

Prof. dr hab. inż. Tadeusz BURCZYŃSKI, czł. rzecz. PAN
Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN
ul. Pawińskiego 5B, 02-106 Warszawa
tel. +48 22 826 89 11
e-mail: tburczynski@ippt.pan.pl

Warszawa, 20.08.2021

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgra inż. Marcina Hatłasa
pt.
„Modelowanie i optymalizacja materiałów niejednorodnych z
wykorzystaniem obliczeń ziarnistych”
“Modelling and Optimisation of Inhomogeneous Materials Using Granular
Computations”

1. Uwagi ogólne

Rozprawa doktorska mgra inż. Marcina Hatłasa jest poświęcona zagadnieniom modelowania i optymalizacji materiałów niejednorodnych w procesie homogenizacji przy uwzględnieniu warunków niepewności w ujęciu obliczeń granularnych (ziarnistych)..

Głównym celem rozprawy jest sformułowanie i rozwiązanie zagadnień z zakresu homogenizacji obliczeniowej przy uwzględnieniu granularnego podejścia opartego na modelu niepewności przedziałowej oraz rozmytej.

Praca powstała w Katedrze Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Witold Beluch, a promotorem pomocniczym dr hab. inż. Jacek Ptaszny.

Biorąc pod uwagę cel i zakres pracy, zastosowane metody badawcze oraz osiągnięte wyniki rozprawę można zakwalifikować do dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna, przy czym w dysertacji poruszone zostały kluczowe zagadnienia z zakresu mechaniki obliczeniowej.

Biuro Dziekana
wpłynęło dnia 09 WRZ 2021
nr 112/RED/2021/006/
2020/2021

2. Zakres rozprawy

Praca zawiera 129 stron, napisana jest w j. angielskim i składa się z wykazu podstawowych oznaczeń, ośmiu rozdziałów, bibliografii, oraz streszczeń w j. angielskim i polskim.

W rozdziale 1., będącym wprowadzeniem do zagadnienia, Doktorant opisał cel rozprawy oraz przedstawił przegląd treści rozprawy.

W rozdziale 2. Doktorant zaprezentował sformułowanie zagadnienia homogenizacji obliczeniowej oraz sformułował zagadnienie homogenizacji odwrotnej.

Dwa podstawowe modele niepewności oparte na modelu liczb przedziałowych oraz zbiorów rozmytych przedstawione zostały w rozdziale 3 .

Metody powierzchni odpowiedzi oraz sztuczne sieci neuronowe w budowie metamodeli stosowanych w rozprawie przedstawił Doktorant w rozdziale 4.

W rozdziale 5., będącym kluczowym i oryginalnym rozdziałem rozprawy, przedstawiono metodologię granularnej homogenizacji obliczeniowej oraz jej odwrotną wersję.

Rozdział 6. poświęcony jest prezentacji przykładów numerycznych granularnej homogenizacji.

W rozdziale 7. Doktorant przedstawił przykłady obliczeniowe odwrotnej granularnej homogenizacji.

Podsumowanie i wnioski końcowe przedstawił Doktorant w rozdziale 8.

Spis literatury zawiera 153 pozycje, z tego 6 jest współautorstwa Doktoranta.

3. Ocena merytoryczna

Oceniana rozprawa poświęcona jest oryginalnej, ważnej i ciekawej tematyce badawczej związanej z homogenizacją obliczeniową uwzględniającą niepewność w opisie niejednorodności materiałowych na podstawie dwóch modeli obliczeń granularnych opartych na liczbach przedziałowych oraz liczbach rozmytych.

Metodologia homogenizacji obliczeniowej znana jest już od lat i jest bardzo cennym narzędziem w zagadnieniach modelowania wielkoskalowego, zwłaszcza przy przejściu ze skali makro do skali mikro i z powrotem, ale podejście to opisywane jest zwykle w sposób deterministyczny. Jednakże wybór elementarnej komórki objętościowej (RVE) w skali mikro oraz jej wewnętrznej struktury zawiera w sobie elementy, które badacz przyjmuje w dużym stopniu w sposób arbitralny. Opis procesu homogenizacji będzie bardziej adekwatny, gdy

uwzględnia się w nim modele niepewności. Teoria obliczeń granularnych może być tutaj bardzo pomocna i daje wiele nowych możliwości poznawczych, a także aplikacyjnych.

