

Katowice, 18 listopada 2019 roku

Dr hab. Tomasz Wachowicz, prof. UE  
Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach  
Katedra Badań Operacyjnych  
ul. 1 Maja 50  
40-281 Katowice  
tel. 32 257 74 74  
email: [tomasz.wachowicz@uekat.pl](mailto:tomasz.wachowicz@uekat.pl)

**Recenzja rozprawy doktorskiej**  
mgra inż. Krzysztofa Ciomka  
**zatytułowanej:**

„Nowe metody dezagregacji preferencji i analizy post factum z wykorzystaniem modelu wiedzy w postaci addytywnej funkcji wartości”

**1. Problem badawczy i jego znaczenie**

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska koncentruje się na bardzo istotnym z pragmatycznego punktu widzenia, a jednocześnie ciekawym i nietrywialnym dla teorii decyzji i badań operacyjnych, problemie wspomagania decyzji wielokryterialnych. Decyzje wielokryterialne cechuje pewna niezależność kontekstowa, tj. można się z nimi spotkać w wielu sytuacjach i na różnym poziomie życia społecznego i ekonomicznego (od poziomu makro – w decyzjach państw i rządów, przez poziom korporacyjny, na problemach rodzinnych – tj. prywatnych gospodarstw domowych i ich członków – skończywszy). Przykładowo, rządy lub korporacje negocjują umowę handlową, jednostka finansująca ocenia wnioski o dotacje, przedsiębiorstwo rozważa zakup systemu informatycznego zarządzania, rodzina musi podjąć decyzję o wyborze nowego miejsca zamieszkania. Bez względu na kontekst i ciężar gatunkowy tych decyzji, wspólną ich cechą jest stosunkowo skomplikowana natura, obejmująca (1) wielość wariantów decyzyjnych, które pozwalają w różny sposób rozwiązać problem przed którym stanął decydent i (2) wielość kryteriów oceny, które decydent musi wziąć pod uwagę, aby rozstrzygnąć o jakości tych wariantów, tj. o stopniu, w jakim realizują one postawione przez niego na etapie definiowania problemu cele. Dodatkowo, w niektórych sytuacjach decyzję podejmować może grupa osób, a to rodzi dodatkowe problemy związane z koniecznością pogodzenia nierzadko konfliktowych interesów wszystkich zainteresowanych stron. Jak więc widać, problemy wielokryterialne stawiają przed decydentami stosunkowo wysokie wymagania poznawcze. Rozwiązanie problemu wielokryterialnego wymaga bowiem od nich zoperacjonalizowania informacji o własnych preferencjach i skutecznego posłużenia się nią w procesie analizy różnych poziomów realizacji

różnych kryteriów zapewnianych przez poszczególne warianty celem wypracowania wniosków dotyczących ich ogólnej oceny (użyteczności, jakości itp.).

Niestety, już bardzo wczesne prace teoretyków decyzji, psychologów i ekonomistów (z których wypada wspomnieć m.in. Herberta Simona, Daniela Kahnemana, Amosa Tversky'ego, Keitha Stanovicha, czy Richarda Thaler), wskazują na właściwą naturze ludzkiej tendencję do wybiórczego posługiwania się dostępną informacją i jej szybkiego przetwarzania w oparciu o skojarzenia, intuicję i doświadczenie (tzw. myślenie szybkie), która często prowadzi do poznawczego zakotwiczenia i wykorzystywania do rozwiązywania problemów decyzyjnych różnych heurystyk. To w konsekwencji prowadzić może do licznych błędów i pomyłek. Stąd też teoria decyzji wypracowała szereg podejść teoretycznych związanych z modelowaniem preferencji i wspomaganie decyzji wielokryterialnych, które mają na celu ograniczyć możliwe błędy myślenia szybkiego, stymulując decydenta do podjęcia pracy analitycznej (przejścia w tzw. stan myślenia wolnego). Niestety, w różnym stopniu adresują one problem wymagań poznawczych, często przyjmując domyślnie założenie o pewnej wiedzy formalnej decydenta, jego inteligencji numerycznej i umiejętności posługiwania się aparatem ilościowym. Tymczasem skuteczne wspomaganie decyzji wielokryterialnych wymagałoby rzetelnego i w miarę precyzyjnego rozpoznania preferencji przy zachowaniu pewnej prostoty samego procesu ich elicytacji.

W związku z powyższym Doktorant stawia sobie w pracy nietrywialny cel naukowy (choć nie jest definiowany *explicite* we wstępie, można wywieść go z opisu zadań zrealizowanych w ramach dysertacji – strona 2, ostatni akapit wstępu). Jest nim opracowanie spójnego, kompleksowego mechanizmu analizy preferencji decydenta (funkcjonującego w oparciu o model addytywny), uwzględniającego pewne ograniczone możliwości poznawcze tego ostatniego, oraz „potrzeby informacyjne” modelu preferencji. Mechanizm ten ma sformalizować w sposób rzetelny (stabilny, odporny, minimalizujący błędy) wyrażoną jakościowo informację preferencyjną i na jej podstawie rekomendować ostateczne rozwiązanie problemu, np. ranking wszystkich rozpatrywanych wariantów, ich przypisanie do klas (w problemie sortowania) lub wybór tego najkorzystniejszego. Funkcjonować ma on w oparciu o strategię pytań, dobranych celowo. Dodatkowo, przekazywanie informacji preferencyjnej odbywać się ma na poziomie holistycznym, tj. za pomocą przedstawionych przez decydenta ogólnych przykładów porównań lub klasyfikacji wybranych wariantów decyzyjnych. W teorii decyzji przyjmuje się, iż taki holistyczny proces deklaracji preferencji ma dużo mniejsze wymagania poznawcze niż rating bezpośredni. Budowany mechanizm ma również proponować post-decyzyjną analizę konsekwencji zadeklarowanych przez decydenta preferencji wobec możliwych zmian postaci analizowanych wariantów decyzyjnych i ich wpływu na ostateczną rekomendację (decyzję).

