

РЕЦЕНЗИЯ

от доц. д-р Тодорка Атанасова Глушкова

Факултет по математика и информатика, Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“

на дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен „доктор“ по:

област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика;

професионално направление 4.6. Информатика и компютърни науки;

докторска програма: Информатика

Автор: *Костадин Георгиев Йотов*

Тема: *Моделиране на невро-кибернетична система за прогнозиране на потреблението на електрическата енергия*

Научен ръководител: *доц. д-р Емил Хаджиколев – Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“ гр. Пловдив*

1. Общо описание на представените материали

Със заповед на Ректора на Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“ №РД-21-738 от 18.04.2022г. съм определена за член на научно жури по процедура за защита на дисертационен труд на тема „Моделиране на невро-кибернетична система за прогнозиране на потреблението на електрическата енергия“ за придобиване на образователната и научна степен ‘доктор’ в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика; професионално направление 4.6. Информатика и компютърни науки; докторска програма Информатика.

Автор на дисертационния труд е Костадин Георгиев Йотов – редовен докторант към катедра „Компютърна информатика“, с научен ръководител доц. д-р Емил Хаджиколев от Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“ (ПУ).

Представеният комплект материали е в съответствие с Чл.36 (1) от Правилника за развитие на академичния състав на ПУ и включва следните документи:

1. Молба до Ректора на ПУ за откриване на процедурата за защита на дисертационен труд;
2. Автобиография в европейски формат;

3. Препис-извлечение от протокол №6/01.04.2022 от катедрен съвети на катедра „Компютърна информатика”, свързан с докладване на готовност за откриване на процедурата и с предварително обсъждане на дисертационния труд;
4. Автореферат:
 - 4.1. автореферат на български език;
 - 4.2. автореферат на английски език
5. Декларация за оригиналност и достоверност на приложените документи;
6. Справка за спазване на минималните национални изисквания;
7. Списък на научните публикации по темата на дисертацията;
8. Пълен списък на публикациите
9. Списък на забелязаните цитирания
10. Дисертационен труд;
11. Копия на научните публикации (6 броя).

Представените документи са прецизно оформени и подредени в съответствие с приложения списък. Докторантът е приложил 6 публикации по темата на дисертационния труд. От справка за спазване на минималните национални изисквания се вижда, че по темата на дисертационното изследване има 5 публикации, които са индексирани в SCOPUS. Една от тях е с SJR. Общия брой на точките е 102, при изискван минимален брой точки 30, съгласно чл. 24. (1) и чл. 25 от Правилника за прилагане на Закона за развитие на академичния състав в Република България (последни изменения и допълнения ДВ бр. 15 от 19.02.2019 г.).

Кратки биографични данни за докторанта

Не познавам лично докторанта. Според предоставената ми автобиография, Костадин Йотов е роден през 1973 година. От 1998 година до момента работи в ЕСО МЕР, Пловдив като специалист в областта на оперативното планиране, координиране и управление на електроенергийната система на Република България. Притежава образователна степен магистър от ПУ „Паисий Хилендарски“ с професионална квалификация „Учител по математика и информатика, както и магистърска степен от Великотърновския университет „Св. Св. Кирил и Методий“ от 2005 година. От 2019 година се обучава в докторантска програма „информатика“ на Пловдивския университет. Всичко посочено по-горе е в унисон с темата на дисертационния труд и показва необходимите компетенции за придобиване на научна и образователна степен доктор в област на висше образование 4. Природни науки,

математика и информатика, професионално направление 4.6 Информатика и компютърни науки, докторска програма Информатика.

3. Актуалност на тематиката и целесъобразност на поставените цели и задачи

Дисертационният труд несъмнено е посветен на актуална тематика, а именно проучване и приложение на алгоритми от изкуствения интелект и създаване на прототип на автоматизирана софтуерна система за прогнозиране на електропотреблението. Тематиката е интересна и актуална, дефинираните цели и задачи са с високо ниво на приложимост.

