

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgra Krzysztofa Martyna

zatytułowanej:

*Multiple Criteria Decision Analysis methods inspired by other sub-disciplines
of artificial intelligence*

1. Problem badawczy i jego znaczenie

Przedmiotem doktoratu mgra Krzysztofa Martyna są metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji (*Multiple Criteria Decision Aiding*, MCDA). Doktorant koncentruje się na wybranych dwóch grupach metod: (1) klasycznych, bazujących na filozofii zdezagregowanego deklarowania preferencji wspomagającego decyzje w problematyce wyboru (lub budowy rankingu); oraz (2) tych wykorzystujących ideę holistycznego deklarowania preferencji i osadzonych w konkretnej problematyce sortowania. Przy czym w zdecydowanej większości koncentruje się na tym drugim podejściu, czy jako rozwiązaniu głównym (prace [P1] do [P3]), czy też uzupełniającym proces deklaracji preferencji w sposób bezpośredni przez dodatkowe mechanizmy uszczegóławiania preferencji (jak w przypadku bipolarnej klasteryzacji w pracy [P5]). Doktorant identyfikuje serię problemów natury metodologicznej związanych z tymi podejściami i proponuje autorskie rozwiązania stanowiące na nie remedium, które to rozwiązania technologicznie w części wykorzystują mechanikę analityczną bazującą na sztucznej inteligencji oraz na klasycznym programowaniu matematycznym. Wśród zidentyfikowanych problemów najistotniejsze dotyczą kwestii związanych z: (1) odkrywaniem struktur preferencji z dużych zbiorów danych dla różnych koncepcji globalnego modelu preferencji; (2) sposobów odkrywania typów (kształtów) marginalnych funkcji preferencji (w tym modelowania preferencji niemonotonicznych); (3) wielopoziomowego modelowania problemów wielokryterialnych za pomocą wyznaczanych łącznie modeli preferencji dla serii agregujących kryteriów decyzyjnych; oraz (4) sposobem dokładniejszego pomiaru zagregowanych poziomów preferencji i relacji przewyższania. Poruszane przez Doktoranta zagadnienia są kluczowe dla teorii wielokryterialnego wyboru, rekomendacje decyzyjne bazujące na źle wymodelowanych strukturach preferencji lub źle dobranym modelu preferencji skutkować mogą błędnymi rekomendacjami, rosnącą nieufnością decydenta wobec narzędzia wsparcia, a w efekcie podejmowaniu decyzji w oparciu o wewnętrzne przeświadczenia lub intuicję. Behawioralne badania operacyjne zwracają uwagę na liczne zagrożenia płynące z intuicyjnego podejmowania decyzji, związane z ograniczeniami poznawczymi decydentów, wykorzystywanymi przez nich heurystykami i systematycznymi błędami postrzegania, które często prowadzą do nie tylko nieoptymalnych, ale nierzadko i nieopłacalnych ekonomicznie rozwiązań. Stąd rekomendują opracowywanie technik analitycznych uwzględniających te ograniczenia poznawcze celem modelowania rzetelnych systemów preferencji i wyprowadzania z nich wiarygodnych rekomendacji decyzyjnych. Oceniam zatem zainteresowanie Doktoranta problematyką modelowania preferencji (w szczególności za pomocą koncepcji deklaracji holistycznych uznanych – choć nie bez pewnych głosów sprzeciwu – za poznawczo prostsze dla decydenta) za słuszne, a postawiony problem badawczy (grupę problemów) za nietrywialny, istotny zarówno dla rozwoju dyscypliny twardych badań operacyjnych (z punktu widzenia metodologicznego – zaproponowanie nowych, bardziej skutecznych niż obecne rozwiązań związanych ze sposobami oceny i analizy informacji preferencyjnej), jak i behawioralnych (dbałość o istotne kwestie związane z pozytywną recepcją technik MCDA przez decydentów).

Problemy te technicznie dotyczą rozwoju metodologii, mają zatem zdecydowanie charakter naukowy i w naturze podstawowy.