Oceniając dysertację na poziomie deklarowanych celów i koncepcyjnych zamierzeń trzeba przyznać, iż stanowi ona ambitne wyzwanie naukowo-badawcze, a jej skuteczna realizacja związana z wprowadzeniem nowych rozwiązań w zakresie sposobu pozyskiwania informacji preferencyjnej oraz analizy wrażliwości uzyskanych rekomendacji decyzyjnych o potwierdzonej skuteczności stanowiłaby istotny wkład w rozwój teorii decyzji zorientowanej na potrzeby poznawcze decydenta, tj. zarówno dla „twardych”, jak i „behawioralnych” badań operacyjnych.

Praca ma zatem charakter naukowy oraz implikacje praktyczne. Jej związek z metodologią badań operacyjnych sprawia, iż lokuje się jednocześnie na styku przynajmniej trzech dyscyplin naukowych: zarządzania, informatyki i ekonomii.

## 2. Wkład autora

Doktorant, korzystając z zapisów Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym z dnia 14 marca 2003 r. (z późniejszymi zmianami), art. 13, ust. 2, przedstawił rozprawę doktorską w postaci spójnego tematycznie zbioru siedmiu artykułów naukowych, sześciu opublikowanych i jednego w procesie recenzji, oparząc je dodatkowo 25-cio stronicowym wprowadzeniem w języku angielskim oraz streszczeniem w języku polskim. Już na wstępie trzeba zauważyć, iż wszystkie artykuły są w języku angielskim i opublikowane zostały w czasopiśmie rejestrowanych w *Journal Citation Reports*, uznanych za kluczowe dla dyscypliny. Wszystkie jednak są pracami współautorskimi.

Przywołana ustawa (art. 13., par. 4) pozwala aby za rozprawę doktorską uznać samodzielną i wyodrębnioną część pracy zbiorowej, jeśli wykazuje ona odpowiedni indywidualny wkład własny kandydata. Wkład ten dotyczyć powinien opracowania teoretycznych koncepcji, realizacji części eksperymentalnej jak również i opracowywania ich wyników i formułowania konkluzji. Ustawa nie precyzuje jednak sposobu wyodrębnienia części autorskiej pracy zbiorowej, ale rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 30 stycznia 2018 roku (par. 5, ust. 2) nakłada na doktoranta obowiązek przekazania promotorowi oświadczeń wszystkich współautorów prac zbiorowych, dotyczących ich wkładu w powstanie tychże prac. Podobnie jednak jak w przypadku ustawy, przedmiotowe rozporządzenie nie określa formalnego sposobu definiowania wkładu indywidualnego współautorów i doktoranta. Tym samym obowiązujące przepisy (ww. rozporządzenie, par. 6, ust. 5) delegują rozstrzygnięcie o samodzielności osiągnięć i wkładzie indywidualnym na recenzenta, odwołując się do jego eksperckiej wiedzy o dyscyplinie (w szczególności historii myśli tej dyscypliny) oraz subiektywnej interpretacji oświadczeń, szczególnie gdy te ostatnie (jeśli w ogóle załączone do pracy) niezbyt precyzyjnie taki wkład deklarują (np. wyłącznie jakościowo).

Doktorant dołączył do pracy oświadczenia współautorów wszystkich artykułów (z wyjątkiem Promotora rozprawy), w których wkład ten jest różnie określony. Współautorzy polscy, zapewne świadomi problemów w rozstrzyganiu ww. kwestii, precyzyjnie (procentowo i opisowo) zadeklarowali swój udział w poszczególnych pracach. Uznać go trzeba za mniejszościowy, mający często charakter pomocniczy, konsultacyjny lub też obliczeniowy. W przypadku współautorów zagranicznych deklaracje mają charakter wyłącznie jakościowy. Większość z nich jednak definiuje swój główny udział w zakresie przygotowania i organizacji studiów przypadków oraz procesu interakcji z decydentami w pracach implementacyjnych. Dwoje wskazuje swój częściowy wkład w powstanie niektórych koncepcji teoretycznych. Największym kłopotem jest brak deklaracji Promotora dotyczących jego udziału w opublikowanych wspólnie z Doktorantem pracach, co otwiera pole do domysłów i subiektywnych rozstrzygnięć. Sam, jako opiekun naukowy pracy doktorskiej mam świadomość pewnej niejednoznaczności

i niezręczności rozstrzygnięcia skali wkładu pracy między promotorem a doktorantem. Wiadomo bowiem, iż osiągnięcia własne doktoranta, nawet jeśli przedstawiane są w postaci odrębnego maszynopisu, zawsze są wynikiem jego współpracy z promotorem i w mniejszym lub większym stopniu są także udziałem tego drugiego. Szczęśliwie, we wprowadzeniu, w sekcji *Summary (Chapter 4, str. 25-26)*, Autor dokonuje swego rodzaju samooceny własnego dorobku deklarując z nazwy koncepcje i opracowania, które są jego wyłącznym udziałem. Dodając do tego fakt, iż procedowanie rozprawy przez Wydział Informatyki Politechniki Poznańskiej wymagało wcześniejszej akceptacji opisanego w dokumentacji wkładu przez Promotora, deklaracje te trzeba uznać za wiążące. Lektura pracy, załączonych artykułów i oświadczeń pozwala mi zatem stwierdzić, iż w postaniu przedstawionych tam koncepcji Doktorant miał istotny współudział, a wkład własny, który do powstania tych koncepcji musiał wnieść, ma sporą wartość naukową.

Pierwszym elementem wyróżniającym dorobek Autora jest zaproponowana w pracy P1 idea deklarowania preferencji za pomocą referencyjnej oceny par wariantów, wyrażonej w stosunku do przyjętego systemu ich klasyfikacji. Rozwiązanie to proponowane jest dla procedury wspomaganego problemu sortowania. Idea zintegrowana zostaje w pracy z innymi, znanymi z wcześniejszych opracowań, sposobami deklarowania informacji preferencyjnej w postaci ogólnego schematu analitycznego nazwanego ROR-UTADIS. Całość trzeba uznać za ciekawy pomysł wzbogacający arsenal metod, którymi dysponuje współczesna teoria wielokryterialnego wspomaganego decyzji, choć można tu wnieść pewne uwagi dotyczące wymagań wobec umiejętności poznawczych decydentów mających posługiwać się pewnymi typami deklaracji preferencji (por. uwagi w sekcji 4).

