

Recenzja **rozprawy doktorskiej mgr. inż. Wojciecha Sałabuna**

nt. „Metoda identyfikacji wielokryterialnego eksperckiego modelu decyzyjnego z zastosowaniem teorii zbiorów rozmytych”

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie Rady Wydziału Informatyki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, przekazane przez Dziekana Wydziału dr. hab. inż. Jerzego Pejasia pismem z dn. 20.06.2018.

1. Ogólna charakterystyka rozprawy i jej zawartość

Recenzowana rozprawa została wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Andrzeja Piegata z Wydziału Informatyki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, jako promotora, oraz dr. inż. Jarosława Wątróbskiego z tegoż Wydziału, jako promotora pomocniczego. Jej Autor, mgr inż. Wojciech Sałabun, jest również pracownikiem Wydziału Informatyki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Rozprawa została przygotowana zgodnie z art. 13 pkt 2 „Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” w formie spójnego tematycznie zbioru 10 recenzowanych prac, opublikowanych w latach 2014 – 2017, będących rozdziałami w wydanych książkach oraz artykułami opublikowanymi w czasopiśmie naukowych, stanowiących oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. W skład przedłożonego zbioru publikacji wchodzi następujące prace:

- A1.Sałabun,W. (2015). The Characteristic Objects Method: A New Distance-based Approach to Multicriteria Decision-making Problems. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 22(1-2), 37-50. Zadeklarowany udział doktoranta w artykule 100%.
- A2.Sałabun, W. (2014). Reduction in the number of comparisons required to create matrix of expert judgment in the comet method. *Management and Production Engineering Review*,5(3), 62-69. Zadeklarowany udział doktoranta w artykule 100%.
- A3.Piegat, A., Sałabun, W. (2014). Identification of a multicriteria decision-making model using the characteristic objects method. *Applied Computational Intelligence and Soft Computing*, 2014, 14. Zadeklarowany udział doktoranta w artykule 50%.
- A4.Sałabun, W. (2015). Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Method: the Modular Approach in the Characteristic Objects Method. *Studies & Proceedings of Polish Association for Knowledge Management*, 77, 54-64. Zadeklarowany udział doktoranta w artykule 100%
- A5.Sałabun, W., Piegat, A. (2017). Comparative analysis of MCDM methods for the assessment of mortality in patients with acute coronary syndrome. *Artificial Intelligence Review*, 48(4), 557-571. Zadeklarowany udział doktoranta w artykule 95%.
- A6.Piegat, A., Sałabun, W. (2015). Comparative analysis of MCDM methods for assessing the severity of chronic liver disease. In: *International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing* (pp. 228-238). Springer, Cham. Zadeklarowany udział doktoranta w artykule 50%.

- A7. Sałabun, W., Ziemia, P., Wątróbski, J. (2016). The Rank Reversals Paradox in Management Decisions: The Comparison of the AHP and COMET Methods. In: Intelligent Decision Technologies 2016 (pp. 181-191). Springer, Cham.
Zadeklarowany udział doktoranta w artykule 75%.
- A8. Sałabun, W., Wątróbski, J., Piegat, A. (2016). Identification of a Multi-criteria Model of Location Assessment for Renewable Energy Sources. In: International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (pp. 321-332). Springer, Cham.
Zadeklarowany udział doktoranta w artykule 45%.
- A9. Jankowski, J., Sałabun, W., Wątróbski, J. (2017). Identification of a multi-criteria assessment model of relation between editorial and commercial content in web systems. In: Multimedia and Network Information Systems (pp. 295-305). Springer, Cham. Zadeklarowany udział doktoranta w artykule 45%.
- A.10 Wątróbski, J., Sałabun, W., Karczmarczyk, A., Wolski, W. (2017, September). Sustainable decision-making using the COMET method: An empirical study of the ammonium nitrate transport management. In: Computer Science and Information Systems (FedCSIS), 2017 Federated Conference on (pp. 949-958). IEEE.
Zadeklarowany udział doktoranta w artykule 40%.

Zadeklarowany udział doktoranta w opracowaniu publikacji wchodzących w skład jego rozprawy doktorskiej został podany w części informacyjnej opiniowanej rozprawy.

Przedstawiona do recenzji rozprawa mgr. inż. Wojciech Sałabuna ma zwartą postać i zawiera:

- krótką informację o składowych rozprawy oraz o dorobku naukowym jej Autora (wskaźniki bibliometryczne),
- rozbudowane (43 strony) streszczenie uzyskanych wyników,
- pełną informację o dorobku naukowym, dydaktycznym i organizacyjnym doktoranta (spis wszystkich publikacji, udział w projektach itp.),
- 10 załączników będących kopiami prac wchodzących w skład przedłożonego zbioru publikacji.

