

Warszawa, 29.12.2023

Prof. dr hab. Jacek Waniewski  
Instytut Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN  
Trojdena 4  
02-109 Warszawa  
jwaniewski@ibib.waw.pl

**Recenzja osiągnięcia naukowego i ocena dorobku naukowego  
dr Zuzanny Szymańskiej**

Niniejsza recenzja została wykonana w związku z postępowaniem habilitacyjnym dr Zuzanny Szymańskiej na podstawie decyzji Rady Doskonałości Naukowej DRKN.Z2.400.120.2023 z dnia 28 września 2023 roku oraz uchwały nr 99/23 Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej z dnia 19 października 2023 w sprawie powołania mnie na recenzenta, przekazanych, wraz z dokumentacją habilitacyjną, pismem prof. dr. hab. inż. Ewy Piętki, Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej, z dnia 31 października 2023 roku.

Dr Zuzanna Szymańska ukończyła studia wyższe na Wydziale Matematyki, Informatyki i Mechaniki Uniwersytetu Warszawskiego w 2002 roku uzyskując magisterium w dziedzinie matematyki stosowanej, a w 2003 roku uzyskała magisterium w dziedzinie informatyki na Wydziale Matematyki, Informatyki i Mechaniki Uniwersytetu Warszawskiego. Pracę doktorską pt. "Mathematical modelling of the heat shock response and the involvement of heat shock proteins in cancer development", przygotowaną pod kierunkiem prof. Macieja Żylicza (International Institute of Molecular and Cellular Biology, Warszawa) oraz prof. Willi Jäger'a (Uniwersytet w Heidelbergu), obroniła w Instytucie Biochemii i Biofizyki Polskiej Akademii Nauk, Warszawa, w 2010 roku, uzyskując doktorat z wyróżnieniem w dziedzinie biologia ze specjalnością biofizyka.

Po ukończeniu studiów odbyła w 2004 roku staż w Interdyscyplinarnym Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego. W latach 2005 – 2010 była uczestniczką polsko-niemieckiego programu doktoranckiego Graduate College „Complex Processes: Modelling, Simulation and Optimization” prowadzonego wspólnie przez Uniwersytet w Heidelbergu oraz Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego.

Od 2011 roku, po uzyskaniu doktoratu, jest zatrudniona jako adiunkt naukowy w Interdyscyplinarnym Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego. Od 1 października 2018 do 30 września 2020 pracowała jako adiunkt naukowy w Instytucie Matematycznym Polskiej Akademii Nauk (przebywając w tym czasie na urlopie z ICM UW).

## **I. Recenzja osiągnięcia naukowego w postaci cyklu artykułów pod wspólnym tytułem "Modelowanie matematyczne procesów wzrostu i regeneracji tkanek oraz wewnątrzkomórkowej dynamiki białek ze szczególnym uwzględnieniem oddziaływań nielokalnych"**

Przedstawione mi do recenzji osiągnięcie naukowe dr Zuzanny Szymańskiej składa się z dziesięciu artykułów opublikowanych w czasopismach z listy JCR wraz z omówieniem zawartych w nich wyników w języku polskim i angielskim stanowiącym część autoreferatu Habilitantki. Omówienie to zawiera również informacje bibliograficzne o tych artykułach (współczynnik cytacji (impact factor) czasopisma, w którym artykuł się ukazał, i jego punktacja przez MNiSW). Wszystkie artykuły są współautorskie, a Habilitantka jest pierwszym autorem w czterech z nich i głównym autorem w dwu publikacjach. Załączone oświadczenia współautorów o wkładzie w badania i ich opracowanie jednoznacznie wskazują na wiodącą rolę dr Szymańskiej. Publikacje pochodzą z lat 2009 – 2023, współczynniki cytacji czasopism wahają się od 0.990 do 3.653, a punktacja MNiSW od 20 do 140 punktów:

[A-1] Szymańska, Z., Morales Rodrigo, C., Lachowicz, M., Chaplain, M., „Mathematical Modelling of Cancer Invasion of Tissue: The Role and Effect of Nonlocal Interactions”, *Mathematical Models Methods in Applied Sciences* 19: 257-281, 2009, punkty ministerialne 32 i IF w 2009: 2.095, liczba cytowań 116 (WoS) i 172 (GS), autor korespondencyjny;