Głównym jednak i w mojej opinii zasługującym na szczególne wyróżnienie osiągnięciem przedstawionym w dysertacji jest opracowanie dwóch uzupełniających się koncepcji wspomagających kompleksowo proces elicytacji preferencji decydenta oraz analizę jego skutków. Pierwsza, to projekt procesu interaktywnego pozyskiwania informacji preferencyjnej od decydenta w problemie budowy wielokryterialnego rankingu wariantów decyzyjnych (P3), w problemie wyboru (P4) oraz w problemie sortowania (P7). W projekcie tym główną rolę odgrywa pewien mechanizm heurystycznego doboru pytań kierowanych do decydenta, opracowany tak aby ograniczyć z nim niepotrzebną interakcję. W konsekwencji planowany jest schemat pytań dających największe szanse na pozyskanie istotnej informacji preferencyjnej rozszerzającej tę aktualnie posiadaną i prowadzący do szybkiego uzyskania stabilnego i rzetelnego rankingu. Jest to problem nietrywialny, gdyż to jedynie konkretna odpowiedź decydenta na zadane pytanie tworzyć może wartość dodaną z punktu widzenia formalizowanego właśnie systemu preferencji, inna z kolei – nie. Odpowiedzi te zaś są niepewne. Stąd Doktorant rozwija schemat oceny wpływu tych pytań na odporność uzyskanego systemu preferencji, wiążąc go z takimi koncepcjami, jak zachowanie wymaganej relacji preferencji przez oceniane warianty, kontrolowanie ich skrajnych rang i poziomów gwarantujących poszczególne ich pozycje w rankingu oraz wskaźniki preferencji w parach. Dodatkowo zakłada pewne scenariusze odpowiedzi decydenta na stawiane przed nim pytania, tj. (1) że różne odpowiedzi będą równie prawdopodobne, (2) że będzie on udzielał odpowiedzi zawsze mniej korzystnych z punktu widzenia wartości informacyjnej dla modelu preferencji lub (3) że szanse na odpowiedzi korzystne będą równe frakcji

funkcji wartości wspierających tę tezę w modelu wyestymowanym w oparciu o wcześniej przekazaną informację preferencyjną. Ostatecznie, dopasowuje do tych scenariuszy również miary jakości zaoferowanego procesu interaktywnego pozyskiwania informacji preferencyjnej. Wyniki spektakularnie różnią się od podejścia losowego, choć nie ma jednoznacznej rekomendacji, w jakim kontekście decyzyjnym którą należałoby użyć.

Kompletność osiągnięć Doktoranta w zakresie problematyki skutecznego odkrywania preferencji potwierdzona zostaje w pracach P4 i P7, gdzie dopasowuje On mechanizmy zaprezentowane w pracy P3 do problemów wyboru oraz sortowania. Przeprojektowane zostają miary oceny rzetelności uzyskanej klasyfikacji, wykorzystując alternatywne optyki jej postrzegania, tj. tę bazującą na koncepcji odporności i tą wynikającą ze statystycznej oceny pewności/niepewności uzyskanej klasyfikacji. Również i w tych przypadkach potwierdzona zostaje przewaga większości zaproponowanych rozwiązań nad losowym doбором pytań, a także nad innymi heurystykami referencyjnymi, np. dla odwołującej się do analizy częstości zachodzenia relacji dominacji.

Zaprezentowana w tych trzech pracach koncepcja wsparcia decydenta jest przykładem bardzo zaawansowanego i odpowiedzialnego myślenia Doktoranta o skutkach przyjęcia wybranego protokołu analizy preferencji na uzyskane wyniki i rekomendacje. Stanowi ona istotne osiągnięcie i ważny wkład w rozwój metodologii wielokryterialnego wspomaganie decyzji. W mojej opinii już ona sama spełnia, i to na bardzo wysokim poziomie, wymagania stawiane aplikacjom doktorskim. Doktorantowi wypada jedynie pogratulować zarówno pomysłu, jak również zaawansowanego metodologicznie sposobu jego realizacji, uzupełnionego przekonującym, a jednocześnie łatwym w odbiorze dla czytelnika wywodem.

Tymczasem, jak wspomniałem wcześniej, w dysertacji da się wyróżnić jeszcze jeden element stanowiący istotny wkład naukowy. Jest nim zaprezentowana w artykule P2 (oraz zmodyfikowana i zastosowana w praktyce w pracy P6) idea badania wrażliwości uzyskanych w problemie rankingu rekomendacji decyzyjnych w zależności od potencjalnych zmian w poziomach realizacji poszczególnych wariantów lub ich oceny globalnej (nazwana analizą post factum). Jest to podejście inne od wcześniej prezentowanego, które – choć też zmierzało do ustalenia odpornego systemu rekomendacji – to koncentrowało się na możliwej do pozyskania od decydenta informacji preferencyjnej i konieczności jej ewentualnego uszczegóławiania. Tutaj, zakładając kompletność uzyskanych informacji i zakończenie procesu elicytacji preferencji w interakcji z decydem, Autor zadaje kolejne pytanie, na ile tak zdefiniowany system oceny będzie stabilny w przypadku, gdyby – w wyniku działania czynników zewnętrznych lub nieprecyzyjności procesu wcześniejszej strukturyzacji i definiowania problemu decyzyjnego – pewne konsekwencje wariantów uległy zmianie. Alternatywnie, jak należałoby zmienić te konsekwencje, aby w istniejącym systemie preferencji zmienić (poprawić) pozycję danego wariantu lub też o ile może ona zostać pogorszona, by wariant zachował swą dotychczasową pozycję w rankingu (choć pogorszył ocenę globalną). Są to rozważania ważne i obecne w przypadku wielu problemów decyzyjnych o różnym kontekście, pozwalają bowiem decydem kreatywnie rozważyć podjęcie pewnych działań naprawczych czy uzupełniających wobec ważnych dla nich wariantów, albo relaksację stawianych im dotychczas wymagań. Przykładowo, analiza taka zapewne prowadzona będzie wkrótce w procesie oceny parametrycznej jednostek

naukowych. Proces ten zainicjuje zainteresowanie poszczególnych władz rektorskich pozycją kierowanych przez nich ośrodków w rankingu globalnym uczelni wyższych oraz potencjalnie możliwą zmianą tej pozycji poprzez poprawę niektórych parametrów (osiągnięć naukowych, patentowych, wdrożeniowych itp.). Jednocześnie obecne będzie pytanie o dystans dzielący uczelnię od pozostałych konkurentów w rankingu i bufor bezpieczeństwa, jakie w poszczególnych kryteriach stanowią dopuszczalną przestrzeń ewentualnego pogorszenia uzyskiwanych tam wyników. Te i podobne pytania są właśnie elementem zdefiniowanego przez Doktoranta procesu analizy post factum na zbiorze wyników pewnej kategoryzacji wariantów decyzyjnych.

