Kraków 21 listopada 2023

Dr. hab. inż. Jarosław Wąs, prof. AGH
Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej
Akademia Górniczo Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Recenzja

osiągnięć naukowych oraz istotnej aktywności naukowej **dr Barbary Wolnik** w związku z postępowaniem w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie matematyka

Przedmiotem niniejszej recenzji jest ocena osiągnięć naukowych oraz istotnej aktywności naukowej dr Barbary Wolnik w związku z przewodem habilitacyjnym prowadzonym przez radę Dyscypliny Matematyka Uniwersytetu Gdańskiego, zgodnie z Uchwałą nr 20/2023 z dnia 12.10.2023. Podstawą formalną sporządzenia niniejszej recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny z dnia 12.10.2023.
W dokumentacji zamieszczono uzyskany dyplom z dnia 11 sierpnia 2000 nadany przez Uniwersytet Gdański, potwierdzający uzyskanie stopnia naukowego doktora nauk matematycznych w zakresie matematyki przez Kandydatkę, co stanowi spełnienie zasadniczej przesłanki umożliwiającej wystąpienie o stopnień doktora habilitowanego.

Ocena osiągnięć naukowych

Jako podstawę do uznania osiągnięć naukowych Habilitantka we wniosku z 9 czerwca 2023 przedstawiła cykl 8 artykułów naukowych zatytułowanych „**Wielowymiarowe automaty komórkowe z sąsiedztwem von Neumanna zachowujące sumę stanów** ”. Prace badawcze w przedstawionym cyklu poświęcone są automatom komórkowym, czyli dyskretnym układom dynamicznym bazującym na siatce komórek, które to aktualizują swoje stany w oparciu o stan komórki i komórek sąsiednich przy wykorzystaniu reguły lokalnej. W szczególności dr Barbara Wolnik w swoich pracach badawczych skupia się na: d-wymiarowych automatach komórkowych tzn. automatów dla których suma stanów pozostaje stała (znanych w literaturze anglojęzycznej jako *number conserving*), a także automatów odwracalnych (dla których reguła globalna jest iniekcją).
W skład przedstawionego cyklu publikacyjnego wchodzą następujące prace naukowe:

[H1] Barbara Wolnik, Adam Dzedzej, Jan M. Baetens, Bernard De Baets Number-conserving cellular automata with a von Neumann neighborhood of range one Journal of Physics A-Mathematical and Theoretical, vol. 50, nr 43, 2017, 435101, DOI:10.1088/1751-8121/aa89cf, (IF 1,963)

Bardzo wartościową kontrybucją Autorki jest tu znalezienie charakteryzacji wielowymiarowych automatów komórkowych z sąsiedztwem von Neumanna, które zachowują sumę stanów. Bezspornym osiągnięciem jest znalezienie przez Autorkę warunku koniecznego i dostatecznego dla CA na zachowywanie sumy stanów, w oparciu o analizę geometrycznych własności sąsiedztwa von Neumanna w wyższych wymiarach. Główny wynik przedstawiony w tej publikacji przez Habilitantkę pozwolił również na odnalezienie wszystkich dwuwymiarowe trójstanowe NCCA (ang. *Number Conserving Cellular Automata*) oraz opisanie wszystkie afinicznych ciągłych CA zachowujących gęstość z nieskończonym zbiorem stanów. Praca ta jest uogólnieniem na wiele wymiarów jednowymiarowego przypadku udowodnionego w pracy Boccara i Fukś z 2002 r.

