

Białystok, 12.12.2018 r.

Prof. dr hab. inż. Andrzej Seweryn
profesor zwyczajny
Politechnika Białostocka
Wydział Mechaniczny
Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej
15-351 Białystok, ul. Wiejska 45 C
a.seweryn@pb.edu.pl

Recenzja

osiągnięcia naukowego oraz dorobku naukowego, dydaktycznego, organizacyjnego i w zakresie popularyzacji nauki dr inż. Małgorzaty Jankowskiej

Tytuł osiągnięcia naukowego: *Modelowanie wybranych zagadnień sprężysto-plastycznych z zastosowaniem metod obliczeniowych mechaniki*

Podstawa opracowania opinii: Pismo Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej dr hab. inż. Olafa Ciszaka (prof. nadzw. PP) z dnia 4.10.2018 r.

Przedstawiona poniżej opinia składa się z oceny osiągnięcia naukowego, oceny dorobku naukowego, dydaktycznego, organizacyjnego i w zakresie popularyzacji nauki oraz oceny końcowej.

I. Ocena osiągnięcia naukowego

I.1. Charakterystyka i ogólna analiza osiągnięcia – cel i zakres badań

Dr inż. Małgorzata Jankowska przedstawiła jako swoje osiągnięcie naukowe cykl 8 publikacji powiązanych tematycznie, dotyczących zastosowania metod numerycznych, a w szczególności metod bezsiatkowych, do modelowania pól naprężeń i odkształceń w sprężysto-plastycznych zagadnieniach mechaniki, w skład którego wchodzi 7 niżej wymienionych artykułów w uznanych czasopismach o zasięgu światowym, indeksowanych w bazie Journal Citation Reports (JCR):

- A1. Kolodziej J.A., **Jankowska M.A.**, Mierzwiczak M. (2013): Meshless methods for the inverse problem related to the determination of elastoplastic properties from the torsional experiment, *International Journal of Solids and Structures*, 50 (25-26), 4217-4225 (udział 40%, IF = 2.035, 11 cytowań);
- A2. **Jankowska M.A.**, Kolodziej J.A. (2015): On the application of the method of fundamental solutions for the study of the stress state of a plate subjected to elastic-

- plastic deformation, *International Journal of Solids and Structures*, 67-68, 139-150 (udział 80%, IF = 2.081, 4 cytowania);
- A3. **Jankowska M.A.**, Kolodziej, J.A. (2016): A study of elastic-plastic deformation in the plate with the incremental theory and the meshless methods, *Journal of Mechanics of Materials and Structures*, 11(1), 41-60 (udział 70%, IF = 0.850, 2 cytowania);
- A4. **Jankowska M.A.** (2018): On elastoplastic analysis of some plane stress problems with meshless methods and successive approximations method, *Engineering Analysis with Boundary Elements*, 85, 12-24 (udział 100%, IF = 2.138, 0 cytowań);
- A5. **Jankowska M.A.**, Bartkowiak-Jowska M., Bedzinski R. (2015): Experimental and constitutive modelling approaches for a study of biomechanical properties of human coronary arteries, *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 50, 1-12 (udział 40%, IF = 2.876, 8 cytowań);
- A6. Karageorghis A., **Jankowska M.A.**, Chen C.S. (2018): Kansa RBF algorithms for elliptic problems in regular polygonal domains, *Numerical Algorithms*, DOI: 10.1007/s11075-017-0443-5 (udział 60%, IF = 1.536, 1 cytowanie);
- A7. **Jankowska, M.A.**, Karageorghis, A., Chen, C.S. (2018): Improved Kansa RBF method for the solution of nonlinear boundary value problems, *Engineering Analysis with Boundary Elements*, 87, 173-183 (udział 60%, IF = 2.138, 2 cytowania).

Należy zwrócić uwagę, że w powyższym wykazie jest tylko jedna praca autorska Kandydatki. Średnio prace te mają ok. 2,5 współautorów. Sumaryczny współczynnik wpływu (IF) dla tych prac, zgodnie z rokiem wydania publikacji, wyniósł **13,654** (bez podziału na współautorów), co można uznać za wynik dobry. Publikacje te były cytowane **28** razy (wg bazy Web of Science Core Collection), co świadczy dość dobrze o aktualności podejmowanej tematyki. Ponadto, do cyklu publikacji powiązanych tematycznie Habilitantka zaproponowała artykuł w mało znaczącym czasopiśmie naukowym *Journal of Computational Methods and Experimental Measurements*.

Zgodnie z tytułami publikacji, przedmiotem rozważań są przede wszystkim metody numeryczne w zastosowaniu do rozwiązywania sprężysto-plastycznych zagadnień mechaniki. Uwzględniając wkład Kandydatki w poszczególne publikacje, można stwierdzić, że zasadniczą Jej tematyką w wybranym cyklu prac są metody bezsiatkowe wykorzystywane do modelowania pól naprężeń i odkształceń (sprężystych i plastycznych) w zagadnieniach brzegowych przede wszystkim mechaniki ośrodków ciągłych. Problematyka poruszona w wyżej wymienionych pracach ma duże znaczenie zarówno poznawcze, jak i użytkarne. Uzyskane wyniki (nowe metody obliczeniowe) mogą mieć istotne znaczenie w procesie projektowania konstrukcji, szczególnie biorąc pod uwagę bezpieczeństwo jej późniejszego użytkowania.