Dodatkowo wkład Autora rozszerza się na pewne pola implementacji zaproponowanego podejścia do wspomaganie analizy rzeczywistych problemów decyzyjnych i w obecności rzeczywistych decydentów – w dwóch kolejnych pracach: P5 i P6.

W pracy P5 pokazano sposób wykorzystania algorytmu wsparcia procesu pozyskiwania informacji preferencyjnej, do oceny protokołów syntezy nanocząstek spełniających wymagania zielonych certyfikatów. Jednocześnie rozszerzono to podejście o dodatkowe mechanizmy (zapożyczone z wcześniejszych opracowań) wynikające, np. z niespójnej definicji preferencji i konieczności jej uwzględnienia w silniku obliczeniowym. Różne systemy oceny uzyskane przy różnych próbach eliminacji tych niespójności są w konsekwencji uśredniane, co metodologicznie nie jest niczym niepoprawnym, choć stoi w pewnej kolizji z główną ideą Autora, stanowiącą motor sprawczy jego działania naukowego, aby modeli nie uśredniać tylko szukać ich odpornych i statystycznie zweryfikowanych reprezentacji ogólnych. Oceniając wyniki w kontekście sukcesu implementacyjnego trzeba stwierdzić, iż mimo istotnych różnic na poziomie rozpoznanych marginalnych funkcji oceny, oceny globalne porównywanych wariantów dla różnych modeli  $CEA_k$  wykazują wysoką korelację (podobnie jak i wysoką korelacją rang cechują się uzyskane porządki wariantów decyzyjnych). Dodatkowo uzyskane wyniki zostają w tym przypadku wzmocnione opisem szczegółowym reguł decyzyjnych, co zwiększa wartość informacyjną przeprowadzonej analizy dla decydentów.

Na zakończenie, koncepcję analizy post factum zaprezentowaną w P2 Autor wdraża w praktycznym problemie decyzyjnym (P6) polegającym na opracowaniu planu zagospodarowania nieużywanej linii kolejowej Pinerolo – Torre Pellice w północnych Włoszech. W tej pracy pojawiają się po raz pierwszy również rozważania na temat potencjalnych różnic w preferencji wielu decydentów (ekspertów) biorących udział w procesie decyzyjnym. W przeciwieństwie do P2, Doktorant dodatkowo rozwija tu podejście analizy post factum bazujące na możliwościach zmian poziomów realizacji wariantów dla poszczególnych kryteriów z osobna, rozszerzając w konsekwencji wyjściowy pomysł (zakorzeniony w idei DEA). Takie rozwiązanie pozwala z kolei używać analizy post factum do kreatywnego rozważania jednoczesnego wpływu potencjalnych zmian in plus, jak i in minus (analiza *trade-off*), na zmiany pozycjonowania wariantów w utworzonym wcześniej rankingu. Trzeba zwrócić uwagę, iż tak rozumiana analiza post factum jest cennym narzędziem zwiększającym świadomość decydenta o samym problemie, ale także konsekwencjach przyjętych przez niego wcześniej założeń co do zadeklarowanych preferencji (wyrażonych nawet w prostszy sposób w postaci ratingu bezpośredniego – jak to przecież pokazano w pracy P6). Zatem rozszerza zakres implementacji metody nie tylko do

problemów uwzględniających holistyczne deklarowanie preferencji, ale również i bezpośrednio. W rzeczywistości wpływa ono na możliwość redefiniowania problemu decyzyjnego i jego dogłębne poznanie. Przecież analizowane wartości poprawy (*improvements*) oraz pogorszenia (*deterioration*) poziomów realizacji, szczególnie rozpatrywane wielokryterialnie, mówią o tym, jakie nowe warianty decyzyjne mogłyby się pojawić, aby stanowić atrakcyjną alternatywę dla tych już istniejących. O ile w niektórych przypadkach decyzyjnych takie podejście może być nieco abstrakcyjne (szczególnie gdy parametry oceny są nienaruszalne, opisują cechy niezmiennie wariantów – jak w niektórych przypadkach w P6) o tyle w innych, jest to jak najbardziej uzasadnione. Przykładowo, w bliskich recenzentowi problemach negocjacyjnych, gdzie przedmiotem oceny są różne postaci kontraktu (np. handlowego) lub wariantów realizacji zlecenia zależne od decydentów. Tam z natury rzeczy ogranicza się liczbę wariantów do tych istotnych (*salient contracts*), żeby ułatwić ich analizę i przygotowanie systemów oceny. Analiza post factum daje tutaj możliwość poszukiwania kreatywnych wariantów wspólnych korzyści na etapie negocjacji właściwych i post-negocjacyjnym (podczas analizy efektywności używanego rozwiązania).

Reasumując, przedstawiony wkład Autora zarówno pod względem ilościowym (jego faktycznego wolumenu), jak i jakościowym (jego wartości naukowej – w szczególności w aspekcie metodologicznym) oceniam jako ponadprzeciętny. Pomysły Doktoranta tworzą spójną całość – kompleksowy protokół wsparcia decydenta w procesie holistycznego odkrywania preferencji w problemach o różnej naturze (wyboru, sortowania lub budowy rankingu), która wnosi dodatkowy wkład w rozwój teorii dyscypliny. Dodatkowo oferuje praktykom gotowy mechanizm analityczny pozwalający skutecznie przeanalizować problem wcześniej ustrukturyzowany aż po etap post-decyzyjny, tj. analizy post factum dającej rekomendacje do ewentualnych działań decydenta wobec problemu i wariantów decyzyjnych na przyszłość.