Tematem recenzowanej rozprawy jest opracowanie nowej metody wielokryterialnego podejmowania decyzji, która przede wszystkim byłaby odporna na zjawisko odwracania rankingów, charakteryzowała się wysoką dokładnością, nie wymagała wskazania globalnych wag kryterialnych a priori i nie dekomponowała rozpatrywanego problemu na serie prostszych problemów z pojedynczym kryterium. Wynikiem zrealizowanych prac badawczych jest oryginalna metoda COMET (*Characteristic Objects METHod*), spełniająca powyższe postulaty.

Całość przedstawionych prac można podzielić na trzy grupy:

- artykuły, w których opisana została metoda COMET (załączniki A1, A3 oraz A5),
- artykuły, w których zaproponowano metody zmniejszenia niezbędnej liczby zapytań do eksperta, którego opinie stanowią podstawę do budowy modelu decyzyjnego (załączniki A2 oraz A4),
- artykuły, w których przedstawiono różne zastosowania metody COMET z jednoczesnym porównaniem jej wyników do wyników uzyskanych z wykorzystaniem innych podejść, takich jak np. metoda AHP lub metoda TOPSIS (załączniki A6, A7, A8, A9 oraz A10).

2. Omówienie rozprawy i jej ocena

Rozpatrywanym w rozprawie problemem badawczym jest uszeregowanie pewnej liczby obiektów, opisanych za pomocą atrybutów numerycznych (kryteriów decyzyjnych). Zakłada się, że uszeregowanie następuje zgodnie z pewną zdeterminowaną, choć nie znaną, funkcją decydynta, wiążącą jego preferencje z wartościami atrybutów (kryteriów). Celem rozprawy

jest wyznaczenie pewnej aproksymacji tej funkcji na podstawie zestawu zapytań do eksperta (decydenta), w których jest on proszony o porównanie sztucznie wygenerowanych alternatyw (obiektów charakterystycznych), opisanych zestawami rozmytych zmiennych lingwistycznych. W zaproponowanym rozwiązaniu wykorzystuje się podejście rozwijane w problemach sterowania rozmytego, rozwijanych, m.in., w pracach promotora rozprawy prof. Andrzeja Piegata.

W zaproponowanej metodzie do konstrukcji funkcji decyzyjnej wykorzystuje się porównywanie parami punktów w wielowymiarowej przestrzeni decyzyjnej, ale nie przedstawionych do oceny alternatyw (jak to jest robione w większości stosowanych podejść), tylko określonych przez decydenta punktów pokrywających przestrzeń wszystkich możliwych wartości atrybutów (kryteriów decyzyjnych). Zaletą tego podejścia jest uniezależnienie się od konkretnych, podlegających szeregowaniu, alternatyw oraz uniknięcie problemu tzw. odwracania rankingów, wadą zaś znaczny nakład prac obliczeniowych na etapie identyfikacji funkcji decyzyjnej. Zaleta metody przeważa nad wadą, gdy występuje konieczność wielokrotnego wykonywania operacji szeregowania, np. po pojawianiu się kolejnych alternatyw.

Istotą stosowanego podejścia jest opis atrybutów porównywanych alternatyw za pomocą zmiennych lingwistycznych o rozmytych wartościach, np. „duża wartość kryterium 1”. Ułatwia to w znacznym stopniu porównywanie alternatyw przez identyfikującego swą funkcję decyzyjną decydenta, który musi wybrać jeden z trzech możliwych wyników porównania (alternatywa bardziej preferowana, alternatywa mniej preferowana, alternatywy jednakowo preferowane). W wyniku zastosowania zaproponowanego podejścia uzyskuje się aproksymację funkcji decyzyjnej w postaci zestawu rozmytych reguł typu „jeżeli opis alternatywy z wykorzystaniem zmiennych lingwistycznych, to wyznaczona wartość preferencji”. Mając do dyspozycji powyższy zestaw reguł, możemy dla każdej rozpatrywanej rzeczywistej alternatywy wyznaczyć, po zastosowaniu określonej metody defuzyfikacji, wartość jej preferencji, co w konsekwencji pozwala na uszeregowanie porównywanych alternatyw.