Teorię decyzji (w tym decyzji wielokryterialnych) cechuje wyjątkowa implementacyjność. Problemy decyzyjne przytrafiają się bowiem każdemu, w różnych kontekstach sytuacyjnych i obszarach życia społecznego i gospodarczego (np. w medycynie, biologii, inżynierii, naukach społecznych, psychologii itd.). Rozwój metodologii wsparcia decyzji wielokryterialnych ma zatem już implicite potencjał praktycznego wykorzystania. Doktorant pokazuje jednak explicite w swoich pracach możliwości ich implementacji. Przykładowo, zaproponowane rozwiązanie z zakresu modelowania niemonotonicznych struktur preferencji wykorzystane jest w analizie oceny zagrożeń związanych z inżynierią nanomateriałów (prace [P1] i [P2]). Jest to case study analizowany wcześniej za pomocą innych technik, stąd pewne trudne kwestie techniczne związane z ustrukturyzowaniem problemu i pozyskaniem informacji preferencyjnej w nim pominięto (a szkoda), pokazuje jednak aplikacyjność zaproponowanego podejścia, które jest oryginalne nie tylko w warstwie metodologicznej (wykorzystuje nowy sposób modelowania preferencji niemonotonicznych), ale i też koncepcyjnej (wprowadza nowy schemat patrzenia na problem oceniana za pomocą serii potencjalnie powiązanych globalnych funkcji oceny adresujących osobne kryteria decyzyjne na wariantach opisanych wieloma atrybutami). Zaproponowane mechanizmy usprawniania agregowania poziomów preferencji i relacji przewyższania ([P4] i [P5]) są z kolei zaimplementowane w case study związanym z pozycjonowaniem parków technologicznych i stref ekonomicznych. Są to oczywiście narzędzia uniwersalne, wymagające jedynie założonej strukturyzacji problemu decyzyjnego, który pojawiać się może w dowolnym kontekście decyzyjnym, wysoko zatem trzeba ocenić również znaczenie praktyczne przedmiotowej pracy doktorskiej.

2. Wkład autora

Ustawa *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. 2018 poz. 1668) pozwala uznać za rozprawę doktorską oryginalne rozwiązanie problemu naukowego nawet jeśli jest ono efektem pracy zbiorowej, pod warunkiem wyodrębnienia części autorskiej zrealizowanej samodzielnie przez Doktoranta (rozdz. 2, art. 187, ust 2 i 3). Autor przedstawił jako pracę doktorską opracowanie, zawierające zarówno 75-stronicową autorską pracę pisemną w języku angielskim (z rozszerzonym streszczeniem w języku polskim), jak i zbiór opublikowanych (trzech) i zgłoszonych do publikacji (dwóch) artykułów naukowych. Praca pisemna jest, w mojej ocenie, skróconą redakcją osiągnięć prezentowanych w przygotowanych wcześniej artykułach. Aby rzetelnie ocenić dorobek autora bezwzględna jest lektura tych ostatnich. Wszystkie trzy opublikowane prace skierowano do uznanych w branży czasopism, o wskaźnikach IF 3,9; 6.4 i 8.8. Zgodnie z wykazem czasopism naukowych MEiN to czasopisma wysoko punktowane (kolejno 140, 140 i 200 pkt.). Wszystkie są jednak współautorskie, co stanowi wyzwanie w ocenie samodzielnego dorobku Doktoranta.

Doktorant przedstawia oświadczenia współautorskie wszystkich autorów zewnętrznych pozwalające mi stwierdzić, iż wkład związany z rozwojem metodologii decyzji wielokryterialnych, pozostający poza tymi deklaracjami jest bardzo wysoki i istotny z punktu widzenia rozwoju dyscypliny. Niestety, wśród zaprezentowanych oświadczeń brak oświadczenia promotora, który jest współautorem wszystkich pięciu artykułów Doktoranta przedstawionych w ramach pracy. Sytuacja taka wynikać może z regulacji wewnętrznych Uczelni lub rozwiązań przyjętych przez Radę Dyscypliny, nie zmienia to jednak faktu, iż sprawia kłopot recenzentowi w ocenie autorskiego dorobku samego Doktoranta. Dla opracowania [P2] istnieje dokładna deklaracja wkładu wymagana przez reguły wydawnicze czasopisma. Widać z niej, iż wkład promotora i Doktoranta jest symetryczny. Dlatego konsekwentnie dla pozostałych opracowań przyjąłem, iż udziały promotora i Doktoranta są równe. Przy tak określonym udziale w każdej z prac autorski wkład Doktoranta do dyscypliny wielokryterialna analiza decyzji (którą, ze względu na swą interdyscyplinarność, pretenduje do pełnienia pełnoprawnej roli subdyscypliny również dla ogólnopojętej Informatyki, a dyscypliny Informatyka Techniczna i Komunikacja w szczególności) w dalszym ciągu uważam za bardzo duży, z nawiązką przekraczający wymagania stawiane rozprawom

doktorskim przez ustawę i związane z nią oczekiwania recenzentów w tym zakresie. Jest tak dlatego, iż Doktorant definiuje problemy metodologiczne i proponuje ich rozwiązania dla czterech różnych nietrywialnych zagadnień związanych z MCDA (por. wyszczególnienie w ramach pkt. 1 niniejszej recenzji), a – w mojej opinii – każde z tych zagadnień mogłoby samo stanowić problematykę osobnej dysertacji.