[H2] Barbara Wolnik, Anna Nenca, Jan M. Baetens, Bernard De Baets A split-and-perturb decomposition of number-conserving cellular automata

Physica D-Nonlinear Phenomena, vol. 413, 2020, 132645 (12) ,DOI:10.1016/j.physd.2020.132645

W tej publikacji dr Barbara Wolnik udowodniła, że lokalna reguła dowolnego automatu NCCA z sąsiedztwem von Neumanna może być rozłożona na dwie części obejmujące funkcję podziału i perturbację. W pracy tej Autorka opisała znalezienie ciekawej właściwości wskazującej, że zbiór wszystkich perturbacji tworzy przestrzeń liniową (łatwo opisywalną za pomocą bazy). W pracy tej Autorka przedstawiła szereg twierdzeń, definicji poświęconych funkcji lokalnej i regule lokalnej. W pracy tej znalazły się również przykłady pokazujące użyteczność twierdzenia o dekompozycji do redukcji złożoności obliczeniowej znajdowania (przy znanych *d* i *Q*) wszystkich NCCA z sąsiedztwem von Neumanna.

[H3] Barbara Wolnik, Bernard De Baets
All binary number-conserving cellular automata based on adjacent cells are intrinsically one-dimensional
Physical Review E, vol. 100, nr 2, 2019, 022126,
DOI:10.1103/PhysRevE.100.022126, 140 punktów, IF(2,296)

Ten artykuł dotyczy binarnych *d*-wymiarowych CA z sąsiedztwem von Neumanna, opisujących ruch cząstek w siatce o *d* wymiarach. Wartością dodaną pracy jest uogólnienie wyników z jednego na wymiarów. Szczególnie cennym osiągnięciem jest zaproponowane w niniejszej pracy twierdzenie o zasadach działania tego typu automatów dla przypadku wielowymiarowego. Osiągnięcie Habilitantki stanowi tu pionierską pracę w zakresie zdefiniowania i zbadania właściwości *d*-wymiarowych NCAA – w mojej ocenie jest to jedna z najcenniejszych publikacji w niniejszym cyklu publikacyjnym.

[H4] Barbara Wolnik, Bernard De Baets
Ternary reversible number-conserving cellular automata are trivial
Information Sciences, Elsevier Inc., vol. 513, 2020, s. 180-189,
DOI:10.1016/j.ins.2019.10.068, 200 punktów, IF(5,91)

Ten artykuł również dotyczy generalizacji trójstanowych CA z sąsiedztwem von Neumanna. Bardzo istotnym elementem nowatorskim są tu rozważania dotyczące zagadnień odwracalności CA, a w szczególności zaproponowanie twierdzenia o dekompozycji dla automatu wielowymiarowego. Ważną charakterystyką, którą zbadała Habilitantka jest praktyczny aspekt twierdzenia o dekompozycji wszystkich odwracalnych, trójstanowych i wielowymiarowych NCCA, mówiący o tym, że wszystkie wielowymiarowe odwracalne NCCA dadzą się sprowadzić do przypadku 1-wymiarowego. Trzy stany stanowią więc niewystarczający środek ekspresji dla nietrywialnych odwracalnych NCCA z sąsiedztwem von Neumanna.

[H5] Adam Dzedzej, Barbara Wolnik, Anna Nenca, Jan M. Baetens, Bernard De Baets
Efficient enumeration of three-state two-dimensional number-conserving cellular automata
Information and Computation, vol. 274, 2020, 104534 ,
DOI:10.1016/j.ic.2020.104534, 70 punktów, IF(0,872)

Praca ta dotyczy efektywnego znajdowania dwuwymiarowych NCCA z sąsiedztwem von Neumanna, którą wykazano dla różnych przypadków automatów NCCA dwuwymiarowych: totalistycznych, zewnętrzno-totalistycznych, binarnych i trójstanowych. Autorka zaproponował tu szereg wniosków i twierdzeń związanych z tymi klasami automatów. Szczególnie cenne w tej pracy jest zbadanie własności dwuwymiarowych trójstanowych NCCA z sąsiedztwem von Neumanna, a w szczególności wykazanie, że nie ma nietrywialnych odwracalnych trójstanowych NCCA z ww. sąsiedztwem von Neumanna.

