

Autoreferat

oraz dodatkowe informacje
o osiągnięciach i aktywności naukowej habilitanta

Piotr Prokopowicz

Kwiecień 2019

Spis treści

1. Imię i Nazwisko.....	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.....	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	3
4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U.2016 poz. 882 ze zm. W Dz. U. z 2016 poz. 1311.):.....	3
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego.....	3
4.2. Wykaz monotematycznych publikacji wchodzących w skład osiągnięcia z wykazaniem procentowego udziału autorów.....	3
4.3. Charakterystyka prac związanych z przedstawionym osiągnięciem.....	4
4.3.1. Opis ogólny.....	4
4.3.2. Tematyczne pogrupowanie prac składających się na osiągnięcie.....	4
4.4. Omówienie osiągnięcia naukowego.....	6
4.4.1. Wprowadzenie.....	6
4.4.2. Skierowane Liczby Rozmyte (ang. <i>Ordered Fuzzy Numbers</i> – skr. OFN).....	6
4.4.3. Modelowanie i przetwarzanie trendu.....	7
4.4.4. System rozmyty wrażliwy na skierowanie.....	8
4.4.4.1. Postulat ‘Wrażliwości na skierowanie’.....	8
4.4.4.2. System rozmyty uwzględniający skierowanie.....	8
4.4.5. Zastosowania systemów wrażliwych na skierowanie.....	10
5.1. Wskaźniki bibliometryczne i identyfikatory naukowe.....	12
5.2. Ogólna charakterystyka działalności naukowo-badawczej.....	12
5.3. Aktywność naukowa inna niż pisanie publikacji.....	12
5.4. Wyróżnienia i nagrody.....	13
5.5. Działalność dydaktyczna.....	13
5.6. Współpraca z instytucjami, organizacjami i towarzystwami naukowymi w kraju i za granicą.....	13
5.7. Aktywność związana z zastosowaniami praktycznymi wyników badań oraz działalność popularyzująca naukę.....	14
5.8. Tabela ważniejszych osiągnięć.....	15

1. Imię i Nazwisko

Piotr Prokopowicz

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

Dyplom licencjata: Uniwersytet Warszawski – filia w Białymstoku, 1997

Dyplom magistra: Wyższa Szkoła Pedagogiczna w Bydgoszczy – obecnie Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, 1999

Dyplom doktora: Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, 2005

Doktorat z wyróżnieniem, tytuł: „Algorytmizacja działań na liczbach rozmytych i jej zastosowania”, promotor: prof. dr. hab. Witold Kosiński.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.

1999-2005: Wyższa Szkoła Pedagogiczna w Bydgoszczy (obecnie: Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy) - asystent

2005 – obecnie: Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy (UKW) – adiunkt

2007 – 2009: Wyższa Szkoła Gospodarki w Bydgoszczy – adiunkt

2011 – 2013: Kujawsko Pomorska Szkoła Wyższa w Bydgoszczy – adiunkt

2014 – 2016: Kierownik Zakładu Baz Danych i Inteligencji Obliczeniowej w Instytucie Mechaniki i Informatyki Stosowanej UKW w Bydgoszczy

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U.2016 poz. 882 ze zm. W Dz. U. z 2016 poz. 1311.):

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego.

„Modelowanie i przetwarzanie danych nieprecyzyjnych zawierających informację o trendzie.”

4.2. Wykaz monotematycznych publikacji wchodzących w skład osiągnięcia z wykazaniem procentowego udziału autorów.

Publikacje tematyczne

1. **Prokopowicz P. (80%)**, Pedrycz W.(20%) (2015): The Directed Compatibility Between Ordered Fuzzy Numbers - A Base Tool for a Direction Sensitive Fuzzy Information Processing. In: Rutkowski, L., Korytkowski, M., Scherer, R., Tadeusiewicz, R., Zadeh, L.A., Zurada, J.M. (eds.) Proc. of ICAISC 2015, Part I LNAI, vol. 9119 pp. 249-259. Springer International Publishing Switzerland (2015)
2. **Prokopowicz P. (100%)** (2016) The Directed Inference for the Kosinski's Fuzzy Number Model. In: Ajith, A., Wegrzyn-Wolska, K., Hassanien, E.A., Snasel, V., Alimi, M.A.(eds). Proc. of AECIA 2015, Advances in

- Intelligent Systems and Computing, vol. 427, pp. 493-503, Springer International Publishing Switzerland (2016)
3. **Prokopowicz P.(100%)** (2017) Processing Direction with Ordered Fuzzy Numbers. In: Prokopowicz P., Czerniak J., Mikołajewski D., Apiecionek Ł., Ślęzak D. (eds) Theory and Applications of Ordered Fuzzy Numbers. Studies in Fuzziness and Soft Computing, vol 356. Springer, Cham
 4. **Prokopowicz P.(60%)**, Mikołajewski D.(40%) (2017) OFN-Based Brain Function Modeling. In: Prokopowicz P., Czerniak J., Mikołajewski D., Apiecionek Ł., Ślęzak D. (eds) Theory and Applications of Ordered Fuzzy Numbers. Studies in Fuzziness and Soft Computing, vol 356. Springer, Cham
 5. **Prokopowicz P.(70%)**, Mikołajewski D.(10%), Mikołajewska E.(10%), Tyburek K.(10%) (2017) Modeling Trends in the Hierarchical Fuzzy System for Multi-criteria Evaluation of Medical Data. In: Kacprzyk J., Szmidt E., Zadrożny S., Atanassov K., Krawczak M. (eds) Advances in Fuzzy Logic and Technology 2017. IWIFSGN 2017, EUSFLAT 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 643. Springer, Cham
 6. **Prokopowicz P. (100%)** (2016) Analysis of the Changes in Processes Using the Kosinski's Fuzzy Numbers, Proceedings of the 2016 Federated Conference on Computer Science and Information Systems, M. Ganzha, L. Maciaszek, M. Paprzycki (eds). ACSIS, Vol. 8, pages 121–128, DOI: <http://dx.doi.org/10.15439/2016F140>, (2016)
 7. **Prokopowicz P. (100%)** (2019), The use of Ordered Fuzzy Numbers for modelling changes in dynamic processes, Information Sciences, 470 (2019), pp.1-14, ISSN 0020-0255, <https://doi.org/10.1016/j.ins.2018.08.045>.