Zakres badań przedstawionych w cyklu prac powiązanych tematycznie obejmował:

- wykorzystanie metod bezsiatkowych do modelowania pól naprężeń i odkształceń w zagadnieniach skręcania pręta pryzmatycznego;

- numeryczne rozwiązywanie sprężysto-plastycznych zagadnień brzegowych jednoosiowego rozciągania tarczy z przewężeniem (karbem);
- zastosowanie metod bezsiatkowych do rozwiązywania sprężysto-plastycznych zagadnień jednoosiowo rozciąganych/ściskanych jedno- i dwuspójnych tarcz w płaskim stanie naprężenia;
- wyznaczanie właściwości mechanicznych ścian ludzkich tętnic wieńcowych na podstawie wyników eksperymentu oraz modelowania konstytutywnego;
- wykorzystanie algorytmów MDA (ang. *matrix decomposition algorithms*) do rozwiązywania zagadnień brzegowych drugiego i czwartego rzędu zdefiniowanych w regularnych dwuspójnych obszarach wielokątnych;
- zastosowanie nieliniowej metody Kansy do rozwiązywania sprężysto-plastycznego zagadnienia skręcania pręta pryzmatycznego oraz zagadnienia przepływu laminarnego płynu lepkiego w kanale.

Przedstawiona tematyka ma charakter interdyscyplinarny, w zdecydowanej większości należy do dyscyplin naukowych: *mechanika* (specjalność: *metody komputerowe mechaniki*) oraz *informatyka* (specjalność: *metody numeryczne*).

I.2. Ocena cyklu publikacji naukowych powiązanych tematycznie

Oceniając wybór tematyki przedstawionego cyklu publikacji naukowych oraz zakres badań, uważam, że są one dość ambitne i o dużym stopniu trudności. Zawierają oryginalne osiągnięcia dr inż. Małgorzaty Jankowskiej, najważniejsze z których omówię poniżej.

1. Istotnym osiągnięciem Kandydatki jest zastosowanie algorytmów opartych na metodach bezsiatkowych (metodzie rozwiązań podstawowych i metodzie rozwiązań szczególnych, a także metodzie bezsiatkowej Kansy) oraz procesie iteracyjnym Picarda do rozwiązywania nieliniowych, sprężysto-plastycznych zagadnień brzegowych skręcania pręta pryzmatycznego o przekrojach kwadratowym i kołowym. Wyznaczono stan naprężenia w przekroju dla zadanej wartości kąta skręcania pręta oraz znanych parametrów modelu konstytutywnego opisanego zależnością Ramberga-Osgooda. Wykorzystano w tym przypadku zależności deformacyjnej teorii plastyczności.

Sformułowano także algorytm rozwiązywania zagadnienia odwrotnego dla dowolnego przekroju poprzecznego pręta, polegającego na wyznaczaniu wartości parametrów modelu konstytutywnego (zależności Ramberga-Osgooda) na podstawie wyznaczonej doświadczalnie relacji pomiędzy momentem skręcającym a kątem skręcania na jednostkę długości pręta. W tym celu wykorzystano algorytm optymalizacji nieliniowej Levenberga-Marquardta oraz zdefiniowany wcześniej algorytm rozwiązywania zagadnienia prostego.

2. Kolejnym osiągnięciem jest opracowanie metody numerycznego modelowania pól naprężeń i sprężysto-plastycznych odkształceń w jednoosiowo rozciąganej tarczy z przewężeniem (karbem), wykorzystującej algorytm oparty na metodach bezsiatkowych i

metodzie iteracyjnej Picarda. Przyjęto zależności płaskiego stanu naprężenia i deformacyjnej teorii plastyczności. Charakterystykę umocnienia materiału opisano zależnością Ramberga-Osgooda. Wykazano też efektywność i dobrą dokładność zaproponowanego podejścia.

Zagadnienie jednoosiowo rozciąganej tarczy z przewężeniem rozwiązano numerycznie za pomocą metod bezsiatkowych także przy założeniu przyrostowej teorii plastyczności oraz charakterystyki umocnienia opisanej zależnością Chakrabarty'ego. Zastosowano równania plastycznego płynięcia Prandtla-Reussa i warunek plastyczności Hubera-von Misesa-Hencky'ego. W tym przypadku ścieżkę obciążenia podzielono na skończoną liczbę przyrostów, a dla każdego przyrostu wyznaczono iteracyjnie przyrost odkształceń plastycznych. Wyznaczono także optymalne wartości parametrów metod bezsiatkowych oraz liczby i rozmieszczenia punktów dyskretyzacji.