Zaproponowana w rozprawie metoda COMET jest niewątpliwie rozwiązaniem oryginalnego problemu naukowego. Została ona zaimplementowana i pozytywnie zweryfikowana na wielu przykładach rzeczywistych, opisanych w pracach wchodzących w skład przedłożonego zestawu (załączniki A6, A7, A8, A9 oraz A10). Wykazane na przykładach jej bardzo dobre właściwości są konsekwencją spełnienia przez te przykłady bardzo mocnego założenia. Założenie to dotyczy bezbłędnych ocen porównywania parami obiektów charakterystycznych i wydaje się być niezbędnym do prawidłowego funkcjonowania metody COMET. W praktyce oznacza to, że wyniki przeprowadzonych przez decydenta porównań parami są całkowicie zgodne z jego deterministyczną funkcją decyzyjną. Takie założenie jest możliwe do przyjęcia w przypadku stosunkowo niewielkiej liczby porównań. Jeżeli jednak liczba porównań jest bardzo duża (co ma miejsce w przypadku dużej liczby obiektów charakterystycznych), a także w przypadku nieliniowej funkcji decyzyjnej, spełnienie takiego warunku może być bardzo trudne. Dyskusyjny jest także sposób wyznaczania wartości preferencji P . W rozprawie nie znalazłem wyjaśnienia dlaczego do wyznaczenia preferencji doktorant nie stosuje wartości ocen wyznaczonych (po znormalizowaniu) w procedurze porównywania parami, a stosuje wyłącznie rangi ocen wyznaczonych w na podstawie porównań. Wydaje się, że takie podejście może zawodzić w przypadku silnie nieliniowych funkcji preferencji.

Podczas lektury rozprawy pojawia się szereg wątpliwości będących konsekwencją redakcji jej części składowych. Są to bardzo często publikacje o mocno ograniczonej objętości (np. publikacje związane z wystąpieniami konferencyjnymi), gdzie wiele rozważanych aspektów przedstawionych jest w sposób mocno skrótowy. W konsekwencji wiele zaproponowanych w rozprawie rozwiązań przedstawionych jest w sposób opisowy, a nie formalny. Takie podejście jest nawet zalecane w wystąpieniach konferencyjnych, gdy słuchacze oczekują wyjaśnienia sensu proponowanej procedury obliczeniowej, ale utrudnia lekturę i ocenę rozprawy. Najlepiej to widać w przypadku opisu metody redukcji liczby porównań parami metodą modularyzacji problemu. W odpowiednim artykule mamy podane rysunki poglądowe, a nie ma formalnego opisu agregacji wyników obliczeń (np. jak agregować wyznaczone dla danego modułu wartości preferencji P z opisami obiektów charakterystycznych C – patrz rys 4.11 w streszczeniu). Innym przykładem może być opis wyznaczania preferencji rzeczywistych alternatyw. Pojawia się wtedy pytanie, dlaczego niezbyt jasny opis typu „*Wartość preferencji każdej alternatywy jest natomiast wyliczana jako suma produktu stopnia aktywacji wszystkich aktywowanych reguł oraz przyporządkowanej do nich wartości preferencji*” nie został wyjaśniony odpowiednim (dość prostym) wzorem obliczeniowym.

Na karb konieczności skracania publikowanych artykułów można też złożyć brak sformułowań wielu niezbędnych założeń. Na przykład, u podstaw procedury wykorzystującej modularyzację rozpatrywanego problemu leży mocne założenie o możliwości dekompozycji nieznanej funkcji decyzyjnej na niezależne moduły.

W niniejszej recenzji nie oceniam szczegółów technicznej strony redakcji poszczególnych publikacji wchodzących w skład rozprawy, uznając, że została ona zaakceptowana przez redaktorów czasopism i zbiorów publikacji. Ogólnie rzecz ujmując, wchodzące w skład rozprawy artykuły są napisane w sposób jasny, a ich lektura nie sprawia większych trudności. Występują w nich, oczywiście, pewne usterki, jak np. powtarzające się użycie słowa „intuitionistic” w znaczeniu „intuicyjne”, zamiast podawanego w słownikach słowa „intuitive”.

3. Ocena końcowa

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr. inż. Wojciecha Sałabuna zawiera niewątpliwie propozycję oryginalnego rozwiązania istotnego zadania badawczego, co jest podstawowym wymogiem stawianym rozprawom doktorskim. Przeprowadzone szerokie eksperymenty porównawcze wykazały praktyczną przydatność zaproponowanego w rozprawie nowego sposobu wielokryterialnego podejmowania decyzji, a w szczególności szeregowania alternatyw opisywanych zestawem wielu atrybutów. Sformułowane w recenzji uwagi krytyczne dotyczą praktycznie w całości strony redakcyjnej artykułów wchodzących w skład recenzowanej rozprawy i nie zmniejszają wartości zaproponowanych w rozprawie oryginalnych rozwiązań.

Dokonując całościowej oceny rozprawy, po uwzględnieniu jej zalet i wad, można stwierdzić, że spełnia ona wymagania stawiane w odpowiednich przepisach rozprawom doktorskim w zakresie informatyki. W związku z tym wnoszę o dopuszczenie mgr. inż. Wojciecha Sałabuna do dalszych, przewidzianych przepisami, etapów przewodu doktorskiego.