Oryginalne koncepcyjnie i warsztatowo jest rozwiązanie zaproponowane w ramach analizowanej problematyki (1), opisane w pracy [P3]. Doktorant implementuje rozwiązania bazujące na sztucznych sieciach neuronowych do odkrywania preferencji w problemach wielokryterialnego sortowania, przy czym zakłada możliwości reprezentowania preferencji decydenta poprzez konkretne modele bazujące na różnych filozofiach agregacji. Takie rozwiązanie ma sporo zalet. Po pierwsze, zaimplementowana technologia analityczna pozwala na budowanie modeli preferencji na podstawie rozległych zbiorów danych, można więc ją zastosować w popularnym obecnie podejściu bazującym na crowdsourcingu, wykorzystywanym często w zarządzaniu partycypacyjnym i działaniach utrzymywanych w nurcie *knowledge society* (np. przy budowie budżetów obywatelskich). Po drugie, wykorzystując sieć neuronową do tuningowania parametrów wybranych modeli preferencji Doktorant pokazuje, że implementacja tej technologii w kontekście wielokryterialnego wspomaganie decyzji może być interpretowalna. Owszem, sam mechanizm działania i parametry modelu sieci uzyskane z procesu uczenia mogą dla końcowego decydenta dalej nie być jasne (i właściwie nie ma potrzeby, aby były), ale wynik jej działania pozwala zbudować model preferencji, którego strukturę da się decydentowi wyjaśnić, a w niektórych wersjach algorytmów nawet przekonująco zwizualizować. Po trzecie, można odkrywać preferencje przyjmując różne modele agregacji i kompensacji, w zależności od rzeczywistej filozofii deklarowania preferencji przez decydenta (np. zakładając pełną kompensację, jak w modelach ANN-TOPSIS /tutaj z uproszczoną strukturą preferencji marginalnych/ i ANN-UTADIS, lub jej organicznie – jak w ANN-PROMETHEE). Całość propozycji Doktorant uwiarygadnia prowadząc analizę porównawczą zaproponowanych przez siebie algorytmów (w sumie ośmiu) z istniejącymi podejściami analitycznymi.

Wysoce oryginalne metodologicznie są także rozwiązania zaproponowane w ramach problematyki (2) i (3). Zwraca uwagę pieczołowitość w definiowaniu typów marginalnych funkcji oceny, które Doktorant rozważa na potrzeby konstruowanego modelu klasyfikacyjnego, w szczególności zaś precyzja opisu rozwiązania mającego na celu uchwycenie niemonotonicznych preferencji decydenta w ramach danego kryterium oceny. Skonstruowany model rekomendujący system klasyfikacyjny na podstawie różnorodnych funkcji marginalnych jest opisany z zachowaniem formalnej poprawności i matematycznej elegancji wywodu, włączając to serię dociekań bazujących na explicite definiowanym twierdzeniu, dowodzie i stosownym wnioskowaniu, związanych z wyprowadzeniem końcowego, jednoznacznego (*robust*) rozwiązania. Model ten w pracy [P1] wykorzystuje własną koncepcję kryterium optymalności, uwzględniającą minimalną liczbę zmian w monotoniczności modelowanych marginalnych funkcji ocen. Ponadto, w ramach problematyki (3) (praca [P2]) Doktorant proponuje oryginalny sposób postrzegania problemów decyzyjnych, które wymagają analizy z punktu widzenia wielu decyzji jednocześnie (*multi-decision problems*). Dla konkretnego zagadnienia sortowania proponuje alternatywę do klasycznego modelowania serii pojedynczych modeli decyzyjnych uwzględniających pojedyncze decyzje, pojedynczego modelu uwzględniającego jednoczesną kombinację klasyfikacji czy rozwiązań bazujących na nieprecyzyjnie określonej (w związku z różnicami rekomendacji jedno-decyzyjnych) klasyfikacji. Buduje on model jednocześnie estymujący parametry pojedynczych modeli klasyfikacyjnych uwzględniając pewne relacje między klasyfikacjami w tych modelach. Tutaj także modelowana jest sytuacja niemonotoniczności preferencji marginalnych, ale w sposób nieco inny niż wcześniej zaproponowany w [P1]. W obydwu pracach (tj. w [P1] i [P2]) pojawiają się też przykłady implementacji proponowanych rozwiązań do problemu oceny ryzyka technologii produkcji materiałów i konieczności wykorzystania w nich różnych rozwiązań ochrony zdrowia pracowników, co potwierdza implementacyjność zaproponowanych rozwiązań do analizy rzeczywistych, praktycznych problemów decyzyjnych.