3. Metody bezsiatkowe wykorzystano również do rozwiązywania sprężysto-plastycznych zagadnień płaskiego stanu naprężenia jedno- i dwuspójnych tarcz poddanych jednoosiowemu rozciąganiu lub ścisaniu. W tym przypadku zastosowano warunek plastyczności Hubera-von Misesa-Hencky'ego, model konstytutywny opisany zależnością Ramberga-Osgooda, zmodyfikowaną przez Chakrabarty'ego, oraz równania plastycznego płynięcia Prandtla-Reussa. Przyrosty odkształceń plastycznych w tym podejściu wyrażono za pomocą zmodyfikowanych odkształceń całkowitych, a wartości pochodnych obliczane są za pomocą uogólnionych różnic skończonych - przybliżenie wartości pochodnej w danym węźle centralnym obliczane jest na podstawie pewnego zbioru węzłów sąsiednich (chmury punktów). Wyznaczono optymalne wartości parametrów metod bezsiatkowych oraz liczby i rozmieszczenia punktów dyskretyzacji dla każdego z zagadnień brzegowych.
4. Istotnym osiągnięciem Habilitantki jest opracowanie metody wyznaczania właściwości mechanicznych ścian ludzkich tętnic wieńcowych (materiał anizotropowy, złożony z trzech warstw, nieliniowo sprężysty, nieściśliwy, wykazujący różnicę w odpowiedzi materiału w przypadku obciążenia i odciążenia (histereza), zjawisko pełzania oraz relaksacji naprężeń) na podstawie wyników badań eksperymentalnych oraz modelowania konstytutywnego. Próbkę z materiału pobranego od 18 pacjentów podczas autopsji, poddano jednoosiowemu rozciąganiu w kierunkach wzdłużnym i poprzecznym, aż do ich zerwania. W modelowaniu konstytutywnym wykorzystano hipersprężysty model Holzapfela, w którym równanie konstytutywne określa funkcja gęstości energii odkształcenia sprężystego na jednostkę objętości. Równanie to ma postać wielomianowo-wykładniczą i jest ono sumą części izotropowej (wyrażonej modelem neo-Hooke'a), która dotyczy zakresu małych deformacji tkanki naczyń, oraz ortotropowej (określonej przez model Funga), która obowiązuje w zakresie dużych deformacji. Przyjęto także założenie nieściśliwości materiału. Funkcję energii odkształcenia wyrażono poprzez składowe tensora odkształcenia Greena-Lagrange'a, natomiast składowe drugiego tensora naprężenia Pioli-Kirchhoffa otrzymano poprzez różniczkowanie potencjału sprężystego. Wyznaczono charakterystyki naprężeniowo-odkształceniowe dla każdej grupy zaawansowania zmian miażdżycowych (SAD) oraz orientacji (wzdłużnej i poprzecznej). Należy podkreślić, iż znajomość właściwości mechanicznych ścian naczyń wieńcowych

jest niezbędna w przypadku przeprowadzania m.in. takich zabiegów jak: poszerzanie naczyń krwionośnych, które zostały zwężone w wyniku choroby (angioplastyka) oraz umieszczanie stentów wewnątrznacyniowych w celu przywrócenia drożności naczynia krwionośnego.

5. Ważne miejsce w dorobku Habilitantki zajmuje problematyka rozwoju metod bezsiatkowych wykorzystywanych do rozwiązywania złożonych zagadnień mechaniki. Wykorzystując metodę Kansy rozwiązanie przybliżone można przedstawić w postaci liniowej kombinacji promieniowych funkcji bazowych, a współczynniki rozwiązania obliczane są poprzez kollokację równania różniczkowego i warunków brzegowych. Macierz współczynników otrzymana w wyniku dyskretyzacji jest macierzą gęstą oraz słabo uwarunkowaną. W celu eliminacji tej niedogodności wykorzystano symetrię obszaru, a odpowiednie układy równań liniowych rozwiązano za pomocą algorytmów MDA (ang. *matrix decomposition algorithms*) rozkładu macierzy. Efektywność obliczeniową tych algorytmów (zwiększenie dokładności rozwiązania, skrócenie czasu obliczeń, zmniejszenie zapotrzebowania na pamięć operacyjną), w porównaniu z klasyczną metodą Kansy, potwierdzono w przypadku rozwiązywania eliptycznych zagadnień brzegowych drugiego i czwartego rzędu (w tym układów równań sprężystości Cauchy'ego-Naviera), zdefiniowanych w regularnych dwuspójnych obszarach wielokątnych.
6. Za istotne osiągnięcie uznaję także zastosowanie metod bezsiatkowych do rozwiązywania nieliniowych zagadnień eliptycznych drugiego i czwartego rzędu. W tym celu wykorzystano nieliniową metodę Kansy, w której rozwiązanie jest przedstawiane w postaci liniowej kombinacji promieniowych funkcji bazowych (w sposób odpowiadający klasycznej metodzie Kansy), a następnie podstawieniu go do nieliniowego równania różniczkowego oraz warunków brzegowych. W wyniku kollokacji rozważanego równania oraz warunków brzegowych powstaje układ równań nieliniowych o nieznanach wartościach współczynników rozwiązania. Rozwiązuje się je stosując metody optymalizacji nieliniowej (np. metodę Levenberga-Marquardta oraz algorytmy *trust-region-dogleg*, *trust-region-reflective*). Zaproponowane podejście zastosowano do rozwiązywania sprężysto-plastycznego zagadnienia skręcania pręta przyzmatycznego o przekroju kwadratowym oraz zagadnienia przepływu laminarnego płynu lepkiego w kanale pofalowanym.

