

Dr hab. Bogumił Kamiński
Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
bkamins@sgh.waw.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej

Michał Tomczyk

zatytułowanej:

*New Directions in Interactive Evolutionary Multiple Objective Optimization
Based on Holistic Preference Information*

1. Problem badawczy i jego znaczenie

Rozważany w rozprawie problem badawczy jest zgodny z tytułem pracy. Autor proponuje i bada własności nowych algorytmów ewolucyjnych możliwych do rozwiązywania wielokryterialnych problemów optymalizacyjnych. Algorytmy te wykorzystują dodatkowo informację o preferencjach decydenta w celu poprawienia efektywności przeszukiwania przestrzeni rozwiązań efektywnych w sensie Pareto.

Podjęty problem ma charakter naukowy i jest aktualnym zagadnieniem badawczym w światowej literaturze przedmiotu. Warto również podkreślić, że podjęte w rozprawie zagadnienia są trudne, a zaproponowane metody w mojej ocenie stanowią istotny wkład w rozwój badań w tym obszarze.

Rozwiązywanie problemów wielokryterialnych jest powszechnym i trudnym zagadnieniem praktycznym. Dodatkowo, właśnie uwzględnienie preferencji decydenta jest szczególnie istotnym wyzwaniem w takich scenariuszach wykorzystania metod analitycznych. W szczególności, częstym zagadnieniem, jak słusznie zauważa doktorant, jest przełożenie preferencji decydenta, które jedynie częściowo można zidentyfikować, na specyfikację zadania optymalizacyjnego. W tym zakresie np. wykorzystanie optymalizacji odpornej, tak jak zaproponowano w rozprawie, uważam za metodę właściwą i wartościową praktycznie.

2. Wkład autora

Przedłożona rozprawa składa się z dziewięciu publikacji, z których wszystkie są wieloautorskie. Wnioskując po kolejności autorów tekstów (która nie jest alfabetyczna), zakładam, że w pięciu z nich doktorant, jako pierwszy autor, ma zasadniczy wkład w powstanie tekstu (w fiszkach opisujących teksty nie jest jasno wskazane rozróżnienie wkładu doktoranta i wkładu promotora; uważam, że **wystarczające będzie odniesienie się i doprecyzowanie tej kwestii w trakcie obrony**).

W zakresie wkładu do nauki zgadzam się z podsumowaniem przedstawionym przez doktoranta w treści rozprawy, więc tutaj jedynie syntetycznie go omówię. W mojej ocenie polega on na:

1. Implementacji nowych algorytmów optymalizacji wielokryterialnej wykorzystującej informację o preferencjach decydenta; w szczególności uwzględniającą zagadnienia optymalizacji odpornej oraz metody wyboru rozwiązań przeznaczonych do ewaluacji przez decydenta.
2. Przedstawienie metod uwzględniania niespójności wyborów decydenta z wybranym modelem reprezentacji preferencji oraz wpływu tego zjawiska na skuteczność wykorzystywanych algorytmów. W szczególności przedstawienie propozycji algorytmu wykorzystującego wiele modeli preferencji oraz algorytmów możliwych do wykorzystania w przypadku grupowego problemu podejmowania decyzji.
3. Opracowanie nowych metod wizualizacji przebiegu procesu optymalizacji.

Należy nadmienić, że przedłożone wyniki uzyskały pozytywną weryfikację środowiska naukowego i zostały opublikowane w liczących się periodykach i materiałach konferencyjnych. Liczba tekstów i liczba ich cytowań przekracza standardowe oczekiwania w tym zakresie w rozprawach doktorskich.

Moją ocenę rozprawy przedstawiam w sekcji 3. i 4. niniejszej recenzji.

3. Poprawność

Przedłożona rozprawa składa się z dwóch części:

1. Tekstu przewodniego (do strony 76 włącznie).
2. Reprintów publikacji (od strony 81 do strony 279).

Część z przedstawionych dotyczy tylko tekstu przewodniego, a część z nich dotyczy zarówno tekstu przewodniego jak i reprintów. Przedstawiając uwagi będę każdorazowo zaznaczał, do której części rozprawy się odnoszą, są liczne fragmenty, w których tekst przewodni i reprinty posiadają podobną, aczkolwiek różną w szczegółach treść.