W końcu za oryginalne i ciekawe koncepcyjnie należy uznać propozycje analityczne zmierzające do opracowania autorskich indeksów siły i słabości, wykorzystywanych w ocenie globalnej siły preferencji

lub przewyższania i budowy zagregowanego rankingu wariantów decyzyjnych (prace [P4] i [P5]). Doktorant, w zależności od przyjętego modelu preferencji decydenta, proponuje procedury PrefRank i ScoreBin, które zmierzają do wyznaczania indeksów siły wariantów decyzyjnych uwzględniających nie tylko sam fakt przewyższania innych wariantów, ale też zwracający uwagę na to, jakie warianty analizowany wariant przewyższa (albo jakie go przewyższają). W pewnym fragmencie analitycznym, idea Doktoranta jest, na przykład, taka, iż przewyższanie wariantów słabych nie powinno być postrzegane za tak samo wpływające na wzmocnienie jego siły, jak fakt przewyższania wariantów mocnych (analogicznie z definiowaniem jego słabości). Tę i inne koncepcje oceny buduje Doktorant na podstawie obserwacji sposobów oceny stron internetowych. Oryginalnym sposobem wzmocnienia tego pomiaru w mechanizmie ScoreBin jest bezpośrednie odwołanie się do preferencji decydenta, które bez wątpienia łatwo mu wyrazić, tj. sformułowanie prośby wskazania wariantów (pakietów kompletnych, a więc ocena ma charakter holistyczny) dobrych i słabych, które to wskazanie wykorzystywane jest do budowy systemu bonusów i kar wpływających na wartości tych indeksów, a przez to wychodzącym poza wyłączną konieczność deklarowania abstrakcyjnych parametrów modelu preferencji jak progi preferencji, indyferencji i weta (choć problem z definicją tych ostatnich dalej pozostaje). Jak poprzednio i tutaj mamy pokazany pragmatyczny wymiar zaproponowanych rozwiązań. Doktorant implementuje swoje propozycje do analizy problemu oceny stref ekonomicznych i parków technologicznych, przy zachowaniu pełnej kompletności analitycznej. Dokonuje porównania wyników z tymi, które uzyskać można z innych metod referencyjnych, jak również przedstawia analizę wrażliwości (rzetelności) uzyskanego rozwiązania.

Podsumowując, w doktoracie mgra Martyana mamy do czynienia z wieloma autorskimi propozycjami rozwiązań metodologicznych usprawniających proces analizy preferencji w wielokryterialnych problemach decyzyjnych. Są to rozwiązania zaawansowane technicznie, przemyślane, odpowiadające na realne potrzeby zgłaszane przez teorię decyzji (problematyki 1 – 3), lub wynikające z adoptowanych rozwiązań sprawdzających się w innych problemach oceny (problematyka 4). Nietrywialnie rozszerzają dorobek dyscypliny.

3. Poprawność

Przedstawiony w pracy materiał naukowy jest na tyle rzetelny, spójny i poprawny, iż nie daje wielu okazji do krytyki. Można jednak polemizować z Doktorantem w zakresie pewnych spostrzeżeń czy wniosków w ich warstwie koncepcyjnej lub dotyczącej ogólnej filozofii wielokryterialnego wspomaganie decyzji. Z pracy trudno na przykład wnioskować, co o źródłach i przynależności MCDA sądzi sam Doktorant. Najpierw twierdzi on, że MCDA to subdyscyplina sztucznej inteligencji. Takie stwierdzenia mamy chociażby na stronie 1 zwartego opracowania pisemnego i pierwszej stronie artykułu [P3]. Dalej jednak, jak np. w pracy [P1] (s. 60) znaleźć można stwierdzenie, iż jest to raczej subdyscyplina teorii decyzji. Jak zatem to ostatecznie rozstrzygnąć? I czy rzeczywiście można oczekiwać, że ta dyscyplina dostarcza nam “obiektywnych rekomendacji” decyzyjnych, skoro w centrum uwagi stawia decydenta i w odróżnieniu od statystycznej analizy wielowymiarowej pozwala mu swobodnie i subiektywnie deklarować, jak postrzega jakość wariantów decyzyjnych, opisanych zestawem precyzyjnie (i często ilościowo) zdefiniowanych atrybutów?

