

Oponentní posudek bakalářské práce

## **Metodika stanovení parametrů hierarchického modelu jaterní perfúze s využitím obrazové analýzy medicinských dat**

Student: **Roman Houdek, ZČU Plzeň**

**FAV, studijní program Počítačové modelování v technice  
obor Počítačové modelování**

Bakalářská práce má velmi zajímavé a lákavé téma, nicméně vlastní využití obrazové analýzy medicinských dat jsem ve vlastní práci nenašel. Práce se zabývá modelováním krevní perfúze v játrech na bázi 1D a 3D modelů proudění kapalin s využitím kompartmentových modelů. Práce o 41 stránkách je rozdělena do devíti kapitol (včetně úvodu a závěru) a má přiložený seznam použité literatury.

V úvodu bakalářské práce student uvádí motivaci a obecný úvod do problematiky, zpřesňuje cíle své práce a zkráceně charakterizuje jednotlivé kapitoly práce. Po nezbytném úvodu přechází student ve 2. kapitole k základnímu biologickému a fyziologickému popisu jater včetně popisu průtoku krve játry. Kapitola 3 definuje stromovou strukturu cév a uvádí základní geometrické parametry cévního segmentu se dvěma uzly. Dále je zde uvedena základní definice kompartmentu ve formě příslušnosti k jisté hierarchii perfúzního stromu jater. Kapitola 4 je již věnována modelování 1D proudění (stacionární, laminární, izotermické, homogenní a nestlačitelná kapalina, konstantní hustota) reálné kapaliny s využitím rovnice kontinuity a Bernoulliho rovnice se ztrátovým členem. Na bázi cévních segmentů je dále zkonstruován zjednodušený modelový portální strom, na kterém je popsán algoritmus řešení tohoto proudění včetně konkrétních numerických výsledků. V závěru této kapitoly jsou potom zkráceně uvedeny řídicí rovnice 3D modelu proudění kapaliny (Navierova-Stokesova rovnice a rovnice kontinuity, bez okrajových podmínek, resp. počáteční podmínky). Kapitola 5 již zavádí 3D kompartmentový model perfúze tkání. Nejdříve jsou uvedeny rovnice kontinuity a Darcyho zákon proudění kapalin v porézním prostředí. Potom je již nadefinován vlastní kompartmentový model s permeabilitou a propustností mezi jednotlivými kompartmenty včetně základní okrajové úlohy pro aproximaci proudění krve v jaterním parenchymu. K této úloze je dále přidružena slabá formulace problému a naznačeno numerické řešení v systému SfePy. Následující kapitola 6 je věnována určení parametru permeability a perfúzního parametru pro popis kompartmentového modelu. Základem je jisté „zprůměrování“ uvedených veličin přes zvolený objem tkáně (objem tzv. prostorově průměrujícího okna - RVE) a příslušné cévní segmenty, které se v tomto objemu nacházejí. Stěžejní kapitola 7 definuje algoritmus výpočtu permeability a perfúzního koeficienty na definované struktuře perfúzního stromu. Algoritmus nejdříve definuje geometrii stromu a potom postupně zavádí kompartmenty. Následuje prostorová diskretizace pomocí konečných prvků, výpočet jejich těžiště a hrany průměrovacího okna (RVE). Dále následuje výběr cév, které patří do konkrétního RVE a uvedení algoritmu řešení proudění kapaliny. Nejdříve je řešen 1D model na bázi Bernoulliho rovnice a potom je uveden algoritmus výpočtu perfúzního koeficientu a permeability na bázi kompartmentového modelu. Výsledkem řešení je průtočné množství a tlak v jednotlivých cévních segmentech. Kapitola 8 je věnována vlastnímu konkrétnímu výpočtu modelových úloh perfúzního portálního stromu. Výpočet je proveden na dvoukompartmentových modelech s tím, že jsou uvažovány tři hierarchie (nejvyšší hierarchie

– 1D model – Bernoulliova rovnice; nižší hierarchie – model se 2 kompartmenty). Při výpočtu jsou použity 3 různé modely, které se liší rozdělením cév podle zadaného poměru poloměru cév. Algoritmus řešení je implementován pomocí jazyka Python. Dosažené výsledky jsou zpracovány graficky a u dvou vybraných konečných prvků je potom provedeno tabulkové srovnání výsledků. Na závěr této kapitoly je provedeno porovnání výsledků 1D modelu s dvoukompartmentovým modelem uvažovaného cévního stromu. Dosažené výsledky jsou přijatelné. V závěru bakalářské práce potom student shrnuje svoji práci a konstatuje, že uvedené algoritmy mohou být implementovány rovněž pro řešení proudění krve v hepatické žíle.

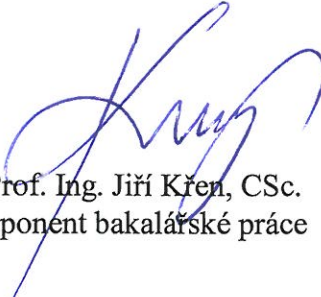
Bakalářská práce celkem splnila deklarované cíle uvedené v úvodu práce. Vzhledem k názvu práce a zásadám pro vypracování vyjímku zřejmě tvoří využití obrazové analýzy medicínských dat. Celkový dojem z bakalářské práce je však poněkud rozpačitý. Na jedné straně je v práci poměrně velký počet prohřešků proti pravidlům českého jazyka (slangové výrazy, skloňování názvů, literatura za koncem věty atd.) a některé formulace jsou nepřesné, resp. význam formulace se čtenář dozví až později. Na druhé straně je práce zajímavá, je pojmuta poměrně komplexně, je přehledná, má dobrou úroveň obrázků a z obsahového hlediska je kvalitní. Je nutno ale také podotknout, že její čtení není úplně jednoduché.

#### **Dotazy k obhajobě bakalářské práce**

- 1) Jak byla provedena volba parametrů 1D modelu na str. 14?
- 2) Vztah (15), resp. (17), nevyplyvá přímo z nestlačitelnosti kapaliny. Dovedl by jste říci proč?
- 3) Co znamená přívlastek „relativní“ rychlost v Darcyho zákonu (str. 16)?
- 4) Jaké je doporučení pro volbu „velikosti“ prostorově průměrujícího okna RVE?
- 5) Co je to kontinuální dvoukomorový model popsáný Darcyho zákonem (str. 28, předtím se o žádné kontinuitě modelu nemluví)?
- 6) Nejnižší hierarchii modelu perfúzního stromu představují vlasečnice (str. 28). Jaký je názor studenta na to, jak modelovat proudění krve s ohledem na složení krve?
- 7) Podle 1. řádky shora na str. 29 je úloha řešena bez tlakové okrajové podmínky. Jaké tedy byly okrajové podmínky řešené úlohy?
- 8) Prosím o vysvětlení významu výsledků v tab. 8.1 (str. 33), resp. tab. 8.2 (str. 34) a grafických výsledků na obr. 20 a obr. 21.

Student **Roman Houdek** ve své bakalářské práci prokázal, že umí pracovat s technickým a matematickým textem. Větší pozor si však musí dávat na formální úpravu práce a formulaci jednotlivých sdělení.

Bakalářskou práci hodnotím známkou „**velmi dobře**“ a doporučuji její obhajobu před komisí pro SZZ na KME.



Prof. Ing. Jiří Křen, CSc.  
oponent bakalářské práce

V Plzni dne 18. června 2015