[H6] Adam Dzedzej, Barbara Wolnik, Maciej Dziemianczuk, Anna Nenca, Jan M. Baetens, Bernard De Baets
A two-layer representation of four-state reversible number-conserving 2D cellular automata
Journal of Statistical Mechanics-Theory and Experiment, vol. 2019, 2019, 073202,

DOI:10.1088/1742-5468/ab25df, 70 punktów, IF(2,215)

W pracy [H6] opisano ciekawe zagadnienie wyliczania wszystkich odwracalnych dwuwymiarowych czterostanowych NCCA z sąsiedztwem von Neumanna, co stanowiło znaczący krok dla prac nad układem wielowymiarowym. Efektem pracy było zaproponowanie metody umożliwiającej osiągnięcie tego celu. Innowacyjnym pomysłem było zastosowanie dwóch wzajemnie połączonych warstw do opisu odwracalnych jednowymiarowych czterostanowych NCCA. Reprezentacja dwuwarstwowa została przeniesiona do dwóch wymiarów i pozwoliła skonstruować 60 nietrywialnych dwuwymiarowych czterostanowych NCCA z sąsiedztwem von Neumanna dla których można łatwo wykazać odwracalność.

[H7] Barbara Wolnik, Nikodem Mrozek, Adam Dzedzej, Bernard De Baets
Three-dimensional rotation-symmetric number-conserving cellular automata
Journal of Cellular Automata, vol. 15, nr 4, 2020, s. 243-259, 40 punktów, IF(0,596)

W pracy [H7] przebadano dwuwymiarowe NCCA dla których reguła lokalna jest lokalnie symetryczna. Jest to udana kontynuacja pracy zespołu Imai, Ishizaka oraz Poupet z 2015 roku, w której autorzy wykazali, że dwuwymiarowe rotacyjnie symetryczne automaty komórkowe z sąsiedztwem von Neumanna (do pięciu stanów) nie są silnie uniwersalne, co oznacza, że nie można symulować dowolnej maszyny Turinga, zaczynając od dowolnej skończonej konfiguracji. W pracy przedstawiono metodykę pozwalającą rozszerzyć wyniki dwuwymiarowe i wielostanowe R-NCCA – rozważając kolejne liczby stanów: automaty sześciostanowe, siedmiostanowe czy ośmiostanowe. W pracy poruszono również wątek izomorfizmu dla kolejnych modeli i wymiarów R-NCCA.

[H8] Adam Dzedzej, Barbara Wolnik, Anna Nenca, Jan M. Baetens, Bernard De Baets
Two-dimensional rotation-symmetric number-conserving cellular automata
Information Sciences, Elsevier Inc., vol. 577, 2021, s. 599-621,
DOI:10.1016/j.ins.2021.06.041, 200 punktów, IF(5,91)

Wreszcie praca [H8] przedstawia wyniki badań trójwymiarowych rotacyjno-symetrycznych automatów komórkowych z sąsiedztwem von Neumanna, które zachowują sumę stanów. Głównym problemem badawczym rozstrzygniętym w pracy było określenie jaka jest minimalna liczba stanów dopuszczających nietrywialnej trójwymiarowej rotacyjno-symetrycznej NCCA oraz jak duża jest rodzina wszystkich takich automatów z tymże minimalnym zbiorem stanów.
W pracy wykazano, że każdy nietrywialny automat tego typu wymaga, co najmniej, siedmiu stanów. Zaskakującą odpowiedź przyniosła odpowiedź na drugi problem badawczy, gdyż okazało się, że istnieje tylko jeden nietrywialny trójwymiarowy NCCA o najmniejszej liczbie stanów.

Po analizie wkładu merytorycznego Kandydatki przy każdej z prac stwierdzam, że w pracach [H1,H2,H3,H4,H7], w których dr Wolnik występuje jako pierwszy Autor, był to wkład polegający na określeniu tematyki pracy i wykonaniu, często, najistotniejszej kontrybucji, a w szczególności, kluczowych twierdzeń z dowodami oraz praca nad tekstem manuskryptu i pozostałymi formalnymi elementami pracy, zaś w pozostałych pracach cyklu [H5,H6,H8], gdzie dr Wolnik występuje jako drugi Autor, jej wkład był również bardzo znaczący i obejmuje zagadnienia najistotniejsze z punktu widzenia dyscypliny matematyka tzn. kluczowe twierdzenia i dowody.