4.3. Charakterystyka prac związanych z przedstawionym osiągnięciem

4.3.1. Opis ogólny

Prezentowanym osiągnięciem jest zbiór publikacji tworzących spójny cykl przedstawiający założenia, opracowanie oraz potencjał zastosowania w praktyce, metod pozwalających na modelowanie i przetwarzanie danych ilościowych wyrażonych lingwistycznie, zawierających dodatkowo informację o trendzie zmian.

Przedstawione metody przetwarzania, stanowią propozycję kompleksowej realizacji systemu rozmytego, opartego na powstałym kilkanaście lat temu modelu Skierowanych Liczb Rozmytych (ang. Ordered Fuzzy Numbers).

Zasadniczą i specyficzną własnością systemu nowego typu jest 'wrażliwość na skierowanie'. Oznacza to, że zaproponowane metody uwzględniają modelowany trend i mogą generować inne wyniki w przypadku jego zmiany. Jednocześnie zachowana jest jedna z głównych zalet systemów rozmytych, czyli możliwość intuicyjnego lingwistycznego opisu reguł.

4.3.2. Tematyczne pogrupowanie prac składających się na osiągnięcie.

Opracowanie metod systemu rozmytego wrażliwego na trend/skierowanie bazującego na modelu Skierowanych Liczb Rozmytych przedstawione jest w publikacjach:

1. Prokopowicz P., Pedrycz W. (2015): The Directed Compatibility Between Ordered Fuzzy Numbers - A Base Tool for a Direction Sensitive Fuzzy Information Processing. In: Rutkowski, L., Korytkowski, M., Scherer, R., Tadeusiewicz, R., Zadeh, L.A., Zurada, J.M. (eds.) Proc. of ICAISC 2015, Part I LNAI, vol. 9119 pp. 249-259. Springer International Publishing Switzerland (2015),
2. Prokopowicz P. (2016) The Directed Inference for the Kosinski's Fuzzy Number Model. In: Ajith, A., Wegrzyn-Wolska, K., Hassaniien, E.A., Snasel, V., Alimi, M.A. (eds). Proc. of AECIA 2015, Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 427, pp. 493-503, Springer International Publishing Switzerland (2016),
3. Prokopowicz P. (2017) Processing Direction with Ordered Fuzzy Numbers. In: Prokopowicz P., Czerniak J., Mikołajewski D., Apiecionek Ł., Ślęzak D. (eds) Theory and Applications of Ordered Fuzzy Numbers. Studies in Fuzziness and Soft Computing, vol 356. Springer, Cham

Kolejną ważną częścią osiągnięcia jest omówienie potencjału zastosowania zaprezentowanych metod w różnorodnych problemach. Systemy wrażliwe na skierowanie pozwalają pełniej modelować wybrane zagadnienia co zostało przedstawione w publikacjach:

4. Prokopowicz P., Mikołajewski D. (2017) OFN-Based Brain Function Modeling. In: Prokopowicz P., Czerniak J., Mikołajewski D., Apiecionek Ł., Ślęzak D. (eds) Theory and Applications of Ordered Fuzzy Numbers. Studies in Fuzziness and Soft Computing, vol 356. Springer, Cham
5. Prokopowicz P., Mikołajewski D., Mikołajewska E., Tyburek K. (2017) Modeling Trends in the Hierarchical Fuzzy System for Multi-criteria Evaluation of Medical Data. In: Kacprzyk J., Szmidt E., Zadrozny S., Atanassov K., Krawczak M. (eds) Advances in Fuzzy Logic and Technology 2017. IWIFSGN 2017, EUSFLAT 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 643. Springer, Cham

Warto zauważyć, że druga z wyżej wymienionych publikacji prezentuje hierarchiczny system rozmyty wykorzystany w wielokryterialnej ewaluacji danych medycznych. Specyfiką zaproponowanego tam modelu jest połączenie zalet klasycznych systemów rozmytych z zaletami systemów opartych na Skierowanych Liczbach Rozmytych.

Należy podkreślić, iż we wspomnianej publikacji, wykazana została praktyczna efektywność nowych metod. Do stworzenia modelu ewaluacji wykorzystano preferencje związane z trendem. Założenia te znalazły potwierdzenie w wynikach uzyskiwanych dla konkretnych danych medycznych.

Aby przetwarzać trend należy go wpierw opisać w modelu. Wykorzystanie w tym celu Skierowanych Liczb Rozmytych jest nowym zagadnieniem naukowym. Dlatego, całokształt osiągnięcia dopełniają publikacje:

6. Prokopowicz P. (100%) (2016) Analysis of the Changes in Processes Using the Kosinski's Fuzzy Numbers, Proceedings of the 2016 Federated Conference on Computer Science and Information Systems, M. Ganzha, L. Maciaszek, M. Paprzycki (eds). ACSIS, Vol. 8, pages 121–128, DOI: <http://dx.doi.org/10.15439/2016F140>, (2016)
7. Prokopowicz P. (100%) (2018), (2019), The use of Ordered Fuzzy Numbers for modelling changes in dynamic processes, Information Sciences, 470 (2019), pp.1-14, ISSN 0020-0255, <https://doi.org/10.1016/j.ins.2018.08.045>.

Powyższe pozycje prezentują przystępnie konstruowanie Skierowanych Liczb Rozmytych z wykorzystaniem trendu oraz ich przydatność w modelowaniu przykładowego uproszczonego procesu, gdzie kierunek zmian ma istotne znaczenie.

Warto zauważyć, że choć te dwie publikacje są wymienione na końcu, to mogą także stanowić początek całego cyklu, gdyż modelowanie trendu przy pomocy Skierowanych Liczb Rozmytych stanowi bazę koncepcyjną do opracowania metod wrażliwych na skierowanie.

Należy też wyjaśnić, że obydwie publikacje są ze sobą ściśle powiązane. Pierwsza z nich jest dołączona do osiągnięcia z racji daty wydania, by podkreślić, iż te idee nie zostały opracowane na końcu. Przeciwnie, towarzyszyły powstawaniu pozostałych

składowych osiągnięcia i wpływały na formułowanie propozycji opisujących nowy rodzaj systemów rozmytych jak też ich zastosowania.

W dalszej części autoreferatu omówione zostaną poszczególne składowe osiągnięcia.

