

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „Доктор“ в професионално направление 5.2, Електротехника, електроника и автоматика, Докторска програма „Теория на автоматичното управление“.

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Ренета Данчева Първанова, редовен докторант към катедра „Автоматизация на производството“ в ТУ-Варна.

Тема на дисертационния труд: **Уейвлет-базирана идентификация на динамични обекти.**

Рецензент: доц. д-р инж. Димитър Генчев Генов, катедра „Автоматизация на производството“, ТУ Варна.

Предлаганата рецензия е изготвена във връзка с обявената процедура за публична защита на дисертационен труд на тема „**Уейвлет-базирана идентификация на динамични обекти**“, за придобиване на образователна и научна степен „доктор“, професионално направление 5.2. Електротехника, електроника и автоматика. Дисертационният труд е разработен от маг. инж. Ренета Данчева Първанова, редовен докторант към катедра „Автоматизация на производството“ при факултет по “Изчислителна техника и автоматизация” на ТУ - Варна. Основание за изготвяне на рецензията е заповед No 98/09.02.2021 на Ректора на ТУ Варна, както и решение на Научното жури по процедурата.

Рецензията е изготвена в съответствие със ЗРАСРБ, ППЗРАСРБ и Правилника за приемане, обучение на докторанти и придобиване на образователната и научна степен „доктор“ и научна степен „доктор на науките“ в Технически университет – Варна.

Представени са следните материали:

- Дисертационен труд, развит на 250 страници, от които 164 страници основен текст, 94 фигури и 45 таблици, оформен в 5 глави. Към дисертационния труд са представени 2 приложения в обем общо от 59 страници, включващи: експериментални данни от преходни процеси на топлинен обект; програмен код за проверка на работоспособността на разглеждани 17 алгоритми.
- Автореферат на дисертацията за получаване на образователна и научна степен, в обем на 47 страници.
- Списък и копия на 6 публикации по дисертационния труд.
- Декларация за оригиналност.

След направения литературен обзор, анализ и изводи в Първа глава са дефинирани целта и 5 основни задачи.

Съдържанието на дисертационната работа отговаря на поставената цел и задачи и е в пряка връзка с направените приноси по темата.

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение

Разглеждането на проблема за управление на даден обект от инженера по автоматика традиционно се свързва с неговото математическо описание. Получаването

на математични модели по експериментални данни е винаги актуална тема с голямо практическо значение и широко приложение. Важно е да се отбележи, че това направление на теорията на автоматичното управление е със стара история, и обикновено се свързва с определен конкретен клас обекти на автоматизация. Развитието на проблема е в две посоки: от една страна разширяване на приложението на създадените методи за получаването на модели на различни класове обекти чрез специално организирани експерименти за получаване на целенасочена информация, а от друга усъвършенстване на математическата и алгоритмична обоснованост на теорията, свързана с характерните особености на разглежданите обекти, подлежащи на изследване. Важно е да се спомене че, създадените по този начин качествени математични модели позволяват да се правят симулационни изследвания с обекта и да се икономисат материални ресурси и време при изучаване на същия. Всичко това обеснява постоянно съществуващото внимание при решаването на такъв клас задачи.

С предлаганата дисертация се разширява теоретическата обосновка и нов подход при решаване на класическата задача за получаване на динамични модели по експериментални данни. Това се свързва и с многообразието от обекти на изследване, което позволява да се описват, както и с повишаване на качеството на математическото описание.

Оценявам като коректно формулирани решаваните задачи в дисертационния труд.

Считам, че тематиката, разглеждана в дисертацията е актуална и значима, а разработването и е полезно за практиката.

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

В дисертацията докторантката Ренета Първанова е направила преглед и анализ на 210 литературни и Интернет източници, от които 52 на Кирилица. От всички 24 % са издания след 2010 година, а 4 % са издания след 2015 година.

