

Dr hab. inż. Adam Gacek

Zabrze, 27. 05. 2014 r.

Instytut Techniki i Aparatury Medycznej ITAM

ul. Roosevelta 118

41-800 Zabrze

Recenzja

osiągnięć naukowych oraz aktywności naukowej dr inż. Roberta A. Stępnia

Recenzja została wykonana według kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego zgodnie z Rozporządzeniem MNiSW z dnia 1 września 2011 r., powiązanych z Ustawą z dnia 14 marca 2003 r. stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Podstawą dla oceny osiągnięć naukowych i aktywności naukowej dr inż. Roberta A. Stępnia były następujące materiały:

1. Osiągnięcie naukowe w formie dzieła pt. „Analiza Sygnałów Biomedycznych Wybranymi Metodami Dynamiki Symbolicznej” wydane jako Monografia Instytutu Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. Macieja Nałęcz PAN w 2012 r..
2. Wykaz opublikowanych prac naukowych lub twórczych prac zawodowych oraz informacja o osiągnięciach dydaktycznych współpracy naukowej i popularyzacji nauki.
3. Autoreferat przedstawiający opis dorobku zawodowego i osiągnięć naukowych.

I. Ocena osiągnięcia naukowego.

Osiągnięcie naukowe podlegające ocenie jest monografią habilitacyjną. Przedmiotem monografii habilitacyjnej jest analiza sygnałów biomedycznych wybranymi metodami dynamiki symbolicznej. Praca liczy 142 strony i została podzielona na 7 rozdziałów. Na końcu monografii jest umieszczona bibliografia zawierająca 156 pozycji. W pierwszym rozdziale stanowiącym wprowadzenie w tematykę pracy, Autor zawarł krótki przegląd wybranych metod stosowanych w analizie sygnałów biomedycznych i przedstawił ogólną charakterystykę tych metod.

Istota osiągnięcia naukowego autora przedstawiona została w drugim rozdziale monografii. W rozdziale tym Autor opisuje pewną koncepcję cyfrowego przetwarzania i analizy sygnałów, opartą na metodach dynamiki symbolicznej i przedstawia opracowane

przez siebie modyfikacje tych metod, które proponuje zastosować do przetwarzania i analizy sygnałów biomedycznych.

Rozdział trzeci zawiera przykłady zastosowania metod opracowanych przez Autora do analizy sygnałów wygenerowanych komputerowo.

W rozdziale czwartym Autor opisuje zastosowanie opracowanych metod do analizy wybranych sygnałów biomedycznych.

Kolejny rozdział piąty zawiera opisy metod dynamiki symbolicznej, służących do analizy dynamiki układów przestrzenno-rozciągniętych opartych na diagramach przestrzenno-czasowych. Metody te oparte są na koncepcji badania dynamiki wzorców zaproponowanej przez K. Kaneko (1990). Modyfikacja Autora polega na przyporządkowaniu wzorcom n -bitowym (o stałej długości n) liczb całkowitych.

W rozdziale szóstym Autor opisuje wykorzystanie metod opartych na diagramach przestrzenno-czasowych do analizy sygnałów biomedycznych.

Ostatni siódmy rozdział jest podsumowaniem problematyki opisywanej w monografii i zawiera dyskusję dotyczącą przydatności i użyteczności opracowanych przez Autora metod, wywodzących się z dynamiki symbolicznej, w analizie sygnałów biomedycznych.

Metody te bazują na teorii informacji i ogólnej koncepcji dynamiki symbolicznej. Dynamika symboliczna stanowi użyteczne narzędzie w badaniach dynamiki układów, których stany opisane są odpowiednio zakodowanymi symbolami.

Geneza dynamiki symbolicznej wiąże się z pracą J. Hadamarda (1898) dotyczącą opisu i analizy krzywych geodezyjnych na powierzchniach o ujemnej krzywiznie. Prace J. Hadamarda rozwinął w latach dwudziestych ubiegłego wieku H. M. Morse, którego uważa się za ojca współczesnej dynamiki symbolicznej. W 1938 roku napisał on wraz z G. A. Hedlundem pracę pt. „Symbolic Dynamic” dotyczącą w całości badania abstrakcyjnych układów symbolicznych. Próby wykorzystania metod dynamiki symbolicznej do analizy sygnałów, a w tym również sygnałów i informacji biomedycznych pojawiają się na przełomie ubiegłego wieku. Jako jeden ze stosunkowo nielicznych przykładów wykorzystania dynamiki symbolicznej do analizy informacji biomedycznych można tu wymienić pracę N. Wessel, U. Schwarz, P.J. Sparin, J. Kurths pt. „Symbolic Dynamics for Medical Data Analysis”, wydaną w 2002 roku.