[A-2] Chaplain, M., Lachowicz, M., Szymańska, Z., Wrzosek, D., „Mathematical Modelling of Cancer Invasion: The Importance of Cell-Cell Adhesion and Cell-Matrix Adhesion”, *Mathematical Models Methods in Applied Sciences*, 21:719-743, 2011, punkty ministerialne 40 i IF w 2011: 1.635, liczba cytowań 64 (WoS) i 109 (GS), alfabetyczna kolejność autorów;

[A-3] Szymańska, Z., Skrzeczkowski, J., Miasojedow, B., Gwiazda, P. „Bayesian inference of a non-local proliferation model”, *Royal Society Open Science*, 8:211279, 2021, punkty ministerialne 100 i IF w 2021: 3.653, liczba cytowań 2 (WoS) i 6 (GS), autor korespondencyjny; 2

[A-4] Gwiazda, P., Miasojedow, B., Skrzeczkowski, J., Szymańska, Z., „Convergence of the EBT method for a non-local model of cell proliferation with discontinuous interaction kernel”, *IMA Journal of Numerical Analysis*, 43(1), 590–626, 2023, punkty ministerialne 140 i IF w 2021: 2.713, liczba cytowań 4 (GS), autor korespondencyjny;

[A-5] Dudziuk, G., Lachowicz, M., Leszczyński, H., Szymańska, Z., „A Simple Model of Collagen Remodelling”, *Discrete Continuous Dynamical Systems B*, 24(5):1-14, 2019, punkty ministerialne 100 i IF w 2019: 1.270, liczba cytowań 2 (WoS) i 8 (GS), autor korespondencyjny;

[A-6] Carrillo, J.A., Parisot, M., Szymańska, Z., „Mathematical Modelling of Collagen Fibers Rearrangement During Tendon Healing Process”, *Kinetic & Related Models*, 14(2), 283–301, 2021, punkty ministerialne 100 i IF w 2021: 1.398, autor korespondencyjny;

[A-7] Szymańska, Z., Parisot, M., Lachowicz, M., „Mathematical modeling of the intracellular protein dynamics: the importance of active transport along microtubules”, *Journal of*



Theoretical Biology, 363:118-128, 2014, punkty ministerialne 35 i IF w 2014: 2.116, liczba cytowań 11 (WoS) i 17 (GS), autor korespondencyjny;

[A-8] Cytowski, M., Szymańska, Z., „Large Scale Parallel Simulations of 3-D Cell Colony Dynamics”, IEEE Computing in Science & Engineering, 16(5): 86-95, 2014, punkty ministerialne 20 i IF w 2014: 0.990, liczba cytowań 18 (WoS) i 44 (GS);

[A-9] Cytowski, M., Szymańska, Z., „Large Scale Parallel Simulations of 3-D Cell Colony Dynamics. II. Coupling with continuous description of cellular environment”, IEEE Computing in Science & Engineering, 17(5):44-48, 2015, punkty ministerialne 25 i IF w 2015: 1.3561, liczba cytowań 14 (WoS) i 27 (GS);

[A-10] Szymańska, Z., Cytowski, M., Mitchell, E., Macnamara, C.K., Chaplain, M.A.J., „Computational modelling of cancer growth and invasion: Modelling at multiple scales and multiscale modelling”, Bulletin of Mathematical Biology, 80(5):1366–1403, 2018, punkty ministerialne 30 i IF w 2018: 1.643, liczba cytowań 14 (WoS) i 25 (GS), autor korespondencyjny.

Artykuł A-1 został opublikowany przed uzyskaniem przez Habilitantkę stopnia doktora w 2010 roku, ale jego tematyka nie ma nic wspólnego z tematyką rozprawy doktorskiej.

