

**Ocena dorobku naukowego dr. Marcina Wolskiego
zawierająca recenzję rozprawy habilitacyjnej
pt. *Reprezentacja i przetwarzanie wiedzy w ujęciu zbiorów przybliżonych*
oraz dorobku naukowego nie objętego rozprawą habilitacyjną**

Niniejsza opinia została przygotowana w odpowiedzi na pismo WDF/ /2014 Pani prof. dr hab. Teresy Pękali, Dziekana Wydziału Filozofii i Socjologii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, w związku z powołaniem mnie przez Centralną Komisję do Spraw Stopni i Tytułów na recenzenta w komisji habilitacyjnej dr. Marcina Wolskiego, powołanej w celu przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego dr. Marcina Wolskiego. Moja opinia, przygotowana zgodnie z obowiązującymi przepisami, dotyczy oceny dorobku naukowego dr. Marcina Wolskiego, zatrudnionego obecnie na stanowisku adiunkta w Zakładzie Logiki i Filozofii Nauki na Wydziale Filozofii i Socjologii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. Dr Marcin Wolski uzyskał stopień naukowy doktora z filozofii na Wydziale Filozofii i Socjologii Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie w roku 2003 przedstawiając rozprawę doktorską pt. *Dynamics of Cognitive States and Its Context Logic. Beliefs with Non-Standard Content*. Rozprawa ta została wyróżniona pierwszą nagrodę im. Klemensa Szaniawskiego przyznawaną za najwybitniejsze prace doktorskie w dziedzinie nauk społecznych i humanistycznych, przyznawaną przez Towarzystwo Krzewienia Nauk oraz Fundację Batorego.

Przedmiotem oceny jest przedłożona mi dokumentacja obejmująca:

A. Rozprawę habilitacyjną pt. *Reprezentacja i przetwarzanie wiedzy w ujęciu zbiorów przybliżonych. Analiza operatorów aproksymacji pojęć*, przedstawiona w postaci cyklu ośmiu następujących prac, których jedynym autorem jest dr Marcin Wolski:

1. Marcin Wolski, *Galois connections and data analysis*, Fundamenta Informaticae 60, 401–415 (2004)
2. Marcin Wolski, *Information quanta and approximation operators: once more around the track*. Transactions on Rough Sets 8. Lecture Notes in Computer Science 5084, Springer, 237–250 (2008)

3. Marcin Wolski, *Distance measures induced by finite approximation spaces and approximation operators*. Fundamenta Informaticae 85 (1), 497–512 (2008)
4. Marcin Wolski: *Rough set theory: ontological systems, entailment relations and approximation operators*. Transactions on Rough Sets 10. Lecture Notes in Computer Science 5656, Springer, 1–14 (2009)
5. Marcin Wolski: *Perception and classification. A note on near sets and rough sets*. Fundamenta Informaticae 101 (1-2), 143–155 (2010)
6. Marcin Wolski: *Monadic algebras: a standpoint on rough sets*. Fundamenta Informaticae 108 (3-4), 181–196 (2011)
7. Marcin Wolski: *Incomplete and nondeterministic information systems: object-directed semantics for descriptor languages*. Fundamenta Informaticae 109 (3), 355–368 (2011)
8. Marcin Wolski: *Granular computing: topological and categorical aspects of near and rough set approaches to granulation of knowledge*. Transactions on Rough Sets 16. Lecture Notes in Computer Science 7736, Springer, 34–52 (2013).

B. Autoreferat zawierający:

1. Krótki życiorys naukowy
2. Autoreferat rozprawy habilitacyjnej
3. Wykaz publikacji obejmujących pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze
4. Bibliografię autoreferatu.

Problematyka rozprawy habilitacyjnej i dorobku naukowego po doktoracie

Dr Marcin Wolski po uzyskaniu stopnia doktora prowadzi badania naukowe koncentrujące się wokół problematyki zbiorów przybliżonych. Zbiory przybliżone (ang. *rough sets*) zostały wprowadzone przez Profesora Zdzisława Pawlaka na początku lat osiemdziesiątych ubiegłego stulecia jako podejście do wspomaganie rozwiązywania problemów i podejmowania decyzji w warunkach niepewnej, niedoskonałej, zakłóconej informacji czy też wiedzy. Teoria zbiorów przybliżonych jak i jej zastosowania rozwinęły się w bardzo istotny sposób w ciągu ponad już 30-tu lat od jej powstania. Opublikowanych zostało kilka tysięcy prac w renomowanych czasopismach, w opracowaniach monograficznych oraz w sprawozdaniach z międzynarodowych konferencji odbywających się w Europie, USA, Kanadzie, Japonii, Chinach, Indiach. Na podstawie opracowanych metod powstały setki zastosowań w bardzo

