



# Hodnocení vedoucího závěrečné práce

**Vedoucí práce:** Ing. Jakub Šístek, Ph.D.  
**Student:** Vít Břichňáč  
**Název práce:** Task-based implementace Choleského rozkladu  
**Obor / specializace:** Znalostní inženýrství  
**Vytvořeno dne:** 9. června 2023

## Hodnotící kritéria

### 1. Splnění zadání

- ▶ [1] zadání splněno
- [2] zadání splněno s menšími výhradami
- [3] zadání splněno s většími výhradami
- [4] zadání nesplněno

Všechny cíle práce jsou správně formulovány a kvalitně naplněny. Student dané téma zpracoval nad rámec zadání (např. vyzkoušel implementaci hned na třech architekturách), ovšem bez negativních dopadů na naplnění cílů.

### 2. Písemná část práce

100/100 (A)

Rozsah práce odpovídá obsahu a hloubce, do které student práci zpracoval. Hloubka obsahu je v rámci práce vyvážená a práce neobsahuje zbytečné části. Na věcné stránce práce jsem neshledal žádné nedostatky. Práce je logicky uspořádaná a dobře se čte. Mohu být neobjektivní, ale myslím, že text je srozumitelný i pro čtenáře, pro kterého je daná problematika nová. Formální matematické zápisy jsou v práci vhodně a správně využívány.

Práce je psaná v angličtině na výborné jazykové úrovni. Je napsána v typografickém systému LaTeX. Student využil celou řadu zdrojů, které jsou v práci vhodně citovány. Pokud některá kapitola stojí zejména na jednom zdroji, je na to čtenář upozorněn hned na začátku kapitoly.

Z práce je zřejmé, které výsledky jsou vlastní a které jsou převzaty z literatury. Reference odpovídají citačním zvyklostem. Byl využíván pouze otevřený software v souladu s licenčními podmínkami.

### 3. Nepísemná část, přílohy

100/100 (A)

Přílohou práce je vyvinutý software. Student vytvořil vlastní implementaci blokové verze Choleského rozkladu husté matice a dále program, který zavolá funkci pro faktorizaci a

testuje její správnost a měří její rychlost. Programy napsal v jazyce C s pokročilým využitím knihovny StarPU a standardu OpenMP. Software je schopen linkovat několik numerických knihoven pro porovnání efektivity. Jeho kód je dobře čitelný a velmi srozumitelný.

#### 4. Hodnocení výsledků, jejich využitelnost

95 /100 (A)

Smyslem práce bylo seznámení s několika základními algoritmy numerické lineární algebry a task-based programovacím prostředím StarPU a OpenMP. Výsledky odpovídají očekáváním, student provedl velké množství experimentů na třech různých vícejádrových architekturách. Vytvořený program je sice možné využít místo obvyklých numerických knihoven, nabízí však podobnou efektivity. Student však plánuje na tuto bakalářskou práci navázat v rámci programu Výzkumné léto na FIT a tyto přístupy rozšířit i pro další algoritmy numerické lineární algebry u kterých je předpoklad, že přinesou urychlení oproti existujícím knihovnám.

#### 5. Aktivita studenta

- ▶ [1] **výborná aktivita**
- [2] velmi dobrá aktivita
- [3] průměrná aktivita
- [4] slabší, ale ještě dostatečná aktivita
- [5] nedostatečná aktivita

Student vždy dodržel čas pravidelných schůzek. Od začátku přípravy práce jsme se scházeli jednou týdně. Na schůzky chodil připraven a vždy spíše překonal domluvené průběžné zadání.

#### 6. Samostatnost studenta

- ▶ [1] **výborná samostatnost**
- [2] velmi dobrá samostatnost
- [3] průměrná samostatnost
- [4] slabší, ale ještě dostatečná samostatnost
- [5] nedostatečná samostatnost

Vít Břichňáč mě během uplynulého roku zcela přesvědčil, že je schopen samostatně tvůrčí práce. Na konzultacích se doptával na určitá drobná zpřesnění a nejasnosti, práci zpracoval zcela samostatně.

### Celkové hodnocení

100 /100 (A)

Od začátku naší spolupráce bylo zřejmé, že se jedná o mimořádně nadaného studenta, který je schopen zpracovat zadané téma na velmi vysoké úrovni jak po matematické stránce, tak po více implementační, infromatické stránce.