Tytuł osiągnięcia „Modelowanie matematyczne procesów wzrostu i regeneracji tkanek oraz wewnątrzkomórkowej dynamiki białek ze szczególnym uwzględnieniem oddziaływań nielokalnych” trafnie ujmuje tematykę zbioru przedstawionych artykułów. Modelowanie matematyczne, czasem w postaci rutynowych procedur, jest obecnie nieodłączną częścią techniki i nauk technicznych osiągając bardzo zaawansowany poziom obliczeniowy, jak np. w komputerowych analizach kształtów pojazdów i ich wytrzymałości. Zastosowania modelowania matematycznego w medycynie nie są jeszcze tak częste ze względu na wysoką złożoność struktur anatomicznych jak i czynników genetycznych, biochemicznych, sygnałowych, chemicznych i fizycznych, które powinny być wzięte pod uwagę. Tym niemniej nadzieja na wspomaganie obliczeniowe diagnostyki i terapii medycznych jest duża, co można zobrazować np. długofalowymi programami badawczymi finansowanymi przez Komisję Europejską. W ten nurt badań wpisują się prace dr Szymańskiej rozwijające zarówno metody modelowania matematycznego (tu najważniejsze wydają mi się nielokalnie przestrzennie równania różniczkowo-całkowe) jak i metody obliczeniowe (połączenie modelu agentowego z modelem ciągłych rozkładów czynników chemicznych).

W tematyce biomedycznej artykułów wchodzących w skład osiągnięcia można wyróżnić trzy zagadnienia: 1) rozwój i inwazja nowotworów, artykuły A-1 do A-4, A-8 do A-10, 2) gojenie się uszkodzeń ścięgien, artykuły A-5 i A-6, i 3) wewnątrzkomórkowe ścieżki sygnałowe, artykuł A-7.

Artykuły te są wieloautorskie, niejednokrotnie bardzo obszerne a niektóre z nich, nawet na pierwszy rzut oka, zawierają rozważania o charakterze czysto matematycznym, jak na przykład dowody istnienia i jednoznaczności równań postulowanych modeli. Nawet jeżeli jest to wskazane ze względu na nowość i nieoczywistość modeli w aspekcie matematycznym, to trudno takie badania uznać za wkład w inżynierię biomedyczną. Jednak jak wynika z oświadczeń autorów i komentarzy własnych Habilitantki o jej wkładzie, części matematyczne



zostały przygotowane przez współautorów matematyków, a wkład dr Szymańskiej w przedstawione prace koncentrował się wokół sformułowania problemu, konstrukcji modeli matematycznych, zebraniu literatury i opracowaniu zagadnienia od strony biomedycznej, oceny wartości parametrów modeli, opracowania i wykonania obliczeń przykładów zastosowania modeli, interpretacji wyników i porównania ich z literaturą, wyciągnięcia wniosków. Przedstawione do oceny osiągnięcie dr Szymańskiej można więc uznać za jej wkład w rozwój inżynierii biomedycznej; jednocześnie warto wskazać na wagę/potrzebę badaczy o doświadczeniu z różnych dyscyplin i dziedzin nauki w powstawaniu i efektywnym działaniu zespołów interdyscyplinarnych, a szczególnie zespołów pragnących wnieść wkład w badania i techniki biomedyczne.

Znaczenie naukowe osiągnięcia dr Zuzanny Szymańskiej jest związane między innymi z rozwijaniem nowych podejść i odpowiadających im metod modelowania matematycznego procesów biologicznych. Nowością jest tu przede wszystkim zaproponowanie i częściowe przebadanie modeli z przestrzennie nielokalnymi członami w równaniach różniczkowych cząstkowych, artykuły A-1 do A-4. Odpowiada to założeniu, że na przebieg procesów w danym czasie i punkcie przestrzennym ma wpływ nie tylko bezpośrednia okolica tego punktu ale i dalsze otoczenie, uwzględnione jako uśrednienie funkcji stanu z zadaniem jądrem wag wpływu (czasem realizowanym jako splot jądra i funkcji stanu). Jest to w pewnym sensie odpowiednik równań nielokalnych w czasie (z opóźnieniem czasowym), a pełne rozwinięcie tego uogólnienia równań różniczkowych wymagałoby uwzględnienia nielokalności czasowo-przestrzennej.