4.4. Omówienie osiągnięcia naukowego

4.4.1. Wprowadzenie

Analiza danych nieprecyzyjnych, to jedno z ważnych wyzwań stojących przed metodami Inteligencji Obliczeniowej. Bardzo wiele obszarów badawczych dotyka tego zagadnienia, pojawiają się też nowe jak: text analysis, opinion mining, natural language processing etc.

Wyodrębniona została również prężnie rozwijająca się teoria 'granular computing', która skupia różne zagadnienia związane z podziałem wiedzy na tzw. granule informacji oraz ich przetwarzanie.

Na poziomie podstawowym, dużym problemem w modelowaniu nieprecyzyjności jest jej wielorakość i trudne do formalnego zdefiniowania założenia. Możemy mówić o niedokładności, niepewności, wieloznaczności, możliwości, przypadkowości. Każde z tych pojęć ma swoją specyfikę oraz nieco inne intuicyjne rozumienie. Ponadto, również przyczyny nieprecyzyjności mogą być różne np.: dokładność urządzeń pomiarowych, zmienność obserwowanych zjawisk, czy też błędy człowieka. Aby jak najskuteczniej reprezentować i przetwarzać tego typu dane potrzebne są różnorodne narzędzia formalne, aby trafnie i zgodnie z intuicją modelowały różne warianty niedokładności.

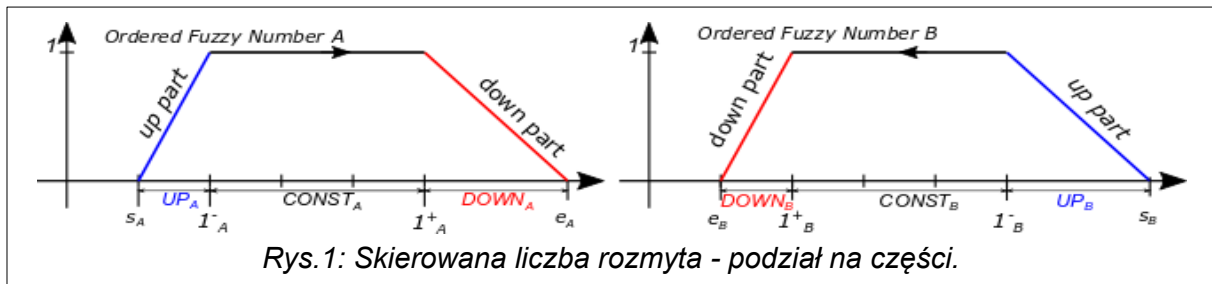
Takim narzędziem są metody zaproponowane w pracach składających się na osiągnięcie. Bazują one na modelu Skierowanych Liczb Rozmytych. Model ten został zaproponowany w 2003 roku jako alternatywny dla klasycznych liczb rozmytych mechanizm obliczeniowy. Jego celem było przezwyciężenie problemów rachunkowych. Przede wszystkim nadmiernego rozmywania/rozszerzania się wyników, które występowało zwykle już po kilku działaniach arytmetycznych.

Skierowane Liczby Rozmyte zachowują podobieństwo w obszarze zastosowań do liczb rozmytych Zadeha. Dodatkowo, wprowadzają nową własność: kierunek. Dzięki uwzględnieniu owego kierunku przy realizacji działań arytmetycznych, otrzymujemy prosty i przejrzysty mechanizm obliczeniowy nie obciążony wspomnianymi wcześniej problemami.

4.4.2. Skierowane Liczby Rozmyte (ang. *Ordered Fuzzy Numbers* – skr. OFN)

Aby pełniej opisać treść osiągnięcia należy przypomnieć wybrane nazewnictwo specyficzne dla Skierowanych Liczb Rozmytych. Jednocześnie sam model nie stanowi osiągnięcia, więc jego szczegółowa prezentacja tu nie ma uzasadnienia¹. Ponieważ kierunek liczby rozmytej jest niezależny od wartości na osi, zamiast o lewym i prawym brzegu rozmytym możemy mówić o początkowym i końcowym brzegu rozmytym. Nazywane one są odpowiednio 'część up' (up part) i 'część down' (down part). Rysunek poniżej (rys.1) pokazuje dwie Skierowane Liczby Rozmyte różniące się jedynie kierunkiem/orientacją.

¹ Szczegółowy opis modelu Skierowanych Liczb Rozmytych jest przedstawiony w dostępnej na zasadzie OpenAccess monografii wieloautorskiej: Prokopowicz Piotr, et al(eds). *Theory and Applications of Ordered Fuzzy Numbers: a Tribute to Professor Witold Kosiński*. Springer Open,2017,doi:10.1007/978-3-319-59614-3



Rys. 1: Skierowana liczba rozmyta - podział na części.

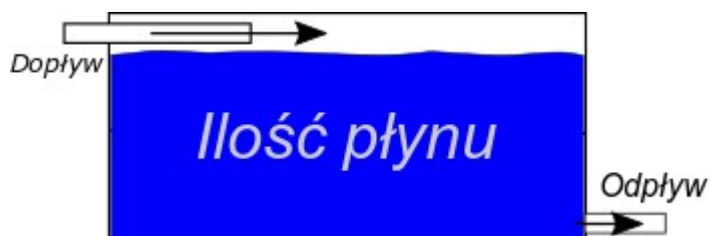
4.4.3. Modelowanie i przetwarzanie trendu

(dotyczy publikacji nr 6 i 7 z osiągnięcia)

W opisywaniu otaczającego nas świata klasyczne liczby rozmyte (zaproponowane przez Zadeha) są narzędziem służącym do modelowania nieprecyzyjności o charakterze ilościowym. Dwie popularne metody realizacji podstawowych obliczeń to zasada rozszerzania Zadeha oraz arytmetyka przedziałowa (poprzez alfa-przekroje). W obydwu przypadkach zwykle już po kilku działaniach otrzymujemy liczby rozmyte o szerokim nośniku co utrudnia ich praktyczne wykorzystanie. Jest to jednak właściwe i zgodne z intuicją, gdy oczekujemy, iż nieprecyzyjność ma charakter kumulacyjny.

Są jednak sytuacje, gdy takie podejście wydaje się zbyt dużym uogólnieniem. Szczególnie w przypadku analizy procesów, które w sposób jednoznaczny są przeciwstawne.