K úspěšnému zpracování práce bylo třeba nastudovat celou řadu matematických konceptů a infromatických nástrojů, jako koncepty z teorie matic a Choleského rozklad matic. Dále se student musel seznámit s několika numerickými knihovnami (LAPACK, BLAS, MKL, AOCL, Arm performance libraries, OpenBLAS). Konečně student musel

nastudovat a osvojit si koncept "task-based programming", kdy je algoritmus programu vyjádřen pomocí bloků (tasks) propojených vlivem datových závislostí do orientovaného acyklického grafu (anglicky directed acyclic graph, DAG). V tomto vyjádření je program předán automatickému runtime systému, který spouští podúlohy podle dostupných výpočetních prostředků a počtu připravených úkolů. Student se konkrétně seznámil se StarPU a OpenMP rozhraními pro tuto formu paralelizace na strojích se sdílenou pamětí. Podotýkám, že hledání chyb v task-based programech je náročné vzhledem k jejich nutné asynchronicitě. Student však i tuto věc zvládl bez problémů. Student si také osvojil vzdálené spouštění úloh na superpočítačích.

Vít Břichňáč ve své práci zobecnil důkaz existence Choleského rozkladu a sám dokázal jeho korektnost pro blokovou verzi tohoto algoritmu. Své programy vyvinul v jazyce C, který je nejpřirozenějším jazykem pro StarPU i OpenMP. V rámci své práce testoval korektnost své implementace jednak pomocí testovacích funkcí inspirovaných knihovnou LAPACK, tak pomocí vizualizace grafu tasků a jejich závislostí a časových stop programu.

Vyvinutý program student detailně testoval na několika různých architekturách vícejádrových procesorů. Pro výsledky a detailní měření rychlosti vyvinutých programů využil dokonce několik počítačů z národního superpočítačového centra IT4Innovations, včetně jednoho uzlu nejvýkonnějšího českého superpočítače Karolina. Seznam architektur obsahoval procesory s architekturou Intel, AMD, a Arm. Své výsledky porovnával s rychlostí numerických knihoven optimalizovaných pro dané architektury, jako MKL, AOCL či Arm Performance Libraries.

Jsem přesvědčen, že Vít Břichňáč ve své bakalářské práci projevils mimořádné schopnosti jak matematické tak programátorské a jeho bakalářskou práci vřele doporučuji k obhajobě.

## **Instrukce**

### **Splnění zadání**

Posudte, zda předložená ZP dostatečně a v souladu se zadáním obsahově vymezuje cíle, správně je formuluje a v dostatečné kvalitě naplňuje. V komentáři uveďte body zadání, které nebyly splněny, posudte závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků. Pokud zadání svou náročností vybočuje ze standardů pro daný typ práce nebo student případně vypracoval ZP nad rámec zadání, popište, jak se to projevilo na požadované kvalitě splnění zadání a jakým způsobem toto ovlivnilo výsledné hodnocení.

### **Písemná část práce**

Zhodnoťte přiměřenost rozsahu předložené ZP vzhledem k obsahu, tj. zda všechny části ZP jsou informačně bohaté a ZP neobsahuje zbytečné části. Dále posudte, zda předložená ZP je po věcné stránce v pořádku, případně vyskytují-li se v práci věcné chyby nebo nepřesnosti.

Zhodnoťte dále logickou strukturu ZP, návaznosti jednotlivých kapitol a pochopitelnost textu pro čtenáře. Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou a jazykovou stránku ZP, viz Směrnice děkana č. 52/2021, článek 3.

Posudte, zda student využil a správně citoval relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami. Zhodnoťte, zda převzatý software a jiná autorská díla, byly v ZP použity v souladu s licenčními podmínkami.

### **Nepísemná část, přílohy**

Dle charakteru práce se případně vyjádřete k nepísemné části ZP. Například: SW dílo – kvalita vytvořeného programu a vhodnost a přiměřenost technologií, které byly využité od vývoje až po nasazení. HW – funkční vzorek – použité technologie a nástroje, Výzkumná a experimentální práce – opakovatelnost experimentů.

### **Hodnocení výsledků, jejich využitelnost**

Dle charakteru práce zhodnoťte možnosti nasazení výsledků práce v praxi nebo uveďte, zda výsledky ZP rozšiřují již publikované známé výsledky nebo přinášející zcela nové poznatky.

### **Aktivita studenta**

V souvislosti s průběhem a výsledkem práce posudte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven.

### **Samostatnost studenta**

V souvislosti s průběhem a výsledkem práce posudte schopnost studenta samostatně tvůrčí práce.

### **Celkové hodnocení**

Shrňte stránky ZP, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Celkové hodnocení nemusí být aritmetickým průměrem či jinou hodnotou vypočtenou z hodnocení v předchozích jednotlivých kritériích. Obecně platí, že bezvadně splněné zadání je hodnoceno klasifikačním stupněm A.