Z tego punktu widzenia podjęte przez Doktoranta badania należy uznać za bardzo cenne i zawierające wiele aspektów oryginalnych.

Doktorant skupił swoją uwagę na dwóch modelach niepewności, które oparte są na liczbach przedziałowych oraz liczbach rozmytych.

Sformułował i rozwiązał zadania homogenizacji obliczeniowej i odwrotnej homogenizacji obliczeniowej w ujęciu tych dwóch modeli niepewności, co pozwoliło przeprowadzić analizę, optymalizację i identyfikację materiałów o niepewnych parametrach mikrostruktury.

W celu zwiększenia efektywności obliczeniowej Doktorant zastosował koncepcję metamodeli opartej na metodzie redukcji modeli numerycznych, bazujące na powierzchniach odpowiedzi i zastosowaniu sztucznych sieci neuronowych. Do rozwiązania problemów brzegowych Doktorant zastosował metodę elementów skończonych i do tego celu adoptował komercyjny kod obliczeniowy ANSYS. Poprawność i efektywność zaproponowanego podejścia potwierdził za pomocą przykładów obliczeniowych dotyczących kompozytów włóknistych, kompozytów wzmacnianych cząstkami, struktur porowatych oraz materiałów auksetycznych. Wyniki obliczeń porównano z modelami numerycznymi otrzymanymi na podstawie klasycznej metody homogenizacji numerycznej i metody elementów skończonych, oraz – dla prostych geometrycznie struktur mikroskopowych – z wynikami otrzymanymi metodami analitycznymi.

Przedstawioną metodę Doktorant zastosował także do optymalizacji jedno i wielokryterialnej mikrostruktury materiałów niejednorodnych z uwzględnieniem niepewności danych wejściowych. W tym celu zastosował algorytm ewolucyjny, będący w praktyce algorytmem optymalizacji globalnej.

Przedstawione w rozprawie przykłady numeryczne potwierdzają skuteczność zaproponowanej metodologii obliczeniowej. Zapewnia ona szybkie i wystarczająco dokładne oszacowanie przedziałów wartości niepewnych zastępczych danych materiałowych. Zastosowanie opracowanej metody pozwala na efektywne wykorzystanie obliczonych danych materiałowych do liniowej i nieliniowej analizy makroskopowych układów mechanicznych.

Podsumowując syntetycznie uzyskane wyniki rozprawy doktorskiej, należy wskazać na trzy najważniejsze jej aspekty:

- a) sformułowanie granularnego podejścia do homogenizacji obliczeniowej opartego na liczbach przedziałowych i liczbach rozmytych.
- b) Zbudowanie algorytmu i efektywnej aplikacji obliczeń opartych na liczbach przedziałowych i liczbach rozmytych,

- c) zastosowanie zaproponowanego podejścia do analizy, optymalizacji i identyfikacji w praktycznych zagadnieniach dwuskalowych makro-mikro.

Zamieszczone w rozprawie wyniki obliczeń komputerowych świadczą o bardzo dobrej znajomości problematyki badawczej, dużej pomysłowości i profesjonalności Doktoranta.

Na uwagę zasługuje wysoki poziom matematyczny i numeryczny rozprawy.

Struktura rozprawy jest logiczna i dobrze przemyślana. Rozprawa napisana jest w sposób zwarty i syntetyczny, a język pracy nie budzi zastrzeżeń.