Основна цел на дисертационното изследване е създаването на прототип на автоматизирана софтуерна система за прогнозиране на електропотреблението. На стр. 10 от дисертационния труд и на страница 5 от автореферата са поставени три основни задачи, решаването на които са непосредствено свързани с постигането на основната цел. Нямам забележки относно тези основни задачи и смятам, че за тяхното решаване се изисква висока компетентност и значителни знания в изследваната предметна област.

4. Познаване на проблема

Познаването на изследвания проблем се вижда не само от лекота, с която докторантът е аргументирал и изложил основните тези, но и от детайлния преглед и направения анализ на необходимите за разработването на дисертационния труд литературни източници (119 на брой, от които: 101 статии и книги и 18 интернет-източника; 30 на кирилица, 89 на латиница). Към много от литературните източници са посочени и интернет адреси или DOI за по-подробна информация или онлайн четене.

Прегледът на цитираната литература позволява да се твърди, че докторантът познава в значителна степен проблематиката. В дисертацията преобладават публикации от последните години, което е напълно оправдано, предвид съвременните тенденции и бързото развитие на изкуствения интелект в дигиталната ера. По темата на дисертацията има 6 публикации, от които 5 са индексирани в SCOPUS и/или Web Of Science. Три от публикациите са в списания, и три – в сборници на научни конференции. Докторантът има и 6 участия с доклади в международни и национални научни форуми и са представяни в 3 научно-изследователски проекта. Прави добро впечатление и факта, че направените проучванията по темата на дисертационния труд са използвани за създаване на обучителни материали за студенти за две избираеми дисциплини: „Основи на невронните мрежи“ и „Скриптово програмиране на невронни мрежи в МАТЛАБ“, които са проведени по два пъти със студенти в редовна форма на обучение във Факултета по математика и информатика на ПУ „Паисий Хилендарски“ през 2019-2021 г.

Всичко това за мен е доказателство за задълбоченото проучване направено от докторанта и доброто познаване на изследвания проблем.

5. Методика на изследването

Резултатите, представени в дисертацията, свидетелстват за избора на методически верен подход за постигане целите на изследването. При решаването на задачата за прогнозиране е избрана методика включваща итеративен процес във времето, който преминава през следните няколко етапа – събиране и обработка на данни, проучване на методите за решение, решение, анализ и оценка на получените резултати. Избраната методика на изследване позволява постигането на поставената цел и получаване на адекватен отговор на задачите, решавани в дисертационния труд.

6. Характеристика и оценка на дисертационния труд

Дисертационният труд се състои от списък с фигури, списък с таблици, списък с използваните съкращения, увод, пет глави, заключение, приложение, списък на авторските публикации по темата, списък на забелязани цитирания, списък на използваната литература и декларация за оригиналност. Основният текст на дисертационния труд се състои от 153 страници и е съпроводен от 2 броя приложения. Текстът е подходящо илюстриран с фигури (69 на брой), таблици (54 на брой) и диаграми. Всяка глава завършва със заключение, представящо получените в главата резултати, което улеснява разбирането на текста. Стилът на изложение е ясен и точен.

В **увода** е направена кратка ретроспекция на известни до момента факти и технологии, свързани с темата на дисертационния труд. Аргументирана е мотивацията за провеждането на настоящото изследване. Направена е обосновка на актуалността и значимостта на разглежданата тема. Представени са обектът и предметът на научното изследване, дефинирани са целта и задачите на дисертационния труд.

