

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	<b>Adaptivní hrubé prostory pro řešení vysoce heterogenních úloh metodou FETI-DP</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Tomáš Medřický</b>
<b>Typ práce:</b>	diplomová
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta stavební (FSv)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra mechaniky
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Bedřich Sousedík, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	University of Maryland, Baltimore County, USA

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

<b>Zadání</b>	<b>mimořádně náročné</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<i>Z mého pohledu je zadání práce mimořádně náročné, jelikož mezi cíle zahrnuje a tudíž očekává kromě rešerše i návrh a implementaci efektivnějších alternativ adaptivní metody FETI-DP. Toto je totiž cíl, na kterém v minulých téměř dvaceti letech pracovalo několik předních vědeckých skupin zabývajících se metodami rozložení oblasti (domain decomposition).</i>	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Přes mimořádnou náročnost zadání byly cíle práce jednoznačně splněny.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b> vynikající</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Diplomant zvolil správný a obvyklý přístup vědecké práce: nejprve modely podrobně teoreticky popsal, důsledně uvedl odkazy na literaturu, a poté se zaměřil na vylepšené adaptivní metody FETI-DP. Zde se soustředil na dva odlišné přístupy: (i) využití redukované báze pro výpočet problému zobecněných vlastních čísel a (ii) návrh heuristického pravidla pro výběr vhodných stupňů volnosti hrubého prostoru. Práci uzavírá detailní popis numerických experimentů a závěr.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Velmi chválím erudici a vhléd diplomanta do zadané problematiky. Je zcela zřejmé, že diplomant strávil mnoho chvil studiem a přemýšlením na úrovni, kterou bych vzhledem k celkové časové náročnosti očekával až spíše u studenta doktorského studia. To také znamená, že zahraniční stáž zužitkoval tím nejlepším možným způsobem.	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>B - velmi dobře</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Po formální stránce práci hodnotím velmi dobře. Z typografického pohledu je práce bezchybná, a to i po grafické stránce. Rozsah práce je odpovídající. Všem částem, od teorie přes numerické experimenty až k závěru, je věnován dostatek prostoru. Chválím, že je práce psána anglicky, i když se tak do práce vkradlo místy několik nejasností či nepřesností. Například na str. 9 čteme "right preconditioning", což bychom do češtiny přeložili jako <i>pravé předpokmínění</i> , ale diplomant má na mysli spíše slovo <i>vhodné</i> a tedy <i>suitable preconditioning</i> .	

<b>Výběr zdrojů, korektnost citací</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Vyjáďte se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i>	

Všechny uvedené citace jsou úplné a v souladu s citačními zvyklostmi. Jak jsem uvedl výše, diplomant se skutečně hluboko ponořil do dané problematiky. Nezaznamenal jsem žádné porušení citační etiky.

#### **Další komentáře a hodnocení**

*Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.*

Diplomant se zaměřil na vývoj adaptivní metody FETI-DP. V prvním odstavci Kapitoly 2 nicméně zmínil, že FETI-DP je podobná metodě BDDC. Doplňuji, že obě tyto metody mohou být formulovány se stejným hrubým problémem, a tedy publikované práce o adaptivním BDDC by mohly možná mohly být využity i v předkládané práci. V kontextu adaptivní metody implementované pomocí projekce a změny báze mám konkrétně na mysli reference

1. Bedřich Sousedík: Comparison of some domain decomposition methods, Ph.D. thesis, Czech Technical University in Prague, December 2008, (Kapitola 5)
2. Jan Mandel, Bedřich Sousedík, Jakub Šístek: Adaptive BDDC in three dimensions, Mathematics and Computers in Simulation, 82(10), 1812-1831, 2012

Jako nejvíce slibná adaptivní metoda se mi jeví využití redukované báze pro výpočet problému zobecněných vlastních čísel. Z vlastních numerických experimentů vím, že hrubé vazby nemusí být přesné. Nejdůležitější je detekce problematických částí dané úlohy, a přidané vazby mohou být napočítány i nepřesně pomocí iteračních řešičů vlastních úloh, např. LOBPCG. Toto pozorování jsem částečně popsal v

1. Bedřich Sousedík: Adaptive-Multilevel BDDC, Ph.D. thesis, University of Colorado Denver, May 2010 (Kapitola 5.1)

Předkládaná práce je zaměřena na alternativní a dle mého názoru velmi slibný přístup výpočtů pomocí redukované báze. Nabízí se tedy otázka, zda-li by pro velká rozhraní bylo výhodné i s redukovanou bází řešit vlastní úlohy nepřesně?

Další otázka je, jak řešit úlohy, kde řešení hrubého problému přímým řešičem již není možné? Diplomant cituje můj článek

1. Bedřich Sousedík: Inexact and primal multilevel FETI-DP methods: a multilevel extension and interplay with BDDC, International Journal for Numerical Methods in Engineering, 123(20), 4844-4858, 2022

Uvádím tedy, že adaptivní přístupy popsané v diplomové práci by mohly být ev. zkombinovány s Multilevel FETI-DP.

### **III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE**

*Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.*

Předložená diplomová práce shrnuje několikaletý výzkum a ukazuje zápal a nasazení diplomanta pro vědeckou práci. Jak jsem zmínil výše, takovou hloubku ponoru do problematiky bych očekával spíše až u disertační práce. Diplomant se dokázal úspěšně členit do týmu zahraničního partnera a také některé výsledky prezentoval na mezinárodní konferenci domain decomposition, což vypovídá o kvalitě práce již samo o sobě. Gratuluji také školiteli k takovému studentovi. Oceňuji, že nad rámec numerických experimentů obvyklých v literatuře, se diplomant také zaměřil na úlohy topologická optimalizace. Práci jednoznačně doporučuji k obhajobě a navíc bych také diplomanta doporučil k doktorskému studiu.

Bych byl rád, kdyby diplomant u obhajoby podrobně vysvětlil rovnici (3.28) a její značení.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 6.6.2024

Podpis: