

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Paralelní výpočet LU rozkladu na GPU pro numerické řešení parciálních diferenciálních rovnic</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Bc. Lukáš Matthew Čejka</b>
<b>Typ práce:</b>	diplomová práce
<b>Fakulta:</b>	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)
<b>Katedra:</b>	Katedra softwarového inženýrství
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Jakub Klinkovský
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Katedra softwarového inženýrství, FJFI

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání práce považuji za náročnější, ale vhodné pro studenta oboru Aplikace softwarového inženýrství. Téma práce přímo navazuje na studentovy předchozí práce (výzkumný úkol, bakalářská práce).	

<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>	
Všechny body zadání jsou v práci podrobně zpracovány, tudíž zadání považuji za splněné.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>vhodný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Všechny algoritmy, benchmarky a testy byly implementovány v rámci samostatného softwarového projektu, jehož vývoj si řídil sám student. Tento přístup považuji za velmi vhodný a přehledný pro podobný typ prací, a to nejen z hlediska dosažení cílů této práce, ale i pro získání zkušeností použitelných v praxi. Kvalita projektu je na vysoké úrovni a srovnatelná s nejpoužívanějšími open-source projekty v této oblasti. Snad jedině, co by projekt mohl obsahovat navíc, je dokumentace ve formě zdrojového kódu odevzdané práce. Ale to je čistě teoretická úvaha, která může mít řadu praktických překážek. Ke zvoleným algoritmům a metodám nemám s ohledem na zadání práce žádné připomínky.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>výborná</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Práce je na vysoké odborné úrovni, využívá znalosti získané v předchozí práci autora a rozšiřuje dříve dosažené výsledky. První kapitola této práce obsahuje podrobný teoretický popis všech potřebných nástrojů a metod, zejména vysvětlení frameworku CUDA a jeho zasazení do kontextu této práce. Tato kapitola využívá řadu relevantních externích zdrojů a naopak zde popsané aspekty jsou využity při popisu praktické části v následujících kapitolách. Velmi oceňuji autorovu pečlivost a snahu o podrobný popis různých přístupů k optimalizaci implementovaných algoritmů a jejich analýzu. I když samotné výsledky nedokázaly porazit zaběhnuté metody dostupné v jiných softwarových projektech, právě tento popis může být použit jako základ pro další vylepšování implementovaných algoritmů.	

<b>Formální a jazyková úroveň</b>	<b>výborná</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce psaná výbornou angličtinou a i přes velkou snahu se mi nepodařilo najít žádnou gramatickou nebo typografickou chybu. Díky tomu se práce navzdory velké délce dobře čte.	

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**průměrné**

*Vyjádřete 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.*

Práce cituje řadu tradičních zdrojů jako knihy nebo články ve vědeckých časopisech, ale také mnoho online zdrojů. K prvnímu typu zdrojů nemám žádné připomínky, u několika online zdrojů v bibliografii však není uveden autor. Z hlediska stylu citací je překvapivé, že některé online zdroje jsou citovány stejně jako tradiční zdroje, ale jiné pomocí poznámek pod čarou.

**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.*

**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.*

Při čtení práce jsem narazil na několik menších problémů, které jsem si dovolil sepsat anglicky:

- sec. 1.3.1 - a comment on the uniqueness of LU decomposition would be appropriate (by convention, all diagonal entries in L (or U) are set to 1)
- sec. 1.3.1 - eq. (1.5) is misleading as the symbol "P" is not the same permutation matrix as is used in the previous text and eq. (1.4)
- sec. 1.3.2 - the algorithm does not contain an initialization step for the matrix P (it should start with an identity matrix I)
- sec. 1.3.2 - Listing 1.5 does not explain what is "Index"
- sec. 1.3.2 - Is it possible to implement CMPP without explicit swapping of matrix rows? I.e., the  $i, j$  element of the permuted matrix would be accessed as  $A[\text{piv}[j]][j]$  etc.
- page 48 - the sentence "However, it remained as further testing showed promising results." is probably unfinished (it does not make sense to me)
- page 60 - Listing 2.9 contains a printf function in the kernel, which may be a cause of slowness if it appears in real code (the compiler needs to adapt the code, e.g. allocate more registers, even if the function is not called in practice)
- page 64 - it would be better to express eqs. (2.7) and (2.8) in terms of a matrix norm (the used notation is informal - limits of the maximum operation are not specified)

Výsledky popsané v poslední kapitole zřejmě nevychází podle představ autora. K diskusi během obhajoby navrhuji tyto otázky:

- I missed if the matrices were stored in a row-major or column-major layout in the memory. Can this make a difference regarding performance of the algorithms?
- I assume that the values of "max. abs. difference" in Fig. 3.10 b) were calculated in single-precision. In that case, they include rounding errors from the computation of the LU product in single precision. It would be more accurate and comparable to Fig. 3.10 a) to first convert all matrices A, L, U to double precision and then compute the error in double precision.

Výše uvedené poznámky a otázky však nesnižují vysokou kvalitu práce a dle předchozích komentářů ji považuji za výbornou.

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

Datum: 30.8.2023

Podpis:

