

**Recenzja pracy doktorskiej Pani Anny Kisiołek
pt.: „Istnienie i własności asymptotyczne rozwiązań równań różnicowych
w przestrzeniach Banacha oraz uniwersalny model skali czasowej i jego zastosowania”**

Przedmiotem ponownie recenzowanej pracy doktorskiej Pani mgr inż. Anny Kisiołek są równania różnicowe, a w szczególności pewne własności rozwiązań równań różnicowych w przestrzeni Banacha oraz idea modelu skali czasowej z uwzględnieniem jego zastosowań w ekonomii. W stosunku do poprzedniej wersji zostały uwzględnione uwagi recenzentów oraz dopisany został rozdział poświęcony stabilności rozwiązań równań różniczkowych.

Teoria równań różniczkowych i różnicowych z wykorzystaniem miar niezwartości od lat była badana przez matematyków w różnych ośrodkach. Znaczący wkład w rozwój tej teorii mieli m.in. A. Ambrosetti, S. Szufła, K. Goebel, W. Rzymowski czy J. Banaś. W pracy autorka wykorzystwała również pojęcie aksjomatycznej miary niezwartości, którego w swoich dowodach używali m.in. I. Kubiaczyk i J. Banaś.

W rozdziale pierwszym autorka przedstawiła podstawowe definicje i twierdzenia wykorzystywane w całej pracy, ze szczególnym uwzględnieniem teorii miar niezwartości.

W rozdziale drugim zastosowano metody oparte na pojęciu miary niezwartości. Autorka przeprowadziła badania dotyczące istnienia i asymptotycznych własności rozwiązań równań różnicowych pierwszego, drugiego i trzeciego rzędu z wykorzystaniem pojęcia miary niezwartości w przestrzeni Banacha. Twierdzenia przedstawione w tym rozdziale uogólniają wyniki zawarte we wcześniejszych pracach C. Gonzaleza, A. Jimenez – Melado, M. Migdy, R. P. Agarwala, M. Dawidowskiego, I. Kubiaczyka i J. Morchały.

Rozdział trzeci zawiera dowód twierdzenia dotyczącego oscylacyjności rozwiązań równania różniczkowego n -tego rzędu na skali czasowej.

Dodany do rozprawy rozdział czwarty zawiera twierdzenie o stabilności równań różniczkowych z odchylonym argumentem w przestrzeni Banacha. Autorka rozszerzyła znane do tej pory wyniki w przypadku rzeczywistym stosując twierdzenie Sadowskiego o punkcie

stałym oraz potrzebną teorię miar niezwartości. Wynik ten jest nowy oraz interesujący, sądzę, że po odpowiednim zredagowaniu będzie mógł być opublikowany.

W rozdziale piątym autorka pokazała zastosowanie rachunku różniczkowego i całkowego na skali czasowej w ekonomii. Przedstawione problemy dotyczą wybranych zagadnień mikro- i makroekonomicznych z różnych sfer aktywności gospodarczej. W pierwszej kolejności pokazano przykłady zastosowania Δ - i ∇ -całki Riemanna w makroekonomii oraz przy obliczaniu strumieni pieniężnych z zainwestowanego kapitału, w zależności od przyjętego modelu kapitalizacji. Następnie autorka przybliżyła zastosowanie skali czasowej w badaniu wzrostu gospodarczego oraz przewidywań rynkowych stóp procentowych, które wpływają na poziom rentowności sektora finansowego.

Główne wyniki zawarte w tej rozprawie zostały opublikowane w pracach:

1. Kisiołek A. Kubiaczyk I., *Asymptotic behaviour of solutions of nonlinear delay difference equations in Banach spaces*, International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences, vol. 2005, no. 17, pp. 2769–2774, 2005
2. Kisiołek A., *Asymptotic behaviour of solutions of difference equations in Banach spaces*, *Discussiones Mathematicae Differential Inclusions, Control and Optimization* 28 (2008), 5 – 13
3. Kisiołek A., Kubiaczyk I., *Nonlinear difference equations in Banach spaces*, *Folia Mathematica* vol. 14, No. 1 (2007), 17 – 23
4. Kisiołek A., Kubiaczyk I., *Time scale calculation in mathematical economic*, *Studies of economic and social processes* No. 1 (2010), 6 – 20.

Uważam, że udowodnione w rozprawie doktorskiej twierdzenia są prawdziwe i rozszerzają one szereg wcześniejszych rezultatów.

Ponownie stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska spełnia warunki stawiane tego typu rozprawom przez Ustawę o tytule i stopniach naukowych. Wnioskuje o dopuszczenie Pani mgr inż. Anny Kisiołek do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

