

Michał Nowak
Katedra Inżynierii Wirtualnej
Wydział Maszyn Roboczych i
Transportu
Politechnika Poznańska

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgra inż. Tomasza Wilczyńskiego pt. "Modelowanie numeryczne płyty rezonansowej violi da gamba".

1. Podstawa opracowania

Podstawę opracowania recenzji stanowi pismo pana Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie prof. dra hab. inż. Antoniego Kalukiewicza, z dnia 6.02.2018 roku.

2. Uwagi wstępne po przeczytaniu pracy

Recenzowana rozprawa doktorska została opracowana w Katedrze Mechaniki i Wibroakustyki na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie. Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Piotr Kleczkowski. Praca dotyczy wykorzystania metod optymalizacji do określania parametrów modeli numerycznych instrumentów muzycznych, pozwalających na wirtualne odtwarzanie rzeczywistych obiektów. Analizowanym w rozprawie obiektem był instrument viola da gamba. Autor rozprawy przedstawia oryginalną próbę zbudowania modelu numerycznego instrumentu, którego zachowanie się w przestrzeni wirtualnej jest zgodne z rzeczywistym obiektem. Jako podstawę do budowy modelu i doboru jego parametrów posłużyła analiza modalna, wykonana w komorze bezdechowej z użyciem profesjonalnej aparatury pomiarowej firm PCB Piezotronics i LMS. Zrealizowane zostało zadanie stworzenia modelu wirtualnego na podstawie danych z eksperymentu oraz przyjętego modelu geometrycznego, odzwierciedlającego rzeczywistą budowę obiektu. Przedstawiono cały proces budowy modelu numerycznego, poszukiwania jego parametrów za pomocą metod optymalizacji oraz weryfikację osiągniętych rezultatów poprzez porównanie częstotliwości i postaci drgań własnych modelu numerycznego z z pomiarami laboratoryjnymi.

3. Zawartość pracy

Recenzowana rozprawa doktorska napisana jest w języku polskim, liczy 149 stron razem z dodatkami i spisem literatury. Przedstawiona praca składa się z siedmiu rozdziałów, spisu literatury (116 pozycji) oraz dodatków w postaci tablic i rysunków. Rozdział pierwszy, zawierający wprowadzenie do tematu poruszanego w pracy poprzedza streszczenie pracy w językach polskim i angielskim. W rozdziale tym opisano typy instrumentów smyczkowych oraz znane do tej pory publikacje dotyczące ich modelowania ze szczególnym uwzględnieniem violi da gamba. Autor rozprawy uzasadnia także wybór tematu rozprawy motywując go potrzebą odtwarzania brzmienia dawnych instrumentów oraz perspektywą wykorzystania metod modelowania wirtualnego dla potrzeb projektowania nowych instrumentów muzycznych. Przedstawiono także cel i zakres pracy. Celem rozprawy według Autora jest: „zbudowanie i zwalidowanie numerycznego modelu płyty rezonansowej górnej violi da gamba”, a stawiana teza pracy jest następująca „Optymalizacja wielokryterialna pozwala na tworzenie modeli numerycznych górnej płyty instrumentu smyczkowego, w których zbieżność parametrów z obiektem rzeczywistym rośnie wraz z wprowadzeniem do modelu dodatkowych elementów konstrukcyjnych i zmiennych warunków brzegowych”. W kolejnym rozdziale Autor przedstawia opis sposobu budowania modelu numerycznego. Omawia także przyjęte parametry materiałowe i rozpoczyna dyskusję dotyczącą ich wpływu na numeryczną analizę modalną modelu wirtualnego badanego obiektu. W kolejnym, trzecim rozdziale Autor przedstawia sposób i narzędzia dla przeprowadzania badań eksperymentalnych. W rozdziale czwartym przedstawiono opis użytych w pracy metod optymalizacyjnych dla określenia parametrów modeli numerycznych. W rozdziale piątym opisano numeryczne modelowanie obiektu, poczynając od modeli geometrycznych, poprzez dyskretyzację i przyjęcie warunków brzegowych dla obliczeń numerycznych metodą elementów skończonych. W rozdziale tym umieszczono także dalszy ciąg dyskusji dotyczącej wyboru parametrów wejściowych modeli numerycznych. W kolejnym rozdziale, szóstym przedstawiono efekty poszukiwania optymalnych parametrów modeli numerycznych i porównywano każdy z badanych modeli (w zakresie zgodności częstotliwości drgań) z wartościami zmierzonymi w laboratorium. W kolejnym, ostatnim rozdziale umieszczono podsumowanie oraz przedstawiono plany badawcze na przyszłość.