Dobrym przykładem może być tu zbiornik z wodą, który ma dynamicznie zmienny dopływ i odpływ (rys.2). Jeśli obserwujemy/analizujemy sumaryczny poziom wody w zbiorniku i mamy nieprecyzyjne dane o zwiększaniu się dopływu i odpływu, to możemy oczekiwać, iż nieprecyzyjności o charakterze przeciwnym będą się znosić. Ostatecznie, jeśli odpływ i dopływ są takie same, to mimo zmian, poziom wody w zbiorniku jest stały.



Rys. 2: Zbiornik z dopływem i odpływem

Powyższy przykład można uogólnić i przenieść na większość sytuacji, w których analizujemy bilans zysków i strat. Ważnym czynnikiem jest tu kierunek zmian, którego pominięcie prowadzi do istotnego zubożenia modelu. Dlatego w takich przypadkach dobrym narzędziem jest model OFN (i metody proponowane w osiągnięciu), który pozwala opisywać ten istotny składnik informacji.

Jak już wcześniej wspomniano, istnieje wiele źródeł niedokładności/nieprecyzyjności. Nie w każdym z nich trend zmian jest istotnym składnikiem. Dlatego, przy każdym problemie należy zrobić uważną analizę zanim dobierze się właściwe narzędzie. Gdy modelujemy sytuację mało zmienną, zbiory rozmyte Zadeha i narzędzia z nimi związane jak np. system rozmyty są właściwym wyborem. Jednak, gdy mamy do czynienia z sytuacją zmienną, gdzie owa zmienność jest ważnym czynnikiem, warto skorzystać z rozwiązań proponowanych w osiągnięciu.

4.4.4. System rozmyty wrażliwy na skierowanie (dotyczy publikacji nr 1,2 i 3 z osiągnięcia)

4.4.4.1. Postulat 'Wrażliwości na skierowanie'

Metody zaproponowane w cyklu składającym się na osiągnięcie bazują na modelu OFN. Obok dobrych własności arytmetycznych, model ten może być wykorzystany do opisanego bardziej złożonych informacji niż tylko nieprecyzyjna liczba.

Jedną z praktycznych interpretacji kierunku jest upływający czas. W takim przypadku potencjał modelu OFN w opisie informacji nieprecyzyjnej pozwala na modelowanie trendu wyrażonego lingwistycznie np. „temperatura wynosi około 20st C i rośnie”. Wprowadza to nowe możliwości w przetwarzaniu danych nieprecyzyjnych.

Systemy rozmyte są jednym z podstawowych narzędzi bazujących na zbiorach rozmytych. W przypadku gdy taki system przetwarza dane ilościowe, czyli liczby rozmyte, nie ma większych przeszkód, by zastosować w ich miejsce model OFN. Takie rozwiązanie pozwoli wykorzystać zalety elastycznej arytmetyki do wyliczania danych wejściowych na podstawie formuł matematycznych (o ile takie obliczenia są potrzebne). Jednak w procesie przetwarzania danych informacja o skierowaniu zostanie pominięta. Dlatego, aby w pełni wykorzystywać potencjał modelu OFN potrzebne są nowe metody.

Metody prezentowane w osiągnięciu bazują na postulacie sformułowanym poniżej.

POSTULAT

Metoda/algorytm jest 'wrażliwa na skierowanie' jeśli zmiana wyłącznie kierunku co najmniej jednej z przetwarzanych Skierowanych Liczb Rozmytych może wpłynąć na zmianę wyniku.

Mamy tu, uzależnienie zmiany wyników w przypadku zmiany kierunku tylko jednej składowej, a nie większej ich liczby. Ma to uzasadnienie w odniesieniu do wielu codziennych obserwacji. Można zauważyć, że w sytuacjach uwzględniających trend, często bywa, iż zmiana kierunku dwóch obiektów nie powinna koniecznie prowadzić do zmiany wyników. Dobrym przykładem jest tu para reguł:

JEŻELI prędkość maleje TO bezpieczeństwo rośnie,

JEŻELI prędkość rośnie TO bezpieczeństwo maleje.

Różnią się one zmianą kierunku obydwu składowych, jednak intuicja stojąca za każdą z tych reguł jest taka sama i wynikowe 'bezpieczeństwo' powinno to odzwierciedlać.

Postulowanie o możliwość zmiany, a nie o zmianę wiąże się z kolei z interpretacją liczb rozmytych oraz ich konstrukcją. W przypadkach, gdy liczby rozmyte reprezentują wartości (lub przedziały) ostre np. tzw. singletony, wówczas, mimo że formalnie takie obiekty posiadają kierunek, to jednak nie reprezentują trendu, więc jego zmiana nie powinna wprowadzać różnicy w wyniku.

4.4.4.2. System rozmyty uwzględniający skierowanie

W systemach rozmytych opartych na regułach jeżeli-to, elementarną funkcję pełni zdania/stwierdzenia 'A jest B'. Ich prawdziwość (lub stopień spełnienia) określana jest wartością z przedziału [0;1], gdzie dolna granica oznacza fałsz zaś górna prawdę (absolutną). Określenie wyniku 'A jest B' nazywane jest kompatybilnością (czasem też podobieństwem).

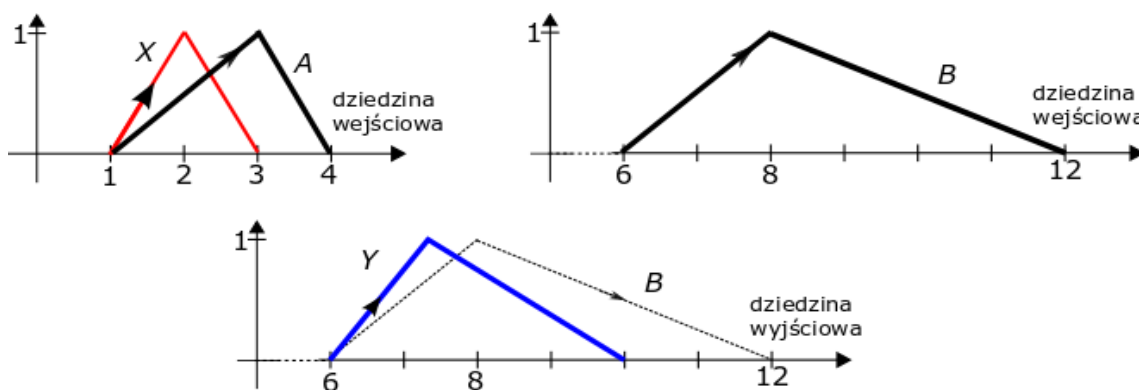
W nowym rodzaju systemu rozmytego gdzie A i B to obiekty OFN, wynikiem obliczania kompatybilności są dwie wartości. Obok stopnia prawdy zastosowano dodatkowy współczynnik nazwany 'wyznacznikiem kierunku' (ang. direction determinant). Jest to wartość funkcji, która przypisuje elementom nośnika OFN liczby z zakresu [-1,1]. Liczby ujemne oznaczają tu przynależność do części up (brzeg rozmyty początkowy – patrz rys.1.), zaś liczby dodatnie przynależność do części down. Jednocześnie wyznacznik

