

Recenzja rozprawy doktorskiej

Michała Wójcika

zatytułowanej:

Experimental analysis of the properties of models and decision support methods in the context of the use of holistic preferences

Rozprawa doktorska przygotowana na Wydziale Informatyki i Telekomunikacji Politechniki Poznańskiej pod kierunkiem dr hab. inż. Miłosza Kadzińskiego została napisana w języku angielskim, a jej podstawę stanowią cztery artykuły naukowe opublikowanych w prestiżowych czasopismach o zasięgu międzynarodowym oraz recenzowanych materiałach konferencyjnych. Na rozprawę składają się lista publikacji, autoreferat (w języku angielskim), kopie publikacji wchodzących w skład rozprawy oraz deklaracje autorów określające ich wkład w przygotowanie publikacji.

Problem badawczy i jego znaczenie

Prze lata metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji (*Multiple-Criteria Decision Analysis - MCDA*) ugruntowały swoją silną pozycję świecie nauki i praktyki gospodarczej. Uniwersalność tych metod wynika z faktu, że w ich przypadku akceptowane jest rozszerzenie procesu wspomaganie decyzji poza klasyczny model optymalizacji pojedynczej funkcji celu opisanej na zbiorze dopuszczalnych rozwiązań. Rozszerzenie to umożliwia podejmowanie problemów wielokryterialnych, skupiających się na uzyskaniu rozwiązania spełniającego w sposób wystarczający wiele, często sprzecznych, celów. Niemal w każdym przypadku charakter problemu decyzyjnego powoduje, że jest on problemem wielokryterialnym. Oznacza to, że podjęcie „dobrej” decyzji wymaga rozpatrzenia wielu wariantów decyzyjnych, gdzie każdy wariant powinien być rozpatrywany pod względem wielu czynników (kryteriów).

Rozwój metod wielokryterialnego wspomaganie decyzji umożliwił systematyzację kolejnych kroków procesu decyzyjnego. Do podstawowych kroków zaliczamy tutaj określenie rodzaju rozważanego problemu i oczekiwanej formy utworzonych rekomendacji, zdefiniowanie zbioru możliwych alternatyw i istotnych kryteriów ich ewaluacji oraz określenie sposobu wyrażania preferencji i podejścia do ich reprezentacji. W tym miejscu, z punktu widzenia recenzowanej dysertacji, przypomnienia wymagają pojęcia „problematyki” oraz „wyrażania i modelowania preferencji”.

Każdemu wielokryterialnemu problemowi decyzyjnemu można przypisać problematykę, która jest w nim rozpatrywana. Problematyki te wynikają z celu, jaki jest oczekiwany od procesu decyzyjnego. W problematyce wyboru ($P.\alpha$) wspomaganie decydenta skoncentrowane jest na wyborze małej liczby „dobrych” propozycji. Problematykę tą podejmuje przykładowo metoda Electre I. Problematyka przyporządkowania ($P.\beta$) koncentruje się na przypisaniu wariantu do jednej z dostępnych klas. Ma to miejsce przykładowo w metodzie Electre Tri. Z kolei w problematyce rankingu ($P.\gamma$) sporządzany jest ranking wariantów decyzyjnych według zdefiniowanych kryteriów. Większość metod MCDA jest przyporządkowana do tej właśnie problematyki.

Modelowanie preferencji decydenta może odbywać się na dwa sposoby, tj. bezpośrednio lub też pośrednio, z zastosowaniem tzw. procedur dezagregacji. W podejściu bezpośrednim decydent powinien

podać odpowiednie parametry modelu decyzyjnego, jak np. wagi kryteriów oraz wartości ewentualnych progów. Z kolei w podejściu pośrednim decydent podaje przykłady wariantów dobrych i złych, na których podstawie analityk lub system decyzyjny określa odpowiednie parametry modelu.