Pierwsza grupa uwag dotyczy konstrukcji rozdziałów tekstu przewodniego. Stwierdzam, że nie jest możliwe samodzielne jego studiowanie bez wcześniejszego zapoznania się z reprintami. W zasadzie można go uznać, za bardzo rozszerzone streszczenie. W ogólności takie podejście uznaję za akceptowalne. Natomiast w trakcie zapoznawania się z tym fragmentem rozprawy pozostał mi niedosyt w zakresie organizacji tekstu. Przyjęta przez doktoranta formuła prezentacji w zasadzie polega na streszczeniu wyników, które są szczegółowo przedstawione w reprintach. Natomiast w niewielkim stopniu w tej części tekstu można odnaleźć fragmenty, które przedstawiają syntezę ukazującą jak uzyskane wyniki łączą się całościowo w system metod, które można wykorzystywać do wspomaganie podejmowania decyzji w problemach wielokryterialnych. Typowo oczekiwałbym w tym zakresie po pierwsze: (a) w zakończeniu każdego rozdziału przedstawienia jego podsumowania, które ukazywałoby jak przedstawione w nim wyniki łączą się z resztą rozprawy, (b) omówienia jak zaproponowane metody łącznie można wykorzystać (np. w postaci schematu w jakich sytuacjach decyzyjnych, które z metod są możliwe/rekomendowane do wykorzystania). Uwaga ta jest o tyle istotna, że doktorant prezentuje bardzo dużą liczbę wyników cząstkowych.

Drugą grupę uwag stanowią zagadnienia związane z precyzją prezentowanego wyводу w tekście przewodnim (tutaj warto nadmienić, że w reprintach często jest ona lepsza niż w tekście przewodnim). Często pozostawia ona niedosyt, co jest istotne w kontekście faktu, że rozprawa doktorska ma za zadanie wykazanie opanowanie przez doktoranta warsztatu naukowego. Poniżej przytoczę cztery konkretne przykłady takich sytuacji w początkowej części tekstu:

1. Na stronie 1, doktorant pisze „*A Pareto optimal solution cannot be improved in all objectives simultaneously.*” i kontekstowo zdanie to wygląda na sugerujące, że jest to definicja rozwiązania efektywnego w sensie Pareto. Jednak w rzeczywistości jest to jedynie zdanie definiujące implikację jednostronną a nie równoważność. Nie mam jednak wątpliwości, na podstawie zapoznania się z dalszą częścią rozprawy, że autor prawidłowo rozumie to pojęcie (w szczególności zdanie to jest samo w sobie prawdziwe).
2. Dalej na stronie 1 doktorant pisze „*It may be hence impossible to find them all. Instead, algorithms for MOO aim at approximating the PF. Precisely, they construct a relatively small set of solutions being evenly distributed throughout the entire PF.*”. Podobnie jak w uwadze powyżej – przedstawiony opis nie jest w pełni precyzyjny i dodatkowo są w nim wymieszane trzy zagadnienia, które są ortogonalne, i każde z nich jest kluczowe (znowu – nie mam wątpliwości po zapoznaniu z całym dorobkiem, że doktorant ma ich świadomość, ale chodzi mi o precyzję wywodu). Po pierwsze zagadnieniem jest kwestia charakteryzacji granicy Pareto (nadmienię, że nawet jeśli jest ona nieprzeliczalna w pewnych zagadnieniach jest możliwa jej charakteryzacja analityczna). Po drugie zagadnieniem jest dowód, że wskazany przez algorytm punkt leży na granicy Pareto (w przypadku złożonych problemów nieliniowych już nawet to zadanie jest nietrywialne; widać to dobrze na rysunku 1.1.b, gdzie punkty „a posteriori” doktorant prezentuje jedynie w otoczeniu granicy Pareto). W końcu trzecim zagadnieniem jest kwestia precyzyjnego określenia co jest rozumiane przez „*evenly distributed*” – ocena czy rozkład punktów w jakimś zbiorze jest równomierny zależy od przyjętej miary na tym zbiorze. Tutaj należy dodatkowo nadmienić, że doktorant używa terminu „*solution*” do określenia oceny wariantu decyzyjnego w przestrzeni ocen, a nie samego wariantu decyzyjnego. Takie podejście jest akceptowalne, o ile jest przyjmowane spójnie w rozprawie (i taka sytuacja zachodzi), natomiast z mojego doświadczenia nie jest to standardowe (zwykle terminem „*solution*” określa się element ze zbioru decyzji, por. np. podręczniki: Mykel J. Kochenderfer and Tim A. Wheeler: *Algorithms for Optimization*, MIT Press, 2019; Edwin K.P. Chong, Stanisław H. Żak: *An Introduction to Optimization*, 2nd ed, John Wiley & Sons, 2001; ale podobna konwencja jest przyjmowana w artykułach specjalistycznych). Taka zmiana terminologii miejscami utrudnia analizę tekstu, ponieważ odwzorowanie między przestrzenią decyzji a przestrzenią ocen nie jest zwykle injektywne, co powoduje, że stwierdzenia odnoszące się do tych dwóch przestrzeni muszą być formułowane nieco inaczej.

