



## RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Agnieszki WINKLER-SKALNEJ  
pt.**

**„Propagacja dźwięku w ośrodku o parametrach niepewnych”**

**Promotor pracy : dr hab. inż. prof.ndz.Pol.Śląskiej Jerzy Skrzypczak**

Podstawa prawna oceny : Zlecenie Dziekana Rady Wydziału Budownictwa  
Politechniki Śląskiej RB-4020/09/10 z dnia 12.02.2010 r.

### **1. Analiza tematyki podjętej rozprawy.**

Problemy projektowania wewnątrz akustycznych o pożądanym charakterystykach odsłuchowych mają swoją specyfikę na tle ogólnej problematyki analizy propagacji dźwięku w analizowanym obiekcie. Ogólnie mówiąc, specyfika ta polega przede wszystkim na tym, że są to problemy modelowania pola akustycznego w warunkach wysokiej niepewności licznych parametrów opisujących modelowane zjawiska. Mogą one być związane z błędami identyfikacji określających go parametrów, względnie z trudnościami w ujęciu liczbowym licznych zaburzeń wymuszających warunki propagacji dźwięku w pomieszczeniu. Przykładowo mogą one dotyczyć opisu niejednorodności struktur materiałowych pomieszczenia, ich parametrów akustycznych, nieciągłości ich powierzchni, czy trudności w uwzględnieniu w opisach modelowych propagacji dźwięku, parametrów licznych małych przeszkód występujących na ich drodze. W konsekwencji przydatność formalizmów modelowych, obecnie stosowanych i co za tym idzie – algorytmów i programów komputerowych dostępnych na rynku – jest w pewnym stopniu ograniczona, pomimo ich istotnego znaczenia praktycznego.

Nie ulega więc wątpliwości, że *celowe są poszukiwania nowej wiedzy* umożliwiające modelowanie akustyczne przy uwzględnieniu koncepcji tzw. zmiennych niepewnych w rozważanym zadaniu badawczym. W tym zakresie istnieją różne podejścia formalne do opisu niepewności analizowanych wielkości i wynikające z nich konsekwencje dla poszukiwanych rozwiązań. Mogą one nawiązywać do probabilistycznych opisów, metod sformalizowanej wiedzy eksperckiej, algebry przedziałowej, czy modeli rozmytych.

Podjęte w rozprawie zadanie jest ukierunkowane na zbadanie nowych możliwości dla opisu propagacji dźwięku w ośrodku o parametrach niepewnych jakie niesie *metoda perturbacyjno-przedziałowa, opracowana przez J. Skrzypczaka - promotora rozprawy*. Pozwala ona na wykonywanie obliczeń numerycznych modelowanego zjawiska na liczbach perturbacyjnych II-rzędu, przy wykorzystaniu odpowiedniego rachunku algebry, dostosowanego do liczb perturbacyjno-przedziałowych

W zamierzeniu Doktorantki, podjęte w rozprawie badania mają pokazać: możliwość i celowość przyjęcia formalizmu metody J. Skrzypczaka do numerycznego opisu rozprzestrzeniania się

dźwięku w pomieszczeniach z uwzględnienie możliwych jego zaburzeń, wynikających z niepewności modelowej. Takie podejście stanowi *istotne nowum* w literaturze rozważanego problemu.

Z punktu widzenia walorów praktycznych i potencjalnej możliwości wykorzystania uzyskanych wyników w projektowaniu pożądaných własności akustycznych pomieszczeń, recenzowana praca doktorska jest *poznawczo aktualna i ważna*. Generuje szereg istotnych wskazań wykonawczych, tak w sferze nowej wiedzy teoretycznej, jak i realizacji numerycznych eksperymentów poznawczych.

Można więc uznać, że problematyka którą podjęła się Doktorantka *spełnia oczekiwania jakie wiązać można z tematem pracy doktorskiej*. Jest oryginalna, interesująca naukowo, i dobrze wkomponowuje się w współczesne potrzeby i trendy badawcze związane z poszukiwaniami nowych rozwiązań modelowych dla potrzeb oceny własności akustycznych pomieszczeń.