Metody dynamiki symbolicznej mogą być przydatne w analizie nieliniowej dynamiki układów chaotycznych, niestacjonarnych np. reprezentowanych przez zaszumione sygnały. W tym przypadku do oceny złożoności dynamiki nieliniowej układu powszechnie stosuje się miary związane z teorią informacji, którymi są entropie informacyjne tj. np. Kołmogorowa-

Sinai'a, Reineyi, Shannona, Hartley'a. Podstawą do konstrukcji miar entropowych jest wtedy rozkład statystyczny symboli lub słów stanowiących ciąg (sekwencję) symboli reprezentujących dynamikę układu.

Celem badań podjętych przez dr inż. R. A. Stępnia miało być opracowanie nowych technik analizy sygnałów biomedycznych, które zmniejszałyby poziom złożoności i ograniczenia klasycznych metod analizy tych sygnałów. Pośród tych metod można wymienić: metody analizy widmowej, metody czasowo-częstotliwościowe, metody nieliniowe, metody statystyczne oraz w pewnym zakresie metody symboliczne wywodzące się z dynamiki symbolicznej powiązane z teorią informacji. Ogólnie metody te zostały opisane i scharakteryzowane w pierwszym rozdziale pracy.

W swoich badaniach Autor skoncentrował się na wykorzystaniu metod symbolicznych i opracowaniu takich ich modyfikacji, które jako nowe metody analizy sygnałów biomedycznych byłyby porównywalne pod względem skuteczności z metodami klasycznymi, a przy tym mniej złożone i efektywniejsze obliczeniowo.

W rezultacie Autor opracował koncepcyjnie i zaproponował pewne nowe podejście do sposobu analizy sygnałów biomedycznych, bazujące na metodach symbolicznych. Można sądzić, że źródłem tej koncepcji była praca N. Wessel, U. Schwarz i in. pt. „Symbolic Dynamics for Medical Data Analysis” z 2002 r., na którą Autor monografii często się powołuje. Problematyka przedstawiona w tej publikacji jest ściśle związana z przedmiotem monografii habilitacyjnej. Opracowane metody w odróżnieniu od innych metod symbolicznych wykorzystujących wieloelementowe zbiory symboli, złożone algorytmy dekompozycji ciągu symboli oraz złożone charakterystyki, wykorzystują zgrubne kodowanie binarne. Proces dekompozycji jest ograniczony do podziału ciągu symboli na słowa, przy użyciu możliwie prostych kryteriów. Tak wydzielone ciągi symboli, Autor proponuje nazwać sekwencjami. W konsekwencji, opracowane metody, które Autor nazywa symbolicznymi metodami sekwencyjnymi, proponuje zastosować do analizy sygnałów biomedycznych.

W pracy Autor przedstawia dwie grupy tak opracowanych metod, z których pierwsza jest przeznaczona do analizy sygnałów jednowymiarowych (jednokanałowych), a druga ma służyć do analizy sygnałów wielowymiarowych (wielokanałowych). Pierwsza grupa opracowanych metod stanowi własną koncepcję Autora, dotyczącą wykorzystania metod dynamiki symbolicznej do analizy sygnałów biomedycznych. Druga grupa metod obejmuje propozycję zastosowania do wielokanałowej analizy sygnałów biomedycznych, znanych metod analizy sygnałów wielowymiarowych, opartych na diagramach przestrzenno –

czasowych. Autor proponuje przy tym nową definicję tzw. „wzorców”, wykorzystywanych do obliczenia entropii kumulowanej.