Всичко това ми дава основание да твърдя, че докторантката Ренета Първанова е много добре запозната с теоретичните основи на уейвлет функциите и съответните преобразувания като обект на изследване, приложение и характерните им особености. Квалификацията и като инженер по автоматика и дава съвършено нов поглед по отношение на прилагане на „Теория на моделирането и управлението“ при реализация на формулираните задачи.

3. Избрана методика на изследване

При решаване на поставените задачи са използвани методите на уейвлет преобразуванията, апроксимация, филтрация, симулационни изследвания и метода на най-малките квадрати. Използването на множеството методи и изследователски технологии показва добра математическа подготовка и изследователски способности на докторантката. Като непълнота в изследванията може да се счита отсъствието на проверка на предположенията за прилагане на метода на най-малките квадрати, което е обект на Регресионния анализ, както и липсата на информация за обусловеността на

инвертираните матрици, свързано с прилагането на метода. Пълнотата на изследването е необходима тъй като се свързва, при някои от разглежданите обекти с определяне на техническите параметри, макар това да е допълнително разширяване на възможностите за приложение.

Забелязани са някои технически грешки (4.13), което отчита грешки при определяне на техническите параметри, а не тези на модела, където те влизат в комбинация. Така записаният критерии следва да се прилага при използването на метода за диагностика на параметри.

4. Кратка аналитична характеристика на дисертационния труд

Въпросите за анализ на състоянието на обекта на изследване, намирането на подходяща информация чрез преглед на специализирана литература за конкретно формулиране и доказване на актуалността на проблема са разгледани в Първа глава. В резултат, на което е формулирана е следната цел: *Изследване на възможностите на голямото разнообразие от уейвлет функции при обработка на сигнали и прилагането им при параметрична идентификация на динамични обекти.*

Задачите и тяхното решаване са пряко свързани с поставената цел и обхващат:

Обзор на приложението на уейвлет функциите за целите на обработка на сигнали и идентификация на динамични системи, разглеждат се свойствата на този клас функции и съответните им трансформации, приложението им при апроксимация, филтрация и обработка на сигнали, идентификация на типови линейни и нелинейни модели и параметрична идентификация на конкретни обекти. Изследванията са направени след разработване на алгоритми и m-файлове в средата на Matlab.

Във втора глава са разгледани особеностите на уейвлет функциите, съответните трансформации и приложението им. Разгледани са 10 типа уейвлет функции, по важни от които: на Хаар, на Добеши, Би-ортогоналните уейвлет функции, комплексни и др. Дадени са съответните изисквания към същите.

Трета глава обхваща въпросите по приложение на уейвлет функциите при обработка на сигнали. Предложен е алгоритъм за апроксимация с този клас функции. Проведени са изследвания с оценка на качествата на апроксимацията по два критерия: относителна средноквадратична грешка E и нормата на вектора на грешката N . Експерименталните тестови изследвания са представени като 3 типа детерминирани процеси: експоненциална функция, реакцията на двойно апериодично звено и колебателно звено. Зашумяването на процесите за оценка на качеството на филтрация е с нормален БГШ с различно отношение шум/сигнал: 5%, 10% и 15%. Изводите от изследванията са коректни, а програмните продукти работоспособни. Счита се, че при намиране на изходните данни са използвани стойности значително превишаващи времето на преходния процес, някъде и повече от два пъти. С това се изключва динамиката. Така е трудно да се направи извода за филтрация само на динамичния процес. Тук са използвани и некоректни изрази „филтрация с вълнички“, стр. 69, 70 и др. При записване на изводите от изследванията, в раздел „обобщения и изводи“ се

акцентува на най-вече на обобщенията, а би следвало след анализ на същите да се подчертаят получените резултати, които се свързват с приносите в дисертацията.