3. Przechodząc od podejścia koncepcyjnego do notacji matematycznej w tekście przewodnim doktorant nie zawsze zachowuje pełną precyzję wywodu. Na przykład na stronie 11 przestrzeń decyzyjna X i przestrzeń ocen Ω są określone jako dowolne przestrzenie, ale np. doktorant pisze „*decision vector of length n*” (więc implicite zakłada, że przestrzeń X jest wektorowa o skończonym wymiarze, zapewne nawet zakłada, że jest to podprzestrzeń przestrzeni R^n – tak jak reprinted). Podobna uwaga jest do struktury przestrzeni Ω . Tu, co więcej, pojawia się naturalne pytanie czy zakłada się, że Ω jest ograniczona, domknięta, czy jest na niej określona miara, metryka itp.. Takie założenia już są istotne w kolejnym zdaniu i dalszych rozważaniach, gdzie definiując relację Δ doktorant implicite zakłada, że na wymiarach Ω zadany jest porządek zupełny. Oczywiście przyjmując $\Omega \subseteq R^M$, większość z tych założeń jest dookreślona w sposób domyślny, ale takiego założenia doktorant w tekście nie czyni.
4. W dyskusji metod klasy „Stochastic multi-criteria acceptability analysis” brakowało mi formalnego opisu przyjętych założeń odnośnie do rozważanej trójki probabilistycznej. Moje rozumienie przyjętego podejścia jest takie, że w pracy przyjęto, iż rozkład na bezwarunkowej przestrzeni parametrów (przed uzyskaniem informacji od decydenta) jest jednostajny (jest do dobrze zdefiniowany rozkład przy założeniu, że jest to zwarty podzbiór R^n , co znowu jest założone w wywodzie w sposób domyślny), a następnie rozważamy rozkłady warunkowe zadawane przez ograniczenia wynikające z odpowiedzi decydenta.

Trzecią uwagą, którą chciałbym podnieść jest kwestia założeń o preferencjach decydenta. Na stronie 7, opisując zagadnienie „RD 6” doktorant pomija istotną w praktyce kwestię rozróżnienia: a) niespójności ujawnionych preferencji decydenta z przyjętym analitycznym modelem tych preferencji (jeśli taka niespójność jest stwierdzona to w szczególności można rozważać zmianę tego modelu), b) niespójności preferencji decydenta ze standardowo przyjmowaną aksjomatyką dotyczącą racjonalności decydenta (np. decydent woli A niż B, B niż C, a C niż A), ponieważ w takiej sytuacji żaden model analityczny, zgodny z tą aksjomatyką nie będzie w stanie reprezentować preferencji decydenta w sposób dokładny. Dodatkowo typowymi zagadnieniami praktycznymi w implementacji omawianych metod są: uwzględnienie możliwości popełnienia błędu przez decydenta, oraz decyzja, czy przedstawiane mu są do porównania warianty opisane w języku przestrzeni decyzji, czy przestrzeni kryteriów, czy obu (ten wybór może w praktyce zmieniać otrzymane odpowiedzi).



Kwestie te rekomenduję, aby doktorant omówił w sposób bardziej szczegółowy w trakcie publicznej obrony.