I.3. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Oceniany cykl publikacji powiązanych tematycznie (z uwzględnieniem wkładu Kandydatki w poszczególne publikacje) charakteryzuje się dość wysokim poziomem merytorycznym, niemniej pewne kwestie wymagają wyjaśnienia. Uwagi krytyczne, w dużej mierze dyskusyjne, zamieściłem poniżej.

Zacznę od fizycznej interpretacji stosowanych przez Habilitantkę równań mechaniki ciała stałego. Bardziej skupiła się ona na algorytmach numerycznych, niż na fizycznej interpretacji wykorzystanych modeli matematycznych oraz uzyskanych wyników obliczeń.

Przykładem tego jest przyjęcie zależności deformacyjnej teorii plastyczności do wyznaczania charakterystyki umocnienia materiału, a w szczególności parametrów zależności Ramberga-Osgooda, przedstawione w pracy [A1]. Deformacyjna teoria plastyczności sformułowana jest dla małych odkształceń plastycznych i dla takich powinna być stosowana. A zatem wykorzystywanie jej do wyznaczania parametrów krzywej umocnienia materiału, gdzie mamy do czynienia (a przynajmniej powinniśmy mieć do czynienia) z dużymi odkształceniami plastycznymi, daje wątpliwej jakości wyniki. Należy jednak dodać, że w kolejnych pracach Kandydatka do wyznaczania zależności konstytutywnych na podstawie badań eksperymentalnych skręcania pręta pryzmatycznego zastosowała właściwe zależności przyrostowej teorii plastyczności.

Kolejna uwaga dotyczy możliwości praktycznego zastosowania opracowanych algorytmów numerycznych metod bezsiatkowych. W przedstawionych pracach Habilitantka testowała je na prostych, dwuwymiarowych zagadnieniach brzegowych mechaniki ciała stałego, np. skręcania pręta pryzmatycznego czy też rozciągania/ściskania tarczy, także z przewężeniami (karbami). Takie przykłady (zwane potocznie „akademickimi”) nie dają pewności, że zaproponowane podejścia będą mogły być wykorzystywane w rozwiązywaniu bardziej skomplikowanych (ze względu na kształt, warunki brzegowe i obciążenie) zagadnień, w szczególności przestrzennych. A takie właśnie zagadnienia występują w praktyce inżynierskiej. Dotychczas najczęściej stosowane metody elementów skończonych i elementów brzegowych dają bardzo duże możliwości obliczeniowe, niemniej metody bezsiatkowe mają istotne zalety, do których należy ich większa elastyczność. Jak sama nazwa wskazuje nie potrzebują one siatki podziału na elementy, a zatem i nie potrzebują jej modyfikacji podczas obliczeń (tzw. „remeshingu”), która jest niezbędna w przypadku występowania dużych odkształceń, co komplikuje obliczenia i wydłuża ich czas.

I.4. Podsumowanie

Uważam, że zaprezentowane w opiniowanym cyklu prac (z uwzględnieniem wkładu Kandydatki w poszczególne publikacje) wyniki badań, a w szczególności opracowane metody bezsiatkowe modelowania pól naprężeń i odkształceń w nieliniowych zagadnieniach brzegowych mechaniki ciała stałego należy ocenić pozytywnie. Spełniają one wymagania stawiane osiągnięciom naukowym w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych. Wnoszą istotny wkład do rozwoju dyscypliny *mechanika*, a także dyscypliny *informatyka*.

Należy podkreślić, że przedstawione w osiągnięciu naukowym oryginalne wyniki badań Kandydatki zostały opisane w uznanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym (*International Journal of Solids and Structures*, *Journal of Mechanics of Materials and Structures*, *Engineering Analysis with Boundary Elements*, *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, *Numerical Algorithms*), gdzie przeszły pełny proces opiniowania przez uznanych, międzynarodowych specjalistów z zakresu metod komputerowych mechaniki oraz metod numerycznych.

II. Ocena dorobku naukowego

Dr inż. Małgorzata Jankowska ukończyła studia magisterskie na kierunku *matematyka* (specjalność: *metody numeryczne*) na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej w 1999 r. Pracę doktorską zatytułowaną *Interval Multistep Methods of Adams Type and Their Implementation in the C++ Language* obroniła z wyróżnieniem przed Radą Wydziału Informatyki i Zarządzania Politechniki Poznańskiej (promotor: prof. Andrzej Marciniak). Stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie: *informatyka* (specjalność: *metody numeryczne*) uzyskała w 2006 r. Habilitantka ukończyła także kurs podyplomowy *Introduction to Beam Physics* w Michigan State University (USA) w 2010 r.

Po ukończeniu studiów, w latach 1999-2003, Kandydatka pracowała w Centrum Automatyzacji Obrony Powietrznej w Poznaniu jako projektantka oprogramowania. Od 2003 r. jest Ona zatrudniona w Instytucie Mechaniki Stosowanej na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej, najpierw (w latach 2003–2006) na stanowisku asystenta, a następnie (od 2006 r.) – adiunkta.

Wyłączając publikacje wyszczególnione w cyklu prac powiązanych tematycznie (przedstawione w poprzednim rozdziale recenzji), na pozostały dorobek naukowy Kandydatki wyszczególniony we wniosku, po uzyskaniu przez Nią stopnia doktora nauk technicznych, składa się 41 prac (z czego 14 samodzielnych), w tym:

- 3 współautorskie artykuły w uznanych czasopismach o zasięgu światowym, indeksowanych w bazie Journal Citation Reports;
- 7 rozdziałów w monografiach indeksowanych w bazie Web of Science (z czego 5 samodzielnych);
- 8 artykułów w innych czasopismach o zasięgu krajowym i międzynarodowym (w tym 3 samodzielne);
- 11 referatów opublikowanych w materiałach konferencji międzynarodowych (w tym 3 samodzielne);
- 10 innych publikacji w materiałach konferencyjnych (w tym 3 samodzielne);
- 2 autorskie dokumentacje osiągnięć projektowych.

Spośród wyżej wymienionych oryginalnych prac twórczych opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora, ze względu na oryginalność tematyczną, rangę wydawnictwa oraz zaangażowanie Kandydatki, należy wyróżnić następujące artykuły:

- B1. Maruszewski B.T., **Jankowska M.A.**, Starosta R. (2018): Extended thermodynamics, effective elastic coefficients and magnetoelastic waves in superconducting layer. *Continuum Mechanics and Thermodynamics*, DOI: 10.1007/s00161-017-0609-3 (udział 33%, IF=2.311, 0 cytowań)
- B2. Marciniak A., **Jankowska M.A.** (2018): Interval versions of Milne's multistep methods. *Numerical Algorithms*, DOI: 10.1007/s11075-017-0429-3 (udział 50%, IF=1.536, 0 cytowań)
- B3. Marciniak, A., **Jankowska M.A.**, Hoffmann T. (2017): On interval predictor-corrector methods. *Numerical Algorithms*, 75 (3), 777-808 (udział 40%, IF=1.536, 0 cytowań).

Należy także zwrócić uwagę na 7 rozdziałów w monografiach z serii: *Lecture Notes in Computer Science*, indeksowanych w bazie Web of Science, opublikowanych przez uznane wydawnictwo o zasięgu światowym – Springer Verlag. Pozostałe artykuły zostały opublikowane w innych czasopismach o zasięgu krajowym i międzynarodowym, takich jak: *International Journal of Computational Methods and Experimental Measurements* (1 praca), *Control and Cybernetics* (1 praca), *Differential Equations and Dynamical Systems* (1 praca), *Vibrations in Physical Systems* (2 prace), *Acta Mechanica et Automatica* (1 praca), *Mechanics and Control* (1 praca), *Pro Dialog - Computer Programming and Applications* (1 praca).

Sumaryczny współczynnik cytawalności (Impact Factor) wszystkich prac naukowych w czasopismach z listy Journal Citation Reports, autorstwa lub współautorstwa Kandydatki, opublikowanych po obronie pracy doktorskiej, wyniósł **19,037** (bez podziału na współautorów), co jest wynikiem dobrym.

Pozytywnie można ocenić udział Habilitantki w renomowanych konferencjach międzynarodowych z zakresu *mechaniki* (przede wszystkim metod komputerowych mechaniki) oraz *informatyki* (metod numerycznych). Po uzyskaniu stopnia doktora przygotowała Ona 33 referaty (w tym 3 zaproszone) na konferencje, wśród których, ze względu na ich uznanie w środowisku naukowym, chciałbym wyróżnić:

- 40th International Conference on Boundary Elements and other Mesh Reduction Methods (BEM/MRM 2017), New Forest (UK), 2017 - referat zaproszony;
- 8th International Conference: *Auxetics and other materials and models with „negative” characteristics* (AUXETICS 2017) and 13th International Workshop: *Auxetics and related systems*, Crete, 2017 - referat zaproszony;
- 7th, 8th, 9th, 10th, 11th International Conference on Parallel Processing and Applied Mathematics (PPAM 2007, 2009, 2011, 2013, 2015), Gdansk 2007, Wroclaw 2009, Torun 2011, Warsaw 2013; Krakow 2015;
- 6th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS 2012), Vienna 2012;
- International Conference of the Polish Society of Biomechanics (BIOMECHANICS 2012, 2014), Bialystok 2012, Lodz 2014;
- 12th International Conference on Computational Plasticity. Fundamentals and Applications (COMPLAS 2013), Barcelona 2013;
- 20th International Conference on Computer Methods in Mechanics (CMM 2013), Poznań 2013;
- 9th, 11th International Workshop on State-of-the-Art in Scientific and Parallel Computing (PARA 2008, 2012), Trondheim 2008, Helsinki 2012;
- 12th, 14th GAMM-IMACS International Symposium on Scientific Computing, Computer Arithmetic and Validated Numerics (SCAN 2006, 2010), Duisburg 2006, Lyon 2010;
- 2nd Edition of CoProD (CoProD 2009), El Paso (USA) 2009.