różnorodnych dziedzinach. Początkowa idea zbiorów przybliżonych jest bardzo prosta. Wywodzi się ona od stwierdzenia, że obiekty postrzegane są na podstawie pewnych cech (atrybutów), co prowadzi do nierozróżnialności obiektów charakteryzujących się tymi samymi wartościami cech. Z kolei to powoduje, że pewne zbiory nie są definiowalne przez klasy obiektów nierozróżnialnych tzn. są przybliżone (relatywnie do zbioru cech). Możemy jednak je aproksymować za pomocą zbiorów definiowalnych. Okazuje się, że ta prosta idea stała się punktem wyjścia do bardzo wielu prac teoretycznych pokazujących liczne związki teorii zbiorów przybliżonych z logiką, algebrą czy też topologią ale również sama teoria okazała się bardzo owocna dla wielu zastosowań. Tematyka prowadzonych prac przez dr Marcina Wolskiego wpisuje się w poszukiwanie głębszych podstaw teoretycznych dla metod zbiorów przybliżonych z wykorzystaniem metod logiki, algebry oraz topologii, które w szczególności, pozwoliłyby lepiej scharakteryzować miejsce i rolę zbiorów przybliżonych w stosunku do innych podejść takich jak analiza formalna pojęć Will'ego (ang. *formal concept analysis*), czy też podstawy indukcyjnego rozumowania inspirowanego pracami J. S. Milla oraz F. Bacona. Co więcej tematyka rozprawy ściśle wiąże się z kognitywistyką, np. poprzez problematykę percepcji oraz granulacji informacji i obliczeń granularnych intensywnie badanych i rozwijanych również na gruncie informatyki oraz sztucznej inteligencji. W tym sensie tematyka prac prowadzonych przez dr Marcina Wolskiego ma, w moim przekonaniu ważne znaczenie dla podstaw nauki o poznaniu i komunikacji społecznej. Na przykład, (i) aproksymacyjne rozumienie w komunikacji społecznej wymienianych przez różne jednostki (agentów) pojęć i rozumowań z pewnością wiąże się istotnie z ideami zbiorów przybliżonych, (ii) zbiory przybliżone zaczynają odgrywać istotną rolę w nauce o poznaniu poprzez rozwijane metody interakcyjnych obliczeń granularnych zmierzających do zrozumienia procesów prowadzących od pomiarów sensorycznych do percepcji. Tematyka rozprawy habilitacyjnej dr Marcina Wolskiego może z pewnością być przedmiotem rozprawy habilitacyjnej w nauce o poznaniu i komunikacji społecznej. Z drugiej strony, z uwagi na jej interdyscyplinarność mogłaby być też rozważana jako tematyka rozprawy habilitacyjnej w informatyce. Prowadzone przez niego badania o charakterze podstawowym mieszczą się w dziedzinie o istotnym znaczeniu poznawczym i z pewnością w przyszłości przyniosą również zastosowania praktyczne w projektach interdyscyplinarnych.

Recenzja rozprawy habilitacyjnej

Rozprawa habilitacyjna dr Marcina Wolskiego składa się z ośmiu prac, których habilitant jest jedynym autorem. Prace te zostały opublikowane w czasopismach o zasięgu

międzynarodowym (w tym 5 prac w *Fundamenta Informaticae* z listy filadelfijskiej, 3 prace w *Transactions on Rough Sets*).

Rozprawa habilitacyjna poświęcona jest teoretycznej analizie operatorów aproksymacji w kontekście reprezentacji i przetwarzania wiedzy w ujęciu teorii zbiorów przybliżonych. W kolejnych pracach wchodzących w skład rozprawy analizowane są szczegółowo różne problemy związanych z operatorami aproksymacji. Z punktu widzenia obliczeń granularnych można traktować operatory aproksymacji jako narzędzia pozwalające na tworzenie nowych przestrzeni granul informacji (np. często złożonych, strukturalnych zbiorów obiektów), w których następnie poszukuje się odpowiednich granul do skonstruowania (przybliżonych) rozwiązań rozważanego problemu. W konsekwencji operatory aproksymacji odgrywają również istotną rolę dla podstaw obliczeń granularnych prowadzących od pomiarów sensorycznych do percepcji.