kierunku równy zero oznacza, że wynik zawiera się w części *CONST* (odpowiednik jądra w liczbach rozmytych Zadeha).

Zdanie 'A jest B' jest podstawową formą przesłanki w regułach jeżeli-to. W oparciu o jej wynik w osiągnięciu zaproponowano operator wnioskowania wykorzystujący dobre własności arytmetyki modelu OFN. Jednocześnie uwzględnia on wyznacznik kierunku, uzyskany w przesłance. Tym samym procedura wnioskowania uzyskuje wrażliwość na skierowanie.

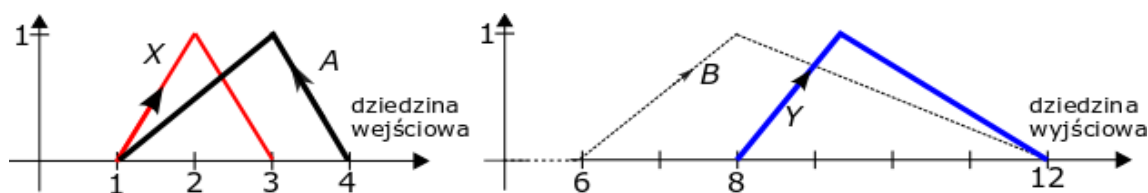
Mechanizm działania owej procedury obrazuje przykład na rysunkach 2 i 3. Obydwa dotyczą reguły typu: *JEŻELI x jest A TO y jest B*. Obiekty A i B są częścią reguły, natomiast X jest wielkością wejściową wprowadzoną do reguły. Z kolei Y to wynik wnioskowania. W pokazanym przykładzie mamy sytuację, w której wielkość wejściowa nie jest identyczna z wartością wzorcową z części przyczynowej reguły. Jednakże jest z nią kompatybilna w pewnym stopniu.

Rysunek 3 przedstawia wariant, w którym X ma część wspólną z A po stronie części up (część początkowa OFN). Jak widać, wynik Y jest przesunięty względem B w kierunku części up.



Rys.3: Przykład gdy X zawiera się w części up przesłanki reguły.

Gdy przyjrzymy się rysunkowi 4, zauważymy, iż w tym wariacie został zmieniony kierunek liczby A. Poza tym reszta jest taka sama jak w poprzednim przypadku (na rys.3). Widzimy tu też, że wynik wnioskowania również się zmienił i jest przesunięty w kierunku części down liczby B z części skutkowej reguły. W efekcie uzyskujemy zmianę wyniku, gdy jeden obiekt OFN zmienił tylko i wyłącznie kierunek.



Rys.4: Przykład gdy X zawiera się w części down przesłanki reguły.

Warto podkreślić, że uzyskana zmiana jest zgodna z intuicją skierowania. Jest przesunięta w kierunku tej części (części up lub down), w której zachodziła kompatybilność.

Ponadto, należy jeszcze zwrócić uwagę na pewną specyficzną własność rozwiązań proponowanych w osiągnięciu. Zaczniemy od tego, iż w typowych systemach rozmytych zwykle na wejściu są liczby rozmyte (często trójkątne lub singletony). Również w opisie zmiennych lingwistycznych używane są często liczby trójkątne lub trapezowe. Jednak w trakcie przetwarzania, na poszczególnych etapach, otrzymujemy zbiory rozmyte, których funkcja przynależności jest efektem różnych przekształceń. W efekcie, traci własności pozwalające interpretować ją w kontekście ilościowym (czyli jako liczbę rozmytą).

Natomiast ciekawą specyfiką rozwiązań opartych na modelu OFN jest to, iż po każdym kroku przetwarzania (wnioski pojedynczych reguł, agregacja wniosków do odpowiedzi rozmytej systemu) dysponujemy pełnoprawną Skierowaną Liczbą Rozmytą, którą możemy interpretować zgodnie z założeniami. Wiąże się to z tym, iż proponowane metody wykorzystują swobodę i elastyczność arytmetyki modelu OFN.

To otwiera nowe możliwości dla przyszłych badań. Poszczególne wartości pośrednie mogą być niezależnie interpretowane i analizowane jako dodatkowe źródło informacji charakteryzujące system rozmyty, a także modelowany proces.

4.4.5. Zastosowania systemów wrażliwych na skierowanie (dotyczy publikacji nr 4 i 5 z osiągnięcia)

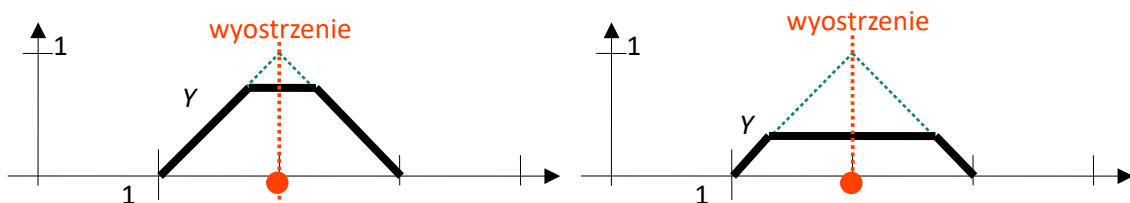
Uwzględnianie trendu w mechanizmach przetwarzania informacji w postaci systemu rozmytego wrażliwego na skierowanie ma potencjał zastosowania w bardzo różnych sytuacjach. Przede wszystkim, obok możliwości modelowania informacji zawierającej trend, zachowujemy również ogólne zalety systemów rozmytych. Czyli łatwość i intuicyjność bazy reguł, którą można opisać lingwistycznie.