Zgodnie z bazą Web of Science Core Collection prace Kandydatki były cytowane 46 razy (28 bez autocytowań). Indeks Hirscha dla Jej dorobku publikacyjnego według tej bazy wynosi 5. Wynik ten można uznać co najwyżej za wystarczający w przypadku osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych.

Zainteresowania naukowe Kandydatki po uzyskaniu stopnia doktora w zdecydowanej większości pokrywają się z tematyką badawczą zaprezentowaną w powiązonym tematycznie cyklu prac, przedstawionym jako osiągnięcie naukowe. Poza wymienionymi w I rozdziale recenzji, koncentrują się one wokół następujących kierunków badawczych:

- arytmetyka przedziałowa oraz metody przedziałowe rozwiązywania zagadnień początkowych dla równań różniczkowych zwyczajnych (tzw. zagadnienia Cauchy'ego);
- metody przedziałowe i zmiennopozycyjnej arytmetyki przedziałowej rozwiązywania zagadnień początkowo-brzegowych dla równań różniczkowych cząstkowych (równania przewodnictwa ciepła, równania dyfuzji);
- modelowanie procesu wymiany ciepła między pojedynczym naczyniem krwionośnym o dużej średnicy a otaczającą tkanką.

Niestety, negatywnie ocenić muszę dorobek dr inż. Małgorzaty Jankowskiej w zakresie realizacji projektów badawczych i prac rozwojowych, krajowych i zagranicznych. Po uzyskaniu stopnia doktora nie była Ona bowiem ani kierownikiem, ani wykonawcą żadnego z nich (za wyjątkiem pracy statutowej). Złożone wnioski o finansowanie projektów badawczych to za mało w przypadku osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego. Jedyne co można uznać za taki udział, to prowadzenie od 2015 r. obliczeń naukowych w ramach 4 wstępnych grantów obliczeniowych przyznanych w Infrastrukturze PL-Grid. Infrastruktura PL-Grid jest zarządzana przez Konsorcjum PL-Grid, utworzone w styczniu 2007 r., w skład którego wchodzi: Akademickie Centrum Komputerowe CYFRONET AGH w Krakowie; Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego w Warszawie; Poznańskie Centrum Superkomputerowo Sieciowe w Poznaniu; Centrum Informatyczne Trójmiejskiej Akademickiej Sieci Komputerowej w Gdańsku oraz Wrocławskie Centrum Sieciowo - Superkomputerowe.

Habilitantka nie ma także dorobku z zakresu transferu technologii i komercjalizacji wyników badań. Jako oryginalne osiągnięcie projektowe przedstawiła opracowane przez Nią 2 zaawansowane biblioteki języka C++ w celu efektywnego wykorzystania możliwości obliczeniowych procesorów firmy Intel do wykonywania obliczeń w arytmetyce przedziałowej. Biblioteki te powstały na bazie autorskich metod i algorytmów, które zostały zaimplementowane w środowisku MS Visual Studio w języku C++ i asemblerze. Po wykonaniu szeregu testów pozwalających stwierdzić poprawność działania funkcji, przygotowano je do udostępnienia użytkownikom. Dokumentacja dla obu bibliotek:

- *C++ Library for Floating-Point Conversions*, User and Reference Guide,
- *C++ Library for Floating-Point Interval Arithmetic*, User and Reference Guide,

jest dostępna na stronie internetowej.

Habilitantka nie odbyła staży naukowych w zagranicznych lub krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich. Natomiast aktywnie współpracuje z naukowcami zagranicznymi: prof. Andreasem Karageorghisem (Department of Mathematics and Statistics, University of Cyprus) oraz prof. C.S. Chenem (Department of Mathematics, University of Southern Mississippi, Hattiesburg, USA & International Center for Simulation Software in Engineering and Sciences, College of Mechanics and Materials, Hohai University, Nanjing, China). Współpraca ta dotyczy m.in. modelowania dyskretnego liniowych i nieliniowych zagadnień brzegowych mechaniki za pomocą metod bezsiatkowych.

W kraju Kandydatka prowadzi współpracę naukową w zakresie formułowania metod przedziałowych rozwiązywania zagadnień brzegowych oraz początkowo-brzegowych dla równań różniczkowych cząstkowych, formułowania przedziałowych metod wielokrokowych rozwiązywania zagadnienia Cauchy'ego z prof. Andrzejem Marciniakiem (Instytut Informatyki, Politechnika Poznańska) oraz w zakresie badania właściwości mechanicznych materiałów tkankowych z prof. Romualdem Będzińskim (Wydział Mechaniczny Uniwersytetu Zielonogórskiego). Współpraca krajowa i zagraniczna jest potwierdzona wspólnymi artykułami w czasopiśmie oraz wspólnymi referatami konferencyjnymi.

Podsumowując, dorobek naukowy dr inż. Małgorzaty Jankowskiej (z wyłączeniem publikacji wyszczególnionych w osiągnięciu naukowym) oceniam pozytywnie, choć wymagania w tym zakresie zostały spełnione w stopniu minimalnym. Na pozytywną ocenę zasługuje w szczególności współautorstwo 3 artykułów w uznanych czasopiśmie, indeksowanych w JCR (*Continuum Mechanics and Thermodynamics* oraz *Numerical Algorithms* (2 prace)), autorstwo i współautorstwo 7 rozdziałów w monografiach z serii: *Lecture Notes in Computer Science* (indeksowanych w bazie Web of Science) oraz liczne uczestnictwo w cyklicznych konferencjach międzynarodowych. Negatywnie oceniam małą aktywność w realizacji projektów badawczych lub prac rozwojowych oraz brak staży naukowych w uznanych jednostkach naukowych lub akademickich.

