

USE OF REDUCTION METHODS IN MULTISCALE MODELING OF COMPLEX SYSTEMS

– PhD Thesis –

Ruxandra Bărbulescu

Abstract – română

Această teză de doctorat explorează utilizarea metodelor de reducere a ordinului în modelarea multiscalară a sistemelor complexe pentru a simula în mod optim fenomenele care stau la baza transmiterii informațiilor într-un neuron și în interiorul creierului. Teza este axată pe aspectele de inginerie electrică din cadrul Neuroștiinței computaționale, un domeniu în curs de dezvoltare al științei și biotehnologiei. Metodologia de cercetare utilizată aici se bazează pe Modelarea Bio-Multi-Fizică, folosind abordările Științei și Ingineriei Computaționale ("Computational Science and Engineering" – CSE), în special tehnicile de Calcul Științific de Înaltă Performanță ("High Performance Scientific Computing" – HPSC).

Fenomenele electromagnetice sunt modelate la mai multe scale: canale ionice din nodurile Ranvier, compartimente mielinizate, conducere saltatorie în axoni mielinizați. Modelele globale ale neuronilor, sinapsele, colectivitățile neuronale și modelarea creierului nu fac obiectul acestei teze. Cu toate acestea, este de asemenea modelat potențialul indus în creier prin sisteme de Stimulare Magnetică Transcraniană (TMS). Un model geometric CAD 3D este extras din date imagistice medicale (imagini RMN/CT) și procedura propusă pentru modelarea TMS este extinsă pentru modelul geometric realist al capului uman.

Abstract – English

This PhD thesis explores the use of reduction methods in multiscale modeling of complex systems to optimally model the phenomena underlying the transmission of information in a neuron and inside the brain. The thesis is focused on the electrical engineering aspects within the Computational Neuroscience, an emerging area of the science and biotechnology. The research methodology used here is based on the Bio-Multi-Physics Modeling, using the Computational Science and Engineering (CSE) approaches, in particular High Performance Scientific Computing (HPSC) techniques.

The electromagnetic phenomena are modeled at several scales: ion channels from the Ranvier nodes, myelinated compartments, saltatory conduction along axons. The global models of neurons, synapses, neuron collectivities and the brain modeling are not subjects of this thesis. However, the induced voltage in the brain by Transcranial Magnetic Stimulation systems is also modeled. A 3D geometrical CAD model is extracted from medical imaging data (MR/CT images) and the proposed approach for TMS modeling is extended to the geometrically realistic 3D model of the human head.