Jest przesłanką do rozwoju innowacyjnej techniki modelowania akustycznego, jej software'u i powiązanych z nimi rozstrzygnięć decyzyjnych, związanych z projektowaniem pomieszczeń o pożądaných charakterystykach akustycznych .

## 2. Analiza zawartości rozprawy.

Przechodząc do ogólnej charakterystyki rozprawy mgr inż. Agnieszki Winkler-Skalnej stwierdzam, że opiniowana praca *jest bardzo dobrym studium problemu* modelowania akustycznego przy uwzględnieniu niepewności w nim występujących. Zostało ono udokumentowane na 184 stronach rękopisu pracy doktorskiej, która zawiera : 30 tabel, 91 rysunków – przedstawiające ilustracje do rozważań, wyniki modelowe i pomiarowe, a także wykaz 124 odnośników literaturowych do pracy.

Wyniki pracy zostały przedstawione w **7 rozdziałach** uzupełnionych **wstępem, końcowym podsumowaniem** oraz **3 załącznikami** .

Tradycyjnie **wstęp** zawiera wprowadzenie do problematyki pracy, przedstawia podjęty problem naukowy w tle potrzeb obliczeń akustycznych pomieszczeń, jak i zawiera sformułowania celów przyjętego zadania badawczego.

**Rozdział 1**, ideę programową rozprawy umiejscawia w tle analizy propagacji dźwięku w ośrodku o niepewnych parametrach. Omawia podstawy fizyczne opisu tego zjawiska wraz z oceną niepewności określających go parametrów.

**Rozdział 2** omawia główne metody obliczeniowe służące do modelowania akustycznych własności pomieszczeń. Skupia uwagę na metodzie promieniowej, warunkach jej funkcjonowania. Formułuje potrzebę wprowadzenia; do określających modelowane pomieszczenia równań geometrii; liczb perturbacyjnych przedziałowych, umożliwiających zamodelowanie niepewności parametrów ośrodka. Dla podstawowych funkcji algebraicznych wykorzystywanych w procesie modelowania, definiuje właściwe im funkcje przedziałowe 2-perturbacyjne oraz przedstawia procedurę obliczeń dla śledzenia pojedynczego promienia oraz płaszczyzny o parametrach niepewnych. W tym miejscu pracy mamy do czynienia z *dokumentowaniem nowej wiedzy*, której twórcą jest Autorka rozprawy.

Uzupełnieniem materiału tego rozdziału są treści **rozdziału 3-go**. Autorka dla wskazanego formalizmu matematycznego zawarła w nim omówienie opracowanego dla niego w języku Fortran programu, umożliwiającego symulacyjną ocenę wpływu zaburzeń różnych parametrów na warunki propagacji dźwięku w pomieszczeniach. Treści tego rozdziału uzupełniają ilustracje wykonanych obliczeń symulacyjnych. Stanowią one istotny element *poznawczy*, będący w warstwie metodycznej pewną *naukową nowością*.

Kolejny **rozdziały 4 i 5** zawierają eksperymentalne odniesienia badawcze do wyników numerycznej symulacji wykonanych w pogłosowej komorze, akustycznego laboratorium na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej.

Rozwinięciem zaproponowanej idei modelowania propagacji fali dźwiękowej w zamkniętym pomieszczeniu, na przypadek dużej liczby niepewnych parametrów są propozycje wyartykułowana w

**rozdziale 6.** Formułują one wskazania użycia w tym celu przedziałowej algebry perturbacyjnej i jej bazy funkcji przedziałowych perturbacyjnych. Dla podstawowych funkcji algebraicznych wykorzystywanych w procesie modelowania, sformułowano przyporządkowane im funkcje przedziałowe perturbacyjne. Treści tego rozdziału są przesłaniem nowej *idei badawczej*, która zdaniem moim warta jest rozpropagowania i znajdzie kontynuatorów.