4. Uwagi ogólne i ocena pracy

Można stwierdzić, że przedstawiony przez Doktoranta cel i zakres pracy jest ambitny i stanowi ciekawy obszar badawczy. Ma także praktyczne znaczenie dla poznania i opisanie sposobów projektowania i budowy instrumentów muzycznych. Opracowana rozprawa doktorska stanowi nowoczesne podejście do problemu identyfikacji parametrów geometrycznych i materiałowych złożonych obiektów, jakimi są instrumenty muzyczne. Przedstawione wyniki

wskazują także, że możliwe jest wykorzystanie opracowanych metod w praktyce. W tym kontekście, wobec obecnego stanu wiedzy, cel rozprawy sformułowany przez Autora jest poprawny a tematyka pracy ma znaczenie poznawcze. Autor zbudował model numeryczny zarówno z uwzględnieniem anizotropowego materiału jak i z uwzględnieniem naprężeń wstępnych. Przeprowadził także badania laboratoryjne i wyznaczył eksperymentalnie częstotliwości drgań własnych badanego obiektu. Dalej, zgodnie z przedstawioną tezą pracy, wprowadzał do modelu numerycznego dodatkowe elementy konstrukcyjne, badając zachowanie się układu dla szeregu konfiguracji. Zastosował także procedury optymalizacyjne dla uzyskania modelu numerycznego odpowiadającego pomiarom laboratoryjnym. Jako założenia dla walidacji takiego modelu przyjęto skalarny wskaźnik Modal Assurance Criterion, pokazujący zależność pomiędzy zidentyfikowanymi postaciami drgań. Dla wszystkich rozpatrywanych postaci drgań własnych rozpatrywanego obiektu udało się osiągnąć wartość tego wskaźnika na zakładanym poziomie, co uznać można za sukces przyjętej strategii. Świadczy to z jednej strony o odpowiednim przygotowaniu teoretycznym Autora i znajomości odpowiednich metod badawczych, a z drugiej o umiejętności rozwiązywania konkretnych problemów technicznych. Należy podkreślić, że podjęty problem techniczny należy do problemów o znacznej skali trudności, a jego rozwiązanie należy ocenić wysoko.

5. Uwagi szczegółowe

Podczas analizy przedstawionego w pracy materiału napotkałem na kilka niejasności, które wymagają wyjaśnienia.

- Komentarza wymaga opisane w rozdziale 4. podejście do istotnego w pracy problemu doboru parametrów wejściowych poprzez zastosowanie metod optymalizacyjnych. Doktorant używa różnych metod, opracowanych przez różnych autorów bez wcześniejszej dyskusji przesłanek wiodących do wyboru takiej właśnie strategii. Metoda prób statystycznych (Monte Carlo) pozwala (poprzez losowe dobieranie próbek parametrów złożonych problemów technicznych) na znalezienie ekstremów zakładanych funkcji celu. Kosztem rezygnacji z budowania analitycznej metody optymalizacji otrzymuje się w ten sposób niezwykle prosty do realizacji sposób poszukiwania wektora parametrów początkowych, dla którego założona funkcja ma wartości ekstremalne. Wymagane jednak jest przeanalizowanie całej przestrzeni możliwych parametrów wejściowych co z kolei wymaga zastosowania odpowiednich technik redukcyjnych. Autor bez odpowiedniej dyskusji wybrał z różnych metod próbkowania metodę łącińskich hipersześcianów. Podobnie, w kolejnym podrozdziale opisywany jest sposób wyznaczania powierzchni odpowiedzi, bez wcześniejszego opisu przyczyn wyboru takiego sposobu postępowania. Dalej, w podrozdziale 4.5., zatytułowanym „Poszukiwanie optymalnych rozwiązań ...” pojawia się opis dwóch algorytmów optymalizacji. Nie dokonano jednak analizy możliwych do przyjęcia strategii postępowania, a jedynie napisano, że:

„Do jednych z najbardziej popularnych metod należą:

- metoda przesiewowa ...,
- metoda optymalizacji ... za pomocą algorytmu genetycznego”.

Trudno ustalić, jakie były powody wybrania właśnie takiej strategii postępowania i na ile wynika to z własnych studiów Autora.

- Na stronie 95. rozprawy Autor napisał: „Rozmiar elementu skończonego ma kluczowy wpływ na dokładność wyznaczania częstotliwości drgań własnych PG badanego instrumentu”. Trudno jednak zorientować się, jak faktycznie przeprowadzono dyskretyzację badanego obiektu. Dla kolejnych modeli, których skomplikowanie rośnie, Autor podaje następujące informacje dotyczące siatki elementów skończonych: model M1 – brak informacji, model M2 – liczba elementów skończonych wynosi 101145 (strona 86), model M3 – liczba elementów skończonych wynosi 10985 (strona 87), model M4 – liczba elementów skończonych wynosi 14483 (strona 90). Nie opisano, w jaki sposób oszacowano wymaganą dla poprawności obliczeń wielkość elementu dla analizowanych modeli. Dla modelu M4, na stronie 91. wskazano, że dla tego modelu: „... dobrany rozmiar elementu dla PG opisany w 5.3 ...”, gdzie opisano przyjęty rozmiar elementu jako 0,01m, natomiast na stronie 85. napisano: „Zdefiniowane zostały także indywidualne oraz globalne minimalne rozmiary elementów skończonych (globalnie: $L_{min} = 0,004m$; $L_{max} = 0,050m$)”.

- W podrozdziale 2.1., zatytułowanym „Wpływ parametrów materiałowych na drgania płyty” Autor przedstawia wniosek dotyczący przyjętych parametrów materiałowych w ortotropowym modelu materiału, wskazujący na ich pomijalny wpływ na częstotliwość i postać drgań. Na stronie 99. wskazano na rezygnację z początkowo przyjętych 28 parametrów wejściowych i pozostawieniu jedynie 12 parametrów. Na stronie 103 napisano, że: „Parametry materiałowe dobrano z tabeli zbiorczej ...”, ale nie przedstawiono wartości parametrów po optymalizacji, podając jedynie założone zakresy ich zmienności. W kolejnych tablicach 6.14. oraz 6.21. podano wartości optymalne dla 5 parametrów materiałowych. Sprawa ta wymaga szerszej dyskusji szczególnie w kontekście przyjmowania modeli materiałowych dla numerycznej analizy takich obiektów jak instrumenty muzyczne.

- W podrozdziale 6.1.2. analizowane jest przesunięcie częstotliwości w funkcji celu o 10Hz. Nie wyjaśniono, skąd wynikało przyjęcie takiej wartości przesunięcia.

- W podrozdziale 6.4.2. Autor podaje informację, że: „W eksperymencie tym założono zmianę górnego zakresu parametrów wejściowych dla grubości PG z 0,009 m na 0,01 m”. Autor nie wyjaśnił, jakie były przesłanki dla dokonania takiej zmiany, szczególnie wobec deklarowanej, istotnej zmiany w zachowaniu się modelu: „Następuje olbrzymi progres wyników szczególnie jeśli chodzi o dopasowanie MAC w stosunku do wszystkich wcześniejszych eksperymentów (E0 - E3)”.

- Na stronie 33. opisano sposób rozmieszczenia czujników na powierzchni badanego obszaru.

Podano, że uwzględniono uwagi lutników. Można by było przedstawić szerszą dyskusję sposobu wyboru miejsc przeprowadzania pomiaru. Dla przyszłych badań cenne byłoby także przedstawienie sposobu wnioskowania, który doprowadził do przyjętego wyboru miejsc pomiaru i „...zagęszczenie siatki w okolicach podstawka i strefy pod odcinkiem strun, które wykorzystywane są do gry na instrumencie”.

- Praca jest napisana poprawnie, jednak w trakcie czytania można znaleźć nieprecyzyjne czy niefortunne sformułowania, jak na przykład: strona 17. „Na podstawie szkicu violi (rysunek 1.5) wykonano konstrukcję geometryczną instrumentu w środowisku MES.”, strona 27. „ Po wykonaniu się nieliniowej analizy statycznej...”, strona 130. „ ... można uzyskać inne konstrukcje zachowujące podobne drganie”.
- W trakcie czytania można natrafić na literówki i błędy formatowania, na przykład na stronie 105. umieszczono dwie identyczne tablice.
- W dziwny sposób ponumerowano strony w pracy. Spis rysunków i tablic umieszczono na pierwszych 21 stronach, a następnie numeracja wraca do numeru 1.
- W tekście znalazło się także kilka błędów gramatycznych i interpunkcyjnych, które zaznaczono w otrzymanym egzemplarzu rozprawy doktorskiej.

Uwagi te jednak nie podważają wartości merytorycznej przedstawionej pracy.

6. Podsumowanie

Autor recenzowanej rozprawy doktorskiej przedstawił oryginalne rozwiązanie postawionego problemu naukowego. Mgr inż. Tomasz Wilczyński wykazał także niezbędną wiedzę teoretyczną oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Stwierdzam, że przedstawiona rozprawa spełnia wymagania stawiane w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” i wnoszę o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

