

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	Cell-centered lagrangeovsko-eulerovský kód pro hydrodynamické simulace
<b>Jméno autora:</b>	Maryia Butsko
<b>Typ práce:</b>	bakalářská práce
<b>Fakulta:</b>	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)
<b>Katedra:</b>	Katedra fyzikální elektroniky
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Matěj Klíma, PhD.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Katedra fyzikální elektroniky, FJFI ČVUT v Praze

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<p>Náplní práce byla implementace nepřímé lagrangeovsko-eulerovské metody (indirect ALE) pro numerickou simulaci mechaniky tekutin s diskretizací veličin ve středech buněk výpočetní sítě (cell-centered). Autorka měla k dispozici již existující kód pro lagrangeovskou část výpočtu, kterou doplnila o vyhlazování sítě (rezone) a konzervativní přepočítání řešení (remap).</p> <p>Jelikož součástí zadání byla implementace této metody pro dvourozměrné nestrukturované výpočetní sítě, hodnotím zadání práce jako náročnější.</p>	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<p>Autorka nejprve v práci popisuje rezone a remap pro jednodimenzionální výpočty (kap. 2.2) a následně tyto metody definuje i pro dvourozměrné případy (kap. 2.3).</p> <p>Dle popisu struktury programu a prezentovaných výsledků 1D i 2D testovacích úloh lze usoudit, že popsané metody pro remapování veličin byly úspěšně implementovány a integrovány do funkčního celku ALE kódu.</p> <p>Všechny požadavky zadání byly tedy dle mého názoru splněny.</p>	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>vhodný</b>
<p>V dvourozměrném případě byly v práci vybrány dvě metody pro vyhlazování sítě – jednoduché vyhlazování na počáteční síť a pokročilejší metoda založená na Winslowově vyhlazování upraveném pro nestrukturované sítě. Metody pro remapování pak využívají po částech konstantní nebo po částech lineární rekonstrukci fluidních veličin. Obdobně je to v jednorozměrném případě, pouze zde stačí jednodušší formulace pro Laplaceovské vyhlazování sítě.</p> <p>Testovací úlohy obsažené v práci mají za úkol ukázat chování ALE metody na 1D Riemannově problému s kontaktní nespojitostí a rázovou vlnou (Sod) a analyzovat konvergenci na spojité úloze (Vilar). Dvourozměrné testy sledují šíření osově symetrické rázové vlny na různých výpočetních sítích. Na těchto případech byly porovnány různé kombinace vyhlazovacích a remapovacích metod definovaných v práci.</p> <p>Zvolený postup implementace a výběr programovacího jazyka Fortran pro numerické výpočty + prostředí Matlab/Python pro zpracování a vizualizaci považuji za vhodný.</p>	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>výborná</b>
<p>Úroveň odbornosti je velmi dobrá a rešeršní část práce podrobně popisuje použité metody. To umožňuje případnou replikovatelnost postupů využitých autorkou a taktéž může dobře fungovat jako dokumentace k vytvořenému kódu. Drobným nedostatkem je chybějící diskuze a srovnání výsledků numerických výpočtů testovacích úloh s dostupnými výsledky obdobných metod publikovaných v odborné literatuře (např. srovnání s výsledky Sedovova testu v [11]). Výsledky metody jsou přitom dobré a v takovém srovnání obstojí.</p>	

**Formální a jazyková úroveň**

**výborná**

Úroveň zpracování a jazyka práce je výborná. Teoretická část práce je vhodně strukturována, text je stručný a srozumitelný, doplněn vysvětlujícími schémata. Práce tak může dobře sloužit jako přehledné shrnutí remapovací fáze ALE metody s cell-centered diskretizací. Drobným nedostatkem jsou pouze grafy řešení 1D problémů, kde by bylo vhodné lépe rozlišit jednotlivé použité metody (kontrastnější barvy, případně zvětšení důležitých oblastí).

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**podprůměrné**

Teoretická část práce obsahuje vhodné citace a bibliografie obsahuje zdroje ze kterých vychází prezentované metody. Zadání testovacích problémů (vyjma Vilarova testu) bohužel nejsou vhodně opatřena referencemi k literatuře (tyto problémy jsou v citovaných publikacích popsány, jde pouze o absenci umístění referencí v odpovídajících kapitolách práce). Ačkoli jsou tyto úlohy poměrně typické v oblasti lagrangeovských a ALE problémů, pro neznalého čtenáře je potřeba i zde uvádět reference, ideálně na primární zdroje. Samotná forma bibliografické sekce je v pořádku a v souladu s citačními zvyklostmi.

**Další komentáře a hodnocení**

Úroveň výsledků práce je velmi dobrá. Autorka adaptovala zvolené metody pro cell-centered diskretizaci a implementovala je v kombinaci s lagrangeovským řešičem a na výsledcích testovací úlohy se spojitou počáteční podmínkou ukázala, že výsledná ALE metoda vykazuje odpovídající řád přesnosti. Práce dále prokazuje schopnost metody 2. řádu ostře rozlišit rázové vlny a zachovat radiální symetrie řešení na výpočetních sítích, které neodpovídají této symetrii. Výjimečná u bakalářské práce je taktéž aplikace na nestrukturované sítě, jsou zde prezentovány výsledky na čtvercových, trojúhelníkových, šestiúhelníkových i polárních sítích. Tím autorka prokázala, že tato kombinace metod má potenciál k dalšímu rozvoji a využití v komplexnějších simulacích pro praktické aplikace ve fyzikálních výpočtech. Ačkoli kód není přímou součástí práce, díky avizované modulární struktuře a absenci externích licencovaných knihoven by mohlo být velmi přínosné jeho případné budoucí zveřejnění např. na fakultním gitlab serveru pro další využití.

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

Práce je přes drobné nedostatky v citacích a diskuzi výsledků velmi kvalitní, podařilo se splnit všechny cíle zadání. Autorka prokázala, že je schopna vytvořit rešerši pokročilých numerických metod, samostatně na základě těchto metod vytvořit počítačový kód a analyzovat jeho výstupy. Výsledný kód pro ALE výpočty rozšíří nám dostupné nástroje použitelné výhledově pro simulaci problémů z oblasti interakce laserů s hmotou.

Na autorku bych měl následující dotazy:

- V kap. 2.1 autorka zmiňuje dvě lagrangeovská schémata - EUCCLHYD a „domácí“ metodu Lax-Wendroff s umělou difuzí. Jaké schéma je využito u prezentovaných testů? Porovnávali jste výsledky s použitím obou metod?
- Jak je řešen střed souřadnic u polární sítě u Nohova testu? (kap. 4.4) Jsou buňky čtyřúhelníkové s malým odstupem od středu nebo se jedná skutečně o trojúhelníky spojené v jednom bodě?
- Popsaná metoda CN vyhlazování sítě ve 2D umožňuje i pohyb vrcholu po hranici oblastí, která není tvořena přímkou, zkoušeli jste i takový případ?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm B - velmi dobře.

Datum: 22.1.2024

Podpis:

