



Kraków, 30.05.2013

Recenzja Rozprawy Doktorskiej

Prezentowana recenzja dotyczy rozprawy doktorskiej **mgr inż. Adama Głowacza**, zatytułowanej "Komputerowe techniki analizy informacji zawartej w sygnałach akustycznych maszyn elektrycznych dla celów diagnostyki stanów przedawaryjnych". Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Grzegorz Dobrowolski, prof. n.z. AGH.

TEMATYKA I CEL PRACY

Praca związana jest z analizą sygnałów akustycznych, a dokładniej badaniem sygnałów akustycznych maszyn elektrycznych dla celów diagnostyki stanów przed awaryjnych.

Teza pracy jest następująca: „zastosowanie algorytmów rozpoznawania umożliwi użycie metod analizy sygnału akustycznego do efektywnej diagnostyki stanów przed awaryjnych maszyn elektrycznych”.

Celem pracy, wynikającym z konieczności wykazania powyższej tezy, jest zaproponowanie sposobu badań sygnałów akustycznych maszyn elektrycznych oraz opracowanie projektu i zbudowanie stanowiska do badania sygnałów akustycznych tych maszyn, mającego na celu identyfikację stanów przed awaryjnych.

Badania dotyczące identyfikacji stanów przed awaryjnych maszyn należą obecnie do obszaru niezwykle intensywnie rozwijanego. Oczywistym jest stwierdzenie, że świadomość mogącej zajść w krótkim czasie awarii maszyny pozwala jej zapobiec lub istotnie zmniejszyć negatywne jej skutki, zatem automatyczne ostrzeganie jest bezcenne. Szczególne znaczenie badania te mają dla sterowania procesami produkcyjnymi, zarówno ciągłymi jak i dyskretnymi, gdzie nieprzewidziana awaria maszyny powoduje wielkie straty wynikłe nie tylko z przestoju produkcyjnych i strat materiałów w przypadku tzw. braków produkcyjnych ale też i kar z tytułu niedotrzymania terminów realizacji zamówień”. Zatem dla potrzeb systemów klasy MES/MOM (Manufacturing Execution Systems/ Manufacturing Operation Management) intensywnie rozwijane są obecnie metody i algorytmy, które na podstawie monitoringu dokonywanego przez te systemy są w stanie zdiagnozować stany maszyn grożące awarią. Praca mgr inż. Adama Głowacza wpisuje się właśnie w ten trend nowoczesnych badań. Zatem temat pracy uważam za ważny i bardzo aktualny.

Doktorant zajmuje się zagadnieniami identyfikacji ustalonej klasy maszyn, mianowicie maszyn elektrycznych wirujących. Dla tej klasy maszyn, zmiany charakterystyki dźwięków mogą posłużyć do wnioskowania o nieprawidłowym działaniu. Ten fakt stanowi podstawę badań Doktoranta.

ZAWARTOŚĆ PRACY

Praca składa się z 6 rozdziałów, bibliografii, czterech dodatków oraz spisu ilustracji, tabel i najważniejszych oznaczeń. Zasadnicze osiągnięcia Autora przedstawione są w rozdziałach, 2 – 5.

W rozdziale **pierwszym**, stanowiącym wstęp do pracy, podano tezę i cel pracy, a następnie omówiono podstawowe techniki badań stanów przed awaryjnych maszyn i na tym tle podano uzasadnienie badań opartych na analizie sygnałów akustycznych, proponowanych w pracy.

W rozdziale **drugim** przedstawiono założenia przyjęte dla eksperymentów i opisano ogólny plan badania mającego na celu klasyfikację sygnału akustycznego, składającego się z siedmiu etapów. W kolejnych podrozdziałach przedstawiono sposoby realizacji poszczególnych etapów z wyszczególnieniem możliwych wariantów realizacji, a ostatecznie zaproponowano tzw. uszczegółowiony plan badań sygnałów akustycznych dla celów diagnostyki, który stanowi bazę dla zaprojektowania stanowiska badawczego.