Bezpośrednie modelowanie preferencji decydenta nie jest zadaniem łatwym ze względu na to, że trudno jest ująć subiektywność i niedokładność/niepewność ludzkich ocen i zachowań. Metody wielokryterialne radzą sobie z tą trudnością w różny sposób, zazwyczaj poprzez uwzględnianie różnej postaci danych wejściowych i skal pomiarowych. Z drugiej strony, intensywny wysiłek badaczy kierowany jest na rozwój metod wielokryterialnego wspomagania decyzji, które bazują na pośredniej informacji preferencyjnej, wpisujących się w paradygmat dezagregacji preferencji. Zakłada on, że model preferencji może być zbudowany na podstawie przykładowych decyzji, odnoszących się do niekompletnego podzbioru rozważanych alternatyw. W tym przypadku decydent nie musi posiadać wiedzy dziedzinowej, a samo wyrażanie preferencji ma charakter intuicyjny.

Studia literaturowe ukazują szerokie spektrum istniejących metod wielokryterialnego wspomagania decyzji opartych o paradygmat dezagregacji preferencji i tym samym potwierdzają ich uniwersalność. Z drugiej strony te same prace ukazują wyraźną lukę badawczą obejmującą brak kompleksowych studiów porównawczych tych metod obejmujących ocenę ich dokładności oraz analizę ich szczegółowych właściwości (na przykład trafność rekomendacji, odporność oferowanego wyniku, ekspresywność założonego modelu wiedzy i zdolność do zastosowania w problemach wykorzystujących uczenie preferencji). Kolejnym aktualnym, a powiązaniem z powyższym nurtem dociekań naukowych, wyzwaniem jawi się porównanie potencjału predykcyjnego tych metod.

W tej aktualnej i ważnej problematyce spozycjonował swe dociekania naukowe Doktorant. Szczegółowe obszary problemowe rozpatrywane w dysertacji obejmują:

1. Badania jakości i odporności procedur dezagregujących preferencje dla problemów wielokryterialnego rankingu i wyboru.
2. Badania jakości i odporności procedur dezagregujących preferencje dla problemów wielokryterialnego sortowania.
3. Badania nad odpornością rekomendacji i ekspresywnością modeli w podejściach rozwiązujących problemy wielokryterialnego sortowania.
4. Badania nad algorytmami wspomagającymi uczenie preferencji modelu całki Choquet inspirowane naturą.

Jak wykazano powyżej recenzowana dysertacja odpowiada na aktualne wyzwania, które wyraźnie zarysowały się w literaturze światowej. Należy jednoznacznie uznać, że **problematyka recenzowanej dysertacji jest zarówno aktualna jak i ważna**. W mojej ocenie zarówno obszar metodyczny jak i praktyczny dobrze pozycjonują recenzowaną rozprawę w dyscyplinie *Informatyka techniczna i telekomunikacja*.

Wkład autora

W dysertacji przeprowadzono kompleksowe analizy własności modeli i procedur wielokryterialnego wspomagania decyzji. Autorowi udało się wypracować szereg miar jakości, odzwierciedlających pożądane cechy generowanych rozwiązań, takie jak trafność rekomendacji, odporność preferencji i ekspresywność modelu. Opracowano oraz wykazano użyteczność nowo proponowanych metod dostarczania jednoznacznych preferencji. Badania Autora udowodniły przeciwstawny charakter odporności rekomendacji i ekspresywności modeli, a ponadto wykazały, że algorytmy optymalizacyjne mogą być skutecznym narzędziem do rozwiązywania problemów uczenia preferencji.

Jak wskazuje Autor, przeprowadzone analizy i zaproponowane eksperymentalne podejście do badania własności modeli i metod, mogą stanowić istotne uzupełnienie publikacji wprowadzających nowe procedury wspomagania decyzji, wzbogacając je o wnioski płynące z porównania rozwiązań uzyskiwanych przez rozważane procedury. Ja zgadzam się w pełni z tym stwierdzeniem. Dodatkowo w wyniku badań uzyskano wytyczne obiektywizujące dobór metody wielokryterialnej do analizowanego problemu. Wartość praktyczną opracowanych metod zweryfikowano w szeregu rzeczywistych problemów decyzyjnych.