Istotnym elementem ubogacającym sylwetkę naukową dr Barbary Wolnik są pozostałe osiągnięcia mieszczące się w trzech głównych nurtach badawczych.

- *Afiniczne ciągłe automaty komórkowe*, w których dopuszcza się przyjmowanie stanów komórek z nieskończonego (często ciągłego) zbioru. Prace ukazały się w takich czasopismach jak: *Journal of Physics A- Mathematical and Theoretical , Natural Computing, Journal of Cellular Automata*, czy wreszcie *Non-Linear Dynamics*, w których to artykułach habilitantka zajmowała się warstwą analityczną i dowodami twierdzeń w badanej klasie automatów.
- *Automaty komórkowe na trójkątnych i sześciokątnych siatkach*, które są często wykorzystywane w praktyce opisu systemów złożonych (ang. *complex systems*). Prace, w których znaczący

udział miała Habilitantka, dotyczyły m.in. odwracalności dla różnych przypadków, czy wprowadzeniu wielostanowych NCCA dla ww. wymienionych typów siatek. Artykuły ukazały się w dobrze rozpoznawalnych czasopismach typu*: Journal of Cellular Automata, International Journal of Bifurcation and Chaos, Chaos* czy wreszcie *Theoretical Computer Science*.

- *Stochastyczne automaty komórkowe,* w których występuje komponent stochastyczny. W pracach tych Habilitantka odpowiadała za teoretyczny background i przygotowanie manuskryptów. Prace te dotyczyły różnych zagadnień: począwszy od statystycznego podejścia w klasyfikacji binarnej, poprzez zagadnienia identyfikacji alfa-asynchronicznych CA, skończywszy na zagadnieniach identyfikacyjnych automatów i niekompletnych informacji. Tutaj publikacje zostały wydane przez: *Studies on Computational Intelligence, Biosystems* czy w różnych materiałach konferencyjnych dobrze rozpoznawalnych konferencji dziedzinowych.

Prace mieszczące się w kategorii pozostały dorobek stanowią, w mojej ocenie, wyróżnik potencjału naukowego każdego habilitanta. Stanowią bowiem uzupełnienie głównego nurtu. W tym przypadku są to prace o dużym potencjale – w każdej z nich p. dr Barbara Wolnik miała swój wyraźny udział. W moje ocenie stanowią cenne uzupełnienie i dopełnienie zgłoszonego cyklu publikacyjnego.

Biorąc pod uwagę całokształt prac naukowych dr Barbary Wolnik, uważam, że ich metodyka jest charakterystyczna dla nauk matematycznych, to znaczy badane są właściwości poszczególnych klas automatów komórkowych, tworzone i dowodzone są tezy oraz formułowane definicje, pytania itd.
Cechą wyróżniającą prace dr Barbary Wolnik jest również to, że wyniki mają duże znaczenie i potencjał nie tylko dla dyscypliny matematyka, ale również fizyki czy informatyki, a także nauk technicznych. Dostrzegam w pracach Habilitantki duży potencjał do wykorzystania wyników Jej badań naukowych również w innych dyscyplinach naukowych. Bardzo cenną i godną pochwały rzeczą jest nie tylko kwestia doboru tematyki prac i postawionych problemów naukowych, ale także konsekwencja w realizacji prac badawczych. H index równy 7 wg Google Scholar oraz 5 wg. Scopusa i 4 wg Wos, jest, w mojej ocenie wynikiem akceptowalnym, biorąc pod uwagę obszar badawczy, którym zajmuje się Habilitantka. Obserwowalny jest wyraźny wzrost cytowani w kilku ostatnich latach, który uznaję za dobry prognostyk na przyszłość.