W rozdziale **trzecim** opisano projekt stanowiska badawczego do diagnozowania stanów maszyn elektrycznych na podstawie sygnałów akustycznych. Przedstawiono wyposażenie techniczne i szczegółowo przedstawiono projekt oprogramowania realizującego funkcje tzw. Systemu Automatycznego Rozpoznawania Sygnału Akustycznego.

Rozdział **czwarty**, najbardziej obszerny, poświęcono eksperymentalnej części pracy. W pierwszej części zaproponowano koncepcję logicznie uporządkowanego zestawu badań eksperymentalnych, mających na celu określenie najlepszego wariantu metod rozpoznawania oraz właściwej konfiguracji parametrów dla metod. Dodatkowym celem eksperymentów było potwierdzenie prawidłowości działania stworzonego przez Doktoranta stanowiska badawczego. Zaproponowane eksperymenty podzielono na 6 grup. Dwie pierwsze dotyczyły technik rozpoznawania dla odpowiednio maszyny synchronicznej i maszyny prądu stałego. W każdej z tych grup zaproponowano po 9 eksperymentów badawczych dla odpowiednich wariantów łączących trzy różne metody ekstrakcji cech sygnału oraz trzy różne klasyfikatory. Następne eksperymenty dotyczyły wyboru najlepszego wariantu metod rozpoznawania oraz jego weryfikacji. W dalszej części tego rozdziału przedstawiono dokładny opis poszczególnych eksperymentów oraz uzyskane z każdego z nich wyniki.

W rozdziale **piątym** opisano opracowany przez Doktoranta projekt układu monitorującego maszynę w ruchu. Układ ten obejmuje opisany w rozdziale trzecim System Automatycznego Rozpoznawania Sygnału Akustycznego (SARSA) z zaimplementowanymi wybranymi w wyniku eksperymentów algorytmami przetwarzania danych (techniką). Scharakteryzowano dokładnie potrzebne wyposażenie zarówno sprzętowe jak i informatyczne.

Rozdział **szósty** stanowi podsumowanie pracy, przedstawia wnioski końcowe oraz propozycje dalszych badań.

NAJISTOTNIEJSZE OSIĄGNIĘCIA AUTORA PRZEDSTAWIONE W PRACY

Do najistotniejszych osiągnięć Autora zaliczam:

- zaproponowanie nowej siedmioetapowej metody automatycznego rozpoznawania stanów przed awaryjnych, opartej o analizę sygnału akustycznego

- Zaproponowanie i przeanalizowanie szeregu technik (metod) zrealizowania koncepcji identyfikacji stanów przed awaryjnych maszyn, różniących się zastosowanymi rozwiązaniami na poszczególnych etapach
- Stworzenie środowiska badawczego dla przetestowania poszczególnych technik tzw. Systemu Automatycznego Rozpoznawania Sygnału Akustycznego.
- Zaproponowanie i zrealizowanie szeregu eksperymentów w wyniku których określony został najlepszy wariant metod rozpoznawania oraz właściwe konfiguracje parametrów metod; ponadto została potwierdzona prawidłowość działania stworzonego przez Doktoranta stanowiska badawczego.
- Opracowanie projektu układu monitorującego maszynę w ruchu; układ ten obejmuje System Automatycznego Rozpoznawania Sygnału Akustycznego (SARSA), w którym zaimplementowano wybrane na podstawie eksperymentów najlepsze metody

Są to osiągnięcia znaczące, na nich więc opieram generalnie pozytywną ocenę pracy

Na uwagę zasługuje również fakt, że autor sformułował dalsze, ciekawe problemy badawcze związane z tematyką pracy, które w przyszłości zamierza rozwiązać. Świadczą one o jego dogłębnej znajomości tematu i gruntownych przemyśleniach.

OCENA ERUDYCYJNEJ ORAZ FORMALNEJ STRONY ROZPRAWY

Wśród wymagań, jakie Ustawa o Stopniach i Tytułach Naukowych nakłada na kandydata do stopnia naukowego doktora, znajduje się także wymaganie posiadania aktualnej i głębokiej wiedzy w obrębie uprawianej dyscypliny naukowej. Na podstawie znajdujących się w opinionej pracy odwołań do literatury, a także sposobu prowadzenia rozważań i analiz, mogę stwierdzić, że mgr inż. Adam Głowacz taką nowoczesną i pogłębioną wiedzę posiada.