Wkład Autora w szczególności obejmuje:

1. Badania jakości i odporności procedur dezagregujących preferencje dla problemów wielokryterialnego rankingu i wyboru.

W ramach badań przeprowadzono kompleksową analizę porównawczą łącznie trzydziestu pięciu procedur dostarczających jednoznacznych rekomendacji, rozwiązujących problemy wielokryterialnego rankingu i wyboru w oparciu o rezultaty uzyskane przez metodę UTA. Wyniki tych badań dostarczają przesłanek do wyboru procedur posiadających największy potencjał do uzyskiwania wartościowych i trafnych rekomendacji. W badaniach zaproponowano łącznie siedem miar jakości, spośród których cztery dostarczały informacji na temat poprawności odwzorowania preferencji decydenta, a trzy odzwierciedlały odporność dostarczanych rekomendacji każdej z dwóch grup, jedna z miar jakości odnosiła się do problemu wyboru, podczas gdy pozostałe wskazywały na jakość procedury w kontekście problemu tworzenia rankingu alternatyw. Omówiono także schemat wielowymiarowej analizy eksperymentalnej, skupionej na zbadaniu jakości generowanych rozwiązań, w zależności od parametrów rozważanego problemu, takich jak liczba alternatyw (od 6 do 14), liczba kryteriów (od 3 do 5), liczba punktów charakterystycznych dla funkcji marginalnych (od 2 do 4) i liczba dostarczonych porównań dla par wariantów decyzyjnych (od 4 do 10). Zaprezentowano również szczegółowy opis praktycznego zastosowania porównywanych procedur na przykładzie rzeczywistego problemu rankingu, którego celem było dostarczenie preferencyjnie uporządkowanej kolekcji sześciu modeli samochodów, w oparciu o ich ocenę dla pięciu różnych kryteriów decyzyjnych.

Uzyskane wnioski pozwoliły Autorowi na sformułowanie wskazówek dotyczących wyboru procedur uzyskujących średnio najlepsze rezultaty dla problemów rankingu i wyboru, w zależności od rodzaju problemu i rozważanego aspektu jakości dostarczanych rekomendacji.

2. Badania jakości i odporności procedur dezagregujących preferencje dla problemów wielokryterialnego sortowania

Kolejny krok badań stanowiło uzupełnienie przedstawionej w punkcie 1 analizy porównawczej procedur dostarczających rekomendacji dla problemów rankingu i wyboru, o podejścia dla rozwiązania problemu wielokryterialnego sortowania. Również tym razem przedmiot dociekań Doktoranta stanowiła jakość rezultatów uzyskiwanych przez poszczególne metody i procedury.

W przypadku metod ukierunkowanych do rozwiązania problemu wielokryterialnego sortowania, ich zdecydowana większość wykorzystuje założenia metody UTADIS. W tym przypadku pośrednia informacja preferencyjna, może być wyrażona jako przykładowe przydziały wariantów do klas czy też uzupełnienie modelu addytywnej funkcji użyteczności o wartości progowe separujące przedziały użyteczności wariantów. Tym razem na etapie eksperymentalnym Autor zanalizował czternaście procedur dedykowanych do problematyki wielokryterialnego sortowania. Rozpatrywane metody umożliwiają wyznaczenie reprezentatywnej instancji założonego modelu preferencji. Różnią się one jednak co do sposobu jego wyboru, wykorzystując przykładowo pojęcie rozwiązania najbardziej dyskryminującego, centralnego, średniego, skąpego czy odpornego. Co istotne - trzy z rozważanych

podejść zostały zaproponowane po raz pierwszy i stanowią silną kontrybucję metodyczną Doktoranta. Podejścia te zakładają wybór modelu, którego rekomendacje posiadają największe wsparcie w zbiorze wszystkich modeli spójnych z preferencjami decydenta.

W pracy przedstawiono również opis poszczególnych metod, a także studium przypadku ukazujące praktyczne zastosowanie wszystkich procedur do rozwiązania rzeczywistego problemu sortowania. Analizowany obszar praktyczny obejmował analizę miast europejskich pod kątem wdrażania polityki proekologicznej. Ponownie, układ przeprowadzonych eksperymentów zakładał zmierzenie średnich wartości miar odnoszących się do istotnych aspektów jakościowych dostarczanych rekomendacji, takich jak trafność klasyfikacji, odporność uzyskanych rezultatów i ocenę podobieństwa wywiedzionego modelu do jego odpowiednika, który był wykorzystywany do budowy referencyjnych preferencji decydenta.

