

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертацията "**Невронно- размити модели за целите на предсказващото управление**", представена от маг. инж. **Маргарита Николаева Терзийска** за присъждане на образователната и научна степен "**доктор**" по научната специалност 01.01.12 "Информатика", професионално направление 4.6. "Информатика и компютърни науки"

Рецензент: **Акад. Минчо Хаджийски, проф. дтн**

Рецензията е подготвена на основание на решение на НС на ИИКТ с протокол № 11 / 14.10. 2015 г. и заповед № 149 / 23.10.2015 г. на Директора на ИИКТ- БАН , с което се утвърждава Научното жури по разкритата процедура за защита на дисертацията, както и протокол № 1 от 30.10.2015 г. на Научното жури за избор на рецензенти, съгласно Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в БАН.

Маг. инж. Маргарита Терзийска е родена през 1977 г. в гр. Пловдив. През 2001г. завършва специалност "Автоматика и системотехника" на ТУ- София, филиал -Пловдив като магистър- инженер. От 2003 до 2006 г. е редовен докторант в катедра "Системи за управление" на ТУ- София, филиал Пловдив. От 2014 г. работи в секция "Интелигентни системи" на ИИКТ - БАН, където е зачислена на свободна докторантура. Водила е упражнения като хоноруван асистент през периода 2003 - 2013 г. по 9 учебни дисциплини в ТУ- София, филиал Пловдив и Университета по хранителни технологии - Пловдив. Ръководила е 10 магистърски и бакалавърски дипломни работи. Била е на две краткосрочни специализации (с продължителност общо 4 месеца) в Прага и Загреб.

Моделното предсказващо управление (МПУ) получи широка популярност през последните 30 години не само като изследователска тематика, но и чрез комерсиализацията си като опция в офертите на всички водещи световни фирми в областта на автоматизацията. Трудностите с прилагане на МПУ за "бързи" процеси от областта на автомобилния транспорт, авиацията, електрониката, роботиката насочиха изследванията в последното десетилетие към развитие на нелинейното МПУ в две основни посоки- намаляване на алгоритмичната сложност и ускоряване на изчислителните процедури. Представената ми за рецензиране дисертация напълно се вписва в тази доминираща понастоящем изследователска тенденция. Следва да се подчертае, че приетият от докторантката подход за привличане на интелигентни техники, особено в частта за изграждане на серия алтернативни адаптивни предсказващи модели на базата на хибридни невронно- размити структури, допълнително подсилва оценката за актуалност както по отношение на тематиката, така и на използваните средства за реализиране на поставените изследователски задачи.

Като цяло дисертацията е с теоретична насоченост. Тя има характер на завършено изследване, включващо: научно аргументиране на актуална тематика и техники на изследване, теоретични разработки с достатъчна дълбочина и общност, развитие на голям обем специфичен софтуер, необходим за реализацията им, сравнителен анализ, верификация на разработените методи и софтуер чрез симулация и в лабораторни условия. Направени са редица допускания :

а) Решава се задачата на НМПУ без ограничения. Това силно ограничава областта на приложимост на резултатите, тъй като именно МПУ притежава доказани предимства при справяне с ограничения от различен тип.

б) Неопределеността на обекта се отчита чрез въвеждане на размитост на определени променливи.

в) Не се третира стохастически процеси в системата, породени от външни или вътрешни въздействия и/ или неточности в измерванията.

г) Не са обект на разглеждане проблемите на робастност както в частта моделиране, така и в частта управление.

д) Приема се описание на обекта с наблюдаеми изходни променливи, а не чрез пространството на състоянията.

Тези допускания дефинират рамката на проведените изследвания и в тази рамка следва да се оценяват получените резултати. Направените допускания са приемливи от гледна точка на исканата образователна и научна степен "д-р".

Дисертацията на маг. инж. Маргарита Терзийска е изложена в 5 глави, като съдържа и обширно приложение с разработения софтуер.

Глава първа е озаглавена "Съвременни алгоритми за нелинейно моделно предсказващо управление". В действителност основно внимание (60 %) е отделено предимно на невронните и хибридни интелигентни предсказващи модели. Предвид формулираните цели на дисертацията и получените крайни резултати, това решение може да се приеме за правилно. Тази част на обзора (т.1.3) е написана интелигентно и компетентно, с ясна насоченост към основната изследователска задача на дисертацията - намаляване на изчислителното натоварване, в случая посредством различен тип елиминации, апроксимации и опростявания. Използвана е актуална литература. Частта за моделно предсказващо управление (МПУ)-(т.1.1) и особено нелинейно МПУ (НМПУ) - (т.1.2) има характер на доста бегъл обзор. По- подробно, отново с оглед на целите на дисертацията, е разгледано състоянието по методите на оптимизация на линейно и нелинейно МПУ - (т.1.4), както и настройката на част от фундаменталните им параметри (хоризонти, тегловни матрици) - (т.1.5). Не са третирани проблемите за ограничения, устойчивост, робастност. Вън от полезрението на докторантката са останали цели важни класове НМПУ като явни (explicit) и рандомизирани подходи. Липсват важни автори ,напр. D. Maune, J. Richalet, S. Boyd, A. Vempograd със значителен принос в областта. Тази асиметрия в обзора може да се обясни отново с основната насоченост на дисертацията към моделно- предсказващата част. Тук следва да се добави още един аргумент - дисертацията е ориентирана към научната специалност 01.01.12 "Информатика".

