



Wrocław, dnia 7 sierpnia 2024 r.

Opinia dotycząca rozprawy doktorskiej Sławomira Białeckiego zatytułowanej „Wave propagation analysis in biological systems”

Sławomir Białeckie w swojej rozprawie doktorskiej bada modele matematyczne pewnych zjawisk biologicznych związanych z procesami quasi-oscylacyjnymi lub dotyczących propagacji fal biegnących, a narzędziami matematycznymi używanymi w tej rozprawie są układy równań różniczkowych cząstkowych typu reakcji dyfuzji. Wyniki Sławomira Białeckiego zebrane zostały w jego sześciu publikacjach naukowych.

- A. Calcium Oscillations in a Spatially Extended Three Compartment Cell Model, Białeckie S, Kaźmierczak B, Proceedings of the XX National Conference Applications of Mathematics in Biology and Medicine, Łochów, pp. 15-20, (2014)
- B. Stationary Waves on the Sphere, Białeckie S, Kaźmierczak B, Tsai J-C, SIAM J. Appl. Math., 75, 4, 1761-1788 (2015)
- C. Regularity of solutions to a reaction-diffusion equation on the sphere: the Legendre series approach, Białeckie S, Kaźmierczak B, Nowicka D, Tsai J-C, Mathematical Methods in the Applied Sciences 40, 14, 5349-5369 (2017).
- D. Polarization of concave domains by traveling wave pinning, Białeckie S, Kaźmierczak B., Lipniacki T, Plos One 12, 12, e0190372-1-10 (2017).
- E. The propagation phenomenon of solutions of a parabolic problem on the sphere, Kaźmierczak B, Tsai J-C, Białeckie S, Mathematical Models and Methods in the Applied Sciences 28, 10, 2001-2067 (2018)
- F. Traveling and standing fronts on curved surfaces, Białeckie S, Nałęcz-Jawecki P, Kaźmierczak B, Lipniacki T, Physica D 401, 132215 (2020).

Publikacja A zawiera opis zjawiska wymiany jonów wapnia pomiędzy różnymi kompartmentami komórkowymi. W pracy tej uogólnioną pewien znany układ równań różniczkowych zwyczajnych prowadząc dyfuzję do opisu badanych zjawisk, a następnie numerycznie zbadano własności rozwiązań otrzymanego zagadnienia brzegowego początkowego. Wykazano, że ewolucja stężenia jonów wapnia w opisywanym modelu zależy od jego położenia w kompartmentcie. Zauważono również wrażliwość badanego modelu na współczynnik dyfuzji, a w szczególności to, że dla małych współczynników dyfuzji zachowania rozwiązań stają się chaotyczne i zanikają w czasie.

W pracach B, C, E, wykorzystując skalarne równanie różniczkowe cząstkowe typu reakcji dyfuzji, badano propagację fal biegnących na powierzchniach zakrzywionych. Modele tego typu wykorzystuje się do opisu sygnałów biologicznych na powierzchni membrany komórkowej, a badane fale biegnące mogą powodować aktywację lub dezaktywację komórek. W pracy B zostało znalezione w sposób analityczny niestabilne rozwiązanie stacjonarne, a wynik ten pozwala stwierdzić istnienie minimalnego obszaru stymulacji początkowej zapewniającego aktywację całej komórki. Praca C matematyczny wstęp do matematycznej analizy własności rozwiązań całego układu, a główne wyniki uzyskane tutaj to rozważania na temat regularności słabych rozwiązań badanego układu. W pracy E badano zjawisko propagacji fal na powierzchni kuli, wykazując istnienie i jednoznaczność rozwiązań liniowego parabolicznego zagadnienia początkowo-brzegowego. Dodatkowo, rozważono tutaj regularność rozwiązań poza punktem nieciągłości funkcji źródłowej. Główny wynik w pracy E to dowód istnienia rozwiązania mającego postać fali biegnącej poruszającej się z prędkością zależną od czasu i położenia na kuli.

W publikacjach D i F badano wpływ geometrii trójwymiarowych obszarów na propagację fal biegnących wewnątrz ich objętości. W pracy D, wykorzystując jedno równanie typu reakcji dyfuzji, uzyskano istnienie złożonego niestatego stabilnego rozwiązania stacjonarnego. W pracy F badano propagację fal biegnących na hiperpowierzchniach dwuwymiarowych i wykazano że front fali biegnącej może zatrzymać się na wklęsłych kawałkach brzegu obszaru.

Wyniki wchodzące w skład wszystkich wymienionych powyżej publikacji zawierają trudne rozważania zarówno analityczne jak i numeryczne oraz stanowią ważny wkład w teorię fal biegnących różnego typu równań parabolicznych, rozważanych na różnego typu nietypowych obszarach.

Rozprawa doktorska Sławomira Białeckiego prezentuje jego ogólną wiedzę teoretyczną w zakresie dyscypliny Inżynieria Mechaniczna. Publikacje Sławomira Białeckiego powstały przy współpracy z promotorem profesorem Bogdanem Kaźmierczakiem oraz innymi wybitnymi uczonymi. Załączone do rozprawy oświadczenia w sposób jednoznaczny wskazują na istotny wkład naukowy Doktoranta do opublikowanych wyników. Dlatego nie mam żadnych wątpliwości rozprawa doktorska Sławomira Białeckiego wykazuje jego umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Uzyskane przez Sławomira Białeckiego wyniki są ciekawe i stanowią oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w zakresie dyscypliny Inżynieria Mechaniczna. Z pełnym przekonaniem stwierdzam, że rozprawa doktorska Sławomira Białeckiego spełnia wymogi Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce i wnoszę o dopuszczenie Sławomira Białeckiego do dalszych etapów postępowania doktorskiego.



prof. dr hab. Grzegorz Karch