Opiniowana praca jest napisana bardzo starannie i dobrze zredagowana.

Podane są wszystkie te informacje, które są konieczne do zrozumienia przedstawianych treści i tylko te informacje.

Na podkreślenie zasługuje też spójny tok wywodów i uporządkowany sposób przedstawiania zawartości pracy. Kolejność przedstawiania zarówno rozważań teoretycznych jak i wykonanych eksperymentów tworzy bardzo logiczną całość.

UWAGI POLEMICZNE

Zwyczajowo recenzja powinna zawierać uwagi dyskusyjne. Z przyjemnością stwierdzam, że analizując pracę pod względem zarówno merytorycznym jak i formalnym nie stwierdziłam żadnych istotnych uchybień.

Można mieć zastrzeżenie co do sformułowania tezy. Według mnie teza brzmiałaby lepiej jako: "Wykorzystanie metod analizy sygnału akustycznego, w połączeniu z odpowiednimi

algorytmami rozpoznawania, umożliwia efektywną diagnostykę stanów przed awaryjnych maszyn elektrycznych”.

Na str. 32 wzór (2.16) ma niewłaściwie użyty wskaźnik definiowanych współczynników jako n . Symbol n oznacza ilość współczynników cepstralnych, zatem we wzorze powinien być użyty inny symbol indeksu dolnego.

Na str. 28, w kroku 3 nie jest jasne, jaki drugi stan maszyny jest rozważany (jakiego typu).

Budzi zastrzeżenie użycie określenia „technika” jako synonim wariantu metody, mimo, że autor wyjaśnia użycie tego określenia. Zwyczajowo w informatyce mówi się o metodach i ewentualnych algorytmach realizowanych na poszczególnych etapach.

PODSUMOWANIE I KOŃCOWA OCENA

Moja ocena recenzowanej rozprawy jest bardzo wysoka. Uzasadnieniem tej oceny jest fakt, że uzyskane w pracy wyniki mają zarówno duże znaczenie teoretyczne, jak i praktyczne.

Rozważając aspekt teoretyczny należy stwierdzić, że Autor proponując nową kilkietapową technikę identyfikacji stanów przed awaryjnych maszyn, wniósł zauważalny wkład w obszar automatycznego rozpoznawania. Natomiast zastosowania praktyczne są oczywiste i nie wymagają komentarza. Ponadto, Doktorant przedstawił projekt urządzenia monitorującego opartego o przedstawione przez siebie rozwiązanie teoretyczne, udowadniając tym samym realizowalność swojej koncepcji

Doktorant wykazał też inwencję naukową, a także umiejętność abstrakcyjnego myślenia. Cel pracy zrealizował w sposób ścisły i z dużą dbałością o szczegóły.

Zaproponował i wykonał szereg logicznie uporządkowanych eksperymentów, w tym eksperymentów dla stanów przed awaryjnych **rzeczywistych maszyn** dwóch typów. Analizę eksperymentów przeprowadził wnikliwie i krytycznie.

Wspomniana w recenzji uwaga polemiczna nie umniejsza zasług autora ani nie kwestionuje jego dokonań. W pracy niewątpliwie postawiono i rozwiązano ważne zagadnienie. Dokonano tego z wykorzystaniem poprawnej metodyki. Stwierdzam zatem, że opiniowana rozprawa spełnia wszystkie wymagania przewidziane dla rozpraw doktorskich w aktualnie obowiązującej Ustawie o Stopniach Naukowych i o Tytule Naukowym i **wnoszę o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej autora do publicznej obrony.**

Równocześnie wnoszę o wyróżnienie pracy. Propozycję wyróżnienia uzasadniam dodatkowo następującymi faktami:

- stworzona przez Doktoranta metoda jest nowatorska
- Doktorant rozwiązał postawiony problem kompleksowo, poczynawszy od postawienia hipotezy, przez propozycję szeregu technik, wybór rozwiązania **aż do projektu urządzenia**
- zaproponowane i zrealizowane przez Niego **eksperymenty** dostarczyły **bardzo obszerny materiał** pozwalający rzeczywiście wyciągnąć wiarygodne wnioski

 4