Rezultaty przeprowadzonych eksperymentów zostały poddane wielowymiarowej analizie, która oprócz identyfikacji najlepszych procedur, oceniła również wpływ złożoności modelu na jakość uzyskanych rekomendacji. Analiza obejmowała problemy o różnej wielkości, utworzone w oparciu o zmienną liczbę: klas decyzyjnych (od 2 do 5), kryteriów (od 3 do 9), punktów charakterystycznych dla funkcji marginalnych (od 2 do 6) oraz referencyjnych przypisań wariantów do klas (od 3 do 10). Procedura generująca reprezentatywną funkcję wartości (wyznaczenie analitycznego centrum hiperwielościenu, reprezentującego przestrzeń wszystkich kompatybilnych rozwiązań) pozwoliła Autorowi na uzyskanie rozwiązań o najwyższej średniej trafnością klasyfikacji. Wykazano jednocześnie, że trzy procedury Autorskie (poszukujące rozwiązania, które najpełniej odzwierciedla najpopularniejsze przypisania do klas) uzyskiwały średnio najbardziej odporne rekomendacje. Istotność zaobserwowanych zależności potwierdzono stosowną analizą statystyczną.

3. Badania nad odpornością rekomendacji i ekspresywnością modeli w podejściach rozwiązujących problemy wielokryterialnego sortowania

Ściśle powiązana z tematyką punktów 1 oraz 2 jest analiza metod wykorzystujących niemonotoniczny charakter preferencji lub też zachodzące między nimi interakcje.

Wykorzystane w punktach 1 oraz 2 metody zakładały addytywny model funkcji wartości (przypomnijmy, że metody UTA oraz UTADIS zakładają monotoniczność preferencji względem poszczególnych kryteriów oraz ich niezależność), a tym samym nie odzwierciedlają złożonych zależności preferencji decydenta. Z drugiej strony istnieją problemy decyzyjne, dla których odzwierciedlenie niemonotonicznego charakteru preferencji lub zachodzących interakcji jest kluczowe. W literaturze przedmiotu istnieją metody zorientowane na rozwiązywanie problemów rankingu rozszerzające model addytywnej funkcji użyteczności o dodatkowe funkcje, reprezentujące interakcje dla par kryteriów oraz wprowadzają możliwość reprezentacji niemonotoniczności preferencji. Autor podjął wysiłek badawczy adaptacji tych metod do rozwiązywania problemów wielokryterialnego sortowania. W części eksperymentalnej porównano podstawową procedurę UTADIS z pięcioma zaproponowanymi metodami, spośród których dwie dotyczyły reprezentacji interakcji, a trzy umożliwiały uwzględnienie niemonotonicznych preferencji. Zbadano kolejno:

- ekspresywność modeli, interpretowaną jako zdolność do odzwierciedlania preferencji decydenta, niezależnie od ich spójności i kompletności,
- odporność dostarczanych rekomendacji i modeli, poprzez zmierzenie ich stabilności i zgodności z wszystkimi kompatybilnymi rozwiązaniami problemu.

Wyniki badań potwierdziły przeciwstawność tych zagadnień – metody budujące rekomendacje w oparciu o bardziej ekspresywne modele, uzyskują niższe rezultaty w kontekście miar jakości, które odnoszą się do ich odporności. Pozwoliło to Autorowi na sformułowanie rekomendacji, aby do rozwiązywania problemów wielokryterialnego sortowania stosować w najpierw metody dostarczające najodporniejszych rekomendacji (np. UTADIS), a w przypadku, gdy wykorzystane procedury nie są w stanie skutecznie odzwierciedlać preferencji decydenta, wykorzystać metody opartych o bardziej ekspresywne modele (podejścia uwzględniające interakcje dla par kryteriów, a na końcu procedury odzwierciedlające niemonotoniczny charakter preferencji).