Ocena istotnej aktywności naukowej

Zgodnie z artykułem 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce oceniana jest również w przypadku postepowania związanego z uzyskaniem stopnia doktora habilitowanego „*istotna aktywność naukowa albo artystyczna realizowana w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej''*.

Zasadniczym miejscem w którym Habilitantka prowadzi badania jest Uniwersytet Gdański, który stanowi Jej podstawowe miejsce pracy. Równocześnie dr Wolnik od 2006 roku prowadzi intensywną współpracę naukową z zespołem KERMIT w Ghent University w Belgii. W uniwersytecie tym odbyła kilka wyjazdów naukowych, a obecnie posiad tam status *affiliated professor*.
Uważam, że podjęcie współpracy naukowej z tak znanymi osobami w środowisku automatów komórkowych jak profesorowie: Jan M.Baetens oraz Berndard De Baets bardzo pozytywnie wpłynęło na rozwój naukowy dr Barbary Wolnik. Kwestia pomocy w sformułowaniu zadań naukowych i nakierunkowania pracy na istotne problemy badawcze jest nie do przecenienia. Z drugiej strony jestem przekonany, że Habilitantka wykonała kluczowe zadania naukowe osobiście i wykazała się dużą samodzielnością i kreatywnością w definiowaniu problemów naukowych, o czym świadczy deklarowany wkład i kolejność autorów w publikacjach.
Reasumując uważam, że istotna aktywność naukowa dr Wolnik w rozumieniu ustawy powinna zostać oceniona jednoznacznie pozytywnie.

Pozostałe aspekty

Cennym uzupełnienie sylwetki naukowej Habilitantki jest bogata ocena pozostałej działalności.
Wyróżnić tu można następujące aktywności:

- W zakresie dydaktyki są to: współautorstwo specjalności *Matematyka ekonomiczna* opieka nad kołem naukowym *Kolor* od 2006 roku, uzyskana nagroda *Nauczyciel Roku* w 2012 oraz dwukrotne wyróżnienia w konkursie im. Mrongowiusza, pełnienie funkcji promotora pomocniczego dla jednego doktoratu obronionego i kolejnego w realizacji, współautorstwo zbioru zadań dla uczniów szkół średnich i jednego skryptu dla studentów.
- W zakresie organizacji są to: pełnienie funkcji Prodziekana ds. Studenckich i Kształcenia, organizacja i koordynacja wydarzenia *Rok Matematyki,* oraz koordynacja lokalnego projektu dla uzdolnionych uczniów itd.
- W zakresie popularyzacji nauki są to: prowadzone wykłady dla nauczycieli matematyki, popularnonaukowe wykłady dla uczniów (~40/rok), pełnienie funkcji członka Okręgowej Komisji Olimpiady Matematycznej.

Kilkukrotnie dr Wolnik była laureatką nagród Rektora Uniwersytetu Gdańskiego zarówno dydaktycznych, organizacyjnych i naukowych.
Wszystkie wymienione aspekty świadczą o dużej pracowitości, zaangażowaniu i konsekwencji Habilitantki w realizacji zawodu naukowca i nauczyciela akademickiego.

Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę przedstawiony cykl publikacji pt. „**Wielowymiarowe automaty komórkowe z sąsiedztwem von Neumanna zachowujące sumę stanów**” oraz pozostałe aktywności naukowe Kandydatki uważam, że spełniają one kryteria określone w *ustawie Prawo Szkolnictwie Wyższym i Nauce z dnia 20 lipca 2018* (z późniejszymi zmianami), a w szczególności artykułem 219 ww. ustawy, do nadania stopnia doktora habilitowanego nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie matematyka i oceniam je pozytywnie. W związku z tym wnoszę o dopuszczenie Kandydatki do dalszych etapów procedury habilitacyjnej.

PODPIS ZAUFANY
JAROSŁAW
WĄS
21.11.2023 20:10:13 [GMT+1]
Dokument podpisany elektronicznie
podpisem zaufanym