III. Ocena dorobku dydaktycznego, organizacyjnego i w zakresie popularyzacji nauki

Dorobek organizacyjny i w zakresie popularyzacji nauki Kandydatki po uzyskaniu przez niego stopnia doktora związany jest między innymi z organizacją konferencji naukowych. Była Ona sekretarzem konferencji VIBSYS 2010 – XXIV Symposium Vibrations in Physical Systems (Bedlewo k. Poznania 2010), a także brała udział w organizacji Pierwszego Seminarium Inżynierii Biomedycznej (Poznań 2016).

W latach 2007-2008 Habilitantka pełniła funkcję Pełnomocnika Dyrektora Instytutu Mechaniki Stosowanej ds. Badań Naukowych, którego zadaniem było m.in. przygotowanie zestawienia dorobku pracowników Instytutu w latach 2005-2007. Ponadto brała udział w organizacji „Dni Otwartych” na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej w latach 2004, 2005 i 2006 oraz była członkiem Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej w latach 2005 oraz 2006.

Habilitantka jest członkiem międzynarodowych i krajowych towarzystw naukowych: Polskiego Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej (PTMTS, od 2006 r.), Polskiego Towarzystwa Informatycznego (PTI, od 2007 r.) oraz Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE, od 2017 r.) - Membership (Polish Section) oraz Standards Association Individual Membership. W Oddziale Poznańskim PTMTS pełniła funkcję Sekretarza oraz członka Zarządu (w latach 2013-2017), a także członka Komisji Rewizyjnej (w kadencji 2011-2013).

W latach 2008-2017 była także członkiem zagranicznych zespołów eksperckich, a w szczególności dwóch międzynarodowych grup roboczych: IEEE Interval Standard Working Group P1788 oraz P1788.1, zajmujących się opracowaniem założeń standardów: IEEE Standard 1788 for Interval Arithmetic (2015) oraz IEEE Standard 1788.1 for Interval Arithmetic (Simplified) (2017), sponsorowanych przez Microprocessor Standards Committee.

Dr inż. Małgorzata Jankowska na dość istotny dorobek w zakresie recenzowania prac naukowych. Recenzowała 10 prac nadesłanych do uznanych czasopism oraz materiałów konferencyjnych o zasięgu międzynarodowym, indeksowanych w bazie Web of Science, takich jak: *Journal of Theoretical and Applied Mechanics* (IF: 0.683), *International Journal of Geomechanics* (IF: 2.136), *Journal of Thermal Stresses* (IF: 1.493), *Acta of Bioengineering and Biomechanics* (IF: 0.914), *Lecture Notes in Computer Science, Parallel Processing and Applied Mathematics* (seria książkowa, wydawnictwo Springer, WoS), *Proceedings of 12th International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics, ICNAAM 2014* (WoS) oraz *Vibrations in Physical Systems*.

Dorobek dydaktyczny dr inż. Małgorzaty Jankowskiej związany jest ściśle z kształceniem studentów na Wydziałach: Budowy Maszyn i Zarządzania oraz Informatyki Politechniki Poznańskiej, na kierunkach *mechanika i budowa maszyn, edukacja techniczno-informatyczna, zarządzanie i inżynieria produkcji, matematyka w technice, matematyka, mechanika komputerowa konstrukcji, mechatronika*. Zasadnicze Jej osiągnięcia są następujące:

- prowadzenie zajęć dydaktycznych w języku polskim i angielskim (wykładowych, ćwiczeniowych, laboratoryjnych i projektowych) oraz przygotowanie autorskich programów nauczania i konspektów w zakresie następujących przedmiotów: *mechanika techniczna, mechanika, statystyka inżynierska, programowanie i język C, systemy informatyczne, teoria sprężystości, teoria sprężystości i plastyczności, drgania i wibroakustyka maszyn, metoda elementów skończonych, elementy informatyki – Fortran, informatyka, grafika komputerowa oraz programy użytkowe*;
- promotorstwo tylko 1 pracy dyplomowej inżynierskiej;
- promotorstwo pomocnicze w przewodzie doktorskim mgr inż. Tomasza Michała Hoffmanna na Wydziale Informatyki Politechniki Poznańskiej, tytuł pracy *Solving the Poisson Equation in Proper and Directed Interval Arithmetic*.

Do dorobku w zakresie popularyzacji nauki można zaliczyć udział z referatami (w tym z referatem zaproszonym) na konferencjach: SMI 2008, 2009, 2011 – Sejmiku Młodych Informatyków 2008, 2009, 2011 (Świnoujście 2008, Międzyzdroje 2009, 2011).