W recenzji ograniczę się do wyliczenia, moim zdaniem, najważniejszych wyników rozprawy z kolejnych prac wchodzących w skład rozprawy.

Należą do nich:

1. Zastosowanie połączeń Galois do porównania zbiorów przybliżonych z formalną analizą pojęć oraz metodami wnioskowania indukcyjnego według Johna Stuarta Milla (ang. *JMS-reasoning*). Uzyskane wyniki nie tylko są interesujące z punktu widzenia teoretycznego porównania tych podejść oraz własności operatorów aproksymacji. Pozwoliły one również pogłębić samą teorię zbiorów przybliżonych (por. np. twierdzenia o kratkach pojęć dla zbiorów przybliżonych i inne własności wyrażające własności operatorów aproksymacji w terminach połączeń Galois).
2. Zastosowanie przestrzeni topologicznych Aleksandrowa oraz porządków specjalizujących do uwidocznienia nowych faktów stojących u podstaw teorii zbiorów przybliżonych oraz wskazanie związków między teorią zbiorów przybliżonych oraz formalną analizą pojęć, trudnych do uchwycenia przy dotychczasowych podejściach. Istotną rolę odgrywają tu algebry Heytinga-Brouwera. Rozważania doprowadziły do opracowania interesującej klasy zbiorów przybliżonych w wersji Heytinga-Brouwera. Operatory z teorii zbiorów przybliżonych zostały zinterpretowane w terminach algebr Heytinga-Brouwera, a operator formalnej analizy pojęć w terminach logiki temporalnej $S4$, poprzez zastosowanie ciekawej translacji Gödlowskiej z logiki intuicjonistycznej do $S4$. Habilitant nawiązuje też do wyników Cecylii Rauszer. Piszę

o tych szczegółach aby również wskazać, że teoria zbiorów przybliżonych dotyka często głębokich problemów logicznych i algebraicznych. Habilitant przyczynił się w istotny sposób do uwidocznienia tych związków, co wymagało opracowania zaawansowanego podejścia. Habilitant wykazał się nie tylko głęboką wiedzą z zakresu logiki i algebry ale również pomysłowością w odkrywaniu nowych, nietrywialnych twierdzeń i ich dowodów.

3. Rozprawa zawiera interesujące wyniki dotyczące metrycznych aspektów teorii zbiorów przybliżonych. W szczególności dokonano porównania dwóch metod generowania topologii metrycznej: (i) w sensie zbiorów przybliżonych Pawlaka oraz (ii) z punktu widzenia połączeń Galois. Za najciekawszy dla teorii zbiorów przybliżonych wynik w tej grupie uważam uogólnienie odległości Marczewskiego-Steinhaus'a na przypadek granulacji informacji występującej w teorii zbiorów przybliżonych z uwzględnieniem przypadków dla dolnej i górnej aproksymacji. Warto tu dodać, że analiza odległości pojęć (zbiorów) ma istotne znaczenie dla granulacji informacji, szerzej dla obliczeń granularnych jako podstawy obliczeń bazujących na percepcji, z uwagi na często występującą konieczność grupowania podobnych (bliskich) pojęć w procesie granulacji informacji, w szczególności, np. przy hierarchicznej granulacji, istotnej w procesie percepcji zmierzającym do zrozumienia postrzeganej sytuacji na podstawie pomiarów sensorycznych.
4. Związki teorii zbiorów przybliżonych z systemami informacyjnymi Scotta sięgają pierwszej połowy lat 80-tych XX wieku, zainspirowane przez Andrzeja Skowrona, były kontynuowane przez Heleną Rasiową i Georga Epsteina a później w wielu pracach przez Dimitera Vakarelova. Habilitant pokazał szereg nowych faktów, w szczególności wyjaśnił jak operatory aproksymacji bazujące na połączeniach Galois są związane z systemami Scotta i dowodzi szereg twierdzeń o relacji konsekwencji dla rozważanych przestrzeni aproksymacyjnych.
5. Bardzo interesujące z punktu widzenia problematyki percepcji przynosi praca 5. Istota tej pracy sprowadza się do wprowadzenia nowych topologii percepcji wyznaczonych przez funkcje próby (ang. *probe functions*) (odpowiadających pomiarom sensorycznym) definiujących percepcję na przestrzeni ilorazowej wyznaczonej przez relacje nierozróżnialności. Prowadzi to operatorów perceptualnych (ang. *perceptual operators*) pozwalających na korektę aproksymacji pojęć w sensie zbiorów przybliżonych. Badania te nawiązują również do ważnego dla dokonania dalszego postępu w zrozumieniu procesu percepcji, modelu interakcyjnego systemu