В четвърта глава се разглежда процедура за параметрична идентификация с използване на уейвлет функции, демонстрирана при стационарен модел от n -ти ред. При оценяване на качествата на модела се използва относителна грешка по изхода на модела и обекта, средноквадратична грешка по параметри и обобщена средноквадратична грешка. Не е ясно защо се използват данни след затихване на динамиката на процесите и обработване на данни съизмерими с тези на времето на преходните процеси. Не следва ли това да се свързва с по-точното оценяване коефициента a_0 при разглежданите модели? При оценяване на параметрите на модела от втори ред се оценяват технически параметри, а не параметрите на модела, което не позволява да се направи извод за оценката на коефициентите, при различни стойности на γ , в (4.28). При модел (4.32) в структурата е изпуснат коефициента a_0 , което означава, че той се оценява съвместно с коефициента a_1 . Важно е да се спомене, че се прилага МНМК по отношение на *параметрите на модела*, а не по отношение на *техническите параметри*, затова те не се определят точно.

Изводите в тази глава, включваща основните резултати от изследванията на възможностите за приложение на множеството уейвлет функции за целите на параметричната идентификация обобщава извършеното, а би следвало да има текст и за резултатите от тях, както и положителните и отрицателни страни. Би следвало те да обхващат анализ на качествата на множеството функции при отчитане на изменението на точностните характеристики с нарастване на зашумяването.

Тъй като се определят непрекъснати модели логично е с нарастване на стъпката на дискретизацията точността да се влошава. Следва да се обвърже докъде може да се направи компромис между точност на оценките и стъпката на дискретизацията, приемлива за потребителя, при изследването. Това са моменти, които следва да са обект на приносите.

Приложението на уейвлет функциите за параметрична идентификация е разгледано в пета глава. Това е направено за двумасова електромеханична система. Пресметнати са техническите параметри, а чрез подходящи структурни преобразования и вида и параметрите на еквивалентната предавателна функция. Чрез симулация в среда MATLAB/SIMULINK е получена реакцията на системата от 4-ти ред. Не ясно как е направена линеаризацията на силовия преобразовател СП (фиг.5.2). Направена е идентификация с използване на уейвлет функции и са определени параметрите на модела, след което са пресметнати техническите параметри на системата.

Подобен е подхода при прилагането на уейвлет при идентификация ПТД с независимо възбуждане и серво системата. И при трите примера на приложение времето на набиране на данни е значително след приключване на преходния процес.

В тази глава е разгледано и приложението на уейвлет функциите при идентификация на динамиката на свободните колебания на физически корабен модел. Тази задача е с особена важност за хидродинамиката, където структурата на модела е известна с точност до параметри. Последните не могат да се определят аналитично, тъй като зависят от присъединената водна маса, участваща в колебателния процес, а последната зависи от

вида на обвода на корпуса на физическия модел. Тук изследването със стъпка 0.1 от периода на колебание не е коректно, което обяснява лошите резултати фиг.5.16.

Направено е приложение на уейвлет функциите при идентификация на реален топлинен обект от производството на амоняк. Не ясно защо не се използва като критерии за качеството на идентификация широко използваната форма на относителната средноквадратична грешка (3.3, където е пропуснат индекс i), а максималната стойност на грешката (5.58). Изследването е проведено коректно.

При много фигури липсват означения по осите, което показва, че те могат да имат само принципен характер, (фиг.3.6, 3.13 и др.).

Не се показва и коментира числото на обусловеност $\text{cond}(A^T.A)$, (4.11), което има отношение към точността на решението, особено при зашумени данни.

Редно е, след провеждане на процеса на идентификация при всичките проведени изследвания да се записва окончателно полученият модел с неговата структура и коефициенти.

Научни и научно-приложните приноси на дисертационния труд

Научно-приложни приноси:

- 1) Изведени са алгоритми с използване на уейвлет функции за оценяване на параметрите на линейни и нелинейни стационарни и линейни нестационарни типови модели.
- 2) Разработени са алгоритми на базата на уейвлети, въз основа на които е извършена параметрична идентификация на конкретни обекти: двумасова електромеханична система; ПТД с независимо възбуждане; серво система; бордови колебания на физически корабен модел и топлообменник от инсталацията за производство на амоняк.
- 3) Изследвано е влиянието на различните класове уейвлети при филтриране на зашумени с различно ниво на шума сигнали и апроксимация на такива.
- 4) Изследвано е влиянието на стъпката на дискретизация при оценяване на параметрите на разглежданите обекти.
- 5) Анализирано е влиянието на различните уейвлет функции при параметрична идентификация на топлообменник от инсталацията за производство на амоняк и е определена подходящата уейвлет функция.