Istotą opracowanych metod jest przyjęcie przez Autora sposobu kodowania sygnałów biomedycznych opartego na kodowaniu znaku pierwszej różnicy („pochodnej”) sygnału za pomocą dwuelementowego zbioru symboli. Wychodząc z tego sposobu kodowania sygnałów, Autor proponuje i definiuje nowe charakterystyki symboliczne sygnału tj. : rozkład licznosci monosekwencji o stałej długości, warunkowo alternowana suma kumulowana CCAS (ang. Conditional Cumulative Alternate Sum), pokrycie bitowe, widmo sekwencyjne pokrycia bitowego (o-widmo), pasmowe pokrycie bitowe, indeks symboliczny dynamiki SDI (ang. Symbolic Dynamic Index), spektrogram pokrycia bitowego (o-pektogram) i monotonia.

Opisane w pracy sekwencyjne metody symboliczne opracowane przez Autora, mają pewne wspólne cechy z metodami spektralnymi. W charakterystykach statystycznych obu grup tych metod można dostrzec pewne analogie. Metody widmowe, poza analizą sygnałów EEG są stosunkowo mało rozpowszechnione w przetwarzaniu, analizie i interpretacji sygnałów biomedycznych. Najbardziej rozpowszechnione i użyteczne do tego celu są metody analizy sygnałów w dziedzinie czasu, a wśród nich metody amplitudowo-czasowe. Wynika to z faktu, że dla większości sygnałów biomedycznych ich przetwarzanie i analiza ma na celu wydobywanie informacji diagnostycznych, zawartych w sposób jawny w sygnale. Charakterystyki statystyczne i częstotliwościowe sygnałów biomedycznych nie stały się jak dotąd źródłem informacji diagnostycznych, skutecznie różnicujących stany patologiczne i wyróżniających określone stany chorobowe. Informacje diagnostyczne najczęściej ujawniają się w kształcie charakterystycznych fragmentów sygnału i ich zmianach w czasie. Informacje te są zniekształcane przez zakłócenia, które zawsze obecne są w sygnałach biomedycznych.

Głównym problemem w analizie sygnałów biomedycznych jest tłumienie zakłóceń, a następnym dopiero wydobywanie cech niosących informacje diagnostyczne. Istotne jest przy tym, aby wydobywane cechy mogły być bezpośrednio interpretowalne przez lekarza. Ponieważ lekarz w procesie diagnozowania porównuje te cechy z pewnymi wzorcami medycznymi, które określone są w bazie wiedzy medycznej (baza wzorców i standardów medycznych) lub ustalone i przyjęte przez lekarza na podstawie własnego doświadczenia.

Opracowane przez Autora metody analizy sygnałów biomedycznych, a w szczególności ich charakterystyki, nie mogą być bezpośrednio interpretowalne przez lekarza, gdyż nie została dla nich wytworzona baza wzorców odnoszących się do określonych przypadków medycznych. W badaniach eksperymentalnych przeprowadzonych przez Autora wykazane zostały jedynie pewne własności dyskryminacyjne opracowanych metod

pozwalające na badanie dynamiki zmian sygnałów dla pewnych wybranych stanów medycznych pacjentów.

Jednakże nawet dla potwierdzenia tych własności dyskryminacyjnych należałoby przeprowadzić badania na odpowiednio licznej i reprezentatywnej grupie pacjentów, aby można było ocenić wyniki jako statystycznie wiarygodne. Szkoda również, że autor nie przeprowadził badań porównawczych dla oceny złożoności obliczeniowej opracowanych metod, wyrażonej chociażby czasem przetwarzania, w stosunku do klasycznych metod spektralnych stosowanych np. do analizy EEG, szeroko opisanych m.in. w pracy K. J. Blinowska J. Zygierewicz „Practical Biomedical Signal Analysis” (2012). Autor sam ujawnia również pewne ograniczenia symbolicznych metod sekwencyjnych, jak chociażby czułość na szum wysokiej częstotliwości, co jest wynikiem zastosowania kodowania znaku pierwszej pochodnej sygnału.

Dlatego też stwierdzenie Autora pracy, że opracowane metody symboliczne okazały się przydatne do analizy sygnałów w diagnostyce medycznej i ocenie skuteczności stosowanych terapii, należy uznać za nieuzasadnione, wymagające weryfikacji w dalszych badaniach populacyjnych.