### 3. Poprawność

Nie mam większych uwag dotyczących różnych koncepcji teoretycznych i implementacyjnych przedstawionych w dysertacji. Przeszły one zresztą weryfikację w ramach założeń publikacyjnych czasopism, w których koncepcje te opublikowano, czasopisma te zaś prowadzą bardzo restrykcyjną politykę weryfikacyjną oryginalności i poprawności zgłaszanych do nich prac. Szczegółowa lektura pracy rodzi jednak w sposób naturalny pewne komentarze i pytania dotyczące szczegółów przyjętych założeń lub rekomendowanych przez Doktoranta rozwiązań.

Realizując przyjęty cel, Doktorant koncentruje się na wybranym modelu preferencji decydenta – modelu addytywnym, który zakłada pełną kompensację ocen oraz niezależność preferencyjną kryteriów. Nie są to założenia nierealne, w rzeczywistości w wielu sytuacjach taki model jest wystarczający, jest on poza tym conceptualnie prosty, stąd łatwo decydentowi zrozumieć mechanikę i konsekwencje jego działania. Sam Autor zarówno w streszczeniu pracy jak i samych artykułach podaje liczne przykłady skutecznej implementacji takiego modelu w analizie rzeczywistych problemów decyzyjnych.

Konsekwentnie też, pozytywnie należy ocenić podejście Doktoranta do sposobu generowania systemu oceny decydenta na podstawie jego częściowych, holistycznych deklaracji. Trzeba



pamiętać, że w zależności od ilości i jakości pozyskanej informacji preferencyjnej, istnieć może przecież nieskończenie wiele zbiorów marginalnych funkcji oceny kompatybilnych z holistycznymi deklaracjami decydenta. Pojawia się zatem problem, który z nich wybrać jako rzetelnie reprezentujący preferencje decydenta, oraz czy w ogóle koncentrować się na jakimś zbiorze wybranym (lub uogólnieniu pozyskanej w ten sposób informacji, na przykład do postaci średnich ocen tworzących ostateczny system preferencji) czy raczej próbować udzielać decydentowi rekomendacji co do wyboru, rankingu lub klasyfikacji wykorzystując całość informacji o wszystkich tych zbiorach. To drugie podejście jest nieco bardziej wymagające analitycznie, ale mniej arbitralne, rezygnuje bowiem z nakładania na wyniki dodatkowych ograniczeń niezadeklarowanych *explicite* przez decydenta. Doktorant postanawia się więc skupić na tym drugim podejściu, działając w oparciu o założenia odpornej regresji liniowej (*robust ordinal regression*) i pewne koncepcje wynikające z analizy stochastycznej (*stochastic multicriteria acceptability analysis*). Jest to podejście usankcjonowane w literaturze i z pewnością pozwala zdecydowanie bardziej dokładnie rozpoznać wewnętrzną strukturę preferencji decydenta.

Chcąc realizować postulat redukcji wymagań poznawczych Doktorant przyjmuje, iż preferencje deklarowane są przez decydenta w sposób holistyczny, tj. wobec wybranych przykładów pełnych wariantów decyzyjnych (pakietów kompletnych). Bazując na paradygmacie dezagregacji preferencji, na podstawie takich holistycznych deklaracji wywodzić będzie pełny system preferencji decydenta, tj. marginalne funkcje oceny różnych poziomów realizacji zdefiniowanych dla wszystkich kryteriów oceny w problemie. Jest to podejście usankcjonowane w teorii decyzji, odwołujące się do pierwotnej koncepcji UTA Erica Jacquet-Lagrece'a i Yannisa Siskosa, o licznych implementacjach.

Tutaj pojawia się jednak pierwsza uwaga, związana z rzeczywistymi zdolnościami poznawczymi decydentów do obsługi zaprojektowanych mechanizmów holistycznej elicytacji preferencji. O ile rzeczywiście motywacją do opracowania w pracy P1 koncepcji porównywania parami wariantów w referencji do klas (*assignment-based pairwise comparisons of alternatives*) były pewne potrzeby decydenta do wyrażania preferencji w sposób „intuicyjny” (w języku naturalnym, w koncepcjach opisowych i referencjach do pewnych przykładów), o tyle niektóre propozycje Autora w tym zakresie wydają się poznawczo wymagające i nie najprostsze. Trudno uznać bowiem za intuicyjną definicję, iż np. „[...] porównywany wariant *a* dzieli od wariantu *b* dwie klasy (jakości – rec.) [...]” (por. praca P1). Wydaje się, iż świadomy decydent byłby w stanie mówić o różnicy klasy jakości między wariantami (rozumienie potoczne), ale odnoszenie się do liczby klas – często dość abstrakcyjnie definiowanych, już takie proste nie jest. Podobne uwagi można mieć do dalszych założeń dotyczących sposobu wyrażania preferencji – np. oczekiwania, iż decydent na tyle rozumie znaczenie przyjętej skali oceny, że jest w stanie precyzyjnie powiedzieć, iż „różnica wartości między wariantami przypisanymi do klasy dobrych i słabych powinna wynieść przynajmniej 0,7”. Przyjęcie tych założeń rodzi pytanie, czy Doktorant zbadał jakie umiejętności formalne (analityczne) musi posiadać decydent, aby był w stanie skorzystać z projektowanych przez Niego procedur deklarowania preferencji. Przykładowo, czy określono w badaniu eksperymentalnym za pomocą wybranego testu psychometrycznego – np.: *Rational-Experiential Inventory* (REI) Seymoura Epsteina, *General De-*



*cision-Making Style Inventory* (GDMS) Bruce'a i Scott lub *Cognitive Style Index* (CSI) Christophera Allinsona – minimalne typy profilów przetwarzania informacji które są w stanie sprostać wymaganiom poznawczym takiej procedury? A jeśli tak, czy nie są to profile decydentów, którzy równie dobrze poradziłoby sobie z precyzyjną oceną wariantów za pomocą procedur ratingu bezpośredniego, tj. byli w stanie zdefiniować oceny opcji w ujęciu jednokryterialnym, dające podstawę do jednoznacznego określenia marginalnych funkcji oceny?