informacyjnego zamiast modelu statycznego.

6. Kolejna praca przynosi interesujące wyniki dotyczące zbiorów przybliżonych bazujących na niekompletnych systemach informacyjnych i ogólniej dla teorii zbiorów przybliżonych bazujących na dowolnych relacjach binarnych niekoniecznie będących relacjami równoważności. Habilitant pokazuje, że aparat monadycznych algebr boolowskich adekwatny w pierwszym przypadku wymaga uogólnienia, w szczególności prowadzi to do uogólnienia operatorów aproksymacji i konstrukcji nowej topologii, w której operator domknięcia jest kwantyfikatorem. Pokazano, że wprowadzone operatory mogą być zastosowane do wnioskowań indukcyjnych.
7. Habilitant rozszerzył wyniki dotyczące związków teorii zbiorów przybliżonych z logikami modalnymi. W szczególności, w przypadku niepełnych bądź niedeterministycznych systemów informacyjnych wykazuje on na ciekawe związki teorii zbiorów przybliżonych z wielomodalnym systemem Q wprowadzonym przez A. N. Priora. W szerszym sensie dokonał on rozszerzenia odpowiedniości operatorów aproksymacji z logikami modalnymi do słabych systemów modalnych, w przypadku rozważanych uogólnień.
8. Granularność informacji należy niewątpliwie do centralnych aspektów wnioskowań przy niepełnej informacji, w szczególności wnioskowań prowadzących od pomiarów sensorycznych do percepcji. Habilitant jest autorem wartościowych wyników charakteryzujących związki obliczeń granularnych z topologicznymi i teorio kategorijskimi aspektami zbiorów przybliżonych oraz zbiorów przybliżonych. Uzyskał on szereg interesujących wyników o własnościach bogatych struktur matematycznych (topologicznych i bazujących na teorii kategorii) nie zmieniających podstawowej granulacji obiektów. Prowadzi to do możliwości hierarchicznej granulacji.

Moje uwagi krytyczne odnoszą się do autoreferatu. Zabrakło mi, szczególnie w autoreferacie, komentarzy szerzej wyjaśniających intuicje prowadzonych rozważań. Habilitant użył jedynie sformalizowanego języka matematyki, a przecież ważne intuicje tego co robi winny być dostępne szerszemu gremium, niekoniecznie specjalistów w zaawansowanych działach matematyki. Ponadto habilitant pozostawił recenzentom umiejscowienie dorobku w dyscyplinie nauki o poznaniu i komunikacji społecznej, co jest z pewnością wadą autoreferatu. Te braki nie wpływają na moją jednoznacznie pozytywną ocenę rozprawy habilitacyjnej.

Nie ulega dla mnie wątpliwości, że przedstawione w rozprawie habilitacyjnej dr Marcina Wolskiego wyniki spełniają wszelkie zwyczajowe i wynikające z odpowiednich przepisów wymagania stawiane rozprawom habilitacyjnym. Uzyskane wyniki uważam za wartościowe, oryginalne, w istotny sposób rozszerzają one nie tylko teorię zbiorów przybliżonych ale otwierają perspektywy zastosowań dla wnioskowań bazujących na percepcji i granulacji informacji, w szerszym sensie dla podstaw kognitywistyki, a więc też w nauce o poznaniu oraz komunikacji społecznej. Ponadto uważam, że recenzowana rozprawa należy do wyróżniających się (mieści się w 25% najlepszych prac jakie na przestrzeni wielu lat miałem okazję recenzować).