Proponowany zbiór reguł wspomagających wybór najodporniejszej procedury został zilustrowany praktycznym przykładem problemu sortowania trzydziestu modeli telefonów komórkowych do trzech klas decyzyjnych, w kontekście preferencji dostarczonych przez trzech różnych decydentów.

4. Badania nad algorytmami wspomagającymi uczenie preferencji modelu całki Choquet inspirowane naturą

Ostatnim rozważanym w pracy kierunkiem rozwoju metod wspomagania decyzji jest zagadnienie uczenia preferencji. Celem uczenia preferencji jest uzyskanie modelu skutecznie klasyfikującego alternatywy do preferencyjnie uporządkowanych klas. W rezultacie wykorzystania takich metod powinniśmy pozyskać rozwiązania, które poprawnie reprezentują preferencje wyrażone w oparciu o duże zbiory danych, będąc jednocześnie łatwe do interpretacji i uzasadnienia.

Literatura przedmiotu wskazuje na możliwości wykorzystania modelu całki Choquet w modelach uczenia preferencji. Model całki Choquet wykorzystuje parametry reprezentujące istotność ocen uzyskanych dla określonych podzbiorów kryteriów, powodując, że metoda ta jest zorientowana na odzwierciedlanie interakcji międzykryterialnych (negatywnych i pozytywnych). Tym samym ekspresywność całki Choquet jest znacznie wyższa niż dla mniej rozbudowanego modelu reprezentacji preferencji w metodzie UTADIS. Problemem pozostaje jednak wyznaczenie optymalnych wartości parametrów modelu całki Choquet. Podejścia klasyczne oparte na programowaniu liniowym cechuje duża złożoność obliczeniowa.

Bazując na studiach literaturowych Autor zidentyfikował jednak szereg podejść, które umożliwiają optymalizację parametrów całki Choquet dostarczając satysfakcjonujące rezultaty w bardzo krótkim czasie. W badaniach porównawczych zaproponowano osiem podejść zorientowanych na optymalizację parametrów całki Choquet. W dwóch zaproponowano usprawnienia do sformułowanego problemu programowania liniowego, pozwalające na uzyskanie wartościowych rekomendacji w krótkim czasie. W kolejnych trzech metody implementowały różne strategie oparte na koncepcji lokalnego przeszukiwania przestrzeni rozwiązań. Ostatnie trzy proponowane podejścia oparto na metaheurystykach inspirowanych zjawiskami zachodzącymi w naturze (tutaj: zachowania stadne zwierząt i zjawisko selekcji naturalnej). Przedstawiono studium praktyczne wykorzystujące podejścia autorskie. W badaniach przeprowadzono również bardzo wartościową ewaluację proponowanych podejść. Wykorzystano w tym celu pięciu referencyjnych zestawów danych, w podziale na trzy scenariusze o różnej liczbie informacji preferencyjnych wyrażonych przez decydenta. Wykazano, że najlepsze rezultaty osiągają metaheurystyki inspirowane naturą. Pozwoliło to na sformułowanie wskazań rekomendujących zastosowanie algorytmów, które najdokładniej odzwierciedlały preferencje decydenta.

Podsumowując, doktorant uzyskał bardzo wartościowe wyniki badań w zakresie analizy eksperymentalnej właściwości modeli i metod wielokryterialnego wspomagania decyzji w kontekście

użycia holistycznych preferencji. Kontrybucja Autora do światowej teorii wielokryterialnego wspomagania decyzji oraz praktyki gospodarczej jest niepodważalna. Co warto jeszcze raz podkreślić – opracowano szereg nowych podejść, a w szeregu eksperymentów dokonano nie tylko ich oceny, ale również sformułowano szereg wskazówek do wykorzystania przez analityków w praktyce.

Przypomnę, że dysertacja składa się z czterech prac. Trzy z nich zostały opublikowane w bardzo wartościowych periodykach (czasopisma *Omega* oraz *Knowledge Based Systems*). Szczegółowa analiza każdej z prac (tekstów publikacji oraz bardzo obszernych załączników) skłania mnie do refleksji, że każda z nich stanowi kompletne rozwiązanie oryginalnego i ważnego problemu naukowego, mogąc być każdorazowo podstawą oddzielnej dysertacji. W mojej ocenie, publikacje te stanowią bardzo wartościowe źródło wiedzy dla światowej społeczności naukowej i wierzę, że przełoży się to na międzynarodową rozpoznawalność naukową Doktoranta oraz imponujące ilości cytowań poszczególnych opracowań.