Dalej, analizując wyniki badań prowadzonych w ramach zagadnienia (1) można stawiać pytania czy miarodajne jest porównanie wyników (mierzone przez wskaźnik zagregowany AUC, jak mniemam?) dla zaproponowanego rozwiązania autorskiego ANN-USTADIS i klasycznego UTADIS (str. 31 opracowania zwartego lub opracowanie [P3]). Wypadałoby chyba wziąć pod uwagę różnice koncepcyjne adresujące kontekst decyzyjny, który przyświecał przygotowaniu obydwu metod. Autorski ANN-UTADIS projektowano dla problemów “dużej skali”, tj. takich, które zakładają dużą ilość informacji preferencyjnej – np. pozyskanej w wyniku crowdsourcingu – i która może zawierać niespójności definicyjne. UTADIS, będąca uszczegółowieniem UTA dla problemu sortowania, nie zakładała – przynajmniej wyjściowo – aby definicje preferencji miały charakter masowy lub grupowy. Raczej odwrotnie, że

informacja pozyskana od pojedynczego decydenta jest raczej wybiórcza. Stąd nie będzie sobie w stanie poradzić z potencjalnymi kolizjami deklaracji preferencji wynikającymi z poglądów różnych decydentów tak dobrze, jak dedykowana tej sytuacji metoda Doktoranta. Biorąc pod uwagę kryterium porównania w ogóle można się zastanawiać, czy nie lepiej byłoby porównać ANN-UTADIS z jakąś wersją UTADIS, np. UTADIS II.

Przy tej okazji chciałem zaznaczyć, iż nie potrafiłem odnaleźć w tekście rozprawy fragmentu dobrze opisującego sytuację jak radzić sobie ze wspomnianymi niespójnościami w deklaracjach preferencji. Mówimy tu nie o niespójnościach jakie się mogą pojawić przy deklaracjach preferencji pojedynczego decydenta, ale kolizjach w deklaracjach między decydentami/ekspertami. Czy Doktorant przewidział jakiś mechanizm pre-processingu danych, który takie kolizje by eliminował? Przecież mogą one uniemożliwić znalezienie rozwiązania problemu generującego zerowe błędy, co sprawi, że oszacowany model preferencji będzie niedokładny i z pewnością będzie błędnie klasyfikował niektóre warianty. Czy nie lepiej w takiej sytuacji traktować jest problem jako problem decyzji grupowej, gdzie estymuje się parametry struktur preferencji pojedynczych decydentów osobno, a potem znajduje się jakieś rozwiązanie kompromisowe? W tej sytuacji mielibyśmy możliwość modelowania preferencji każdego decydenta zgodnie z jego własną filozofią postrzegania preferencji, eliminując ryzyko błędnego wykorzystania, przykładowo, modelu akceptującego kompensację tam, gdzie decydent miał *implicite* zdefiniowane progi weta. Ciekaw jestem, na ile w takich sytuacjach, które rozpatruje Doktorant, można założyć, że wszystkie te dane pochodzą od decydentów mających system preferencji dający się konceptualizować tym samym modelem?

W kontekście sposobów modelowania preferencji za pomocą marginalnych funkcji niemonotonicznych, pojawiających się w pracach [P1] i [P2], można z kolei się zastanawiać czy dałoby się je implementować do problemu, w którym decydent nie jest w stanie (albo nie chce, nie może, nie ma poznawczych umiejętności) określić typów funkcji preferencji dla żadnego z kryterium. A zatem, czy możliwe byłoby modelowanie jego struktury preferencji wyłącznie za pomocą funkcji $E_{NON-MON}^{MON}$? Jak bardzo wymagający informacyjnie, w sensie niezbędnego minimalnego zbioru przykładów holistycznych klasyfikacji dostarczonych przez decydenta za pomocą zbioru A_R , byłby proces pozyskiwania preferencji, aby zapewnić rzetelne wmodelowanie jego wewnętrznej struktury preferencji i wiarygodną ocenę wariantów spoza A_R ? Czy nie okazałoby się, że model doskonale adoptuje się do nawet największych niespójności, jakie mogą się pojawić, układając odpowiednio kształt i najmniejsze załamania marginalnych funkcji oceny tak aby wykazywać doskonałą skuteczność reprezentowania preferencji podanych przez decydenta? Co zatem zyskujemy, a jakie inne ryzyka wiązałyby się z wprowadzeniem takiego mechanizmu modelowania preferencji (o ile, w ogóle, nie byłoby ku temu jakiś przeciwwskazań technicznych)?

