

РЕЦЕНЗИЯ

на представеният от **Милен Колев Борисов** дисертационен труд на тема: **“Устойчивост и бифуркации на равновесни точки в математически модели на биопроцеси”** за присъждане на образователната и научна степен **“Доктор”** по професионално направление **4.5 Математика**, научната специалност **01.01.13 „Математическо моделиране и приложение на математиката“**

Рецензент: доц. д-р Красимир Георгиев, ИИКТ – БАН

А. Област на изследванията, актуалност, основни цели.

Представеният дисертационен труд е в една актуална и развиваща се област. Той представлява едно завършено изследване свързано с теоретични изследвания, с разработване на алгоритми и компютърни програми, а така също и приложения при решаване на важни практически задачи при изследване на биологични системи.

Основните цели на изследванията в дисертационния труд обхващат следните групи от задачи: (а) разработване на алгоритми за символен бифуркационен анализ на математически модели; (б) разработване софтуерен пакет реализиращ тези нови алгоритми; (в) изследване на математически модели на биопроцеси с помощта на разработения софтуер.

Предмет на изследване в представения дисертационен труд са числени алгоритми и софтуерни продукти за изследвания на биологични системи, и по-точно изследването на динамиката на един такъв модел при едновременното изменение на няколко от параметрите на системата.

Ако искаме да характеризираме с няколко думи **методологията на изследването** то ще споменем понятия като: бифуркационен анализ, бeологични системи, символни пресмятания и символни компютърни кодове.

Б. Дисертацията, в обем от 117 страници, се състои от увод, четири глави, заключение и литература. Библиографията включва 36 заглавия, всички от които са на английски език. От цитираните заглавия седем (19%) са публикувани след 2007 г., т. е. в последните пет години. Според рецензента всички посочени източници в библиографията правилно са цитирани в текста на дисертационния труд. В дисертацията има 25 фигури и една таблица.

Уводът (Глава 1) е в обем от две страници. В него дисертанта е представил мотивацията си за подготвянето на представената дисертация. В резюме е представено съдържанието на отделните глави.

Получените и представени за защита резултати са оформени в следващите четири глави, които са структурирани добре и се четат без затруднения.

Втора глава (21 стр.) е едно естествено продължение на уводната глава, в която се прави анализ на състоянието на изследванията по проблема досега. В нея се прави едно обстойно въведение в предметната област. Представени са някои основни факти, дефиниции и резултати необходими на дисертанта за по-нататъшното му изложение. Докторантът се е спрял последователно на: (а) *автономните динамични системи* (автономни системи обикновени диференциални уравнения (ОДУ); равновесна точка на система ОДУ; периодични решение на система ОДУ; хаос); (б) *динамични системи с параметри*; (в) *локални бифуркации на равновесни точки* (бифуркации с коразмерност едно и две; бифуркации на Хопф в екологични модели); (г) *методи за опростяване на динамични системи* (топологична еквивалентност на динамични и параметрични динамични системи, топологична нормална форма, теорията на централното многообразие). Тази глава представлява един самостоятелно четящ се текст и е много успешно въведение в тематиката, като са дадени и основните дефиниции и теореми. Наличието на илюстрации допълнително улеснява възприятието на текста.

Трета глава (обем от 24 стр.) е посветена на описание на създадени алгоритми за бифуркационен анализ на динамични системи. Представените

резултати се базират на две публикувани статии на докторанта в съавторство с научния му ръководител, както и на резултати от дипломната му работа за придобиване на магистърска степен.

С необходимите подробности, професионално и задълбочено са представени основните стъпки на алгоритъма за пресмятане на нормалната форма на бифуркациите с една нулева собствена стойност. Операциите, които са използвани от дисертанта (смяна на променливите и др.) запазват топологичната еквивалентност между динамичните системи. Наличието на илюстрации допълнително улеснява възприятието и в тази глава на дисертационния труд. В следващия параграф е представен алгоритъм за пресмятане на нормалната форма на бифуркация на Хопф. И тук, както и в предишния параграф старателно са проверени условията за неизроденост. Описан е направения анализ на устойчивостта на нормалната форма на бифуркацията на Хопф. Следващия параграф на тази глава е посветен на представянето на един алгоритъм за пресмятане на нормалната форма на бифуркация на Богданов–Такенс. В този алгоритъм се използва проекционен метод за изчисляване на централното многообразие, който дава възможност да се избегне една трудоемка операция на трансформация на системата в базиса на собствените си вектори, за разлика от директното пресмятане на централното многообразие в предишните два алгоритъма. Последният параграф на тази глава е посветен на метода на резултантите за пресмятане на бифуркационни точки. В началото е направен кратък, но съдържателен анализ на видовете методи, които са използвани и се използват и тяхната връзка с развитието на компютърните технологии и с развитието на програмните среди от типа на Maple и Mathematica. С необходимата пълнота и доказателства на съответните теореме и твърдения е представен метода на резултантите за пресмятане на бифуркационни точки. В последната част на този параграф, авторът е описал предложението от него алгоритъм за намиране на бифуркационните точки на Хопф с използване на метода на резултантите.

Рецензентът е съгласен с описаните приноси касаещи Глава 3 на стр.22 от Автореферата. За съжаление не можах да открия авторска справка или параграф с изрично описание на приносите в самата дисертация и по-точно в Глава 6 „Заклучение”.