Poprawność

Przedmiotowa dysertacji została opracowana w języku angielskim. Rozprawa doktorska składa się ze spisu publikacji, wstępu, dwóch rozdziałów, zakończenia, bibliografii oraz właściwych tekstów publikacji stanowiących przedmiot recenzowanej dysertacji, streszczenie w języku polskim oraz kopie oświadczeń współautorów. W rozdziale pierwszym przedstawiono podstawy metodyczne wielokryterialnego wspomagania decyzji oraz zarys problematyki dysertacji. W rozdziale drugim ukazano rezultaty przeprowadzonych prac badawczych obejmujących kolejno: badania jakości i odporności procedur dezagregujących preferencje dla problemów wielokryterialnego rankingu i wyboru oraz sortowania, badania nad odpornością rekomendacji i ekspresywnością modeli w podejściach rozwiązujących problemy wielokryterialnego sortowania oraz badania nad algorytmami wspomagającymi uczenie preferencji modelu całki Choquet inspirowane naturą.

Praca została poprawnie przygotowana zarówno ze strony metodycznej, jak też językowej. Układ pracy jest spójny i logiczny. Autor starannie przedstawił wyniki badań. Jak już wskazano w recenzji, wyniki te zostały upublicznione w prestiżowych, branżowych czasopismach międzynarodowych. Tym samym były one każdorazowo przedmiotem bardzo rygorystycznych recenzji przez światowych ekspertów. Stanowi to jednocześnie rękojmię wysokiej jakości i wartości naukowej poszczególnych opracowań. Każdorazowo cykl badawczy jest realizowany podręcznikowo - problem badawczy jest precyzyjnie identyfikowany i uzasadniany z zużyciem aktualnej literatury przedmiotu, jednoznacznie ukazana jest kontrybucja metodyczna oraz wkład praktyczny Autora. Rozważania teoretyczne są poparte wynikami symulacji czy przykładami praktycznymi. Prezentowane wyniki badań są poprawne i przy tym eleganckie.

Całościowo należy zatem uznać, że rozważania przedstawione w ramach rozprawy doktorskiej są prawidłowe, a jakość poszczególnych opracowań jest mojej ocenie referencyjna.

Wiedza kandydata

W następstwie lektury recenzowanej dysertacji mogę jednoznacznie uznać, że wiedza Doktoranta w dyscyplinie *Informatyka techniczna i telekomunikacja* jest na wysokim poziomie. Moją ocenę stanu wiedzy Doktoranta wpływa jakość poszczególnych publikacji stanowiących przedmiot rozprawy – warsztat naukowy doktoranta przedstawiony w każdym opracowaniu daleko wykracza poza zwyczajowe normy dla kandydata do stopnia doktora. Dopełnieniem tej tezy jest zawartość dwóch rozdziałów rozprawy doktorskiej, gdzie w sposób syntetyczny i elegancji zdefiniowano problematykę badań oraz ukazano najważniejsze wyniki. Każdorazowo przegląd literatury, ukazanie luki badawczej oraz propozycje autorskich metod, narzędzi i algorytmów prezentują bardzo zaawansowany i dojrzały

warsztat naukowy podparty wiedzą w zakresie wielokryterialnego wspomagania decyzji, metod sztucznej inteligencji oraz narzędzi i technik informatycznych.

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) moja ocena rozprawy pod względem trzech podstawowych kryteriów jest następująca:

A. Czy rozprawa zawiera oryginalne rozwiązanie problemu 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

Ponadto, biorąc pod uwagę aktualność podjętej problematyki, uzyskane wyniki badań, referencyjny poziom teoretyczny przeprowadzonych dociekań oraz duży potencjał praktyczny uzyskanych rezultatów **rekomenduję wyróżnienie** rozprawy doktorskiej.

Yorokow
Wytróbski

Podpis