

## РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен  
„доктор”

Автор на дисертационния труд: **маг. инж. Диан Богданов Джибаров**

Тема на дисертационния труд: **Изследване на алгоритми за адаптивно управление на системи с разпределени параметри**

Рецензент: **доц. д-р инж. Марин Славов Маринов, Технически Университет – Варна**

Дисертационният труд е с обем от 136 страници, включително 18 фигури, 2 таблици, списък на използваната литература и 1 приложение. Основният текст е изложен на 109 страници и се състои от увод, списък на използваните съкращения, четири глави, основни резултати и изводи, приноси към дисертацията, библиография, списък на публикациите по темата на дисертационния труд, списък на проектите с участие на дисертанта по темата на дисертационния труд и съдържание.

**1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение. Степен и мащаб на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията.**

Ефективното проектиране изисква точно отразяване същността и особеностите на технологичните процеси. За много от тях е характерна пространствената разпределеност на параметрите. Такива са процесите на топлопроводност, дифузия, химическа кинетика, описвани с квазилинейни параболични уравнения с различни гранични и начални условия. Поради сложността на математичните модели на тези процеси изграждането на системи за тяхната автоматизация се извършва най-често по експериментални данни. Развитието на компютърната техника дава възможност експериментите да се заменят с програмна симулация, при което се ускорява процеса на проектиране, намаляват се разходите по изграждането на системата за автоматизация и става възможно бързото откриване на ситуации, които в реални производствени условия могат да доведат до проблеми или аварии. От една страна стремежа за по-точно описание на обектите за управление и използването на закон за регулиране – от друга, който да гарантира адекватно поведение на системата при променящи се работни условия и параметри на обекта - мотивират проучванията за възможностите теорията на адаптивното управление да се приложи за обекти с разпределени параметри, т.е. изграждането на системи за адаптивно управление на обекти с разпределени параметри.

Тези факти ми дават основания за заключението, че темата е актуална и представлява интерес за занимаващите се с автоматизираното управление на обекти.

**2. Познава ли дисертантът състоянието на проблема и оценява ли творчески литературния материал.**

При изясняване състоянието на проблема, авторът се позовава на голям брой литературни източници – 100, от които 92 на латиница и 8 на кирилица. На базата на аналитичен преглед на постигнатото в областта са изяснени проблемите на оптималното и адаптивно управление

на обекти с разпределени параметри. Анализирани са известните резултати и са формулирани адекватни задачи за постигане на крайната цел на дисертационния труд. Избраните методики на изследванията са правилни и дават адекватен отговор на поставената цел и задачите, свързани с нея в дисертационния труд. Получени са съществени научни и научно приложни приноси, значими както за теорията, така и за практиката.

### **3. Съответствие на избраната методика на изследване и поставената цел и задачи на дисертационния труд с постигнатите приноси.**

Формулираната основна цел на дисертационния труд е *изследване, разработване и моделна настройка на адаптивни регулатори за обекти с разпределени параметри, описвани с частни диференциални уравнения от параболичен тип.*

За изпълнение на тази цел са формулирани и решени следните задачи:

1. Развитие на метода на обобщените крайни интегрални преобразувания за свеждане на система с разпределени параметри от параболичен тип до система със съсредоточени параметри, в случаите на вътрешно управление

2. Разработване на структури на различни самонастройващи се регулатори за адаптивно управление на системи с разпределени параметри от параболичен тип с гранични условия от първи - втори, първи - трети и втори - трети род.

3. Изследване работата на разработените регулатори за синтез на оптимално адаптивно управление на системи с разпределени параметри от параболичен тип с нехомогенни и нееднородни гранични условия от първи - втори, първи - трети и втори - трети род.

4. Симулиране в програмна среда на работата на разработените самонастройващи се регулатори с получените модели на обекти с разпределени параметри, посредством използване на рекурсивни методи за оценяване при идентификация в реално време за потвърждаване на получените резултати в предходните глави.

Считам, че избраната методика на изследване съответства на поставената цел и задачи на дисертационния труд.

### **4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд.**

В настоящата дисертационна работа са изследвани редица методи за адаптивно управление, приложими за обекти с разпределени параметри, описвани с частни диференциални уравнения, с неточно описание и нелинейности в тях. Представено е синтезирането на алгоритми за адаптивно управление на обект с разпределени параметри, описван с частни диференциални уравнения. Показан е подход за привеждане описанието на ОРП към вида, подходящ за изследваните алгоритми за адаптивно управление и е синтезирано програмно осигуряване, с чиято помощ да се извърши симулация на произволно /в определени граници/ управление /в частност адаптивно/ върху обект с разпределени параметри или да се управлява директно реален обект. С помощта на това програмно осигуряване са проведени множество изследвания, целящи да установят възможностите на различните алгоритми за адаптивно управление да се справят с управлението на обект с разпределени параметри при отсъствие и при наличие на шум.