W konsekwencji powstaje pytanie ogólne dotyczące szeroko rozumianej użyteczności mechanizmu wspomaganie decydenta działającego w oparciu o podejście holistyczne. Weźmy za przykład problem rozpatrywany przez Autora w pracy P2, z 17. wariantami decyzyjnymi, czterema kryteriami i dwoma załamaniem odcinkowo liniowych marginalnych funkcji oceny. Przy średnim wyniku procedury wsparcia bazującego na proponowanych heurystykach, mówiącym o 11 pytaniach wymaganych do uzyskania kompletnego ranking, można zapytać, czy podejście klasyczne, nieholistyczne, wymagające od decydenta bezpośrednio deklarowanych jednokryterialnych ocen poszczególnych opcji istotnych (wyrażanych lingwistycznie, czy w interfejsie graficznym wizualizującym kardynalne zależności między ocenami) nie sprawdziłoby się tu lepiej? Czy nie jest większym wyzwaniem poznawczym holistyczna ocena serii wariantów opisanych czterema kryteriami? Szczególnie jeśli warianty te mogą swobodnie różnić się konsekwencjami na wszystkich kryteriach i nie ma zaproponowanych łatwych w porównaniu przykładów minimalizujących skalę jednoczesnych porównań, jak np. w podejściu MARS - Góreckiej, Roszkowskiej i recenzenta. Przecież gdy przyjmiemy założenie o liniowości marginalnych funkcji oceny (brak definicji *breakeven points* – dwa punkty charakterystyczne), wtenczas – szczególnie w problemie wyboru – jedynym zadaniem decydenta w podejściu klasycznym jest zdefiniowanie wag kryteriów decyzyjnych. Może to zrobić wykorzystując którąś z metod proponowanych przez miękkie badania operacyjne (np. wykorzystać mapowanie poznawcze, zastosować procedurę *swing weights* itp.). Dobrym przykładem stymulującym takie pytania jest tu praca aplikacyjna P6 Autora, gdzie wyjściowe systemy preferencji decydenci określili używając jednak klasycznego ratingu bezpośredniego, bo warianty oceniano pod względem dziewięciu kryteriów.

Jednocześnie należy zauważyć, iż zaproponowany mechanizm pytań bazujący na opracowanej przez Doktoranta heurystyce o tyle uwzględnia postulaty behawioralnych badań operacyjnych, że nie wymusza na decydencie odpowiedzi na wszystkie stawiane w procedurze rozpoznania preferencji pytania. Gdyby postawione pytanie (o preferowany wariant z dwóch, jego przynależność do klasy itp.) było zbyt trudne i wykraczało poza zdolności kognitywne decydenta, może on odmówić udzielenia odpowiedzi, a heurystyka wygeneruje kolejne zapytanie niezbędne z punktu widzenia uszczegółowienia aktualnie wyestymowanego systemu preferencji.

Odnosząc się ostatecznie do podniesionych powyżej kwestii zapytać można jednak, czy dążenie do maksymalnego uproszczenia procedury elicytacyjnej jest w ogóle uzasadnione gdy chodzi o rzetelne rozpoznanie preferencji decydenta. Uproszczona procedura pozwala decydentowi działać łatwo i szybko, co otwiera na powrót (i właściwie wbrew wyjściowym zamiarom projektanta metody wsparcia) pole do włączania heurystycznego, szybkiego myślenia oraz odpowiedzi obarczonych błędami. Wydaje się więc, iż potrzebny jest mechanizm, dobrze

Maciej

balansujący czas, wymagania poznawcze oraz samą precyzyjność uzyskanego w drodze jego wdrożenia systemu preferencji decydenta. Doświadczenia eksperymentalne recenzenta w badaniach nad reprezentatywnymi negocjacjami wspomaganymi systemami negocjacji elektronicznych pokazują, iż negocjatorzy-agenci działający w oparciu o mechanizm szybkiego definiowania systemu oceny ofert negocjacyjnych za pomocą ratingu bezpośredniego lepiej oceniają użyteczność tej metody wsparcia, niż ci, którym zaoferowano bardziej wymagający czasowo i poznawczo mechanizm bazujący na podejściu holistycznym (zmodyfikowanej metody UTASTAR) i uwzględniającym możliwość iteracyjnej poprawy uzyskanych wyników. Jednocześnie generują oni mniej dokładne z punktu widzenia reprezentowanego pryncypała systemy oceny (są bardziej podatni na błędy heurystyczne związane z interpretacją informacji preferencyjnej pryncypała i jej przetworzeniem w formalny system ratingowy), niż ich koledzy bazujący na protokole holistyczny.

Podsumowując, wydaje się, iż Doktorant osiągnął wymagany balans (*trade-off*) między rzetelnością analizy, a poznawczym wymaganiem proponowanego protokołu. Z jednej strony wprowadzenie heurystycznego mechanizmu pytań ograniczyło ich liczbę (uproszczenie), z drugiej, wykorzystanie mechanizmu holistycznego definiowania preferencji oraz mechanizmu post-analizy wyników wymusiło głębszą refleksję decydenta i bardziej analityczną perspektywę jego działania.

Poniżej przedstawiam jeszcze kilka drobnych uwag, które nasuwają się po lekturze niektórych prac.

Nie do końca rozumiem nieco negatywne konkluzje Doktoranta dotyczące oceny jakości działania heurystyki doboru pytań w różnych kontekstach pomiaru ich efektywności (praca P3, s. 36-37). Dlaczego założenie o równych prawdopodobieństwach odpowiedzi decydenta miałoby być mniej realistyczne od pozostałych, a w konsekwencji kwestionować te heurystyki ( $H_{M-x}$ ) jako gorzej się realizujące? Biorąc po uwagę dyskusję z poprzedniego akapitu, można przecież założyć, iż w tych bardziej skomplikowanych problemach decydent na skutek ograniczeń poznawczych, zmęczenia, czy znużenia zaczyna w procedurze wsparcia mimo wszystko myśleć szybko i popełniać wynikające z heurystyk myślenia błędy. Wówczas próba predykcji jego odpowiedzi w oparciu o regułę Laplace'a nie wydaje się być wcale tak nierozsądna. Nawet jednak, gdyby uznać argumenty Doktoranta, to czy nie należałoby zakwestionować całej miary  $AD(T_H)$  opracowanej na podstawie takiego założenia? I czy rzeczywiście takie były powody, dla których w kolejnych pracach (P4 i P7) zrezygnowano z tej miary?

