

Dr hab. inż. JERZY WOJEWODA  
University of Aberdeen,  
School of Engineering, Centre for Dynamic Research Applications  
Aberdeen, dn. 9.04.2009 r.

## RECENZJA

Pracy doktorskiej

**Grzegorza Garbarcza**

pt.

**„Przetwarzanie danych doświadczalnych z uwzględnieniem ich  
chaotycznego charakteru”,**

opracowana na zlecenie:

Rady Naukowej

**Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie**

### 1. WSTĘP

Analiza zjawisk eksperymentalnych polega na adaptacji rozwiązań teoretycznych do wyników praktycznych, co nie jest zwykle zagadnieniem trywialnym, jako że dane rzeczywiste nie są prostym odpowiednikiem wyników symulacji. Nie każda z metod teoretycznych znajduje bezpośrednie zastosowanie w praktyce, tym bardziej nowe sposoby stworzenia narzędzia eksperymentatora są warte zainteresowania.

Metody wyznaczania podstawowych cech materiałowych, jakimi są granica sprężystości i plastyczności są od lat wyraźnie określone normami, stąd każda próba zmiany sposobu spojrzenia na ich określanie może być skwitowana pytaniem – czy warto? Być może proponowana metoda nie stanie się podejściem normatywnym, ale może być uznana za kolejne zastosowanie nowoczesnego potraktowania problemu klasycznego. Istotne jest również wskazanie na fakt, że praca zawiera mocno zaakcentowane aspekty eksperymentalne, a nie ogranicza się jedynie do teorii, co więcej wykorzystuje teorię w praktyce. Dlatego, zdaniem recenzenta, należy docenić fakt, że Doktorant położył nacisk na wspomniane powyżej zastosowania praktyczne.

### 2. OCENA PRZEDŁOŻONEJ ROZPRAWY

#### 2.1 TREŚĆ ROZPRAWY

Praca przedstawiona do recenzji została napisana na 79 stronach i zawiera stronę tytułową, wstęp, siedem rozdziałów stanowiących zasadniczą część merytoryczną pracy, wnioski, dodatek z programami komputerowymi, wykaz literatury, spis treści. Spis literatury liczy

łącznie 64 pozycje, w tym 6 prac ogłoszonych w materiałach konferencyjnych, których mgr inż. Grzegorz Garbacz jest współautorem.

Autor podjął temat przeniesienia metod dynamiki nieliniowej w obszar przetwarzania danych doświadczalnych, z których co najmniej jeden – analiza wyników dotyczących określania granicy sprężystości i plastyczności jest podejściem nowym i oryginalnym. Autor traktuje zaburzenia pomiarowe jako nieliniowy układ dynamiczny, który posiada elementy stochastyczne. Opiera się na swoich osiągnięciach prezentowanych wcześniej na kilku konferencjach naukowych, biorąc pod uwagę także na pierwszy rzut oka odległą od wspomnianej wyżej analizy procesy rozciągania dziedzinę obserwacji sejsmicznych. Do celów identyfikacji zachowań użył typowych w dynamice nieliniowej metod, takich jak analiza obrazów trajektorii fazowych uwzględniających opóźnienie, metoda określania korelacji czy wykładników Hursta. Praktycznie wykorzystał obliczone wartości entropii metrycznej Kołmogorowa-Sinai'a. Stanowi to podstawę zbudowania procedur numerycznych służących wyznaczeniu granicy sprężystości i plastyczności. Wyniki uzyskane dla danych sejsmicznych są według Autora dowodem na ogólność proponowanej metody.

We wstępie zawarte są ogólne rozważania na temat zastosowań matematyki w badaniach zjawisk rzeczywistych i rozwinął je w kierunku powstania teorii chaosu. Podkreślono podstawowe cechy, jakimi może być prosty model zjawiska i złożone zachowanie nim opisane.

W rozdziale 2 Autor pokazał wybrane przykłady zachowań chaotycznych w różnych dziedzinach nauki od ruchów konwekcyjnych, przez koło wodne do wymuszonego ruchu wahadła fizycznego. Zilustrował je wykresami, które niestety pokazują niewielkie wycinki trajektorii czy wykresów czasowych i nie ułatwiają czytelnikowi właściwej oceny sytuacji.

W rozdziale 3 sformułowane są cztery tezy pracy, których brzmienie warto przytoczyć. Pierwsza, że *nieliniowość w układach i procesach fizycznych z dysypacją energii przejawia się zakresami występowania chaosu*. Druga – *podobieństwo geometryczne wykresu fazowego dla stanu ustalonego i zbudowanego z użyciem opóźnienia pozwala na stwierdzenie, że w analizowanym obszarze występuje bifurkacyjne przejście od laminarności do chaosu*. Trzecia – *entropia Kołmogorowa-Sinai'a jest sposobem udoskonalenia przetwarzania danych oraz obiektywizacji wyników*. Czwarta – *efektywność zastosowania tejże entropii do przetwarzania danych zależy od pojawienia się chaosu deterministycznego w nieliniowościach danych*.

Określony został cel pracy – udoskonalenie procesu przetwarzania danych pomiarowych (pojęcie *mechaniczne dane pomiarowe* na stronie 12 brzmi nieco awangardowo) prowadzące do obiektywizacji wyników i usprawnienia ich analizy. Autor wspomina tu także możliwość prognozowania przebiegu analizowanego procesu, jednak nie udało mi się dostrzec takiego miejsca w dalszej części pracy.

W rozdziale 4 krótko omówione zostały niektóre metody statystycznego prognozowania wystąpienia chaosu deterministycznego, jak wykładnik Hursta oraz metoda korelacji danych.

Rozdział 5 zawiera elementy analizy zachowań układów dynamicznych w przestrzeni fazowej (trajektorie, atraktory), wykresy bifurkacyjne, metoda rekonstrukcji przestrzeni fazowej, związek entropii z chaosem deterministycznym.