W tym kontekście pojawiają się oczywiście dalsze, bardziej szczegółowe pytania. W pracy [P1] Doktorant modeluje różne kształty funkcji preferencji marginalnych, aby skutecznie odzwierciedlić system preferencji decydenta. Pytanie tylko, czy rzeczywiście istnieje konieczność takiego rozdrobnienia poprzez modelowanie funkcje typu LEVEL? Na przykład, czy INCREASE-LEVEL równie skuteczne (pod względem weryfikacji dopasowania modelu i skuteczności klasyfikacji realizowanej przez niego) nie byłaby modelowanie przez funkcję typu GAIN? Ta ostatnia przecież nie wymusza ściśle rosnących preferencji i jest w stanie wmodelować kształt tej pierwszej (jak i również LEVEL-INCREASE), zakłada bowiem, że $u(x_j^{k+1}) \geq u(x_j^k)$. To specyfika odpowiedzi decydenta (przykładów klasyfikacji) jest w stanie wpłynąć na to, czy relacja ta daje się zweryfikować dla kolejno rozpatrywanych poziomów realizacji tego kryterium stwierdzeniem ostrej nierówności, czy równości (odpowiadając w tym ostatnim przypadku za „wypłastszenie” marginalnej funkcji oceny). Jeśli zaś taką konieczność dostrzega Doktorant, to czy nie wypadaloby też pomyśleć osobno o funkcji LEVEL-INCREASE-LEVEL?

Z kolei lektura pracy [P2], gdzie zaproponowano specyficzne podejście analityczne dla problemu wieloatributowego analizowanego z punktu widzenia wielu kryteriów decyzyjnych (lub decyzji, *multi-decision problem*, jak pisze Doktorant), można pozostawić czytelnika z pytaniami o pewne rozwiązania

technologiczne, jak i całość koncepcji w rozpatrywanym problemie decyzyjnym. Po pierwsze, nie jest do końca jasne, po co rozpatrywane są osobne konteksty decyzyjne jednocześnie, gdyż sprowadza to wyjściowy problem wieloatributowy, w której atrybuty przetwarzane są w serii ocen globalnych, do ostatecznego problemu oceny wielokryterialnej, w której decydent otrzymuje informacje o performansie wariantów ze względu na te decyzje/kryteria z osobna, a te zaś mogą (w sensie porządkowym, bo mamy klasyfikacje) się nie dominować. Więc w kontekście jednoznacznej (wielokryterialnej/wielodecyzyjnej) oceny wariantów, decydent dalej może pozostawać bezradny. Czy zatem wyniki oceny w ramach poszczególnych decyzji mogłyby uczestniczyć w jakimś procesie agregacji wyższego poziomu celem formułowaniu ostatecznej decyzji co do oceny/klasyfikacji takich wariantów (w tym przypadku, ogólnego ryzyka związanego z koniecznością stosowania różnych środków zaradczych w produkcji nanomateriałów)? Po drugie, czy rzeczywiście ten konkretny problem wymaga prowadzenia symultanicznej analizy modeli dla osobnych kryteriów decyzyjnych? Taka koncepcja analityczna wprowadza dodatkowe założenie mówiące o pewnej zależności ocen w ramach poszczególnych decyzji. Ale czy akurat w rozpatrywanym przypadku oceny nanotechnologii pod kątem konieczności wprowadzenia różnych typów zabezpieczeń ochrony zdrowia takie założenie jest zasadne? Przecież fakt, że jakiś schemat produkcji wymaga mniejszej lub większej konieczności użycia filtru HEPA nie powinien być zależny od samego faktu, że istnieje alternatywna możliwość zabezpieczenia zdrowia pracowników, np. za pomocą komina odciągowego. Po prostu potrzeba stosowania filtrów HEPA w danym procesie produkcyjnym jest lub jej nie ma. A jeśli jednak taka zależność występuje, to stwarza ona trudne zadanie koncepcyjne dla analityka, bo oznacza, że badając ten problem trzeba przygotować listę kompletnych perspektyw oceny, gdyż dodanie nowej (o której zapomniano) lub ujęcie którejś (uznanej później np. za mało praktyczną) może spowodować różnice w klasyfikacjach. Ciekawym byłoby przeanalizowanie tego problemu decyzyjnego porównawczo z wykorzystaniem, przykładowo, podejścia bazującego na serii pojedynczych modeli sortowania i zobaczeniu jak wówczas wyglądałaby klasyfikacja. A może taką analizę porównawczą Doktorant przeprowadził i zna skalę różnic w wynikach? Jaka jest ogólnie wartość dodana tej symultanicznej analizy wielu przypadków „jedno-kryterialnej” oceny?