Pierwszym z przykładów zastosowania jest teoretyczny model adaptacji współczynnika uczenia w obliczeniach modyfikacji wag sztucznych neuronów. W rozwiązaniu z użyciem typowego systemu rozmytego bazującego na zbiorach rozmytych Zadeha potrzebne są dwie reguły:

JEŻELI 'zmiana wag była mała' TO 'współczynnik uczenia jest niski',

JEŻELI 'zmiana wag była duża' TO 'współczynnik uczenia jest wysoki'.

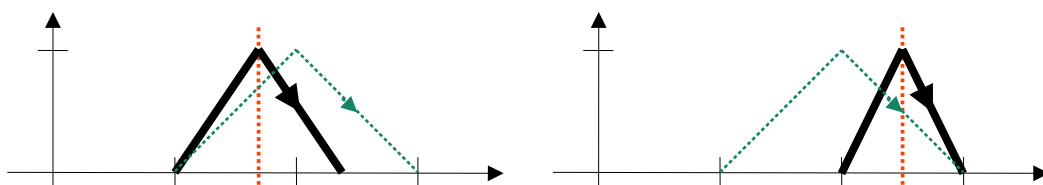
Zwróćmy teraz uwagę na popularnie wykorzystywane mechanizmy w systemach rozmytych. Jeśli przeanalizujemy działanie pojedynczej reguły rozmytej, w której wykorzystano powszechne rozwiązania to jej działanie jest mało elastyczne. W przykładzie na rys.5. (wyniki operatora wnioskowania MIN) widzimy, że jeśli w części skutkowej mamy symetryczną liczbę (dość częsty przypadek), to przy metodzie wyostrażania środka maksimum (MOM – middle of maxima) rezultat nie zmienia się bez względu na stopień aktywacji danej reguły (podobnie będzie też dla COG – center of gravity). By uzyskać większą elastyczność wyników potrzebujemy zestawienia wniosków z co najmniej dwóch różnych reguł.



Rys.5: Efekty operatora wnioskowania MIN oraz wyostrażania MOM dla pojedynczej reguły.

Natomiast bazując na modelu OFN, można zaproponować jedną regułę:

JEŻELI 'zmiana wag jest średnia i maleje' TO 'współczynnik uczenia jest średni z trendem malejącym'.

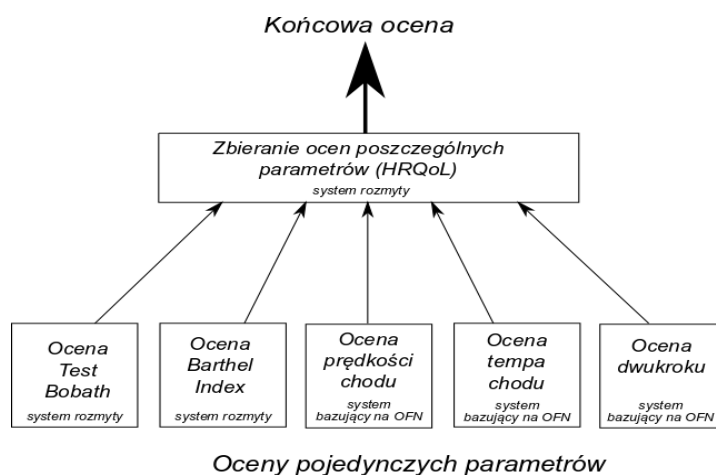


Rys.6. Różne warianty wyników dla pojedynczej reguły wrażliwej na skierowanie.

Szczegółowa realizacja reguł zależy oczywiście od kształtów funkcji przynależności. Jednak, specyfika propozycji wrażliwych na skierowanie sprawia, że już w ramach działania tylko jednej reguły zakres wyników jest dużo bardziej elastyczny (rys.6).

Następny składnik osiągnięcia prezentujący zastosowanie potencjału systemu rozmytego wrażliwego na skierowanie ma szczególną wartość, gdyż bazuje na rzeczywistych pomiarach medycznych. Zaproponowano tu hierarchiczny system rozmyty (rys.7) jako wielokryterialną miarę ogólnej jakości życia (odniesienie do HrQoL – health related quality of life).

Jakość chodu ludzkiego jest istotnym składnikiem owej oceny. Jest ona szczególnie ważna dla osób, które przeszły choroby czy urazy wpływające na sprawność podstawowych czynności motorycznych organizmu. Ocena chodu bazuje na trzech znormalizowanych parametrach: prędkości, tempie oraz długości dwukroku. Są one zestawione z wynikami pochodzącymi od referencyjnej grupy osób bez zaburzeń chodu.



Oceny pojedynczych parametrów
Rys.7: Schemat hierarchicznego systemu rozmytego.

O ile w przypadku pozostałych wskaźników (Test Bobath, Barthel Index) nie ma istotnych przesłanek skłaniających do wykorzystania modelu OFN, to w przypadku parametrów chodu jest inaczej. Weźmy dla przykładu ‘prędkość chodu’ (dla pozostałych parametrów rozumowanie będzie analogiczne). Zbyt wolny chód jednoznacznie wskazuje na zaburzenie. Jednak, również zbyt szybki chód nie jest właściwy, gdyż wskazuje na problemy z utrzymaniem równowagi. Zatem ogólny model zależności oceny jakości chodu od jego prędkości jest nie tylko nieliniowy ale również niemonotoniczny.

Z drugiej jednak strony w codziennym życiu, z przyczyn praktycznych można oczekiwać, że o ile prędkość chodu znajduje się w przedziale wskazującym na brak zaburzeń, to ‘im szybciej można się przemieszczać tym lepiej’. Owa zależność, ewidentnie zawierająca trend, w dość prosty sposób została opisana regułami bazującymi na modelu OFN. Ponadto dzięki systemowi wrażliwemu na skierowanie zostało to uwzględnione przy ocenie jakości życia. Zestawienie wyników potwierdziło założenia. Wyższą ocenę uzyskiwano, gdy prędkość chodu znajdowała się bliżej górnej granicy normy.

