

СТ А Н О В И Щ Е

върху дисертационен труд на тема
„Устойчивост и бифуркации на равновесни точки в математически модели на биопроцеси”

на Милен Борисов Колев

за придобиване на образователна и научна степен „доктор”,
област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика,
професионално направление 4.5. Математика,
научна специалност 01.01.13 „Математическо моделиране и приложение на математиката”

от доц. д-р Нели Стоянова Димитрова
Институт по математика и информатика на БАН

Настоящото становище е изготвено въз основа на заповед № 371/21.12.2012 г. на ИД Директора на Института по математика и информатика на БАН чл.-кор. Юлиан Ревалски.

Биографична справка за дисертанта. Милен Борисов Колев е роден на 18 декември 1981 г. в Габрово. Завършва бакалавърска степен във ФМИ на СУ „Св. Кл. Охридски”, специалност „Информатика” през 2004 г. По-късно специализира в магистърска програма „Био- и медицинска информатика” към катедра „Информационни технологии” на ФМИ и завършва през 2008 г. със защита на дипломна работа на тема „Изследване на математически модели на хранителни вериги в хемостат: устойчивост и бифуркации на равновесни точки” с научен ръководител доц. д-р Нели Димитрова. М. Борисов е зачислен през декември 2008 г. като задочен докторант в ИМИ–БАН, секция „Биоматематика”, по специалността 01.01.13 „Математическо моделиране и приложение на математиката” с научен ръководител доц. д-р Нели Димитрова. През юли 2010 г. М. Борисов е назначен като програмист, а от април 2012 г. като асистент към секция „Биоматематика” на ИМИ–БАН, където работи и до момента.

Личните ми впечатления от дисертанта са отлични. Те са главно от преките ни контакти и взаимоотношения в секцията, от участието му в колектива на научно-изследователския проект „Компютърни симулации и иновационни моделни изследвания на биопроцеси” по договор ДО 02–359/2008 с Фонд „Научни изследвания”, в който М. Борисов беше един от основните изпълнители, от участието му с доклади в редица национални и международни конференции и семинари. М. Борисов е сериозен и прецизен в работата си, отнася се отговорно към поставените му задачи.

Общо описание на дисертацията

Представеният дисертационен труд се състои от увод, четири глави (точки), заключение и списък с използвани литературни източници. Общият обем на дисертацията е 117 страници. Представен е също автореферат с обем 28 страници. Списъкът с използвани литературни източници съдържа 36 заглавия; в изложението под черта са цитирани още 5 web страници, посветени на съществуващи програмни пакети за бифуркационен анализ.

Уводът (Точка 1) съдържа кратко описание и мотивация за важността на разработваната тематика, представена е най-общо и структурата на дисертацията.

В *Точка 2* е направен обзор на основни понятия и резултати от теорията на динамичните системи, описани с нелинейни автономни обикновени диференциални уравнения. Специално внимание е отделено на параметричните динамични системи и свързаните с тях локални бифуркации на равновесни точки, както и на теоретичните основи за тяхното изследване – теорията на централното многообразие и топологичните нормални форми на бифуркациите.

Точка 3 съдържа описание на алгоритмите за намиране на нормалните форми на локални бифуркации на равновесни точки на параметрични динамични системи с ко-размерност едно и две, а именно бифуркации от тип седло-възел, транскритична, вилообразна, бифуркация на Поанкаре–Андронов–Хопф (наричана за краткост бифуркация на Хопф) и бифуркация на Богданов–Такенс. Това са и най-често срещаните бифуркации на равновесни точки в математическите модели на биотехнологични процеси. Представен е методът на резултатите като един от многото известни възможни начини за пресмятане на бифуркационните точки. Доказани са две твърдения, свързани с установяване на един от критериите за неизроденост на бифуркацията на Хопф в зависимост от размерността на изследваната система.

Точка 4 е посветена на описание на пакета BifTools, който представлява програмна реализация на представените алгоритми за бифуркационен анализ на параметрични динамични системи и който е реализиран в системата за компютърна алгебра (СКА) Maple 13. Пакетът съдържа пет основни процедури за символно пресмятане на нормални форми на еднопараметричните бифуркации седло-възел, транскритична, вилообразна и бифуркация на Хопф и на двупараметричната бифуркация на Богданов-Такенс. Да отбележим, че пакетът е със свободен достъп от сайта на Maplesoft, придружен с необходимото описание и указания за използването му. Функционалността на пакета BifTools е сравнена с други съществуващи програмни среди с подобни функции. По-нататък пакетът е приложен за изследване на известни от литературата математически модели от различни приложни области. Тук специално внимание ще обърна на примера от т. 4.3.4, който представлява известен от литературата модел на химическа реакция, описан със система от три нелинейни обикновени диференциални уравнения; за намиране и изследване на бифуркациите авторите (виж [9] от използваната литература в автореферата) използват пакет REGLOG и определят бифуркационна точка на Хопф в зависимост от един от параметрите на модела. С помощта на пакета BifTools е показано, че в тази равновесна точка не съществува този тип бифуркация; това е доказано и чрез математически анализ на системата.