Propozycje ostatnich dwóch prac ([P4] i [P5]) dotyczące autorskich konstrukcji indeksów siły i słabości wariantów decyzyjnych skłaniają z kolei do refleksji nad implementacją konkretnej instancji, z tych kilku alternatywnych zaproponowanych przez Doktoranta, w analizie konkretnego problemu decyzyjnego. Ze względu na różną filozofię deklarowania wag (ω^+/ω^-) w formułach wyznaczających słabość/siłę wynikającą z grafu uporządkowania (ScoreBin) lub zagregowaną relację preferencji (PrefRank) – S^+ i S^- – i naturalnych różnic dotyczących uporządkowania (rankingu wariantów), jakie mogą pojawić się przy ich stosowaniu (por. wyniki str. 12 pracy [P5] dla studyjnego przykładu numerycznego), powstaje pytanie o to, którą z tych koncepcji zaproponować, w jakiej sytuacji decyzyjnej i dlaczego.

Wszystkie przedstawione przez mnie powyżej uwagi mają charakter wyłącznie przyczynkowy. W żaden sposób nie kwestionują skali i jakości dorobku Doktoranta, o których pisałem w części 2 recenzji. Czuję się jednak usatysfakcjonowany, gdyby zechciał On ustosunkować się do tych, przynajmniej, które uzna za najbardziej ważne, podczas publicznej obrony.

4. Wiedza kandydata

Współautorami pierwszych dwóch opracowań ([P1] i [P2]), przedstawionych w ramach pracy doktorskiej, są naukowcy zaliczający się do czołówki badaczy aktywnie współtworzących dyscyplinę MCDA, wliczając w to Promotora pracy. To zespół ludzi bardzo życzliwych, nietolerujących jednak merytorycznej indolencji. Fakt, iż Doktorant był w stanie efektywnie pracować w takim zespole, a jego udział merytoryczny dotyczył rozwoju koncepcji nowych rozwiązań metodologicznych, świadczy sam w sobie o dobrym osadzeniu w nurcie współczesnych badań operacyjnych ze szczególnym uwzględnieniem teorii decyzji wielokryterialnych i informatyki.

Sama treść opublikowanych i złożonych do recenzji prac potwierdza rozległą znajomość tej problematyki przez Doktoranta. W sekcjach wprowadzających do artykułów jest on w stanie przekonywująco przedstawić kontekst badawczy oraz motywację do przedstawiania autorskich rozwiązań usprawniających procesy odkrywania preferencji wynikające z dogłębnego rozpoznania literatury przedmiotu (zgromadzona na potrzeby wszystkich prac P1 – P5 literatura zawiera zarówno kluczowe publikacje metodologiczne o charakterze kamieni milowych dla dyscypliny, jak i prace pokazujące aktualne rozwiązania metodologiczne, stanowiące rozwiązania referencyjne dla autorskich propozycji Doktoranta). Przykładem może być tutaj świadomość Doktoranta dotycząca istniejących alternatywnych rozwiązań pozwalających na modelowanie problemów wielo-decyzyjnych oraz związanych z nimi ograniczeniami, takich jak: single sorting model z wieloma klasyfikacjami, czy też rozwiązanie wprowadzające nieprecyzyjność oceny wynikającą z jednoczesnego rozstrzygnięcia wielu rankingów generowanych dla tych samych wariantów (por. str. 2, [P2]), które są podstawą do zaproponowania autorskiego podejścia symultanicznej analizy wielu modeli klasyfikacyjnych uwzględniających powiązania między wariantami i ich klasyfikacją wewnątrz i pomiędzy modelami.