Ocena dorobku naukowego

Dr Marcin Wolski jest autorem 24 publikacji naukowych. Osiem z tych prac stanowi rozprawa habilitacyjna. Szereg z tych prac zostało opublikowanych a czasopiśmie *Fundamenta Informaticae* z listy filadelfijskiej. *Journal Citation Reports Impact Factor* wynosi 5.268. *Index Hirscha* w Web of Science dla praca dr Marcina Wolskiego wynosi 4. Web of Science odnotowuje 34 cytowania do jego prac. Baza informatyczna dblp podaje blisko 30 prac (w tym redakcje tomów i zeszytów specjalnych czasopism), baza scopus odnotowuje około 20 prac dr Wolskiego, przy czym najbardziej cytowana praca jest praca wymieniona jako pierwsza w cyklu prac wchodzących w skład rozprawy habilitacyjnej, a liczba cytowań wynosi 39. Google Scholar dla tej najbardziej cytowanej pracy odnotowuje 29 cytowań i wymienia jeszcze szereg innych prac dr Marcina Wolskiego z liczbą cytowań większą niż 10.

Z wyników zawartych w pracach nie objętych rozprawą habilitacyjną chciałbym zwrócić szczególną uwagę na:

- (i) Wartościowy cykl wyników związanych z problematyką zbiorów bliskich (ang. *near sets*) i ich związków ze zbiorami przybliżonymi. Wyniki te w bezpośredni sposób nawiązują do zagadnień percepcji i przynoszą interesujące wyniki.
- (ii) Wartościowy cykl wyników o wnioskowania aproksymacyjnych i indukcyjnych, w szczególności wyniki o wnioskowaniach o zmianach - tematyka mająca duże znaczenia mające znaczenie dla zastosowań.
- (iii) Charakterystyka pojęć nieostrych (ang. *vague concepts*) przedstawiająca podejście do aproksymacji zbiorów nieostrych z perspektywy teorii zbiorów przybliżonych i jej

zastosowań w kontekście bogatej dyskusji filozoficznej o tych pojęciach.

(iv) Wyniki zawarte w pracach (wspólnych z dr hab. Anna Gomolińską) o nowych miarach bliskości (w stopniu) pojęć, topologicznych aspektach bliskości pojęć, związkach bliskości z proximity, związkach zbiorów przybliżonych z systemami informacyjnymi Scotta oraz związkach systemów informacyjnych w sensie Pawlaka z algebrami incydencji, w poszukiwaniu rozszerzenia zbiorów przybliżonych o interakcje.

Dorobek naukowy dr Marcina Wolskiego poza habilitacją nie jest imponujący ale solidny i uważam go za wystarczający. Wszystkie jego prace wskazują na to, że w poszukiwaniu podstaw dla granulacja informacji obliczeń granularnych oraz zagadnień związanych z percepcją wskazuje on na głębsze związki teorii zbiorów przybliżonych z zaawansowanymi działami matematyki takimi jak algebra, logika czy topologia.

Dr Wolski referował swe wyniki na ponad 20-tu międzynarodowych konferencjach naukowych. Jego prace zyskały sobie uznanie międzynarodowego środowiska naukowego. Dowodem tego jest to, że jest on powoływany do komitetów programowych (ponad 10 razy jako członek komitetu programowego, a ostatnio również jako współprzewodniczący komitetów programowych) międzynarodowych konferencji i warsztatów oraz jako recenzent prac naukowych w czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Jest on również członkiem komitetu redakcyjnego czasopisma *Transactions on Rough Sets* (Springer). Był redaktorem szeregu zeszytów czasopism naukowych o międzynarodowym zasięgu. Od lat bierze on stały i aktywny udział w seminarium badawczym *Wnioskowania aproksymacyjne* prowadzonym na Wydziale MIMUW. Brał on również udział w projekcie badawczym NCN *Obliczenia interakcyjne w odkrywaniu wiedzy ze złożonych danych* realizowanym w zespole MIMUW pod kierunkiem prof. Hung Son Nguyena.

Konkluzja końcowa

Uważam, że zarówno rozprawa habilitacyjna jak i dorobek naukowy dr Marcina Wolskiego nie objęty rozprawa habilitacyjną w pełni spełniają wymogi o stopniach i tytule naukowym doktora habilitowanego. Bez żadnych zastrzeżeń popieram wnioski o nadanie panu dr Marcinowi Wolskiemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk społecznych, w dyscyplinie nauki o poznaniu i komunikacji społecznej.

Aneluzi Szwarc