В **Глава 1** „Прогнозиране на електропотреблението. Състояние на научните изследвания“ е разгледана структурата на Националната Електроенергийна система (НЕЕС) на България и са посочени най-важните компоненти, осигуряващи нейното ефективно управление и определящи необходимостта от ефективно прогнозиране на електропотреблението. Определени са основните фактори, влияещи върху потреблението на електрическа енергия: брутен вътрешен продукт; енергийна интензивност; численост на населението; доходи на населението; цена на електроенергията; очаквани температури за съответния период; енергийна ефективност; електропотребление през предходен период. Също така в тази глава е направено проучване на научната литература за съществуващите

методи и модели за прогнозиране на електропотреблението. Направен е анализ на съвременните изследвани подходи за прогнозиране на електропотреблението. В изводите към главата се обосновава, че планираното създаване на автоматизирана система за прогнозиране, в която може да се изпълняват и сравняват множество модели за прогнозиране, би могло да донесе множество ползи при прогнозиране както на електропотреблението, така и на много други величини.

В **Глава 2** „Статистически и числени методи за прогнозиране“ са представени изследвания на зависимостите между отделните фактори и електропотреблението, чрез използване на корелационен и регресионен анализ, числени методи за интерполация и екстраполация. Разгледани са и методи за прогнозиране на факторите и електропотреблението, представени като времеви редове. Представени и реализирани с MatLab скрипт са алгоритми за избор на най-ефективни модели за прогнозиране, изградени върху съответните статистически и числени методи.

В **Глава 3** „Използване на изкуствени невронни мрежи за прогнозиране“ са представени основните теоретични концепции, стоящи зад идеята за създаване на изкуствена невронна мрежа (ИНМ) и са разгледани възможностите на MatLab за изграждането ѝ. Създадени са ИНМ за прогнозиране както на факторите, така на електропотреблението, разглеждани като времеви редове; също и за прогнозиране на електропотреблението, разглеждано във връзката му с отделни фактори или групи от фактори. Резултатите от прогнозирането с ИНМ са сравнени с тези, получени с помощта на статистически и числени методи. Предложен е итеративен алгоритъм за автоматизирано търсене на оптимална ИНМ.

В **Глава 4** „Невро-кибернетична система за прогнозиране“ са описани етапите на проектиране и реализация на невро-кибернетична система (НКС) за прогнозиране, както и начините за интеграцията на вече изградените алгоритми за прогнозиране с числени методи и изкуствени невронни мрежи. Представени са получените от НКС резултати за прогнозиране на всеки един от факторите, както и за електропотреблението в Национална електроенергийна система като цяло. Проведени са и допълнителни експерименти за прогнозиране на други величини в енергетиката, които показват използваемостта на системата при решаване на разнообразни задачи за прогнозиране.

В **Глава 5** „Оптимизиране на НКС“ са представени резултатите от задача за определяне на оптималния брой неврони в невронни мрежи, използващи матрица на Якоби при методите за обучение. Предложени са формули за определяне на горни граници за необходимия брой неврони в невронна мрежа с един или повече скрити слоеве. В

заклучението е направен кратък преглед на поставените проблеми и получените в резултат на изследването решения. Посочени са ползите от създадената невро-кибернетична система и са очертани насоки за бъдещото ѝ развитие. Представени са основните научни, научно-приложни и приложни приноси.

7. Приноси и значимост на разработката за науката и практиката

На страница 141 в дисертационния труд, съответно на страница 28 от автореферата, авторът си прави самооценка, като формулира шест приноса – два научни, два научно-приложни и два приложни, които е постигнал в своята работа. **Приемам така формулираните приноси, както следва:**

Научни приноси

1. Създаден е модел на автоматизирана НКС за прогнозиране на електропотреблението.
2. Изведени са две формули за оптимална горна граница на броя на невроните при ИНМ, обучавани с методи, използващи матрицата на Якоби – за ИНМ с един скрит слой и с няколко скрити слоя.

Научно-приложни приноси

3. Разработена е архитектура на НКС за прогнозиране на електропотреблението.
4. Проектирани и реализирани в MatLab са алгоритми за:
 - откриване на статистически значими корелационни коефициенти;
 - намиране на най-ефективния модел на линейна регресия;
 - най-ефективно прогнозиране чрез екстраполация;
 - най-ефективно прогнозиране чрез времеви редове;
 - автоматизирано конструиране на оптимална ИНМ за прогнозиране и др.

