

Oponentní posudek diplomové práce

Davidu Hrona

zpracované na téma

Využití lattice Boltzmannovy metody pro numerické řešení proudění krve ve vybraných problémech kardiovaskulární biomechaniky

K posouzení byla předložena práce zabývající se náročnou problematikou matematického modelování úloh kardiovaskulární biomechaniky. Práce je rozdělena do čtyř hlavních kapitol a její cíle a struktura jsou srozumitelně popsány v jejím úvodu.

V první části práce byly představeny vybrané studie, ve které autoři aplikují lattice Boltzmannovu metodu pro řešení problémů kardiovaskulární biomechaniky. Je zde uvedena řada prací, které autor detailně popisuje. Tato část práce je velmi pěkně zpracována a student tím jednoznačně prokazuje, že užití lattice Boltzmannovy metody pro řešení uvedených problémů je smysluplné.

Ve druhé části práce je popsán teoretický aparát lattice Boltzmannovy metody. Autor představuje základní Boltzmannovu rovnici a význam distribučních funkcí. Je zde dále uvedena její diskretizace a odvození základního diferenčního schématu, lattice Boltzmannovy rovnice. Kapitola je zpracována velmi pečlivě a srozumitelně. Pro popis základních principů lattice Boltzmannovy metody mi však přijde trochu nadbytečné uvádět odvození rovnovážné distribuční funkce. Nicméně i tato část je napsaná velmi pěkně a má logickou strukturu.

Ve třetí části práce student popisuje algoritmizaci metody a uvedeno je několik úloh pro testování okrajových podmínek a ověření správnosti implementovaných algoritmů. Tuto kapitolu považuji za stěžejní část, protože jsou zde uvedeny výsledky numerických simulací v idealizované a reálné cévní bifurkaci. Z výkladu, který je provázen množstvím názorných obrázků, je vidět, že student dané problematice velice dobře rozumí. Avšak trochu mi zde chybělo porovnání výsledků simulace proudění v reálné geometrii cévní bifurkace s komerčním softwarem tak, jak je uvedeno pro idealizovanou geometrii. Oceňuji zařazení sekce o převodu fyzikálních veličin, která je v řadě prací opomínaná a může být zdrojem nepřesností. Relativně rozsáhlá část této kapitoly je věnována implementaci okrajových podmínek. To ale považuji za přínosné, protože pro lattice Boltzmannovu metodu je implementace okrajových podmínek jednou z nejvíce problémových částí při její algoritmizaci. A v úlohách proudění v cévních bifurkacích to jistě platí dvojnásob.

V závěrečné čtvrté kapitole byla provedena studie posuzující vliv velikosti úhlu rovinné symetrické idealizované bifurkace na extréměch ve smykovém napětí na stěnách. Student pak dále diskutuje pravděpodobnost vzniku patologických jevů. Po obsahové stránce je tato část také kvalitně zpracovaná a autor nezabíhá do zbytečných

podrobností. Bohužel ale autor nevyužívá vlastního řešiče, založeného na algoritmech popsaných v předchozích kapitolách, nýbrž software Ansys Fluent založený na metodě konečných objemů. Student však zmiňuje, že potřebný vývoj okrajových podmínek za účelem korektního vyhodnocení smykového napětí by mohl být předmětem další práce.

Po formální stránce je diplomová práce na vysoké úrovni. Má logickou strukturu, a je napsána přehledně. Mohu konstatovat, že všechny cíle formulované v zadání diplomové práce byly splněny a dále i všechny požadavky kladené na kvalifikační práce tohoto druhu. Výše uvedené připomínky nesnižují kvalitu této práce, a proto ji hodnotím známkou „**výborně**“ a jednoznačně ji doporučuji k obhajobě před komisí SZZ na Katedře mechaniky Fakulty aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni.

Ke studentovi bych měl v rámci obhajoby následující dotaz:

- Výhoda lattice Boltzmannovy metody je zejména v její rychlosti. V kapitole s numerickými výsledky porovnáváte proudová pole s komerčním softwarem Ansys Fluent. Porovnával jste také rozdíl v časech potřebných pro řešení? Samozřejmě s přihlédnutím k tomu, že váš řešič je napsán v Matlabu, není paralelní a ideálně optimalizován.
- Z jakého důvodu byla použita idealizovaná geometrie při hledání optimálního úhlu větvení?
- Uvádíte, že jedna z budoucích prací by mohlo být zavedení speciálních okrajových podmínek. Pokud máte již nějakou konkrétnější představu, mohl byste ji popsat?
- Byla použita, alespoň kvalitativně, stejná síť v komerční balíku Ansys Fluent v úlohách, kde jste porovnával výsledky s vaším řešičem?

V Plzni dne 18.6 2022

Ing. Václav Heidler Ph.D.