Във втора глава на дисертационния труд е представен алгоритъм за привеждане на обект с разпределени параметри към обект със съсредоточени параметри, който позволява те да се използват и за изграждане на адаптивни системи за управление на обекти с пространствено разпределени параметри.

Направена е съпоставка между система с адаптация по модел и система със самонастройващ се регулатор. Разгледани са методите за реализация на системи със самонастройващ се

регулатор. Направена е оценка параметрите на обекта. Посочени са методи и за оценка на параметрите в затворената система. Разгледани са регулатори с мъртъв ход /РМХ/, регулатори с минимално отклонение /РМО/ и ПИД-регулатори с оптимизируеми параметри. Обърнато е внимание на методите за изграждане на адаптивни системи със самонастройващи се регулатори. Посочени са критериите при избора на методи за адаптивно управление.

В трета глава е направено привеждане описанието на обект с разпределени параметри с вътрешно управление към вида, изискван от алгоритмите за адаптивно управление. Направено е преобразуване изходното описание на обект с разпределени параметри с вътрешно управление в система обикновени диференциални уравнения; изведена е предавателната функция и са определени отделните коефициенти. Извършено е привеждане модела на обекта с разпределени параметри с вътрешно управление във вида, изискван от алгоритмите за адаптивно управление. Дадено е програмното осигуряване на симулацията. Извършени са симулации на ниво система за управление и на система за адаптивно управление.

В Четвърта глава е изследвано влиянието на параметрите на обекта и смущенията върху качеството на адаптивното управление. Разгледани са групите фактори, влияещи върху качеството на адаптивното управление. Приведен е пример на загряване на метален прът с дължина 1 метър. За определена комбинация на коефициента на топлопроводност  $a$  и пространствената координата  $x$ , е изследвано поведението на различните алгоритми при наличие на случаен шум със стойности в диапазона  $[-2;2]$  от страна на изхода на обекти с разпределени параметри. Показани са характеристиките на преходния процес при различни комбинации на метод за управление – регулатор. Изследвано е влиянието на коефициента на топлопроводност и пространствената координата върху качеството на адаптивното управление. Оценени са възможностите на различните комбинации от алгоритми. В края на четвърта глава са обобщени резултатите от проведените изследвания.

В края на дисертацията са дадени основни резултати и изводи и са посочени приносите към дисертацията.

## **5. Научни и научно-приложни приноси на дисертационния труд. Значимост на приносите за науката и практиката.**

Научните и научно-приложните приноси на дисертационния труд се състоят в доказване с нови средства на съществени нови страни в съществуващи научни проблеми и теории и получаване на потвърдителни факти.

При реализирането на разработката са извършени експериментални изследвания. Използван е разработен от дисертанта програмен код (софтуер) за провеждане на теоретични изследвания и симулации.

Въз основа на представения дисертационен труд и публикациите може да се направи най-общо изводът, че са постигнати редица положителни научно-приложни и приложни резултати, по-значимите от които са:

### **Научно - приложни приноси**

1. Доразвит е метода на обобщените крайни интегрални преобразувания за свеждане на система с разпределени параметри от параболичен тип до система със съсредоточени параметри, в случаите на вътрешно управление.
2. Разработени са структури на различни самонастройващи се регулатори, подходящи за адаптивно управление на системи с разпределени параметри от параболичен тип с гранични условия от първи-втори, първи-трети и втори-трети род.

3. Изследвана и анализирана е работата на разработените регулатори при синтеза на адаптивно управление на системи с разпределени параметри от параболичен тип с нехомогенни и нееднородни гранични условия.

**Приложни приноси:**

4. Проведено е симулационно изследване в програмна среда на работата на разработените самонастройващи се регулатори с получените модели на обекти с разпределени параметри, посредством използване на рекурсивни методи за оценяване при идентификация в реално време.

5. Разработените алгоритми за изследване на системи с разпределени параметри за температурни обекти, описвани с частни диференциални уравнения се използват за подобряване на учебния процес по дисциплината „Оптимално, адаптивно и робастно управление“ от учебния план на специалност “Автоматика, информационни и управляващи компютърни системи” в ОКС „Магистър“ в Технически Университет – Варна.

