

Posudek školitele na bakalářskou práci studenta zaměření MM oboru MI

Michala Malíka

Matematické modelování fázového rozhraní metodou lattice Boltzmann

Předložená bakalářská práce (BP) se zabývá studiem simulací vícefázového proudění, konkrétně popisem vývoje rozhraní mezi různými fázemi pomocí metody fázového pole.

Autor BP přehledně rozdělil do čtyř kapitol (nepočítaje úvod a závěr), které svým obsahem postupně na sebe navazují. V první kapitole jsou uvedeny fundamentální pojmy, jejichž definice na úvodu umožňují lépe se orientovat v následujícím textu. Druhá kapitola se zabývá popisem metody fázového pole. Na úvodu je popsán model inspirovaný problémem tuhnutí a tání pevného tělesa, následuje popis způsobu sledování rozhraní pomocí fázového parametru a stručné odvození modifikované Allenovy–Cahnovy rovnice (AC), která je nadále stěžejní pro tuto práci.

V třetí kapitole je popsána mřížková Boltzmannova metoda (LBM). Po krátkém úvodu následuje popis algoritmu této metody a modifikací „klasické verze LBM“, které je nutné provést, aby bylo možné simulovat modifikovanou AC rovnici.

Čtvrtá kapitola se věnuje vyšetření schopnosti LBM řešit AC rovnici. Je celkem uvedeno pět různých úloh, kterými se autor inspiroval v doporučené literatuře. Veškeré výpočty byly provedeny prostřednictvím upraveného programu pro výpočty s LBM vyvíjeného na KM, FJFI v Praze. Autor tyto úpravy provedl sám.

V první úloze je vyšetřován diagonální posun kruhu. Druhá úloha popisuje pohyb Zálesákova disku v rotačním rychlostním poli. Na těchto dvou úlohách autor ukazuje omezení LBM, která nejsou uvedena v dostupné literatuře. Hlavním omezením je výpočet normálového vektoru k rozhraní, který způsobuje nestabilitu výpočtu. Autor se s tímto problémem vypořádal návrhem dvou typů regularizací závisících na volném parametru. První použitá regularizace je již běžně používaná v problematice sledování vývoje rozhraní. Druhou regularizací autor navrhl sám. U obou typů regularizací vyšetřuje autor v rámci prvních dvou úloh vliv volného parametru na numerické řešení a ukazuje, že má zásadní vliv.

V rámci první a druhé úlohy byl dále vypočten experimentální řád konvergence LBM, jehož hodnota (přibližně 2) je v souladu s dostupnou literaturou. Zbylé tři úlohy se zabývají deformací kruhu v různých typech rychlostních polí. Autor zde poukazuje na fakt, že při těchto typech deformací nedochází ke konvergenci a tímto problém se hodlá zabývat v dalších pracích. Veškeré výsledky jsou přehledně uvedeny v grafech a tabulkách, ve kterých se čtenář snadno orientuje.

V této BP oceňuji přehledné zpracování teoretického úvodu do metody fázového pole. Ačkoliv doporučená literatura často neobsahovala žádný teoretický úvod, je tato část dosti zdařile sepsána a autor musel jistě tomuto věnovat nemalé úsilí. Dále je patrné, že autor věnoval mnoho času zkoumání samotné LBM a její implementaci. Původní kód byl vytvořen pro paralelní výpočty na grafických kartách s podporou architektury CUDA. Ačkoliv Michal neměl s programováním na grafických kartách téměř žádné zkušenosti,

vypořádal se s tímto úkolem velmi zdařile. Nakonec oceňuji, že daná práce obsahuje velmi malé množství chyb a překlepů.

Výsledky získané v rámci této bakalářské práce jsou velmi hodnotné, neboť jsou zásadní při korektním používání LBM pro simulace fázového rozhraní a nejsou dosud popsány v dostupné literatuře. To mimo jiné potvrzuje, že část výsledků je součástí recenzovaného sborníkového příspěvku vytvářeného v rámci konference Algoritmy 2020.

Zadání BP bylo plně splněno. Práci považuji za velmi zdařilou a doporučuji ji k obhajobě. Protože tato práce není nikterak triviální a Michal ji velmi dobře zpracoval navrhuji práci hodnotit známkou **A (výborně)**.

Ing. Pavel Eichler
KM FJFI ČVUT v Praze
Trojanova 13
120 00 Praha 2

V Praze dne 22. července 2020