4. Uwagi dyskusyjne

1. Doktorant zastosował liczby rozmyte znane z klasycznego podejścia opartego na teorii zbiorów rozmytych L. Zadeha. Obliczenia bazujące na tej koncepcji mają jednak pewną wadę, która polega na tym, że w wyniku ciągu operacji matematycznych w trakcie obliczeń komputerowych, przedział określoności liczby rozszerza się i na końcu obliczeń uzyskana w ten sposób informacja może być mało użyteczna. Tej wady nie mają tzw. skierowane liczby rozmyte (*ordered fuzzy numbers*), których koncepcję sformułował W. Kosiński.
2. Doktorant zastosował w rozprawie trójkątne liczby rozmyte. Czy były testowane liczby rozmyte o innym kształcie funkcji przynależności, np. trapezowym lub gaussowskim?
3. W teorii obliczeń granularnych rozpatruje się wiele modeli niepewności, nie tylko opartych na liczbach przedziałowych i rozmytych, ale np. opartych na zbiorach przybliżonych Pawlaka, a przede wszystkim opartych na podejściu stochastycznym. Warto więc rozpatrzyć także taki stochastyczny model homogenizacji obliczeniowej. Ponadto warto zastanowić się nad wykorzystaniem koncepcji losowych liczb rozmytych (por. H.Kwaternaak, Inf. Sci.(1978), (1979)) lub losowych skierowanych liczb rozmytych (por. A.Marszałek, T.Burczyński, Inf. Sci.(2021)).
4. Wykaz literatury jest dosyć obszerny, chociaż brak w nim ważnej zbiorowej pracy, przygotowanej pod redakcją A. Bargiela i W. Pedrycza, poświęconej obliczeniom granularnym:

[Human-Centric Information Processing Through Granular Modelling | Andrzej Bargiela | Springer](#)

W książce tej znajduje się także rozdział:

Burczyński T., Orantek P., (2009) Uncertain identification problems in the context of granular computing, Chapter in: *Human-Centric Information Processing* (Eds. A.Bargiela and W.Pedrycz), 182, Springer-Verlag, 329-350,

w którym przedstawiono modele granularne w identyfikacji uwzględniające oprócz liczb przedziałowych i rozmytych, także liczby losowe.

5. Jednym z istotnych zagadnień w stosowaniu podejść granularnych powinny być przesłanki oraz rekomendacje, dotyczące wyboru właściwego modelu niepewności. Czy Doktorant ma wyrobiony pogląd na ten temat w kontekście zastosowania podejścia granularnego do zagadnień homogenizacji?

5. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgra inż. Marcina Hatłasa jest bardzo interesującym studium z zakresu zastosowania modeli granularnych w zagadnieniach homogenizacji obliczeniowej. Zasadniczym celem rozprawy było opracowanie modelu numerycznego dla granularnej homogenizacji obliczeniowej oraz odwrotnej granularnej homogenizacji.

W ramach rozprawy zbudowano efektywny algorytm obliczeniowy homogenizacji party na metodzie elementów skończonych wykorzystując i adaptując w tym celu komercyjny kod obliczeniowy ANSYS.

Rozprawa zawiera wiele ciekawych i oryginalnych elementów, które są osiągnięciem Doktoranta. Główne i szczegółowe cele rozprawy zostały osiągnięte. Uzyskane wyniki stanowią bardzo cenny materiał do numerycznej homogenizacji w warunkach niepewności.

Doktorant wykazał się dużą wiedzą i doświadczeniem.

Biorąc pod uwagę przedstawioną opinię stwierdzam, iż rozprawa doktorska mgra inż. Marcina Hatłasa pt. „*Modelling and Optimisation of Inhomogeneous Materials Using Granular Computations*” w pełni odpowiada wymogom stawianym rozprawom doktorskim.

Doktorant jest dobrze przygotowany do prowadzenia samodzielnych badań naukowych, zwłaszcza w zakresie modelowania komputerowego.

Dlatego uważam, że przedstawiona rozprawa doktorska w pełni spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązującą Ustawę z dn. 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Śląskiej.

Jednocześnie zgłaszam wniosek o wyróżnienie rozprawy. Dwa podstawowe argumenty są podstawą tego wniosku:

- rozprawa ma duże znaczenie poznawcze i aplikacyjne, ponieważ zaproponowany model granularny homogenizacji urealnia jej procedurę, zarówno jeśli chodzi o samą koncepcję jak i stronę numeryczną i w związku z tym ma elementy oryginalności,

- istotny jest dorobek publikacyjny Doktoranta składający się z 6 prac naukowych.



prof. Tadeusz Burczyński