W przypadku pracy P5 pojawił się ciekawy wątek holistycznego pozyskiwania informacji preferencyjnej od wielu decydentów, których deklaracje mogą być różne ze względu na rozbieżności ich celów. To rodzi problem uzgodnienia tych rekomendacji, który też mógłby podlegać wsparciu (wizualizacji konsekwencji w modelach preferencji obydwu decydentów, lub modelu uśrednionym). Szkoda, że Doktorant nie podjął tego tematu w pracy, ani nie opisał bardziej dokładnie jak wyglądały indywidualne informacje preferencyjne obydwu ekspertów w problemie wyboru technologii produkcji nanoczątek. Nie wiemy zatem czy założono, że decydenci podali wspólną informację preferencyjną lub czy między ich indywidualnymi syste-

mami oceny konfliktów nie było. Nie wiemy też czy i w jakiej interakcji przebiegało pozyskiwanie informacji preferencyjnej, co pozwoliłoby zweryfikować proponowane wcześniej autorские podejście heurystycznego rekomendowania.

Analizując zaproponowane mechanizmy wspomagające działanie analizy post factum można zapytać, czy w pracy aplikacyjnej P6 nie rozluźniono przypadkiem przyjętego wcześniej rygoru poprawności metodologicznej, próbując zastosować ogólną koncepcję pomiaru odległości za pomocą formuły Minkowskiego (wzór 8) dla wszystkich – jak rozumiem – zmian  $b_j$ , bez względu na typ skali pomiaru kryterium  $j$ ? Jest to o tyle interesujące, iż we wcześniejszej dyskusji teoretycznej w pracy P2 Autor prowadzi bardzo skrupulatne rozważania nad typami skal pomiaru wykorzystanych do opisu konsekwencji wariantów ze względu na poszczególne kryteria i zwraca uwagę na fakt, iż kryteria opisane skalami słabymi skutecznie ograniczają możliwość wykorzystania narzędzi bazujących np. na koncepcji klasycznie pojmowanej odległości. Czy w takiej sytuacji nie lepiej byłoby się pokusić o skorzystanie z pewnych rodzimych rozwiązań dotyczących „porządkowego” pomiaru odległości, np. miary *Generalized Distance Measure* (GDM) Walesiaka i Jajugi?

#### 4. Wiedza kandydata

Biorąc pod uwagę przedstawione w poprzednich punktach osiągnięcia Doktoranta, nie można mieć wątpliwości co do jego dobrej znajomości dyscypliny. Już na samym początku, w otwierającym rozprawę doktorską 26-cio stronicowym wstępie Autor kreśli kontekst badawczy, odwołując się do podstaw teorii decyzji i zwracając uwagę na niuanse metodologiczne wykorzystanego podejścia. To wprowadzenie dobrze osadza czytelnika w problematyce dysertacji, a jednocześnie pokazuje ogólną wiedzę Doktoranta dotyczącą podstaw metodologicznych wykorzystywanej później maszynierii wsparcia decyzyjnego oraz potencjalnych problemów związanych z odkrywaniem preferencji decydenta.

Dalej, w serii artykułów naukowych Doktorant proponuje obydwa rozwiązania koncepcyjne, tj. mechanizm heurystycznego doboru pytań i analizy post factum, które cechuje wysoki stopień zaawansowania metodologicznego. Nie dałoby się, w mojej opinii, opracować tych rozwiązań bez szczegółowej wiedzy dotyczącej teorii preferencji i teorii decyzji, w szczególności addytywnych modeli preferencji, metod bazujących na paradygmacie dezagregacji preferencji oraz idei odpornej regresji liniowej. Trzeba też zwrócić uwagę na fakt, iż techniczna realizacja zaproponowanych rozwiązań wymaga wiedzy dotyczącej różnych technik optymalizacyjnych, jakimi dysponują współczesne twarde badania operacyjne. W części związanej z estymowaniem miar weryfikujących odporność uzyskanych dla decydenta rekomendacji są to elementy programowania matematycznego, generujące różne klasy problemów, od prostych programów liniowych rozwiązywalnych za pomocą klasycznych technik (np. dokładnego algorytmu simpleks), po problemy nieliniowe, całkowitoliczbowe dużej skali – wymagające zastosowania metaheurystyk (np. algorytmu ewolucyjnego NSGA-II – jak w pracy P6). Wyznaczenie miar bazujących na idei niepewności uzyskanych rekomendacji, zaczerpniętych z takich koncepcji

jak stochastyczna wielokryterialna analiza akceptowalności (SMAA) czy stochastyczna regresja liniowa (SOR) wymaga z kolei wykorzystania technik symulacyjnych (np. symulacji Monte Carlo, metody Hit-and-Run). Doktorant wiedzą o tych wszystkich technikach i metodach, stanowiących arsenal metod dyscypliny, dysponuje i – co ważne – potrafi ją wykorzystać. W przeciwnym razie nie byłby w stanie przedstawić wiarygodnych i przekonujących wyników serii symulacji i eksperymentów, które musiał przeprowadzić aby zademonstrować sposób działania zaproponowanych przez siebie mechanizmów wsparcia oraz wyprowadzić wnioski dotyczące ich skuteczności.

Autor demonstruje też wiedzę dodatkową, związaną z szerszym kontekstem prowadzonych przez siebie badań lub odwołującą się do innych subdyscyplin. I tak, na przykład, uzasadniając potrzebę wprowadzenia swojej koncepcji analizy post factum, rozważa aktualny stan wiedzy w zakresie praktycznego wykorzystania analizy wrażliwości w problemach wielokryterialnych (sekcja 4, praca P2). Dalej, odwołuje się do statystycznej analizy wielowymiarowej rozważając różne pomysły standaryzacji kryteriów mierzonych różnymi typami skal oraz pomiaru odległości wykorzystywanych do określenia wymaganych usprawnień wariantów decyzyjnych. Wiedza statystyczna niezbędna była również Doktorantowi do interpretacji wyników, w szczególności tych pochodzących z serii eksperymentów symulacyjnych.