Ta część osiągnięcia pokazuje obok zalet systemów wrażliwych na skierowanie, również sposób na łączenie rozwiązań bazujących na OFN, z klasycznymi systemami rozmytymi. Podobieństwo założeń obydwu wariantów umożliwia wspólne ich stosowanie w systemie hierarchicznym. Tym samym powstaje ciekawa, a zarazem prosta metoda tworzenia systemów hybrydowych uwzględniających nieprecyzyjność opisywaną klasycznymi zbiorami rozmytymi jak też modelem OFN.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych.

5.1. Wskaźniki bibliometryczne i identyfikatory naukowe

Publikacje indeksowane na Web of Science: **28**, z tego **22** po doktoracie.

Aktualny indeks Hirsha dla publikacji wg. WoS wynosi **11**.

Aktualny indeks Hirsha wg Scopus wynosi **11**.

Aktualny indeks Hirsha wg Google Scholar wynosi **17**.

Łączna ilość cytowań wg WoS: **254**, bez autocytowań: **149**.

Łączna ilość cytowań wg Scopus: **264**

Łączna ilość cytowań wg Google Scholar: **858**

Sumaryczny IF: **10.611** (po doktoracie)

Punkty MNiSW po doktoracie: **339,5**

Identyfikatory naukowe:

Thomson Reuters ResearchID: H-7287-2015

ORCID: 0000-0002-7223-9008

5.2. Ogólna charakterystyka działalności naukowo-badawczej

W pracy naukowej habilitant zajmuje się metodami sztucznej inteligencji. Szczególną uwagę poświęca modelowaniu wiedzy/informacji niepewnej/nieprecyzyjnej. Dotyczy to zarówno wykorzystania modelu OFN jak i klasycznych zbiorów rozmytych zaproponowanych przez Zadeha. Jednocześnie w naturalny sposób pojawiają się w kręgu jego zainteresowań teoria zbiorów przybliżonych oraz nadrzędny obszar wiedzy zajmujący się przetwarzaniem informacji podzielonych na porcje/granule czyli granular computing.

Szczególnym zakresem zastosowań praktycznych metod i modeli opracowywanych przez habilitanta jest ewaluacja bazująca na lingwistycznych preferencjach. Do tej pory opracowywał on ewaluatory sieci bezprzewodowych ad-hoc oraz ewaluatory danych medycznych wpięrow związane z jakością chodu, które po rozszerzeniu wykorzystane były do oceny jakości życia. Taka różnorodność wskazuje na zainteresowanie również samą koncepcją ewaluacji.

Habilitant bierze również udział w badaniach związanych z klasyfikowaniem sygnałów audio. W tym kierunku badań wykorzystywane są różne metody Sztucznej Inteligencji. Obok koncepcji zbiorów i liczb rozmytych pojawiają się także sztuczne sieci neuronowe (SSN). Habilitant współpracował również z naukowcami zajmującymi się problematyką wytrzymałości zmęczeniowej materiałów.

Należy zaznaczyć, że badania związane ze specyficznym modelem jakim są Skierowane Liczby Rozmyte mają charakter pionierski. Z tej racji w niektórych przypadkach trudniej jest dotrzeć do większego grona odbiorców. Pokazuje to też specyfika publikacji habilitanta, gdzie tylko kilka jest z czasopism z listy JCR, aczkolwiek z dużym współczynnikiem IF, zaś wyraźnie więcej z wartościowych tematycznych konferencji oraz rozdziałów indeksowanych w WoS monografii. Ważnym osiągnięciem przełomowym w popularyzacji metod bazujących na modelu OFN jest monografia wieloautorska „Theory and Applications of Ordered Fuzzy Numbers: a Tribute to Professor Witold Kosiński” wydaną w 2017r. w serii Studies in Fuzziness and Soft Computing wydawnictwa Springer. Spowodowała ona, że model OFN jest szerzej rozpoznawany.

5.3. Aktywność naukowa inna niż pisanie publikacji

- Pierwszy redaktor wieloautorskiej monografii „Theory and Applications of Ordered Fuzzy Numbers: a Tribute to Professor Witold Kosiński”
- Recenzowanie artykułów do czasopisma Information Sciences (Lista A MNSiW)
- Regularne recenzowanie publikacji zgłaszanych na międzynarodową konferencję ICAISC
- Prowadzenie specjalnej sesji w ramach międzynarodowej konferencji ICAISC 2014,

- Udział w licznych międzynarodowych konferencjach. Na przestrzeni ostatnich pięciu lat habilitant był autorem wystąpień konferencyjnych między innymi na: ICAISC (2014,2015,2017), FCTA 2014, AECIA 2015, FedCSIS 2016, EUSFLAT 2017
- Członek technicznego komitetu międzynarodowych warsztatów IEICE Workshop 2013 (Wrzesień 12-13, Poznań)
- Członek zespołu redakcyjnego czasopisma. "Studies and Materials in Applied Computer Science" (SIMIS)
- Recenzowanie publikacji na różnych konferencjach o tematyce Informatycznej.
- Organizacja konferencji Workshop on Ordered Fuzzy Numbers (WOFN) 2016
- Uzyskanie i kierowanie grantem NCN w ramach programu MINIATURA1
- Uzyskanie grantu i funkcja koordynatora (po stronie polskiej) w ramach programu POLONIUM na lata 2018-2019. Program dotyczy wymiany naukowej między Polską i Francją.
- Udział w sesji panelowej EUSFLAT 2017 tytuł „Special Panel Session to commemorate the work and life of late Professor Witold Kosiński”

5.4. Wyróżnienia i nagrody

- 2016 - Zespołowe wyróżnienie za wybitną działalność organizacyjną przyznane przez JM Rektora Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego,
- 2006 – Indywidualna nagroda trzeciego stopnia za znaczące osiągnięcia naukowe przyznane przez JM Rektora Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego
- 2005 – Obrona rozprawy doktorskiej z wyróżnieniem
- 2004 – wyróżnienie w konkursie na najlepszą prezentację na szóstych międzynarodowych warsztatach doktoranckich – 6th International Workshop on Doctoral Thesis – OWD'2004

5.5. Działalność dydaktyczna

Habilitant przez cały okres od obrony doktoratu pracuje na uczelni prowadząc wykłady i laboratoria. Większość zajęć ze studentami odbywa się na kierunkach informatyka oraz mechatronika. Habilitant prowadził zajęcia:

- na studiach inżynierskich,
- na studiach magisterskich,
- na studiach doktoranckich,
- w języku angielskim dla studentów Erasmus.