**Rozdział 7** zawiera ilustrację odniesień aplikacyjnych wskazanej przedziałowo-perturbacyjnej metodyki badawczej śledzenia promienia, względem wyników literaturowych danych opisujących własności akustyczne pomieszczeń Aula Magna na Uniwersytecie Perugia oraz Lecture Theatre w Curtin University of Technology.

Kończący pracę **rozdział „Podsumowanie i wnioski końcowe”** zawiera syntezę dokonań rozprawy. Prezentuje szereg wniosków, wynikających z zaproponowanej idei parametryzacji niepewnej informacji z jaka mamy do czynienia w procesie modelowania propagacji dźwięku w pomieszczeniach zamkniętych.

Całość pracy kończą spis cytowanej literatury oraz załączniki definiujące: przedziałowe liczby 2-perturbacyjne i działania na nich (**załącznik 1**), liczby przedziałowe perturbacyjne (**załącznik 2**) oraz **załącznik 3** zawierający dane literaturowe parametrów akustycznych pomieszczeń Aula Magna na Uniwersytecie Perugia oraz Lecture Theatre w Curtin University of Technology wykorzystywane w procesie porównań wyników badawczych .

Jak wynika z przedstawionej charakterystyki treści rozprawy, jej zakres tematyczny jest szeroki o **bardzo dużym stopniu oryginalności** przytaczanych wyników. Jej problematyka jest dedykowana ściśle nakreślonemu, problemowi technicznemu związanemu z poszukiwaniem nowych rozwiązań dla procesu symulacji własności akustycznych pomieszczeń.

Swoją *skalą złożoności, aktualnością, znaczeniem naukowym i aplikacyjnością w pełni odpowiada wymogom stawianym rozprawom doktorskim.*

### 3. Ocena merytoryczna.

Praca została napisana w sposób przejrzysty, **edytorsko podobający się**, a jej temat można uznać za rozwiązany na etapie zadania doktorskiego z oczekiwaną od niej problemową dociekliwością, w sposób **oryginalny**. Poszczególne elementy wykonawcze rozprawy są przedstawione w spójny sposób, prowadzący logicznie do realizacji podjętego przez Doktorantkę zadania badawczego.

Jej zawartość merytoryczna dostarcza **nowych** wskazań metodycznych oraz informacji wykonawczych, mających istotną wartość poznawczą dla analizy niepewności procesu modelowania propagacji fal akustycznych w pomieszczeniach zamkniętych.

Na podkreślenie zasługuje przygotowanie Doktorantki do korzystania z zaawansowanych formalizmów modelowych z algebry przedziałowej aplikowanej do przetwarzania informacji niepewnej, która pozwoliła na uzyskania przez nią nowych elementów poznawczych, dających nową perspektywę dla procesu modelowania akustyki pomieszczeń.

Uważam, że mgr inż. Agnieszka Winkler-Skalna wykazała się umiejętnością korzystania z różnorodnych narzędzi badawczych, potrzebnych w realizacji prac naukowo-badawczych z zakresu wibroakustyki, tj. doboru odpowiednich formalizmów modelowych dla analizowanego problemu, programowania eksperymentów badawczych, jak i stosownej ich interpretacji.

Pozwoliły one na :

- zwrócenie uwagi na możliwość i celowość wykorzystania matematycznych formalizmów przedziałowej algebry perturbacyjnej i jej bazy przedziałowych funkcji 2- perturbacyjnych i n- perturbacyjnych, do analiz propagacji dźwięku w pomieszczeniach zamkniętych i związanych z nimi ocen ich niepewności;

- opracowanie metodologii oceny niepewności dla wieloparametrycznej oceny własności akustycznej pomieszczeń;
- sformułowanie wskazań aplikacyjnych i wzorców wykonawczych do budowy nowych rozwiązań oceny niepewności w badaniach akustycznych.