Pokazano na przykładach, że modele te generują takie zjawiska jak np. front naciekającego nowotworu na styku z otaczającą go macierzą pozakomórkową, artykuły A-1 i A-2 (artykuł A-2 uwzględnia również dynamikę enzymów trawiących macierz pozakomórkową), ale pozostaje otwarte pytanie na ile modele z przestrzenną nielokalnością są konieczne, a nie tylko użyteczne, do opisu przynajmniej niektórych procesów biologicznych. Habilitantka wskazuje na brak obecnie metod, które pozwoliłyby zebrać konieczny do tego materiał biologiczny (trzeba tu jednak wspomnieć o szybko rozwijających się metodach rejestracji czasoprzestrzennej ewolucji przynajmniej pewnych elementów struktur biologicznych). W zastępstwie realnych pomiarów rolę danych empirycznych mogłyby odegrać wyniki symulacji komputerowych, jak na przykład ciekawych modeli opisanych w pracach A-8, A-9 i A-10. Podejście to łączy opis przestrzennie określonych i mogących się przemieszczać dyskretnych obiektów (komórek) o ustalonych rozmiarach i kształcie z ciągłym czasoprzestrzennym opisem czynników chemicznych. Ten nowatorski model uzyskał duże uznanie w środowisku, a dr Szymańska pełniła w tych pracach rolę promotora pomocniczego doktoranta mgr M. Cytowskiego. O ile modele teoretyczne pomijają problem wpływu odżywiania komórek na wzrost nowotworu, to jest on uwzględniony w ciekawych symulacjach wzrostu nowotworu wokół naczynia krwionośnego w artykule A-10. Artykuł A-10 opisuje próbę połączenia makroskopowego modelowania wzrostu nowotworu z mikroskopowym opisem procesów wewnątrzkomórkowych; zawiera również dwa przykłady rozłożonego przestrzennie modelowania ścieżek sygnałowych wewnątrz komórki. Zastosowano w tej pracy modelowanie przestrzenne stochastyczne.



Modele matematyczne w artykułach A-1 – A-4 różnią się rolą przypisywaną oddziaływaniom nielokalnym i mogą być traktowane jako trzy przypadki szczególne jakiegoś ogólnego modelu. Najciekawszy wydaje mi się model wzrostu guza oparty tylko na członie nielokalnym opisującym namnażanie się komórek nowotworowych, z pominięciem członu dyfuzyjnego, artykuły A-3 i A-4, który jako jedyny został dopasowany do danych eksperymentalnych o początkowych fazach wzrostu nowotworu in-vitro. Trzeba też podkreślić nowatorskie wprowadzenie nielokalnych nieliniowych członów opisujący interakcję komórek i komórka – macierz pozakomórkowa, i analizę ich wpływu na charakter wzrostu nowotworu z możliwością pojawienia się nowych ognisk nowotworowych (artykuł A-2).

Ciekawy cykl prac A-5, A-6 i A-7 poświęcony jest problemowi porządkowania się orientacji włókien kolagenowych, co z medycznego punktu widzenia dotyczy procesu gojenia się ścięgna po jego uszkodzeniu. Nielokalne człony w równaniu opisują zarówno oddziaływanie przestrzennie sąsiednich włókien kolagenowych jak i wpływ orientacji sąsiednich włókien na orientację danego włókna. Sformułowano dwa modele o różnym stopniu złożoności. Na podstawie analizy wyników badań symulacyjnych postawiono hipotezę, że przyspieszenie gojenia się ścięgna na skutek ćwiczeń rehabilitacyjnych jest związane z ich wpływem na powiększanie się i wydłużanie się włókien, co, według wyników modelowania, znacząco zwiększa skuteczność porządkowania się orientacji włókien.

Przestrzenny model ścieżki sygnałowej Hes1, artykuł A-7, stanowi próbę wyjścia poza standardowe podejście oparte na równaniach różniczkowych zwyczajnych. Przedstawiony nowy model opisuje dyfuzyjny ruch białka Hes1 i jego mRNA w dwu obszarach, cytoplazmie i jądrze komórkowym, z członami opisującymi generację i zanik tych cząsteczek, oraz wiązanie się tych cząsteczek w cytoplazmie do mikrotubuli, które narzucają im ukierunkowany ruch przestrzenny poprzez przesuwanie się wzdłuż mikrotubuli. Ten ostatni element, stanowiący ciekawe rozszerzenie poprzednich podejść, związany ze specyficznymi strukturami wewnątrzkomórkowymi, jest opisany w postaci zadanych globalnych pól prędkości (analog transportu konwekcyjnego), odwzorowujących przebieg mikrotubuli. Model odtwarza oscylacje w stężeniach białka Hes1 i jego mRNA obserwowane w danych eksperymentalnych.