Приложни приноси

5. Реализиран е прототип на НКС за прогнозиране на електропотреблението.
6. Тествана е работата на създадената НКС и са анализирани получените резултати.

8. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Авторът е предоставил списък от общо 10 публикации с негово участие, направени в периода на разработката на дисертационния труд, от които са посочени 6 броя, свързани с темата на дисертационния труд.

- Всичките 6 статии са в съавторство от трима автори. Докторантът е първи съавтор и, тъй като не е представен протокол за съавторство, можем да приемем че участието е равностойно.

- 5 от публикациите са на английски език и една на български;
- Четири от публикациите са в различни списания, реферирани в Scopus или Web of Science; една - в сборник статии от международна конференция, реферирани в Scopus и една в сборник научни трудове на Съюза на учените в България – Пловдив. Една от публикациите освен реферирана н Scopus и WoS има SJR=0.199, което е показател за научна значимост.

Всички публикации са предоставени в пълен текст, както и с линк или DOI. След направената от мен справка в световноизвестни бази данни с научна информация Web of Science и SCOPUS, докторантът има следните публикации в индексирани издания:

1. **Yotov, K.**, E. Hadzhikolev, S. Hadzhikoleva, *Model for Forecasting of Electricity Losses During Transmission and Distribution in an Electricity System*, International Journal of Engineering Trends and Technology, vol. 69, issue 6, pp. 93 - 98. **(SCOPUS)**
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85107065868&origin=resultslist&sort=plf-f>
2. **Yotov, K.**, E. Hadzhikolev, S. Hadzhikoleva, *Influence of the Price of Electricity for the Industry on the Consumption in the Economic Sector in Bulgaria*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021, 1031(1), Article number 012084. **(SCOPUS)**
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85101699622&origin=resultslist&sort=plf-f>
3. **Yotov, K.**, E. Hadzhikolev, S. Hadzhikoleva, *Determining the Number of Neurons in Artificial Neural Networks for Approximation, Trained with Algorithms Using the Jacobi Matrix*, TEM Journal, vol. 9, No. 4, pp. 1320–1329, 2020, ISSN: 2217-8309. **(SCOPUS, SJR = 0.199, Web of Science)**
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85098142277&origin=resultslist&sort=plf-f>
4. **Yotov, K.**, E. Hadzhikolev, S. Hadzhikoleva, *Forecasting Energy Efficiency and Energy Consumption in Bulgaria by Examining the Energy Intensity Indicator Using Neural Networks*, 21-st International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA) - Proceedings, 2020, 3 - 6 June 2020, Bourgas, Bulgaria, pp. 523-526, ISBN 978-1-7281-4345-3. **(SCOPUS)**
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85091342524&origin=resultslist&sort=plf-f>
5. **Yotov, K.**, E. Hadzhikolev, S. Hadzhikoleva, *Forecasting Electricity Consumption in Bulgaria by Studying its Dependence on Socio Economic and Demographic Variables*, International Journal of Scientific & Technology Research, vol. 9, issue 4, pp. 705–710, 2020, ISSN 2277-8616. **(SCOPUS)**
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85083585076&origin=resultslist&sort=plf-f>

Приемам подготвената от докторанта справка за изпълнение на минималните национални изисквания, според която четири от публикациите се оценяват на по 18 точки и

една – на 30 точки. По този начин сборът е 102 точки, което е много над необходимите минимално 30 точки.

Докторантът е предоставил доказателства за три забелязани цитирания на свои публикации, две от които са индексирани в световните БД, както следва: един -в IEEE и един в WoS и Scopus, като има $IF=2.2$ и $SJR=0.431$.

Предоставените публикации, както и качеството на забелязаните цитирания недвусмислено обосновават високото качество на представеното в дисертацията научно изследване.