Te wyróżniki rezultatów rozprawy doktorskiej kreślą nową perspektywę do dalszych badań. Wydaje się, że z pożytkiem byłoby zamieszczenie w pracy szerszych autorskich odniesień do problemu budżetu niepewności w badaniach akustycznych i na ich tle pełniejsze zakotwiczenie podjętej przez Doktorantkę problematyki. Kreśli ona bowiem nowe wskazania dla tworzenia procedur oceny niepewności typu B, istotnych nie tylko w akustycznych badaniach. Wydaję się, że pewna dyskusja tego problemu byłaby wskazana. Formułowałyaby być może dalsze kierunki poszukiwań badawczych, a także uwiarygodniałaby celowość rozwijania tego kierunku badań i poszukiwań szerszych aplikacji, w proponowanym zakresie.

Słabszym elementem pracy jest ograniczenie się w procesie podsumowania rezultatów badań do stwierdzeń na ogół o charakterze jakościowym. Nie podjęto próby ustalenia pewnych kryteriów ilościowych dających płaszczyznę porównań rezultatów jakie niesie zaproponowane przez Doktorantkę rozwiązanie z rozwiązaniami obecnie stosowanymi. Niedosyt może też budzić brak szerszej dyskusji praktycznych ograniczeń proponowanych rozwiązań.

Przytoczone wyżej uwagi mają charakter redakcyjny i nie wpływają na moją *bardzo pozytywną ocenę pracy*. Z obowiązku recenzenta było je zasygnalizować mając nadzieję, że być może będą one pewną inspiracją dla Autorki w dalszych jej pracach nad podjętym problemem.

Podsumowując opinię stwierdzam, że rezultaty rozprawy stanowią nowy przekaz informacyjny, który może być pomocny przy tworzeniu nowych rozwiązań w analizach projektowych akustycznych pomieszczeń.

Uważam, że zarówno **wyniki poznawcze, jak i praktyczne dokonania Doktorantki zasługują na jednoznacznie pozytywną opinię**. Dotyczą one zagadnień perspektywicznych, o istotnych walorach naukowych jak i utylitarnych i stanowią określony wkład mgr inż. Agnieszki Winkler w rozwój aktualnej wiedzy akustycznej.

#### 4. Konkluzja.

Biorąc pod uwagę rezultaty pracy stwierdzam, że Doktorantka podjęła i rozwiązała istotny dla aplikacji, obszar naukowych zadań badawczych, w obszarze poszukiwań nowych rozwiązań do analizy własności akustycznych pomieszczeń przy niepewnych parametrach. W pełni spełniają one wymagania stawiane przez *Ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r.*, co upoważnia mnie do przedłożenia Radzie Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej wniosku o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Uważam, że praca generuje **perspektywiczne wskazanie** dla procesu modelowania własności akustycznych pomieszczeń o niepewnych parametrach. Ma ona istotny ładunek innowacyjności naukowo-technicznej w wymiarze modelowym i jego software'owym odpowiedniku. Proponowane przez Doktorantkę koncepcyjne rozwiązanie problemu analizy pola akustycznego w układach o niepewnych parametrach oparte na przedziałowej algebrze perturbacyjnej i jej bazie przedziałowych funkcji 2- perturbacyjnych i n- perturbacyjnych, cechuje się interesującymi własnościami realizacyjnymi. W mojej opinii to wskazanie realizacyjne **nie znalazło** dotychczas należytego miejsca w przekazie literaturowym.

Uważam, że wyniki rozprawy **w sposób wyróżniający** rozszerzają bazę rezultatów teoretycznych jak i aplikacyjnych dziedziny wiedzy jaką jest akustyka techniczna i związany z nią obszar badawczy dotyczący analizy własności akustycznych pomieszczeń..

Żywię nadzieje, że rozprawa mgr inż. Agnieszki Winkler-skalnej znajdzie szerszy odbiór wśród osób zajmujących się modelowaniem własności akustycznych pomieszczeń, a zaproponowana przez nią idea realizacji rozpoznania niepewności w procesie obliczeń numerycznych ich własności

akustycznych znajdzie liczne aplikacje, co skłania mnie do wystąpienia z wnioskiem o jej wyróżnienie.

A handwritten mark or signature consisting of a vertical line with a small loop at the top and a short horizontal stroke to the left.