Обзорът е написан целенасочено и аналитично и е основа за формулиране на приетите цели и задачи на дисертацията.

В глава втора са изложени основните структури и алгоритмични съотношения на приетата неявна форма на нелинейно моделно предсказващо управление във варианта му GPC, невронно- размита структура с Гаусови функции на принадлежност и Такаги-Сугено механизъм на извеждане. Разгледаният пълен NNFX модел представлява по- скоро изходна база за сравнение за всички останали модели, разработени в следващата глава. Той е непригоден практически поради комбинаторния характер на правила и връзки, което води до експоненциално нарастване на изчислителната сложност.

Основните научно- приложни резултати на дисертацията са систематизирани в глава трета. Реализирайки основната си цел в частта "предсказващо моделиране" - намаляване на изчислителната сложност, са разработени три модела, представляващи апроксимации от различен тип на общия NNFX модел - разпределен NF модел (DANEA), NF- модел с частично размиване на входните променливи (SFNN) и модифициран вариант на нео-размития модел на Yamakava с редуциран брой и опростени правила (MNFM). Изследванията са разширени в две посоки:

а) Изучени са три варианта на модела SFNN.

б) Подробно са изследвани предложените три хибридни модела с две алтернативни форми на представяне на функциите на принадлежност - Тип 2 FL и интуционистка FL вместо базовия Тип 1 FL.

В стремежа да се подобри изчислителната ефективност както при параметричната идентификация на хибридни невро- размити модели, така и при определяне на времеви профил на бъдещите управляващи въздействия, са реализирани програмно три алгоритми за обучение и четири -- за оптимизация на управляващата част.

В глава четвърта е направена верификация общо на шест структури за НМПУ с неяви модели. Част от тестовете са симулационни, част - на лабораторен стенд. Резултатите потвърждават работоспособността на разработените алгоритми и написания програмен код. Моделите са оценявани по четири критерия - брой правила и параметри за обучение, изчислително време и точност. Интересен резултат е, че интуиционисткият неоразмит модел е по- точен и по- бърз от този с използване на Тип 2 FL. Експериментите в системата "модел - регулатор" са симулационни и стендови. Обширните числени и експериментални изследвания са позволили да се направят някои нетривиални изводи :

-Допълнителното супервайзорно ниво с модел Такаги- Сугено значително подобрява качеството на управление в сравнение с модел на Мамдани и обобщеното предсказващо управление GPC.

- По отношение на изчислителна ефективност оптимизационните методи на Нютон и Левенберг- Маркуард са близки, но методът на Нютон е по- точен.

- Различните разработени хибридни модели водят до различно качество на съответните системи за НМПУ (по бързодействие и точност).

В глава пета са изложени принципите, по които е разработен софтуерът, реализиращ предложените невронно- размити модели и включването им в система за НМПУ. Самият код е приведен в няколко подходящо структурирани приложения. Този материал представлява съществена част от дисертацията и показва високата квалификация на маг. инж. М. Терзийска като програмист.

Дисертацията има характер на цялостно научно - приложно изследване с ясна постановка, реализиране на поставените цели и верификация. Получените резултати надхвърлят конкретните реализации и са достатъчно общи при условие, че са в сила предпоставките, при които са получени.

Основните приноси в дисертацията са **научно- приложни**. Те се състоят в комбиниране на известни методи като елементи на нови функционални структури, тяхното подробно изследване и модификация (ако е било подходящо).

Най- важни достижения в дисертацията са следните :

1. Последователно намаляване на изчислителната сложност в известни интелигентни структури посредством :

- Намаляване на комбинаторния брой правила и съответно на числото параметри, които трябва да се определят при обучението, реализирано с разпределен невронно- размит модел на база на декомпозиция - DANEA и невронно размит модел със селективно размиване само на част от входните променливи (SFNN).

- Опростяване на структурата на невро- размитите невронни мрежи с използване на комбинация от нео-неврони, работещи с най- малък възможен брой размити правила. В дисертацията те са подходящо модифицирани за случаи на приложение в система с НМПУ.

2. Изследване на възможностите за намаляване броя на итерациите при обучение на невронни мрежи и на по- сложни невроструктури чрез подобряване на точността , с която се описва неопределеността, макар и с въвеждане на допълнителни параметри. За целта са използвани нашумелите в последното десетилетие размита логика от тип 2 (Тип 2 FL) и интуиционистка логика.

3. За разработените моделни структури са изследвани възможностите на няколко типа градиентни оптимизационни алгоритми от втори ред с определено подобряване на изчислителната ефективност.