9. Лично участие на докторанта

Не познавам лично докторанта Костадин Георгиев Йотов, но от представените материали смятам, че той е отлично подготвен и висококвалифициран специалист, успешен участник в научно-изследователски проекти и професионалист с опит в областта на машинното учене и изкуствения интелект. Това ми дава основание да приема, че формулираните приноси и получени резултати, са негова лична заслуга.

Не мога да дам преценка за личното участие в публикациите свързани с темата на дисертационния труд и с участието на докторанта, тъй като не ми бяха предоставени разделителни протоколи между съавторите. В такъв случай, приемаме че участието на всеки от съавторите е по равно.

10. Автореферат

Авторефератът е с обем от 32 страници на български и английски език. Нямам критични забележки относно съдържанието и качеството на автореферата. По обем и съдържание отговаря на изискванията за точно, пълно и сбито отразяване на основните научни и научно-приложни и приложни приноси, описани в дисертационния труд. Изготвен е в съответствие с изискванията на Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на научни длъжности на ПУ „Паисий Хилендарски“.

11. Критични забележки и препоръки

Комплектът с предоставените материали и документи е пълен и коректен. В техническо отношение дисертационният труд е добре оформен. Съдържанието е илюстрирано с достатъчно и добре оформени фигури, графики и таблици. Изследването е достатъчно обемно и обхваща съществените аспекти на разглежданата проблематика. Изложението на всяка глава на дисертацията завършва с изводи и заключение. Прави добро

впечатление представената в заключението таблица с връзки между приноси, задачи, място на описание в дисертационния труд, публикации и доклади.

Могат да се отправят критични бележки към организацията на цитираните литературни източници. Приложеният стил на цитиране без номериране прави трудно проследяването им, особено при такъв голям брой източници. Освен това в някои интернет източници липсва датата на посещение на сайта, а за други тази дата е от преди две или повече години. При цитирането на някои източници липсват част от атрибутите или са неясни (напр. „Гочева-Илиева, С. (2014). Иконометрия Лекции 6-8“). Прави впечатление посочването на основната цел и задачи на две места в дисертацията – на стр. 10 и стр. 40. Това до голяма степен е оправдано предвид необходимостта от формулиране на подзадачите в по-късното представяне, но е донякъде объркващо за читателя.

Докторантът формулира реалистично бъдещото използване и развитие на дисертационните резултати. Представените доказателства за апробация на изградената НКС за реално прогнозиране както на факторите, така и на различните видове електропотребление, както и реалистичното определяне на предимствата и необходимостта от подобрения на разработения прототип дават основание за продължаването на изследванията. Като препоръка мисля, че в бъдеще опита и резултатите от научната работа на докторанта трябва да бъдат представени в самостоятелни публикации.

12. Препоръки за бъдещо използване на дисертационните приноси и резултати

Докторантът е направил анализ на получените резултати и е аргументирал необходимостта и насоките за бъдещи изследвания по темата. Приемам, че за усъвършенстване на НКС е удачно добавянето на допълнителен модул за прогнозиране на факторите и целевата величина чрез средствата на генетичните алгоритми.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дисертационният труд **съдържа научни, научно-приложни и приложни резултати, които представляват оригинален принос в науката** и отговарят на всички изисквания на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ и съответния Правилник на ПУ „Паисий Хилендарски“.

Дисертационният труд показва, че докторантът Костадин Георгиев Йотов **притежава** задълбочени теоретични знания и професионални умения по научна специалност Информатика и компютърни науки, като **демонстрира** качества и умения за самостоятелно провеждане на научно изследване.

Поради гореизложеното, убедено давам своята **положителна оценка** за проведеното изследване, представено от рецензираните по-горе дисертационен труд, автореферат, постигнати резултати и приноси, и **предлагам на почитаемото научно жури да присъди образователната и научна степен „доктор“** на Костадин Георгиев Йотов в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление 4.6 Информатика и компютърни науки, докторска програма Информатика.

01.06.2022 г.

Рецензент:

(подпис)

(доц. д-р Тодорка Глушкова)