6. Внедрено е в обучението на студентите от спец. АИУКС, ОКС „Магистър“ и РМ, ОКС „Бакалавър“ разработеното програмно осигуряване и е използвано за обучението им.

7. Направена е оценка на влиянието на различните видове смущения върху разработените алгоритми за адаптивно управление.

8. Разработено е собствено програмно осигуряване за целите на изследванията в труда.

**6. Може ли да се оцени в каква степен дисертационния труд и приносите представляват лично дело на дисертанта?**

Представеният ми за рецензия материал, информацията, с която разполагам, както и публикациите по темата на дисертацията ме водят до убеждението, че основните резултати от дисертационния труд са лично дело на дисертанта.

Дисертантът е представил декларация за оригиналност на научните приноси, съгласно чл.27, ал.2 от Правилника за приложение на ЗРАЦРБ.

**7. Преценка на публикациите по дисертационния труд: брой, характер на изданията, в които са отпечатани.**

Основните постижения и резултати от дисертационния труд са публикувани в 6 статии в Сборници с трудове на международни конференции. Четири статии са самостоятелни, а останалите са в съавторство, като дисертантът е на първо място. Една статия е индексирана в базата данни Scopus. Няма регистрирано независимо цитиране.

Считам, че основните резултати от дисертационния труд са станали известни на научната общност, т.к. са представени на редица национални и международни форуми.

**8. Резултатите от дисертационния труд използвани ли са вече в научната и социалната практика?**

Няма представени доказателства за внедряване на резултатите на дисертационния труд.

**9. Мотивирани препоръки за бъдещо използване на научните и научно-приложните приноси: какво и къде да се внедри.**

Получените научно-приложни и приложни резултати могат да бъдат използвани в няколко насоки

-При наличие на интерес от фирми - за управление на технологични процеси.

-Резултатите от изследванията в дисертацията се използват в учебния процес, като въз основа на разработката са подготвени лабораторни упражнения по дисциплината „Оптимално,

адаптивно и робастно управление” за студентите от специалност „Автоматика, информационна и управляваща компютърна техника”, за ОКС „Магистър“ в Технически Университет – Варна. Разработеното програмно осигуряване е внедрено в обучението на студентите от спец. АИУКС, ОКС „Магистър“ и РМ, ОКС „Бакалавър“.

**10. Авторефератът направен ли е съгласно изискванията, правилно ли отразява основните положения и научните приноси на дисертационния труд?**

Авторефератът е разработен съгласно изискванията на Приложение 4 на Правилника за приемане, обучение на докторанти и придобиване на образователната и научна степен „доктор” и научна степен „доктор на науките” на ТУ – Варна. Той правилно отразява основните положения и научните приноси на дисертационния труд.

Авторефератът дава ясна представа за същността на проблема, целта и задачите на дисертацията както и за пътя по който те се решават. Кратко и ясно са изложени резултатите от анализа, моделирането и експериментите, изводите и приносите.

**11. Критични бележки по дисертацията, включително и по литературната осведоменост на кандидата.**

Съществени забележки и препоръки към дисертационния труд нямам. При предварителното разглеждане на работата бях направил 10 конкретни забележки и препоръки, с повечето от които дисертантът се е съобразил и коригирал.

Имам три забележки, касаещи оформянето на дисертацията и автореферата:

- Има разминаване по отношение на приносите в дисертацията и автореферата.

- Принос 6 не е добре формулиран.

- В публикациите по дисертацията не са указани страниците на публикацията в сборници от конференции и списания.

Въпреки направените забележки и препоръки считам, че резултатите от изследването са теоретично значими и приложими в практиката.

**12. Други въпроси, по които рецензентът счита, че следва да вземе отношение.**

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Въз основа на изложеното по-горе относно актуалността, съдържанието и значимостта на научните и научно-приложните приноси на дисертационния труд „Изследване на алгоритми за адаптивно управление на системи с разпределени параметри”, неговият обем и качеството на постигнатите научни резултати, считам, че той представлява завършено научно изследване.

Получени са редица положителни резултати с научен и научно-приложен характер, представени на високо научно ниво по подходящ начин. Основните резултати са добре апробирани на редица национални и международни форуми и отпечатани в реферирани издания. Разработката съответства на изискванията на ЗРАСРБ и Правилника за неговото приложение за получаване на образователна и научна степен “доктор”.

Това ми дава основание да дам положителна оценка на дисертационния труд и да препоръчам на уважаваното жури да гласуват за придобиване от маг. инж. Деан Богданов Джибаров на образователната и научна степен “доктор”.

Дата: 08.02.2021 г.

РЕЦЕНЗЕНТ:

Доц. д-р инж. Марин Маринов