

Oponentský posudek na disertační práci

Numerical Simulation of Fluid-Structure-Acoustic Interaction in Human Phonation

Ing. Jana Valáška

Dosažení v disertaci stanoveného cíle

Disertační práce si stanovuje pět dílčích cílů. Každého z těchto pěti dílčích cílů bylo dosaženo:

1. Je vyšetřována nová penalizační okrajová podmínka a je numericky porovnána s Dirichletovou a do-nothing okrajovou podmínkou.
2. Je numericky studována stabilita aeroeleastického systému.
3. Byl vytvořen a numericky testován software jako spojení autorem napsaných programů pro interakci tekutiny a struktury s akademickým softwarem CFS (Coupled Field Simulation) vyvinutým na Technische Universitaet ve Vídni.
4. Byla provedena řada aeroelastických simulací vibrace lidských hlasivek pro fyzikálně relevantní data. Byly vyvozeny závěry týkající se stability, vhodné volby penalizačního parametru a praktické použitelnosti vytvořeného software.
5. Bylo provedeno numerické řešení aeroakustických a vibroakustických úloh zabývajících se modelováním lidské fonace. Byly rozebrány možnosti tohoto přístupu a analyzovány numerické výsledky frekvenčních charakteristik. Byla studována a vyhodnocena hladina zvuku pro tři různé přístupy, jmenovitě Lighthillova akustická analogie, zjednodušená konvektivní vlnová rovnice a aeroakustická vlnová rovnice.

Úroveň rozboru současného stavu v disertaci řešené problematiky

Rozbor řešené problematiky je na vysoké úrovni. Jan Valášek prokázal, že se ve studované problematice orientuje velmi dobře, má přehled o domácí i zahraniční literatuře a dostatečné znalosti, aby dále rozvíjel studovanou problematiku inovativním způsobem.

Teoretický přínos disertační práce

Teoretický přínos práce spočívá v původním spojení modelu Fluid and Structure Interaction a akustického modelu, jak zní také název disertace, tj. Fluid-Structure-Acoustic Interaction. Problém je formulován v Sobolevových prostorech, je zavedena slabá formulace, semidiskretizace metodou konečných

prvků pak vede na soustavu obyčejných diferenciálních rovnic, která je dále řešena numericky.

V práci ale chybí jakákoliv zmínka o existenci a jednoznačnosti řešení, konvergenci a odhadu chyb, což jsou typické problémy spojené s teoretickým přínosem, jejichž řešení by mělo předcházet řešení numerickému. Z tohoto hlediska však práci neposuzujeme. Posuzujeme schopnost Jana Valáška samostatné vědecké práce, která přináší nové výsledky a kterou prokazuje mimo jiné odevzdanou disertační prací. A v tomto smyslu není o kvalitě jeho výsledků pochyb. Osobně si myslím, že teoretická část by měla obsahovat výše uvedené položky, ale na druhé straně to nebylo cílem práce.

Praktický přínos disertační práce

Praktický přínos disertační práce je enormní. Vypracování rozsáhlého softwarového systému, interakce s univerzitním softwarem z Technische Universitaet ve Vídni, rozsáhlá diskuse, množství numerických experimentů, grafické zpracování výsledků prokazují udržitelnou použitelnost navrženého přístupu v mezinárodním měřítku.

Vhodnost použitých metod řešení

Skvělá. Autor používá přístupy, které lze označit za moderní, a lze očekávat, že s vývojem metody konečných prvků s přívlastkem nespojitá se autor bude věnovat i otázkám metod vyššího řádu.

Způsob, jak byly použité metody aplikovány

Odpovídá současným poznatkům z počítačové dynamiky tekutin a matematického modelování a prokazuje autorovu schopnost komplexního řešení daného problému.

Zda doktorand prokázal odpovídající znalosti v daném oboru

Doktorand prokázal, velmi dobré znalosti funkcionální analýzy matematického modelování a numerické matematiky, které ho řadí na přední místo v jeho oboru u nás i v zahraničí.

Formální úroveň práce

je velmi dobrá, s jedinou poznámkou týkající se alespoň krátké zmínky o chybějící části týkající se existence a jednoznačnosti řešení, konvergence a problematiky odhadů chyb. A jako perlička, že stránky 43 a 44 jsou vzhůru nohama.

Závěr

Práci jednoznačně a bez výhrad doporučuji k obhajobě.

Poznámky a připomínky

(číslo v závorce označuje stranu v disertaci)

- 32 Není zřejmé, proč je v (3.29) Γ_{In}^f dělena dále na tři části a vzápětí jsou dvě z nich uvažovány jako prázdné množiny.
- 34 a další strany - příliš mnoho omeg: Ω s kombinací dolní-horní index (ref, f) , (t, f) , $(, s)$, (t, t) , (t, s) , $(, f)$ a další značení v odstavci 6.1 (\cdot, a) .
- 40 časové okamžiky t_n jsou indexovány pro $n = 0, 1, \dots, N$, v (4.17) není jasné, jak je aproximace definována pro $n = 0$
- 41 parametr ϵ je v (4.23) ve jmenovateli, není jasné, co se rozumí limitou pro ϵ jdoucí k nule zprava na str. 32 pro volbu Dirichletovy okrajové podmínky.
- 44 správně má být Reynolds, nikoliv Reynold.

Otázky

1. Proč upřednostňujete pro řešení ODR 2. řádu právě Newmarkovu metodu?
2. Co se rozumí konvergenčním kriteriem (4.33) a co zaručuje, že fix point iterační proces (4.32) konverguje?
3. Co zaručuje splnění podmínky 5. na straně 51 a jaký je řádově počet iterací vzhledem k iteračnímu indexu l ?
4. Dělení časového intervalu je ekvidistantní. Je volba časového kroku libovolná a nezávisí žádným způsobem na volbě prostorového kroku? Uvažoval jste nějaké sofistikované lokální zjemnění výpočetní sítě?

Disertační práce prokazuje předpoklady autora k samostatné vědecké práci a obsahuje původní výsledky. Navrhuji, aby Ing. Janu Valáškovu byl udělen titul PhD.

Praha, 14. června 2021

Doc. RNDr. Jiří Felcman, CSc.
KNM MFF UK Sokolovská 83
186 75 Praha 8
felcman@karlin.mff.cuni.cz