4. Значителен интерес представлява сравнителният анализ на системи за НМПУ с 6 типа прогнозиращи модели.

Приложните резултати в дисертацията могат да се обобщят така :

- Разработен и верифициран чрез симулация и в лабораторни условия е значителен обем специфичен софтуер, позволяващ реализиране на третираните хибридни предсказващи модели и методи за оптимизация.

- Получените резултати могат да бъдат основа за различен тип алтернативни упражнения със студенти при обучение по интелигентни методи за управление: локално, многомерно, супервайзорно.

Следва да се отбележат някои общи положителни страни на дисертационния труд:

- Един и същ проблем се изследва многостранно по отношение на някои алтернативни приемания, параметри, ситуации. Напр. моделът SFNN е реализиран в три варианта, нео- размитият регулатор е във варианти с размита логика тип 2 и итуиционистка размита логика, итеративните градиентни алгоритми са развити като метод на Нютон и Левенберг- Маркуард.

- Независимо от големия обем на лично разработения програмен код, докторантката навсякъде е спазила строгостта на изложение, давайки предимство на анализа, обсъждането на резултатите и трудностите, а не на илюстрации с нищо не означаващи програмни фрагменти.

- Навсякъде ясно са посочени чуждите изходни постановки и собствените изследователски резултати.

- Дисертацията е написана ясно, лесно се чете и показва отличното познаване на третираната област от докторантката.

- Начинът на изложение свидетелства на вече натрупан достатъчен педагогически опит в изложение на логически сложни проблеми.

По дисертацията са направени 7 публикации, от които две са в сборници, издания на Springer, които имат импакт фактор. Докторантката има две цитирания. Участвала е в работни колективи на два проекта. С това изискванията за публикационна дейност, приети в ИИКТ - БАН, са значително преизпълнени.

Авторефератът достатъчно пълно отразява основното съдържание на дисертацията.

Към дисертацията имам следните основни бележки :

1. Приетата опростена постановка - без ограничения и без постоянно действащи въздействия и / или грешки в измерванията ограничава областта на валидност и приложимост на резултатите от дисертацията до случаите, когато ограниченията не са важни и шумът е малък.

2. Селективният избор на променливи, които не се размиват, е недоработена процедура. Очевидно вземането на решение трябва да се формализира или подчини на евристични правила, така че да може да се оперира в зависимост от някакви критерии-състояние на системата, текуща ситуация, сценарии.

3. Проблемът с координатията на изчислителните процедури при НМПУ в случаите на третираните в дисертацията хибридни предсказващи модели налага едновременно разглеждане на скоростта на обучение на невронната или размито-невронната мрежа, динамиката на най- бързите динамични канали, количеството на очакваните итерации в оптимизационната процедура на управлението и разполагаемата изчислителна мощност. В противен случай може да се появи неустойчивост в системата за управление.

4. Не е ясно защо като тестови системи са избрани такива с хаотично поведение, които на практика са по- скоро маргинални, а не много по- често използваните се от типа със стохастически характер или зашумени времеви редове.

5. В дисертацията се съдържат отделни грешки и неточности, например :

- Математичният модел на топлинната схема от фиг. 4.2.1.2 е твърде дискуссионен поради това, че в него са приети "чисти" закъснения, които в схема с несвиваем флуид са невъзможни. Това ясно се вижда от фиг. 4.2.2.1 – фиг. 4.2.2.4. Закъсненията, които са приети, са апроксимации на инерционните закъснения на обекта.

- Не е ясно защо цитираното на много места в дисертацията име на проф. Макquardt е с транскрипция, различна от тази, утвърдила се у нас в продължение на повече от 35 години.

- Подходът AnYa(стр. 27) е на двама изследователи - професорите П. Ангелов и Р. Ягер, а не само на първия.

- Изрази като "температура на водата към вентилатора" (стр. 109) и "регулиране на температура на пара"(стр. 29) се нуждаят от редактиране, напр.: "към охлаждащата система с вентилатор" и " температура на прегрята пара".

- В дисертацията на много места има повторения, които не са избегнати и в автореферата.

-Библиографските данни към публикация № 5 на докторантката са непълни в нейн ущърб.

Направените забележки не засягат приносната част от дисертацията, но следва да се отчетат при бъдещата работа на докторантката.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дисертацията на маг. инж. Маргарита Николаева Терзийска е посветена на един актуален проблем -намаляване на изчислителната сложност на съвременни управляващи системи. В работата са получени достатъчно научно- приложни и приложни резултати, с които тя показва възможностите си за самостоятелна изследователска работа. Образователният аспект на дисертацията е напълно постигнат. Всичко гореизложено ми дава пълно основание да дам положителна оценка на дисертацията и да препоръчам на уважаемото Научно жури по процедурата да присъди научната и образователна степен "доктор" на **маг. инж. Маргарита Николаева Терзийска** по научната специалност 01.01.12 "Информатика", професионално направление 4.6. "Информатика и компютърни науки".

12.01.2016 г.

София