Za osiągnięcia w pracy naukowej, po uzyskaniu stopnia doktora Kandydatka została wyróżniona nagrodą indywidualną Rektora Politechniki Poznańskiej za osiągnięcia naukowe w 2016 r. Otrzymała także Srebrną Odznakę *Zasłużony dla Polskiego Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej* w 2017 r.

Habilitantka bardzo aktywnie uczestniczyła w warsztatach naukowych, kursach i szkoleniach. Wśród warsztatów naukowych można wymienić: *Short Course on Non-linear Element Analysis with particular Focus on Time-Dependent Problems* (Poznań 2017, instruktor: prof. Stefan Hartmann - Clausthal University of Technology, Germany) oraz *Wieloosiowe zmęczenie materiałów i elementów konstrukcyjnych* (Poznań 2012, Sekcja Mechaniki Konstrukcji i Materiałów Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN). Odbyła także 8 szkoleń z zakresu obliczeń naukowych w centrach obliczeniowych, prowadzonych w Poznańskim Centrum Superkomputerowo-Sieciowym w ramach działalności szkoleniowej Projektu PL-Grid. Oprócz tego Kandydatka uczestniczyła w warsztatach COMSOL Multiphysics (Warsaw 2015, Poznan 2015, organizator: COMSOL Multiphysics GmbH), Mimics Innovation Suite (Zabrze 2012, organizator: Solvmed Sp. z o.o.), szkoleniu z zakresu obsługi BTS SMART DX (Poznań 2013, organizator: PHU „Technomex” Sp. z o.o.) oraz w kursie języka angielskiego *Lecturing in English* (Poznań 2008, organizator: Studium Języków Obcych Politechniki Poznańskiej), przygotowującym nauczycieli akademickich do prowadzenia zajęć dydaktycznych w języku angielskim.

Przedstawiony do oceny dorobek dydaktyczny, organizacyjny i w zakresie popularyzacji nauki dr inż. Małgorzaty Jankowskiej oceniam w sumie pozytywnie. Na podkreślenie zasługuje przede wszystkim organizacja konferencji naukowych i udział w zagranicznych zespołach eksperckich IEEE Interval Standard Working Group oraz promotorstwo pomocnicze w przewodzie doktorskim w Politechnice Poznańskiej.

IV. Ocena końcowa

Podsumowując ocenę dorobku, przede wszystkim naukowego, w tym osiągnięcia naukowego dr inż. Małgorzaty Jankowskiej, stwierdzam, że:

1. przedstawiony cykl publikacji naukowych powiązanych tematycznie (z uwzględnieniem wkładu Kandydatki w poszczególne publikacje) spełnia wymagania stawiane osobom ubiegającym się o nadanie stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych. Osiągnięcia w nim przedstawione (nowe zastosowania metod bezsiatkowych do rozwiązywania nieliniowych zagadnień mechaniki materiałów i mechaniki płynów oraz nowe algorytmy numeryczne ich rozwiązywania) wnoszą istotny wkład do rozwoju dyscypliny *mechanika*, a także dyscypliny *informatyka*. Mogą też mieć w przyszłości ważne zastosowanie praktyczne, np. w obliczeniach wytrzymałościowych elementów konstrukcyjnych.
2. Habilitantka wykazała się biegłą znajomością zaawansowanych metod numerycznych oraz metod komputerowych mechaniki, w szczególności metod bezsiatkowych zastosowanych do nieliniowych (w szczególności sprężysto-plastycznych), płaskich

zagadnień brzegowych i brzegowo-początkowych mechaniki ciała stałego, a także mechaniki płynów;

3. całościowy dorobek publikacyjny Kandydatki, po uzyskaniu przez Nią stopnia doktora nauk technicznych, moim zdaniem, przewyższa ten wymagany do uzyskania stopnia doktora habilitowanego (10 artykułów w uznanych czasopismach o zasięgu światowym, indeksowanych w bazie JCR, 7 rozdziałów w monografiach indeksowanych w bazie Web of Science). Na wysoką ocenę zasługuje również liczne uczestnictwo w cyklicznych konferencjach międzynarodowych;
4. ma Ona także istotny dorobek dydaktyczny, organizacyjny oraz w zakresie popularyzacji nauki, szczególnie w zakresie organizacji konferencji naukowych i udziału w zagranicznych zespołach eksperckich IEEE Interval Standard Working Group oraz promotorstwa pomocniczego w przewodzie doktorskim w Politechnice Poznańskiej.

Moją dość wysoką ocenę nieco obniża mała aktywność Habilitantki w realizacji projektów badawczych lub prac rozwojowych oraz brak staży naukowych w uznanych jednostkach naukowych lub akademickich. Nie jest to jednak, moim zdaniem, warunek konieczny uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Uważam, że cykl publikacji powiązanych tematycznie oraz dotychczasowy dorobek naukowy, dydaktyczny, organizacyjny oraz w zakresie popularyzacji nauki dr inż. Małgorzaty Jankowskiej, spełniają wymagania stawiane osobom ubiegającym się o stopień naukowy doktora habilitowanego przez *Ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach naukowych i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. z późniejszymi zmianami*, ale tylko w stopniu minimalnym. W związku z tym, popieram wniosek o nadanie dr inż. Małgorzacie Jankowskiej stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie *mechanika*.