Czwartą, i zasadniczą, uwagą jest fakt, że rozprawa (i reprinty) wykorzystuje metodę badawczą polegającą na zaproponowaniu pewnej metody/algorytmu, przedstawienia jej motywacji, a następnie zbadaniu jego własności na przykładowych instancjach problemów optymalizacyjnych (w szczególności w odniesieniu do innych metod). Zdaję sobie sprawę, że podejście to jest często jedyne możliwe. Jednak brakowało mi przedstawionych tekstach większego odniesienia się do zagadnienia teoretycznego wykazania własności tych metod (np. w postaci twierdzeń – np. wykazujących asymptotyczną zbieżność proponowanych metod przy odpowiednio przyjętych założeniach; wykazujących możliwość przybliżenia każdego punktu z granicy Pareto jeśli prawdziwe preferencje decydenta będą na niego wskazywały; zdolność metod do asymptotycznej rekonstrukcji preferencji decydenta z dowolną dokładnością; itp.). Zdaję sobie sprawę, że w podjętej tematyce tego typu oczekiwanie jest daleko idące, niemniej **rekomenduję, aby doktorant odniósł się do tej kwestii w trakcie publicznej obrony.**

Piątą uwagę budzi moja ocena zaproponowanej metody wizualizacji postępu optymalizacji. Doktorant proponuje dwie metody. I tak jak metoda prezentowana na rysunku 5.17 jest moim zdaniem czytelna, tak podejście prezentowane na rysunku 5.16 jest moim zdaniem w obecnej formie jest mało czytelna (choć muszę przyznać, że po zapoznaniu się z literaturą przedmiotu alternatywne wcześniej proponowane podejścia były również niesatysfakcjonujące). Sama idea prezentowania tego typu wyników jak na rysunku 5.16 jest bardzo dobra i wizualizacja takich danych jest potrzebna. Natomiast sposób ich wizualizacji jest w moim odczuciu nieczytelny. To co wydawałoby się rekomendowane to opracowanie rozwiązania, które pozwalałaby na interaktywne selekcionowanie zakresu generacji do prezentacji (w tej chwili poszczególne generacje mocno na siebie zachodzą na wykresie). Podejście takie w wielu czasopismach jest obecnie spotykane. Dodatkowo myślę, że możliwe by było wyliczanie pewnych statystyk podsumowujących dla poszczególnych generacji, które by były w stanie w syntetyczny sposób prezentować fakt i sposób zbieżności procesu przeszukiwania rozwiązań.

4. Wiedza kandydata

Nie ulega mojej wątpliwości, że doktorant wykazał się znajomością aktualnego stanu wiedzy w zakresie zagadnień wielokryterialnej optymalizacji, w szczególności metod ewolucyjnych, oraz wykorzystania informacji pochodzących od decydenta w tym zakresie. Uznaję, że w zasadzie cały zakres tekstu przewodniego (treść rozprawy do bibliografii włącznie) potwierdza tą obserwację (rozważania tam prezentowane są głównie przeglądowe; szczegóły implementacyjne prezentowane są w reprintach). Treść przedstawionych reprintów wskazuje również, że kandydat posiada ogólną wiedzę w dyscyplinie Informatyka techniczna i telekomunikacja.

5. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę opinie zaprezentowane w poprzednich punktach i wymagania zdefiniowane przez artykuł 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym (z późniejszymi zmianami) ¹ moja ocena rozprawy pod względem trzech podstawowych kryteriów jest następująca:

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

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?

Zdecydowanie
TAK

Raczej TAK

Trudno
powiedzieć

Raczej NIE

Zdecydowanie
NIE

C. Czy kandydat posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej?

Zdecydowanie
TAK

Raczej TAK

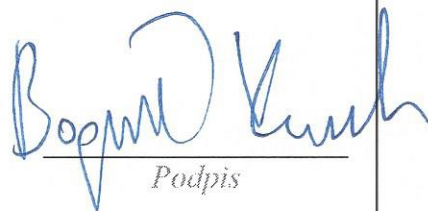
Trudno
powiedzieć

Raczej NIE

Zdecydowanie
NIE

¹ http://www.nauka.gov.pl/g2/oryginal/2013_05/b26ba540a5785d48bee41aec63403b2c.pdf

Ponadto, biorąc pod uwagę ilość i jakość aktywności naukowej i publikacyjnej doktoranta rekomenduję wyróżnienie rozprawy doktorskiej.


Podpis