Dodatkowo, trzeba mieć świadomość, iż proponowane autorskie rozwiązania techniczne dotyczą niekiedy skomplikowanych niuansów związanych z procesem modelowania preferencji. Jest tak na przykład w przypadku konstruowania modelu zdolnego reprezentować niemonotoniczne preferencje marginalne (w [P1]) lub budowy autorskich i bardziej dokładnych indeksów pomiaru siły i słabości wariantów decyzyjnych w ramach metody PrefRank i ScoreBin (w [P4] i [P5]). Koncepcje te dodatkowo nie są pewnymi rozwiązaniami sztucznymi i wyłącznie teoretycznymi, wypracowanymi w procesie wymuszonego pracą promocyjną poszukiwania autorskich rozwiązań metodologicznych. Mają one solidne podstawy w pewnych procesach oceny właściwych innym problemom decyzyjnym. W przypadku rozwoju metod PrefRank i ScoreBin, potrzebna była akurat Doktorantowi wiedza o sposobach analizy i oceny stron internetowych (np. PageRank). Doktorant zna i umie się posłużyć nowoczesnymi technikami informatycznymi do realizacji zadań technicznych związanych z analizowaną problematyką. Z powodzeniem wykorzystuje mechanizm sztucznych sieci neuronowych do elicytacji parametrów wielu różnych typów modeli preferencji. Nie jest, w mojej ocenie, poznawczo możliwe, aby proponować takie rozwiązania bez gruntownej wiedzy o podstawach teoretycznych modelowania decyzji i informatyce oraz o obowiązujących w tym zakresie standardach i kanonach.

Ponadto, Doktorant w pracy swobodnie posługuje się koncepcjami analitycznymi bezpośrednio niezwiązanymi z teorią decyzji i informatyką, a wymaganymi np. na etapie analizy jakości lub wrażliwości uzyskanych wyników. Świadczy to o jego gruntownej wiedzy nie tylko w samej dyscyplinie, ale także i innych dyscyplinach ościennych będących na jej usługach w różnych kontekstach analitycznych. Znane są doktorantowi chociażby koncepcje pomiaru podobieństw rankingów, nie tylko te wypracowane na potrzeby porównania różnych metod MCDA, ale również płynące wprost ze statystycznej analizy wielowymiarowej (chociażby proste rozwiązania bazujące na korelacji rank Kendalla). Zna też narzędzia niezbędne do kompleksowej analizy rzetelności proponowanych rozwiązań (jak symulacja Monte Carlo wykorzystywana w analizie wrażliwości rozwiązań proponowanych dla różnych parametrów α i β dla podejścia ScoreBin).

5. Inne uwagi¹

Po lekturze pracy muszę podzielić się dodatkowo pewną uwagą krytyczną dotyczącą samej jej konstrukcji (a wspomnianą przy okazji wprowadzenia w części 2 recenzji). Wydaje się, że niepotrzebne jest w niej tak rozległe (75-cio stronicowe) opracowanie pisemne, które ma wyłącznie charakter podsumowujący treści opublikowanych lub złożonych do publikacji artykułów. Jednocześnie nierzadko wprowadza ono koncepcje na takim poziomie ogólności, iż ich zrozumienie wymaga przerwania jego lektury i doczytania niewyjaśnionych wątków i niuansów w tychże artykułach. Nie stanowi więc w samodzielnej (*stand-alone*) i kompletnego opracowania. Bez szkody dla pracy (a z pewnością z dużą korzyścią dla komfortu czytelnika) byłoby zastąpienie go krótkim, kilkunastostronicowym streszczeniem mającym jedynie charakter rozbudowanego spisu treści zagadnień poruszanych w doktoracie stanowiącego mapę drogową dla czytelnika jak czytać załączone artykuły i pokazującym ich wspólny mianownik.

6. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę opinie zaprezentowane w poprzednich punktach i wymagania zdefiniowane przez art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (z późniejszymi zmianami)² moja ocena rozprawy pod względem trzech podstawowych kryteriów jest następująca:

A. Czy rozprawa zawiera oryginalne rozwiązanie problemu naukowego? (wybierz jedną opcję stawiając znak X)

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zdecydowanie TAK	Raczej TAK	Trudno powiedzieć	Raczej NIE	Zdecydowanie NIE

B. Czy po przeczytaniu rozprawy zgadzasz się, że kandydat posiada ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie Informatyka techniczna i telekomunikacja?

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zdecydowanie TAK	Raczej TAK	Trudno powiedzieć	Raczej NIE	Zdecydowanie NIE

C. Czy kandydat posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej?

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zdecydowanie TAK	Raczej TAK	Trudno powiedzieć	Raczej NIE	Zdecydowanie NIE

Ponadto, biorąc pod uwagę spostrzeżenia dotyczące zakresu metodologicznego zrealizowanej w ramach doktoratu pracy, oryginalność autorskich rozwiązań i ich wysoki poziom merytoryczny potwierdzony publikacjami w czasopiśmie zaliczającym się do najbardziej prestiżowych dla rozwoju teorii decyzji rekomenduję wyróżnienie rozprawy doktorskiej.


Podpis

¹ Opcjonalnie

² <http://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20190000276>