TOPSIS, VIKOR i PROMETHEE II. Przeprowadzono także benchmarking V-COMET z wymienionymi referencyjnymi metodami podczas powtarzanych w wielu iteracjach symulacjach losowych.

Udostępniono również repozytorium z zaimplementowaną metodą V-COMET w Python (pyvcomet), zawierające udostępniony kod i zbiory danych wykorzystane w badaniu.

W artykule A13 opracowano hybrydową metodę wielokryterialnej analizy decyzyjnej (MCDA) o nazwie CODAS-COMET przeznaczoną do oceny zrównoważonej produkcji energii elektrycznej z uwzględnieniem odnawialnych źródeł energii (OZE). Wprowadzone podejście łączy zalety dwóch znanych metod MCDA: Characteristic Object Method (COMET) i Combinative Distance-based Assessment (CODAS). Praktyczne zastosowanie prezentowanej metody obejmuje ocenę szesnastu województw Polski, biorąc pod uwagę zrównoważone wykorzystanie OZE w dziedzinie wytwarzania energii elektrycznej. Dodatkowym wkładem tego badania jest zbadanie wpływu na wyniki zastosowania metryk odległości innych niż domyślna metryka odległości stosowana w metodzie, na którym koncentruje się niniejszy artykuł, oraz zademonstrowanie projektu i praktycznego zastosowania ram badawczych do wyboru najbardziej odpowiednich metryk odległościowych.

Przeprowadzono analizę porównawczą metody CODAS-COMET z podejściem referencyjnym TOPSIS-COMET w celu potwierdzenia wiarygodności wyników. Wyniki wykazały wysoką korelację między wszystkimi końcowymi rankingami i potwierdziły odporność podejścia CODAS-COMET na zmianę metryk w algorytmie. Udowodniono, że opracowana metoda jest skuteczna w ocenie zrównoważonego rozwoju w domenach energii odnawialnej i innych złożonych kwestii wymagających uwzględnienia wielu kryteriów.

Podsumowując, bardzo wysoko oceniam opracowane w ramach zbioru opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, stanowiących niniejszą rozprawę doktorską, metody MCDA oceny zrównoważonej polityki energetycznej oraz propozycje wykorzystania tych metod w problemach praktycznych.

Stwierdzam, że zawartość merytoryczna rozprawy jest spójna z metodyką badawczą pozwalającą na realizację celów oraz odpowiedź na pytania badawcze. Autorka sposób sprawny przedstawia cały przeprowadzony cykl badawczy, jak również przejrzysto prezentuje wnioski z badań.

Mam jednak następujące uwagi dotyczące podsumowania badań prowadzonych w ramach zbioru opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych:

1. W poszczególnych artykułach wskazywane były ograniczenia przeprowadzonych badań, jednakże doktorantka mogła również wskazać ograniczenia badań w odniesieniu do całego zbioru opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych (na przykład w sekcji „Extended abstract”). Zatem formułuję do Doktorantki pytanie: **Jakie są ograniczenia przeprowadzonych w rozprawie doktorskiej badań w kontekście całego zbioru opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych?**
2. Autorka wskazała możliwości zastosowania opracowanych w ramach rozprawy doktorskiej metod w problemach praktycznych, jednak w niewielkim stopniu odniosła się do możliwości zastosowania (wdrożenia) w istniejących systemach wspomaganie decyzji. W tym kontekście formułuję pytania do doktorantki: **Jakie są możliwości wdrożenia opracowanych w ramach rozprawy doktorskiej metod MCDA oceny zrównoważonej polityki energetycznej w istniejących systemach wspomaganie decyzji, w tym w informatycznych systemach zarządzania i czy doktorantka ma jakieś doświadczenia w zakresie efektywności wdrożenia tych metod w praktyce gospodarczej?**

8. Ocena formalnej i redakcyjnej strony rozprawy

Publikacje stanowiące zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych napisane są poprawnym językiem, a styl prowadzonego wywodu odpowiada kanonowi opracowań naukowych. W ujęciu formalnym całość zbioru prezentuje się zatem dobrze, spełniając wymogi przewidziane dla prac awansowych na stopień naukowy doktora. Mam tylko drobne uwagi dotyczące formalnej strony rozprawy:

Artykuł A2 - prawdopodobnie błędnie przypisana afiliacja współautora dra hab. inż. Jarosława Wątróbskiego, prof. US (Doctoral School of University of Szczecin).

Rysunki na stronie 12, 63 oraz 160 rozprawy są mało czytelne (bardzo mała czcionka).

9. Konkluzja

Podsumowując niniejszą recenzję stwierdzam, że problem badawczy podjęty w rozprawie jest istotny, aktualny i rozwiązany w oryginalny sposób. Zdefiniowane przez doktorantkę cele rozprawy doktorskiej zostały osiągnięte w sposób zgodny z kanonem procesu poznania naukowego. Autorka rozprawy opanowała umiejętność posługiwania się metodami wnioskowania naukowego, jak też zdobyła niezbędny warsztat badawczy. Sformułowane przeze mnie uwagi krytyczne i pytania problemowe nie pomniejszają mojej bardzo pozytywnej oceny recenzowanej rozprawy doktorskiej i mają głównie charakter polemiczny, redakcyjny lub prowokujący do dalszych prac badawczych. Recenzowana rozprawa w mojej ocenie jednoznacznie posiada walory poznawcze, metodyczne i aplikacyjne. Autorka wykazała się dobrą znajomością metodyki badań ilościowych i jakościowych.

W mojej opinii, recenzowana rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktorantki w dyscyplinie nauk o zarządzaniu i jakości oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Autorkę.

Stwierdzam, że przedstawiona praca odpowiada wymaganiom stawianym rozprawie doktorskiej, zgodnie z zapisem zawartym w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571). Wobec tego wnoszę o przyjęcie recenzowanej rozprawy doktorskiej i dopuszczenie Pani mgr inż. Aleksandry Bączkiewicz do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.

Jednocześnie wnioskuję o wyróżnienie rozprawy na podstawie wysokiej wartości merytorycznej zbioru opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych stanowiących niniejszą rozprawę doktorską. Opracowane w ramach niniejszej rozprawy

doktorskiej wielokryterialne metody oceny zrównoważonej polityki energetycznej stanowią bowiem wkład w rozwój obszaru naukowego teorii decyzji. Potwierdzeniem wysokiej jakości wyników badań przeprowadzonych w ramach niniejszej rozprawy doktorskiej jest również ich opublikowanie w uznanych, prestiżowych czasopismach z listy Journal Citation Reports (JCR), oraz w materiałach konferencyjnych wysokiej rangi międzynarodowych konferencji naukowych.

Marcin Hernes