Uwzględniając przyjęty przez habilitanta cel badań, którym miało być wykazanie, że opracowane przez niego metody są użyteczne w analizie sygnałów biomedycznych, należy stwierdzić, że osiągnięcie tego celu nie zostało potwierdzone.

Habilitant zaproponował pewien nowy sposób kodowania sygnałów biomedycznych wywodzący się z metod dynamiki symbolicznej. Kodowanie to jako jedna z form redukcji informacji miało na celu uproszczenie algorytmów przetwarzania i analizy sygnałów biomedycznych. Jednakże przy dzisiejszym stanie rozwoju technologii IT sama redukcja informacji nie stanowi warunku krytycznego dla efektywnego przetwarzania i analizy sygnałów biomedycznych, a może przy tym spowodować utratę istotnych informacji diagnostycznych. W metodach analizy sygnałów biomedycznych opracowanych przez habilitanta, oryginalnością jest zdefiniowanie pewnych nowych charakterystyk sygnałów biomedycznych, które jednak jak dotąd nie mają zobrazowanej i potwierdzonej wartości diagnostycznej.

Habilitant wykazał jedynie, ale dla ograniczonej liczby przypadków medycznych, że charakterystyki te mają pewne własności dyskryminacyjne.

Współczesne badania w obszarze przetwarzania i analizy sygnałów biomedycznych koncentrują się na efektywnych metodach ograniczania zakłóceń i wydobywania informacji diagnostycznych, przy możliwie szerokim uwzględnieniu charakteru źródła sygnału.

Badania przeprowadzone przez habilitanta nie odpowiadają tym wymaganiom, głównie ze względu na nieuwzględnienie w nich uwarunkowań dotyczących charakteru sygnałów biomedycznych i samych procesów ich generacji. Ponadto należy stwierdzić, że również zakres badań eksperymentalnych przeprowadzonych przez habilitanta jest niewystarczający dla potwierdzenia osiągnięcia założonych celów badawczych przyjętych w monografii habilitacyjnej.

W pracy występują pewne błędy gramatyczno-edycyjne tj. np. :

- Str. 11 wiersz 6 od góry; wyrazy *nie* i *ma* napisane razem jako *niema*,
- Str. 19; symbole estymatorów P_{xx} , P_{yy} w opisie po wyrazie *gdzie* nie zawierają nawiasów tak jak w relacji (1.1),
- Rys. 2.3; zawiera zbyteczny wyraz *na* w trzecim bloku od dołu,
- Str. 37, drugi wiersz poniżej relacji (1.30); należy dodać wymaganie $q \neq 1$,
- Str. 53, wiersz 9 od góry; wyraz *przegrupowując* lepiej byłoby zastąpić wyrazem *przekształcając*,
- Str. 69, wiersz drugi od dołu; jest tu wyraz *traktor*, a powinien być *atraktor*,
- Str. 113; brak określenia nierówności dla przypadku $d_M(i) = 0$ w relacji (5.1),
- Str. 126; zdanie obejmujące wiersze 3 i 4 od dołu jest gramatycznie nielogiczne, prawdopodobnie zamiast przecinka powinien być w nim spójnik *i*.

Reasumując, należy stwierdzić, że monografia habilitacyjna przedstawiona do oceny jako dzieło naukowe, nie może być uznana za osiągnięcie naukowe stanowiące znaczny wkład Autora w rozwój dziedziny biocybernetyka i inżynieria biomedyczna.

II. Ocena aktywności naukowej dr inż. Roberta A. Stępnia

Dr Robert A. Stępień ukończył studia wyższe na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej w 1993 roku. W 1998 roku uzyskał stopień naukowy doktora nauk fizycznych na tym samym wydziale Politechniki Warszawskiej, w wyniku obrony rozprawy doktorskiej pt. „Dynamika wybranych, jednowymiarowych i dwuwymiarowych układów złożonych z elementów nieliniowych”.

Od grudnia 2012 roku pracuje na stanowisku adiunkta w Katedrze Informatyki Wydziału Zastosowań Informatyki i Matematyki w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Dodatkowo jest zatrudniony w Instytucie Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. Macieja Nałęcza Polskiej Akademii Nauk w Warszawie w wymiarze ¼

etatu. W tym Instytucie dr inż. Robert A. Stępień pracował wcześniej w okresie od stycznia 1998 do lipca 2011 roku na stanowisku adiunkta.

