

Posudek školitele na diplomovou práci studenta programu Matematické inženýrství

**Bc. Jana Kováře**

## **Matematické modelování perfuze myokardu pomocí mřížkové Boltzmannovy metody**

### **Shrnutí obsahu práce**

Předložená diplomová práce (DP) se zabývá matematickým modelováním transportu kontrastní látky v proudící tekutině s aplikací v matematickém modelování perfuze myokardu. Cílem práce byla: a) konstrukce matematického modelu založeného na kombinaci volného proudění v cévách s konceptem myokardu jako porézního prostředí, b) návrh vhodného numerického schématu založeném na mřížkové Boltzmannově metodě (LBM) pro jeho řešení, c) implementace numerického schématu, a konečně d) provedení testovacích výpočtů a jejich porovnání s výsledky z literatury.

Pro zvolený přístup bylo zcela zásadní, že se povedlo stanovit rozsah platnosti matematického modelu v časoprostorovém měřítku, k čemuž bylo potřeba pečlivě nastudovat samotný proces perfuze, fyziologii myokardu a charakteristické rozměry jednotlivých cév a částí.

Práce je přehledně rozdělena do čtyř kapitol dobře pokrývajících výše zmíněná témata a jednotlivé cíle. Zejména oceňuji srozumitelnost textu, ilustrace, detailní popis výpočetního algoritmu a precizně zpracované numerické experimenty. Při přípravě DP bylo nutné zvládnout pokročilé partie fyziky, medicíny, matematiky a informatiky.

### **Dosažené výsledky**

V DP se povedlo dosáhnout celé řady původních výsledků, z nichž mezi nejvýznamnější patří:

1. konstrukce matematického modelu perfuze myokardu a stanovení časoprostorového měřítka pro jeho platnost tak, aby v cévním prostředí arteriol mohla být krev ještě považována za kontinuum a pro menší cévy byla tkáň považována za porézní prostředí,
2. návrh numerického schématu pro řešení transportní rovnice a Navierových-Stokesových rovnic pomocí LBM ve 2D,
3. rešerše a implementace vhodné podmínky přestupu hmoty přes cévní stěnu,
4. návrh vhodné geometrické reprezentace části myokardu a návrh modelu defektní tkáně,
5. netriviální implementace numerického schématu s využitím základního kódu LBM vyvíjeném na KM FJFI ČVUT v Praze umožňujícího masivně paralelní výpočet na GPU,

6. provedení celé řady simulací (detailně popsané a okomentované ve 4. kapitole DP), které mimojiné ověřují:
  - (a) vliv prostorové diskretizace na řešení (konvergence numerické metody),
  - (b) celkový výpočetní čas metody,
  - (c) vliv jednoduché a dvojité přesnosti,
  - (d) způsob sestavení většího bloku oblastí a návrh modelu defektní tkáně,
  - (e) volbu způsobu průměrování kontrastní látky v oblasti s defektní tkání,
  - (f) správnost koncepce modelu v porovnání s referenčními křivkami z literatury.

## **Dotazy**

V diskuzi v během obhajoby by bylo dobré rozebrat následující dotazy:

1. V práci jsou výsledné křivky porovnávány výhradně s výsledky jiného matematického modelu. Lze model ve stávající podobě použít k interpretaci skutečných měření perfuzního vyšetření z MRI?
2. Dal by se navržený model použít na modelování perfuze i jiných orgánů?

## **Hodnocení a výstupy**

Předložená DP má vysokou formální i obsahovou úroveň a svým rozsahem převyšuje své zadání. Velmi oceňuji především Honzovo nadšení a aktivní přístup k práci na tématu. Výsledky uvedené v předchozí bakalářské práci, výzkumném úkolu a v předložené DP Honza prezentoval ústním vystoupením v rámci mezinárodních konferencí WSC 2020, CJS 2021 a WSC2021, přičemž v květnu 2021 vyhrál soutěž SVOČ (v kategorii M7+M8). Nad rámec DP vznikl i článek, který je v současnosti v recenzním řízení v impaktovaném časopise International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering.

## **Spokojenost a návrh známky**

S předloženou diplomovou prací jsem velmi spokojen a navrhuji známku **A (výborně)**.

V Praze dne 5. května 2022

**doc. Ing. Radek Fučík, Ph.D.**