Podsumowując mogę stwierdzić, że przedstawiony do recenzji cykl artykułów stanowi powiązaną całość, przedstawiającą metody formułowania i badania modeli matematycznych związanych z dynamiką oddziaływania białek wewnątrz komórek oraz w ścięgnach, a także rozwoju, inwazji i metastazy nowotworów ze szczególnym uwzględnieniem aspektów przestrzennych tych procesów. Połączono również w udany sposób te obie (mikro i makro) skale przestrzenne i czasowe. Zostały zastosowane różnorodne metody matematyczne i komputerowe. Zaproponowane metody modelowania i przeprowadzone analizy stanowią cenny wkład do tej dziedziny badań. Uzyskane wyniki mają w obecnym stanie charakter badań podstawowych ale, otwierając nowe podejścia do modelowania, mogą również stanowić wartościowy punkt wyjścia do analizy praktycznych problemów biomedycznych; stanowią dobry przykład wykorzystania nowatorskiego modelowania matematycznego i komputerowego w zastosowaniu do problemów biologicznych. Dziedzina badań Habilitantki jest ważna ze względu na oczekiwane zastosowania praktyczne i ciekawa pod względem



teoretycznym, a w modelowaniu matematycznym widzi się obecnie jedno z najważniejszych narzędzi postępu w badaniach dużych, przestrzennie rozłożonych, nieliniowych i skomplikowanych (także przez stochastyczność procesów) układów biologicznych. Osiągnięte wyniki oceniam jako znaczące, a szczególnie chciałbym podkreślić dążenie do rozszerzenia zakresu teoretycznych metod badania podstawowych problemów biologicznych. Specyficzny wkład dr Zuzanny Szymańskiej w te wieloaspektowe artykuły stanowi dobry przykład połączenia wiedzy biologicznej ze znajomością metod matematycznych i komputerowych, oraz wskazuje na konieczność funkcjonowania badaczy z takim zapleczem w badaniach interdyscyplinarnych związanych z biologią i medycyną. W literaturze angielskojęzycznej funkcjonuje określenie tego typu badacza jako „modeler”.

Uważam, że cykl publikacji "Modelowanie matematyczne procesów wzrostu i regeneracji tkanek oraz wewnątrzkomórkowej dynamiki białek ze szczególnym uwzględnieniem oddziaływań nielokalnych" spełnia wymogi stawiane osiągnięciom naukowym przedstawianym jako część postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria biomedyczna.

## **II. Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego**

Dorobek publikacyjny dr Zuzanny Szymańskiej po otrzymaniu stopnia doktora, a więc po 2010 roku, obejmuje (oprócz 10 artykułów wchodzących w skład jej osiągnięcia naukowego) osiem artykułów opublikowanych w latach 2011 – 2023 w czasopismach lub jako rozdziały w seriach wydawniczych i wydawnictwach książkowych, oraz jedną publikację konferencyjną. Przed otrzymaniem stopnia doktora Habilitantka opublikowała pięć artykułów oraz cztery publikacje konferencyjne.

Według bazy Web of Science, ilość cytowań wszystkich 23 artykułów wynosi 484 (461 bez autocytowań), sumaryczny IF według listy JCR (obliczony z uwzględnieniem roku publikacji) 48.323 (z uwzględnieniem publikacji związanych z doktoratem: 52.592), a indeks Hirscha 10. Publikacje dr Zuzanny Szymańskiej po uzyskaniu stopnia doktora nie wchodzące w skład jej osiągnięcia naukowego dotyczą tematyki jej doktoratu, rozszerzenia tematyki osiągnięcia naukowego (głównie opisu wzrostu nowotworów), a częściowo mają charakter przeglądowo – dyskusyjny. Wkład habilitantki w te artykuły jest podobny do jej wkładu w publikacje wchodzące w skład osiągnięcia.

Dr Zuzanna Szymańska po uzyskaniu stopnia doktora uczestniczyła z przedstawianiem referatów w 22 konferencjach naukowych międzynarodowych i krajowych, w tym dziesięciokrotnie przedstawiała wykłady na zaproszenie, dwukrotnie zasiadała w komitetach naukowych warsztatów i konferencji, oraz (współ-)organizowała pięć warsztatów i konferencji.

Dr Zuzanna Szymańska była, po uzyskaniu stopnia doktora, kierownikiem projektów badawczych NCN z cyklu Harmonia (2018-2023) i cyklu Sonata (2011-2014), jest kierownikiem dwu projektów finansowanych przez Uniwersytet Warszawski (2023 i 2023-2024), była głównym wykonawcą w projekcie NCBiR (2014-2018) i projekcie NCN (2015-2018), oraz wykonawcą w projekcie NCN (2009-2012). Jako promotor pomocniczy

opiekowała się dwoma doktorantami: mgr M. Cytowskim, praca doktorska obroniona w IBS PAN w 2015, oraz mgr M. Dębowski, praca doktorska złożona we wrześniu 2023 na Wydziale MIM UW. Habilitantka prowadziła początkowo zajęcia/laboratoria dla studentów do wykładów związanych z zastosowaniem matematyki w biologii, a później współprowadziła dwa wykłady i laboratoria dla studiów drugiego stopnia z zastosowania matematyki i symulacji komputerowych w biologii i medycynie. W latach 2014 – 17 prowadziła seminarium naukowe „Computational Physiology Group”.

Dorobek naukowy dr Szymańskiej, który nie wszedł w zakres jej osiągnięcia naukowego, jest znaczący i stanowi cenne uzupełnienie artykułów przedstawionych w osiągnięciu, rozszerzając wyniki zawarte w osiągnięciu oraz dodając inną tematykę, która nie była włączona w osiągnięcie. Ciekawym elementem tego dorobku są też artykuły przeglądowe i metodyczne. Część artykułów dr Szymańskiej powstała w ramach projektów finansowanych przez NCN, których była kierownikiem, oraz we współpracy międzynarodowej. Trzeba podkreślić też dużą aktywność dydaktyczną Habilitantki, w tym w pracy z młodymi pracownikami naukowymi (dwukrotne promotorstwo pomocnicze doktoratu). Oceniam, że dorobek naukowy i dydaktyczny dr Szymańskiej spełnia z nadatkiem wymagania stawiane habilitantom.

Dr Zuzanna Szymańska recenzowała publikacje dla 10 międzynarodowych czasopism naukowych z dziedzin matematyki, biologii, medycyny i informatyki. Brała udział w trzech zespołach oceniających wnioski o finansowane badania (KE: Horizon Europe w latach 2020, 2021 i 2022, NAWA w latach od 2018 do 2022, Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej w latach 2019, 2020 i 2021, oraz w jury konkursów dla Polonii NAWA i MNiSW. Odebrała dwa krótkie staże naukowe w Szwecji i Niemczech. Jest członkiem dwu międzynarodowych towarzystw naukowych (ESMTB, SMB). Trzeba podkreślić szeroką współpracę międzynarodową Habilitantki, popartą wspólnymi publikacjami i licznymi wizytami naukowymi, z uczonymi z trzech ośrodków badawczych Wielkiej Brytanii i jednego z Niemiec. Oceniam, że działalność organizacyjna związana z pracą naukową pozwoliła jej zdobyć doświadczenie w zupełności wystarczające do samodzielnego prowadzenia badań.

Podsumowanie: Dorobek publikacyjny i konferencyjny dr Zuzanny Szymańskiej stanowi istotne uzupełnienie jej osiągnięcia naukowego i spełnia wymagania stawiane przy postępowaniach habilitacyjnych. Habilitantka prowadziła liczne zajęcia dla studentów i opiekowała się doktorantami. Jest uznaną recenzentką czasopism międzynarodowych. Odebrała staże w ośrodkach akademickich o światowej renomie i efektywnie współpracowała z badaczami polskimi i zagranicznymi. Swoje prace prowadziła w powiązaniu z realnymi problemami biologicznymi i klinicznymi, a ten „podkład” merytoryczny to jej istotny wkład w powstałe publikacje naukowe. Jej dorobek dydaktyczny stanowi ważny element wprowadzania zastosowań matematyki do problemów biologicznych i medycznych na wyższej uczelni.



#### **IV. Wniosek końcowy**

Podsumowując powyższe oceny szczegółowe stwierdzam, że, w mojej opinii, zarówno cykl publikacji dr Zuzanny Szymańskiej jak i jej dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny spełniają wymogi stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżyneryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria biomedyczna, przez Ustawę z dnia 20 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z późniejszymi zmianami (j.t. Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie jej do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

*Y. Worniewski*