Do oceny aktywności naukowej w ramach postępowania habilitacyjnego dr inż. Robert A. Stępień przedstawił 17 prac naukowych wykonanych po doktoracie, opublikowanych w czasopismach z bazy JCR (Journal Citation Reports). Dwanaście z tych prac zostało opublikowanych w międzynarodowych czasopismach naukowych mających wskaźniki IF od 0,234 do 2,111, średnio 1,045. W materiałach międzynarodowych konferencji naukowych zostało opublikowanych pięć prac.

Udział dr inż. Roberta A. Stępnia w wykonaniu tych prac oszacowany został przez niego w zakresie od 12% do 100%, średnio 35%. Habilitant nie przedstawił oświadczeń współautorów o ich udziale w publikacjach. Tylko jedna praca w tej grupie pt. „Testing for non-linearity in EEG signal of healthy subjects”, opublikowana w Acta Neurobiol. Exp. (Wars) 2002 62 (4), 277-281, została wykonana w całości przez dr inż. Roberta A. Stępnia.

Dr inż. Robert A. Stępień jest również autorem jednej i współautorem 11 prac opublikowanych w czasopismach spoza listy czasopism znajdujących się w bazie JCR.

Na konferencjach krajowych i międzynarodowych zaprezentowanych zostało 21 prac naukowych, których dr inż. Robert A. Stępień był autorem lub współautorem. Sześć z tych prac, było osobiście prezentowanych przez dr inż. Roberta A. Stępnia, jako referaty, w tym 4 prace prezentowane były na konferencjach krajowych.

Prace dr inż. Roberta A. Stępnia, których był autorem lub współautorem, były cytowane według bazy Web of Science 47 razy, w tym 43 razy bez autocytowań, co dało mu indeks Hirsza $h = 4$.

Dr inż. Robert A. Stępień był współwykonawcą 6 projektów badawczych, w tym trzech projektów międzynarodowych realizowanych w ramach Programów Ramowych Unii Europejskiej. Trudno jest ocenić jego udział i odpowiedzialność za realizację projektów, gdyż nie zostało to określone w przedstawionej dokumentacji.

Jako bardzo niską aktywność ocenia się osiągnięcia habilitanta w obszarze patentowania i aplikacji wyników badań w opracowania projektowo-konstrukcyjne.

Dr inż. Robert A. Stępień jest współautorem jednego zgłoszenia patentowego pt. „Sposób i urządzenie do korygowania wad wymowy”, wykonanego w 2009 r. i jednego opracowania konstrukcyjnego pt. ”System do detekcji i monitorowania stresu na podstawie HRV”, powstałego w ramach projektu SENSATION.

Habilitant nie ma osiągnięć dydaktycznych ani eksperckich.

Odnośnie kryterium dotyczącego odbytych staży zagranicznych i krajowych dr inż. Robert A. Stępień wykazuje jedynie krótkoterminowe pobyty zagraniczne w ramach umowy o współpracy naukowej między Polską Akademią Nauk, a Akademiami Nauk Estonii i Łotwy, Litwy i Finlandii. W ramach takiej wymiany wykazał dwukrotny pobyt w Estonii (1998, 2004) i Finlandii (1999, 2004) i pojedyncze pobyty na Łotwie (2001) i Litwie (1998) nie podając przy tym jaki był okres tych pobytów. Pobyty te nie zaowocowały jednak żadnymi podjętymi wspólnie pracami naukowymi i publikacjami.

W rozporządzeniu MNiSzW z dnia 1 września 2011 roku, dotyczącym kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego można wyróżnić 27 różnych kryteriów.

Osiągnięcia naukowe i aktywność naukowa dr inż. Roberta A. Stępnia zostały wykazane dla 18 takich kryteriów. Dla 9 kryteriów dr inż. Robert A. Stępień nie wykazuje żadnych osiągnięć.

Formułując wniosek końcowy dla łącznej oceny osiągnięć naukowych i aktywności naukowej dr inż. Roberta A. Stępnia stwierdzam, że osiągnięcia te są niezadawalające i nie mogą być podstawą do ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych.