Przedmioty, które habilitant prowadził to między innymi: Wstęp do Sztucznej Inteligencji, Algorytmy i struktury danych, Inżynieria Oprogramowania, Przetwarzanie Równoległe i Rozproszone, Programowanie Strukturalne i Obiektowe, Pracownia Dyplomowa, Seminarium, Projekt Zespołowy.

W ramach pracy akademickiej habilitant wypromował również ponad 30 prac inżynierskich z czego część we współpracy z przedsiębiorstwami z regionu.

5.6. Współpraca z instytucjami, organizacjami i towarzystwami naukowymi w kraju i za granicą

- Od 2004 członkostwo w Polskim Towarzystwie Informatycznym (PTI).
- Od 2018 członkostwo w Polskim Stowarzyszeniu Sztucznej Inteligencji (PSSI).
- 2008 lipiec - poprowadzenie seminarium naukowego pt. „Introduction to fuzzy sets and logic”. Wyjazd na zaproszenie prof. Volkera Krugera do Kopenhagi, do laboratorium

„Computer Vision and Machine Intelligence”, Uniwersytet Aalborg, Dania. Głównym celem tego wyjazdu była wymiana doświadczeń i nawiązanie kontaktów naukowych.

- 2016 czerwiec - poprowadzenie seminarium naukowego na Uniwersytecie Warszawskim pod tytułem „Liczby Rozmyte Kosińskiego – narzędzie do obliczeń z wykorzystaniem danych nieprecyzyjnych”.

- 2017 październik - pobyt stażowy w ramach ERASMUS+ na Uniwersytecie Technicznym w Koszycach na Słowacji. Dodatkowo w czasie pobytu habilitant poprowadził seminarium naukowe na temat "Modeling trends in the imprecise data with the innovative technologies based on the Ordered Fuzzy Numbers concept".

- Udział w naukowej współpracy polsko-francuskiej w ramach programu POLONIUM na lata 2018-2019.

Celem tego programu jest wymiana osobowa naukowców. Obejmuje on projekty badawcze, uzgodnione między konkretnymi polskimi i francuskimi zespołami badawczymi.

W ramach POLONIUM habilitant w lipcu 2018r był na tygodniowej wizycie we Francji na uczelni Efrei Paris w Villejuif. Celem pobytu było dokładniejsze wzajemne zapoznanie się z tematyką badań obu stron polskiej i francuskiej. W czasie tego pobytu habilitant przedstawił swój obszar zainteresowań w ramach seminarium naukowego pt. „Modeling trends with the Ordered Fuzzy Numbers”.

W efekcie powstała też przeglądowa publikacja „Survey on AI-based multimodal methods for emotion” przyjęta do druku.

- w latach 2018-2019 miesięczny staż naukowy na Uniwersytecie Warszawskim (rozłożony na cztery tygodniowe pobyty). Celem stażu była praca nad metodami hybrydyzacji Skierowanych Liczb Rozmytych oraz zbiorów przybliżonych. Wybrane efekty pracy w trakcie stażu zostaną przedstawione na konferencji IFSA 2019 w referacie "Hybrid Connection between Fuzzy Rough Sets and Ordered Fuzzy Numbers".

5.7. Aktywność związana z zastosowaniami praktycznymi wyników badań oraz działalność popularyzująca naukę.

- Uczestnictwo w dniach nauki organizowanych na Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy.

- Uzyskanie i realizacja jako członek zespołu grantu przedwdrożeniowego w ramach projektu „Inkubator Innowacyjności Plus” - numer zgłoszeniowy 09/01/2017/UKW.

- Dwa zgłoszenia patentowe (w trakcie postępowania) :

P.424107 System wspomagający analizę związanej ze zdrowiem jakości życia oparty na liczbach rozmytych

P.424108 Mobilny system wspomagający analizę chodu oparty na liczbach rozmytych i parametrach fraktalnych

- Uzyskanie w 2016r. wraz z zespołem grantu MNiSW w ramach DUN (Dział Upowszechniania Nauki) 542/P-DUN/2016. Celem Grantu było przygotowanie monografii popularyzującej kierunki badań, rozwijane w Polsce

- Praktyczne wyniki uzyskane przy pomocy metod opisywanych w osiągnięciu zostały wykorzystane w monografii dr Emilii Mikołajewskiej, Nowe markery chodu w klinicznej analizie chodu w grupie pacjentów po udarze mózgu, usprawnianych metodą NDT-Bobath, Wydawnictwo Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu.

- Uczestnictwo w programie publicystycznym p.t. „W innym stylu” w TVP3 Bydgoszcz w odcinku poświęconym szeroko rozumianej tematyce Sztucznej Inteligencji (emisja 2019-03-15, godz. 17:30, dostępne online na stronie TVP3 Bydgoszcz).

5.8. Tabela ważniejszych osiągnięć

Publikacje naukowe w czasopismach z bazy Journal Citation Reports (JCR)	2
Publikacje indeksowane w Web of Science (po doktoracie)	22
Zgłoszone patenty (w trakcie procedury)	2
Monografie, publikacje w czasopismach innych niż znajdujące się w bazie JCR (po doktoracie)	8
Opracowania zbiorowe	1
Sumaryczny <i>impact factor</i> według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania	10.611
Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS):	254
Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS)	11
Kierowanie lub koordynowanie projektami naukowymi	2
Udział w projektach naukowych	2
Nagrody za działalność naukową	1
Wygłoszenie referatów na tematycznych konferencjach	11
Uczestnictwo w programach międzynarodowych i krajowych	2
Aktywny udział w konferencjach naukowych	15
Udział w organizacji konferencji naukowych w tym sesje specjalne i panelowe	4
Otrzymane nagrody i wyróżnienia	3
Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z ośrodkami zagranicznymi	1
Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	1
Członkostwo w organizacjach oraz towarzystwach naukowych	3
Stáže w ośrodkach naukowych lub akademickich	2
Recenzowanie publikacji w czasopismach	8
Inne osiągnięcia: recenzowanie referatów konferencyjnych/seminaria naukowe poza miejscem zatrudnienia	ponad 17/4

Piotr Pokopowicz