



Posudek školitele na bakalářskou práci

studenta MI-MM Nielse van der Meera

"Matematické modelování v elektrokardiologii"

Předkládaná práce vznikla v rámci vývoje matematických modelů v biomedicínské oblasti dané spoluprací s Institutem klinické a experimentální medicíny v Praze a INRIA v Paříži. Cílem práce bylo seznámit se se základními poznatky a trendy v elektrokardiologii vedoucími k využití reakčně-difuzních rovnic k popisu vzniku a šíření elektrických signálů v prostředí srdečního svalu a osvojit si základní matematické postupy pro analýzu a numerické řešení takových matematických modelů.

První část práce je věnována stavbě a funkci myokardu, vzniku a šíření elektrického signálu a jeho poruch. V další části jsou shrnuty současné matematické modely v elektrofyziologii formulované na základě zákonů zachování a doplněné o konstitutivní vztahy. Zjednodušený popis vyústí do formulace počáteční úlohy pro soustavu obyčejných reakčních rovnic FitzHugh - Nagumova typu popisující excitaci prostředí a pro příslušnou reakčně-difuzní soustavu popisující excitaci a šíření signálu v prostředí myokardu. Autor rovněž komentuje model dvou oblastí, který je v současné době předmětem dalšího vývoje a zkoumání odbornou veřejností.

Třetí část se zabývá matematickými metodami pro studium difuzních a reakčně-difuzních rovnic. Popisuje metody, mezi něž patří existence řešení, jednoznačnost, možnosti analytického řešení, princip maxima. Kapitola zahrnuje rovněž formulaci slabého řešení a postup vedoucí k důkazu jeho existence.

Další část práce je věnována numerickému řešení zkoumaných modelů pomocí přímočaré časové diskretizace Eulerovým schématem. Autor se seznámil s použitím této jednoduché metody vyjasnil možnosti měření chyb a intenzivně je využil pro studii chování FitzHugh-Nagumova systému v závislosti na vybraných parametrech biofyzikálních a numerických.

Výpočetní studie zahrnují podrobné zkoumání řešení FitzHugh-Nagumova systému se soustředěnými parametry s důrazem na závislost na excitačním proudu, která je zmiňována v literatuře. Další studie jsou věnovány případům, kdy tento proud je vybranou funkcí času a překračuje bifurkační hodnoty. Autorovi se zde podařilo vyvolat situace kvalitativně odpovídající reálnému chování zkoumaného systému. V části věnované soustavě s rozprostřenými parametry autor porovnává řešení s případem parametrů soustředěných a rovněž rekonstruuje pohyb pulsu signálu prostředím.

Na daném tématice pracoval student do značné míry samostatně, aktivně využil doporučené literatury a dalších informačních zdrojů a vlastních zkušeností získaných v průběhu studia. Kromě pečlivě sestaveného úvodu do problematiky v práci dosáhl zajímavých a hodnotných vlastních výsledků v oblasti hledání přehledné parametrické studie chování řešení FitzHugh-Nagumova systému včetně studie chování řešení v závislosti na proměnlivém excitačním proudu.

Do diskuse v rámci obhajoby předkládám následující otázku:

Sodno-draselná pumpa přepravuje ionty K^+ dovnitř buňky a ionty Na^+ ven v poměru 1:3. Tento stručný popis vyvolává dojem, že dlouhodobě dochází k úbytku těchto iontů ve zmiňovaných částech buněčné struktury. Jaký komentář pro to autor má?

Práce je psána v českém jazyce s použitím správné a v medicínské části externě prověřené terminologie. Práci považuji za cenný příspěvek ke znalostem dané problematiky. Navrhuji proto známku A (výborně).

Michal Beneš
(katedra matematiky)

V Praze dne 19. srpna 2020