Приложни приноси

- 1) Разработени са и са тествани m -функции в средата на MATLAB за филтрация и апроксимация на сигнали посредством уейвлет функции.
- 2) Създадени са m -файлове за оценяване на параметрите на линейни стационарни модели от първи, втори и трети ред, нелинеен стационарен модел от втори ред и нестационарен модел от втори ред.
- 3) Разработени са m -файлове в средата на MATLAB за параметрична идентификация на: двумасова електромеханична система; ПТД с независимо възбуждане; серво система; бордови колебания на физически корабен модел и топлообменник от инсталацията за производство на амоняк. Оценени са качествата на получените модели.

5. Преценка за публикациите по дисертационния труд

По дисертацията са направени 6 публикации [A1, A2, A3, A4, A5, A6]. Една [A2] е самостоятелна, останалите 4 са в съавторство с Ръководителя си и една [A1] е с 3 автора. Всички са в престижни издания. 3 в списание „Компютърни науки и технологии“, 3 на международни конференции, (HiTesh, AST2019, ELMA 2019). В 2 от публикациите докторантката е на първо място, което показва значимостта на нейното участие. 5 от публикациите са на английски език. Не са дадени цитирания на публикациите.

6. Резултатите от дисертационния труд използвани ли са вече в научната и социалната практика

В дисертацията са използвани експериментални данни при идентификацията на топлообменник от кожухотръбен тип от инсталация за производство на амоняк, но липсват данни за внедряване.

7. Мотивирани препоръки за бъдещо използване на научните и научно-приложни приноси

Направените изследвания, в дисертацията касаят приложение на уейвлет функции при решаване на задачи за параметрична идентификация на обекти. Използваната теория и получените резултати, след доразвиване могат да се използват и при решаване на задачата за диагностика. За целта следва да се допълнят създадените m-файлове по подходящ начин. Това разширява възможностите на приложенията, което е полезно за практиката.

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

Представения автореферат пълно отразява целта, задачите, решението им и направените изводи. Текстът е изготвен съгласно изискванията на Правилника за приемане, обучение на докторанти и придобиване на образователна и научна степен „Доктор“ в Технически университет - Варна.

9. Критични бележки по дисертацията

По същество критични бележки нямам, освен някои формални. Например, смятам че може да се прецизира изказа при излагане на същността на материала; „представяне на ДУ в матрична форма“ стр.79; „филтрация с вълнички“, стр.69, фиг.3.6, 3.12, термина „заклучи“, стр.123 и др.). При някои литературни източници описанието е непълно, (12, 70 , липсва издателство и др.)

Заклучение

Прави добро впечатление избраният подход и принципи при критичния анализ, формулиране и решаване на задачите чрез надграждане на знанията, известни до сега, чрез нов подход, постигнати достижения в други научни направления и рационално обработване на набраната информация.

Направените научно-приложни и приложни приноси в дисертацията могат да се отнесат към доказване с нови средства на съществени нови страни на съществуващи научни проблеми, допълване на съществуващи знания с нови методи на изследване в нови области.

Считам че докторантката удовлетворява всички изисквания на ЗРАСРБ, ППЗРАСРБ и на Правилника за приемане, обучение на докторанти и придобиване на образователната и научна степен „доктор” и научна степен „доктор на науките” в Технически университет – Варна.

Всичко това ми дава основание да препоръчам на уважаемото Научно жури да присъди на маг. инж. Ренета Данчева Първанова образователната и Научна степен „Доктор” в професионално направление 5.2, Електротехника, електроника и автоматика, Докторска програма „Автоматизация на производството“.

05.04.2021 г.

Рецензент:
/доц.д-р инж.Д.Генов/