Co warto też podkreślić, w każdym z opublikowanych przez Doktoranta artykułów znaleźć można elegancki wywód wprowadzający w analizowany problem oraz precyzyjne określenie czynników stanowiących o stopniu oryginalności proponowanych rozwiązań. To ostatnie wymaga rzetelnej dyskusji i argumentacji poprzedzonej gruntowną kwerendą literaturową. Autor zawsze taką dyskusję przeprowadza, odwołując się przy tym licznie do literatury przedmiotu, z analizy której udaje mu się potwierdzić potrzebę jego działań naukowych. Jego znajomość literatury przedmiotu jest bardzo szeroka, rozciąga się zarówno na pozycje wczesne, stanowiące swego rodzaju kamienie milowe dyscypliny (prace Raiffy, Keeney'a, Roy'a, Siskosa, Jacquet-Lagrange'a, Greco, Figueiry, Słowińskiego i innych), jak i współczesne osiągnięcia, w szczególności europejskiej (niekiedy zwanej też francuską lub frankofońską) szkoły teorii decyzji, gdzie dobrym przykładem mogą być chociażby prace Promotora Doktoranta realizowane w różnych, międzynarodowych zespołach badawczych.

Reasumując, oceniam wiedzę Doktoranta w zakresie współczesnej teorii decyzji za gruntowną, dodatkowo rozciągającą się na pewne dyscypliny sąsiednie. Jest to wiedza dobrze wyeksponowana w całej dysertacji. Dzięki niej Doktorant mógł przeprowadzić krytyczną analizę stanu dyscypliny i ostatecznie zaproponować autorskie rozwiązania, które w sposób ciekawy i poprawny metodologicznie tę dyscyplinę nadbudowały.

## **5. Inne uwagi**

Kończąc recenzję wypada poruszyć jeszcze jedną kwestię, związaną z dyskusją prowadzoną wcześniej, na początku punktu 2 recenzji, a dotyczącą rozstrzygnięć o wkładzie własnym Autora wobec dorobku przedstawionego w postaci w serii współautorskich artykułów. Jest nią,

jak mi się wydaje, pewna zaplanowana przez Promotora strategia rozwoju naukowego Doktoranta. Pierwsze dwie prace, te z początku swojej kariery naukowej, Doktorant współtworzy z badaczami Politechniki Poznańskiej. Kolejne cztery to artykuły powstałe we współpracy z badaczami zagranicznymi, zarówno mającymi doświadczenie w rozwoju metodologii wspomaganie decyzji, jak i praktyce jej podejmowania. Pokazuje to pewne etapowe wdrażanie Doktoranta do zespołowej pracy naukowo-badawczej, która we współczesnym świecie nauki jest przyjętym standardem. Zdecydowana większość współczesnych dużych osiągnięć naukowych, szczególnie w dyscyplinie badań operacyjnych – jak chociażby te związane z powstaniem idei odpornej regresji liniowej, jest udziałem zespołów naukowych. Trudno się więc dziwić Promotorowi, że taki schemat pracy pokazuje Doktorantowi i go z nim realizuje. Praca zespołowa, jak postrzegają ją nauki o zarządzaniu, pozwala przecież na usieciowienie wiedzy, swobodny przepływ idei i dobrych praktyk, zwiększenie kreatywności i skuteczności działania, co daje możliwość członkom zespołu doskonalenia się, ucząc od innych. Czytając kolejne prace Doktoranta nie mam wątpliwości, iż był on beneficjentem takiej współpracy. Podejmuje w nich On bowiem coraz to śmielsze wyzwania naukowe, najpierw natury teoretycznej i metodologicznej, przechodząc później na ich zaawansowane implementacje praktyczne, wymagającą przecież wyeksponowania pragmatycznych zalet proponowanych narzędzi teoretycznych. Uważam, iż po takim doświadczeniu pracy w zespole badawczym Doktorant jest obecnie w pełni gotowy do podjęcia samodzielnych działań naukowych.

Sam efekt pracy Doktoranta w grupie badawczej jest imponujący. Wszystkie artykuły opublikowano w najlepszych czasopismach w dyscyplinie, a gdyby chcieć rozliczyć dorobek dysertacji przy parametrycznej ocenie uczelni, przeliczeniowa wartość prac wyniesie 560 punktów, przy pełnym zapełnieniu czterech slotów publikacyjnych (choćby cały dorobek na dzień dzisiejszy, uwzględniający nieraportowany w ramach doktoratu artykuł w *Information Sciences*, daje 7 slotów i 900 punktów). Baza Scopus potwierdza indeks Hirscha Doktoranta równy 6. Widać zatem, iż rezultaty Doktoranta uzyskane w ramach pracy nad rozprawą przekraczają istotnie średnie wyniki jakimi mogą pochwalić się doktoranci w kraju pracujący naukowo w obszarze badań operacyjnych.

## 6. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę opinie zaprezentowane w poprzednich punktach i wymagania zdefiniowane przez artykuł 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym (z późniejszymi zmianami) moja ocena rozprawy pod względem trzech podstawowych kryteriów jest jednoznacznie pozytywna:

A. Czy rozprawa zawiera oryginalne rozwiązanie problemu naukowego?

<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 kandydat posiada ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie Informatyka?

<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 umiejętności 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

W związku z powyższym wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Krzysztofa Ciomka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ponadto, uwzględniając zarówno skalę autorskiego wkładu Doktoranta w rozwój teorii podejmowania decyzji (przedstawioną w szczegółach w pkt. 2 recenzji), w szczególności zaś opracowanie kompleksowego mechanizmu holistycznego pozyskiwania informacji preferencyjnej oraz analizowania skutków procesu elicytacji preferencji w oparciu o analizę post factum; jak również wartość naukową tego wkładu, usankcjonowaną publikacjami w czasopiśmie należących do czołówki w dyscyplinie (ujętych w JCR oraz najwyżej punktowanych, wg. MNiSW), rekomenduję wyróżnienie pracy doktorskiej.

  
Tomasz Wachowicz