В *Точка 5* е направен подробен математически анализ за устойчивост на модел, описващ биологично разграждане на токсични вещества в биореактор за пречистване на отпадъчни води. Моделът е предложен от екип сътрудници от Института по инженерна химия на БАН с ръководител проф. Венко Бешков. Моделът е валидиран експериментално, проведени са числови симулации, но не е изследван математически. За този модел, в зависимост от параметрите му, са намерени равновесните точки, дадени са условия за тяхната локална устойчивост. С пакета BifTools са изследвани бифуркации относно два важни за експериментатора параметъра. Направен е анализ за глобална устойчивост на важна от гледна точка на приложенията равновесна точка; като за целта са доказани редица свойства на решенията и е предложена явна функция на Ляпунов. Проведените компютърни симулации илюстрират теоретичните резултати и подкрепят получените по експериментален път данни.

Заклучението (Точка б) представя основните резултати, описани подробно в дисертацията, публикациите на автора и участието му с 10 доклади в семинари и в международни конференции у нас и в чужбина.

Актуалност на разработвания проблем

Дисертационният труд е от областта на биоматематиката и се отнася до математическото изучаване на модели на биопроцеси и биосистеми. Моделният подход при изследване на биопроцесите намира все по-широко приложение поради факта, че спестява скъпо струващи експерименти и че дори малки функционални подобрения в биореактора могат да доведат до значителен икономически ефект. От друга страна, нарастващият интерес в последните години към биотехнологията и свързаните с нея математически изследвания е мотивиран от необходимостта от подобряване на качеството на живот, на ефективността на индустрията, свързана с производство на нови химични компоненти, извличане на важни метаболитни съставки и мн. др.

Познаване на състоянието на проблема

Дисертационният труд е от интердисциплинарна област, свързана с прилагане на съвременни математически методи за изучаване на динамични модели на биопроцеси. Изследванията в една такава област изискват както задълбочени познания от математическата теория на динамичните системи и в частност на автономните системи от нелинейни диференциални уравнения, а така също и (сравнително добро) познаване на принципите на математическото моделиране, в частност на модели на биотехнологични процеси, с цел адекватно интрепретиране на получените теоретични резултати.

Цитираните литературни източници в дисертацията показват, че дисертантът е добре запознат с математическата теория на бифуркациите, има отлични умения за програмиране (не само) в СКА Maple. Заедно с това, от получените в дисертацията резултати се вижда, че умело използва тези знания за качествено изследване на нови модели.

Считам, че дисертантът показва добро познаване на състоянието на проблема, използва съвременни методи и техники за изследване и решаване на поставените задачи.

Характеристика на избраната методика на изследване

Поставените пред дисертанта задачи бяха в три основни направления:

- разработване на алгоритми за символен бифуркационен анализ на равновесни точки на параметрични динамични системи;
- програмна реализация на алгоритмите в СКА Maple;
- прилагане на разработените програми за бифуркационен анализ на конкретни математически модели на биопроцеси.

Алгоритмите са създадени на базата на съвременните подходи в теория на параметричните динамични системи – теорията на централното многообразие и на топологичните нормални форми. Системите за компютърна алгебра, които интензивно се развиват и използват през последните години, представляват естествената среда за символни (точни) математически изчисления. СКА предлагат също и богати възможности за обхващане на целия процес на математическото моделиране: лесно формулиране на задачата и въвеждане на необходимите данни, богат набор от средства за решаване на задачата и проиграване на различни оптимизационни стратегии и мн. др.

Представената дисертация много добре съчетава тези съвременни методики и подходи, както и прилагането им при решаване на конкретни приложни задачи.

Характеристика на резултатите

Получените в дисертацията резултати съответстват на поставените цели: създадени са специализирани средства в съвременна софтуерна среда, които са основани на оригинални техники и алгоритми за изучаване на динамични модели на реални биопроцеси. Програмният пакет VifTools, реализиран в Maple, единствен до момента пакет за символно намиране на нормални форми на бифуркации. Пакетът е отворен за допълнения чрез включване на нови алгоритми за бифуркации на равновесни точки с по-висока ко-размерност.

Оценка на приносите

Формулираните от дисертанта приноси в дисертацията и в автореферата правилно отразяват постигнатите резултати.

Преценка на публикациите

Резултатите от дисертацията са публикувани в 4 излезли от печат статии, 2 от които са в международни списания (едното е с импакт-фактор), една е в рефериран сборник с трудове на международна конференция и една е от поредицата „Научни известия” на ИМИ.

Оценка на автореферата

Авторефератът на дисертацията е с обем от 28 страници. В него е представена обща характеристика на дисертационния труд, обоснована е актуалността на разглежданата тема, формулирани са целите и са поставени задачите за изследване. Представени са основните и най-важни резултати, получени в дисертацията, както и приносите и публикациите на автора, участието му с доклади в международни конференции и семинари у нас и в чужбина, имащи отношение към разработваната тематика. Считаю, че авторефератът отразява пълно и точно резултатите в дисертацията, както и мястото и връзката им с резултатите на други автори.

Критични бележки

По същество нямам критични бележки към представения дисертационен труд.

Заклучение

Въз основа на всичко изложено до тук считам, че представеният дисертационен труд отговаря на всички изисквания на ЗРАСРБ, неговия Правилник и Правилниците за прилагане на ЗРАСРБ на БАН и ИМИ, затова убедено препоръчвам на почитаемото научно жури да присъди на *Милен Борисов Колев образователната и научна степен "Доктор"* в област на висше образование: 4 Природни науки, математика и информатика, професионално направление 4.5 Математика, научна специалност 01.01.13 „Математическо моделиране и приложение на математиката”.

17 април 2013 г.
София

.....
Нели Димитрова