Четвърта глава (обем от 18 стр.) е посветена на описанието на създадения от дисертанта софтуерен пакет **BifTools**, който е компютърна реализация на описаните в предишната глава алгоритми и предназначен за работа в системата за компютърна алгебра **Maple 13**. Последователно са описани процедурите за бифуркационен анализ на динамични системи, които са реализирани в софтуерния пакет. В допълнение към това описание, дисертанта е представил кратък обзор на съществуващи други софтуерни пакети решаващи задачи от предметната област. Описани са предимствата и недостатъците на тези пакети и е посочено мястото на **BifTools** в това семейство. В последния параграф на тази глава дисертанта е илюстрирал приложението на пакета **BifTools** за пресмятане на бифуркационни равновесни точки за намиране на нормалните форми на бифуркациите в околност на равновесните точки. Пакета е приложен върху няколко интересни задачи: (А) *модел на прост хемостат* (опростен биореактор) с един вид организми; (Б) *модел на хемостат с два вида организми конкуриращи се за обща храна*; (В) *система на Лоренц* (математически модел на атмосферна конвекция); (Г) *система подчиняваща се на закона за действие на масите* (описва се химическа реакция подчиняваща се на този закон) и (Д) *система с бифуркация на Богданов–Такенс*.

Рецензентът е съгласен с описаните приноси касаещи Глава 4. Част от тях могат да бъдат открити освен в текста на тази глава, така също и в Глава 6 „Заключение“ (стр. 111–112) и на стр.22 – 23 от Автореферата.

Пета глава (обем от 34 стр.) е посветена на предложения от дисертанта пълен математически анализ за устойчивост на динамичен модел, описващ биологичното разграждане на токсични вещества в биореактор за пречистване на отпадъчни води. Представеното тук е във връзка с две публикации на дисертанта от 2011 и 2012 г., където за изследване на локалните бифуркации е използван софтуерния пакет **BifTools**. Направено е подробно описание на изследвания модел. Намерени са равновесните точки и е изследвана тяхната локална устойчивост. С помощта на **BifTools** е направен бифуркационен анализ на нехиперболичните равновесни точки на модела, т.е. тогава, когато се наблюдават локални бифуркации. Подробно са разгледани случаите на локални бифуркации на равновесни точки с една и с две нулеви собствени

стойности, както и локални бифуркации на Хопф в равновесните точки. Изследвана е глобалната устойчивост на равновесните точки при предположения, които произтичат от физическата същност на разглежданата задача. Доказани са важни твърдения и е направен съдържателен анализ. Представени са резултати от направени числени симулации, които потвърждават теоритичните изводи и са в съгласие с резултати от проведени реални експерименти.

Рецензентът е съгласен с описаните приноси касаещи представеното в Глава 5 . Част от тях могат да бъдат открити освен в текста на тази глава, така също и в Глава 6 „Заклучение“ (стр. 111–112) и на стр.22 – 23 от Автореферата.

В края на тази глава са поставени текстовете на шест приложения (11 стр.). В тях дисертанта практически е показал как се използва **Maple** и различни части на софтуерния пакет **BifTools** за: (а) въвеждане на модела на непрекъснат биореактор; (б) намиране на нормалната форма на бифуркацията с една нулева собствена стойност; (в) проверка на това дали съответния модел притежава локална бифуркация на Богданов–Такенс в равновесна точка с две нулеви собствени стойности.

В. Рецензираната дисертация за получаване на образователната и научна степен „доктор“ представлява съдържателен научно-изследователски труд, който е резултат от системната работа на автора в съответната и описана по-горе, предметна област. Дисертацията включва, както важни и направени с професионализъм теоретични изследвания, така и множество компютърни експерименти. Има ясно изразен и напълно завършен цикъл “теория – софтуер – компютърен експеримент – анализ, изводи и препоръки”. Стилът на изложение е коректен и ясен. Специално внимание искам да обърна върху направения от дисертанта обзор на изследванията в областта на дисертацията, който е много задълбочен и професионален.

Г. Списъкът от публикации на Милен Борисов, представени за участие в процедурата се състои от **четири** работи. Три от тях са в списания, като една е в списание с импакт фактор и една е в списание с SJR индекс. Те са публикувани в периода 2010 г. – 2012 г. Две от статиите са в съавторство с научния ръководител на дисертанта, а една от тях има и още един съатор.

Една от статиите е самостоятелна. Публикациите обхващат основните резултати представени в дисертацията. Резултати по материали от дисертацията са докладвани многократно на специализирани научни конференции и семинари у нас и в чужбина в периода 2009 – 2012 г., на част от които съм присъствал лично и съм с отлични впечатления от направените изложения. Не са ми представени цитирания на представените публикации на дисертанта.

Д. Авторефератът (28 стр). правилно отразява съдържанието на дисертацията и основните приноси, представени за защита.

Е. Нямам съществени критични бележки, които биха повлияли на положителната ми оценка на представения дисертационен труд. Въпреки това бих си позволил да отбележа следното: (а) не е представено пълно библиографско описание както на използвана литература, така и на публикациите на дисертанта; (б) липсват сведения за Impact Factor и SJR Index на публикациите на дисертанта; (в) не са представени сведения за цитиране на публикациите на дисертанта; (г) приложенията са поставени „изнедващо” в края на Глава 5; би било по-добре да са след Глава 6 Заключение; (д) липсва параграф с ясно дефинирани приносите, за които претендира дисертанта; такъв може да се намери в Автореферата, но това не отменя неговото наличие и в дисертацията; (е) препоръчително е по-голяма публикационна активност в специализирани реферирани научни издания в чужбина.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Представената ми за рецензиране дисертация удовлетворява всички изисквания на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ, Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в БАН и съответния такъв правилник на ИМИ – БАН. Авторът и, Милен Колев Борисов, е показала, че притежава задълбочени познания по тематиката на дисертацията, може да работи самостоятелно и да провежда качествени научни изследвания.

Имайки предвид гореизложеното, убедено препоръчвам на уважаемото Жури да присъди на Милен Колев Борисов научната и образователна 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*”.

22.04.2013 г.

Рецензент:

София

/доц. д-р Красимир Георгиев/