

РЕЦЕНЗИЯ

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

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Димитър Ненов Ненов,

Тема на дисертационния труд: „Моделиране на генетични алгоритми с времеви редове при изследване работата на фотоволтаични системи за автономно храняване на битови потребители (в югоизточни райони)”,

Рецензент: проф. д-р Евдокия Николаева Сотирова

Определена съм за член на научното жури със заповед РД-ОЖ-4.6-05/04.03.2026 г. на Ректора на Технически университет - София и за рецензент по процедурата с Протокол 1 от първото заседание на научното жури.

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

Дисертационният труд е посветен на интересна и актуална тема - моделиране и прогнозиране на работата на автономни фотоволтаични системи чрез използване на генетични алгоритми и анализ на времеви редове. Имайки предвид, че работните параметри на тези системи се представят като кратки, нестационарни и шумни времеви редове със структурни изменения, възниква необходимост от разработване и прилагане на подходи, осигуряващи надеждно прогнозиране. В тези условия класическите статистически методи са с ограничена приложимост.

От научна гледна точка отчитам приноса на работата в използването на интелигентни методи за анализ на данни (генетични алгоритми и инструменти от теорията на размитите множества) в условията на ограничен обем данни, нелинейност и неопределеност. В дисертационния труд докторантът дискутира необходимостта от ефективни методи за управление, мониторинг и прогнозиране на сериозно нарастващите инсталираните мощности в България и в световен мащаб. В този смисъл отчитам в научноприложно отношение потенциала на получените резултати за практическо приложение при изграждане на адаптивни системи за управление и оптимизация на енергийните процеси.

Оценявам степента на актуалност на проблема като висока. Тя се проявява на глобално, национално, методологично и технологично равнище. Тези равнища са свързани съответно с енергийния преход и нарастващото използване на възобновяеми енергийни източници, динамичното развитие на фотоволтаичните системи в България, ограниченията на класическите статистически методи при анализ на кратки и нестационарни времеви редове и необходимостта от внедряване на интелигентни алгоритми за прогнозиране и оптимизация.

Целта на изследването е дефинирана на 47-ма страница в дисертационния труд, именно: „разработване на модели и алгоритми за прогнозиране на кратки времеви редове, описващи работата на малки автономни фотоволтаични системи за автономно захранване на битови потребители, с отчитане на климатичните и географските особености на изследваните обекти, чрез използване на инструменти от теорията на размитите множества и генетичните алгоритми“. За постигането ѝ са дефинирани седем задачи, които са адекватни, добре структурирани, и позволяват последователно преминаване от теоретичен анализ към разработване, апробация и оценка на предложените алгоритмични решения.

2. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал.

Докторантът показва добро познаване на състоянието на изследвания проблем. Представеният в първа глава литературен обзор е тематично структуриран, обхваща както класически, така и съвременни подходи за анализ и прогнозиране на времеви редове, приложими в контекста на автономни фотоволтаични системи. Цитирани са 157 литературни източника, от които 149 са на латиница, 5 на кирилица, и 3 са интернет адреси. 89 литературни източника са от последните 5 години, което свидетелства за актуалност и задълбоченост на проведеното проучване.

Маг. инж. Димитър Ненов показва умения за творческа интерпретация на литературния материал. Той систематизира съществуващите решения и извежда нерешени проблеми и изследователски въпроси в проблемната област. Това позволява ясно позициониране на дисертационното изследване спрямо съвременното състояние на научната проблематика.

Изследването би спечелило, ако в Глава 1. „Литературен обзор“ се направи по-критичен сравнителен анализ на приложимостта на представените методи спрямо спецификата на изследвания проблем, напр. при класическите модели за времеви редове (AR, MA, ARMA), както и при методите за клъстеризация и инструментите от теорията на размитите множества (разгледани са различни алгоритми и индикатори, но тяхното съпоставяне по отношение на ефективност и приложимост остава ограничено).

3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд.

Считам, че избраната методика на изследването е адекватна и съответства на поставената цел и формулираните в дисертационния труд задачи. Докторантът използва интегриран подход, включващ инструменти от теорията на размитите множества, генетични алгоритми и методи за анализ на времеви редове, което е напълно обосновано, отчитайки ограничена ефективност на класическите статистически методи при разглеждания тип данни.

Използването на генетични алгоритми за оптимизация на параметрите на прогнозните модели е подходящо, прилагането на методи за идентифициране на структурни трансформации във времевите редове допълнително повишава адекватността на избраната методика спрямо спецификата на задачата.

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

Маг. инж. Димитър Ненов използва за изследването си реални измервания, представени като кратки, нестационарни и шумни времеви редове със структурни изменения, описващи работата на автономни фотоволтаични системи. Това показва висока практическа стойност на работата. Оценявам положително достоверността на материала, защото използваните данни произтичат от реални процеси, а това дава надеждна основа за проверка на предложените алгоритмични решения.

Правилно е коментиран ограниченият обем на данните и наличието на неопределеност, което поставя сериозни методологични изисквания към анализа. Поради това приемам като обоснован и съответстващ на естеството на използвания материал избора на генетични алгоритми и методи за работа при кратки и структурно изменящи се времеви редове. Спецификата на данните обуславя необходимостта от използване на адаптивни и устойчиви алгоритмични подходи, което е отчетено коректно в дисертационния труд.

Материалът е релевантен и достоверен, и подходящ за валидиране на разработените алгоритми и за формулиране на приносите в дисертационния труд.

5. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд

Докторантът е формулирал приносите от изследването си на стр.148 в дисертационния труд. Обособени са 5 научно-приложни и 2 приложни приноса.

Научно-приложните приноси се изразяват основно в разработването на интегрирана методологична рамка и алгоритмични решения за анализ и прогнозиране на кратки времеви редове при наличие на неопределеност и

нестационарност. Давам висока оценка на предложените подходи за идентифициране на структурни трансформации, както и на разработените модели, базирани на размита регресия и генетични алгоритми.

Приложните приноси са свързани с провеждането на експериментално изследване на автономна фотоволтаична система, което осигурява реална емпирична база за анализ на влиянието на различни фактори върху структурните изменения в кратките времеви редове.

Особено съществен резултат представлява разработеният универсален прогнозен модел, базиран на интервални размити множества от втори тип и генетични алгоритми, който постига повишена точност при запазване на приемлива изчислителна сложност. Този резултат следва да бъде отнесен към научно-приложните приноси (въпреки че е отчетен от докторанта като приложен).

Считам че, вторият формулиран от докторанта принос не трябва да се отнася към научно-приложните, а към приложните приноси. Извършеният анализ на работата на автономна фотоволтаична система има предимно приложен характер и е свързан с осигуряване на емпирична основа за разработване и валидиране на предложените алгоритмични решения.

Докторантът е получил съществени резултати, свързани с доразвиването и ефективното приложение на съществуващи методи за анализ и прогнозиране на кратки времеви редове при наличие на неопределеност, нестационарност и структурни изменения. Приносите на дисертационния труд са значими, както от научна, така и от практическа гледна точка и имат потенциал за приложение в системи за анализ, мониторинг и управление на автономни енергийни системи.

6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите.

Считам, че докторантът има съществено лично участие при получаването на научно-приложните и приложните приноси, формулирани в дисертационния труд. Представените резултати са логически последователни и показват самостоятелност при разработването и прилагането на използваните алгоритмични подходи.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Докторантът е представил списък с 5 научни публикации, свързани с дисертационния труд, от които 4 са индексирани в световните бази от данни Scopus/Web of Science. Една публикация е в Applied Sciences-Basel с импакт фактор 2.5, квантил Q2 (публикация [1] от списъка), две публикации са в списания в квантил Q3 (публикации [2] и [4]), една е на конференция в Сърбия (публикация [3]), една е на конференция в България с международно участие и е самостоятелна (публикация [5]). Четири от публикациите са от 2025 г., една е от 2024 г. Всички публикации са на английски език.

Направената от мен справка показва, че Димитър Ненов има h-index=1, което е очаквано предвид новостта на публикациите, но и показва интерес към получените резултати от страна на научната общност.

Публикационната дейност на докторанта значително надвишава (над 4 пъти) минималните изисквания за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ в ПН 4.6 „Информатика и компютърни науки“ на Технически университет - София (Приложение 1 към съответния правилник).

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика.

Резултатите от дисертационния труд имат потенциал за приложение в научната и инженерната практика, по-специално в системи за анализ, мониторинг и управление на автономни фотоволтаични инсталации. Разработените алгоритмични модели позволяват количествено оценяване на неопределеността и подпомагат прогнозиране и оптимизиране на режимите на работа на енергийните системи.

В дисертационния труд е обоснована възможността за практическо приложение на предложените модели, включително при избор на конфигурации на фотоволтаични системи и управление на електропотреблението. Предложените подходи могат да намерят приложение и в учебния процес при подготовка на специалисти в областта на енергийната електроника и анализа на данни.

Не са представени доказателства за пряко внедряване на резултатите или за реализиран икономически ефект.

9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му.

Представеният автореферат е в обем от 32 страници. Отразява правилно съдържанието на дисертационния труд и получените резултати. Ясно са представени целта, задачите, използваните методи и основните научно-приложни и приложни приноси. Изготвен е в съответствие с изискванията за оформяне и съдържание, и дава адекватна и синтезирана представа за дисертационния труд.

10. Мнения, препоръки и бележки.

Въпреки че Глава 3 „Анализ на структурата на автономна фотоволтаична инсталация“ допринася за изграждане на предметната рамка на разглеждания проблем, считам, че тя съдържа твърде детайлно представяне на технологични аспекти, което надхвърля необходимото за изследване в ПН 4.6.

При представянето на основополагащи теоретични постановки не навсякъде са използвани първоизточниците. Например при представянето на теорията на размитите множества не е цитиран основополагащият труд на Заде (Zadeh, 1965), не са коректно цитирани първоизточниците на размити множества от първи тип (стр. 37 от дисертационния труд).

Считам, че формулираните приноси биха могли да бъдат допълнително прецизирани и по-ясно структурирани, с оглед по-отчетливо разграничаване между научно-приложните и приложните резултати.

Направените бележки не поставят под съмнение постиженията на работата на докторанта.

Препоръчвам на докторанта в бъдещи изследвания да разгледа и приложението на интуиционистки размити множества, тъй като те позволяват по-пълно отчитане на неопределеността в данните чрез въвеждане на допълнителна степен на неопределеност.

11. Заключение.

Оценката ми за дисертационния труд, автореферата, публикациите и научната дейност на маг. инж. Димитър Ненов Ненов е изцяло положителна. Дисертационният труд съдържа научно-приложни и приложни резултати, които представляват оригинален принос в науката и показват, че докторантът притежава задълбочена теоретична подготовка, възможности за критичен анализ и самостоятелно провеждане на научни изследвания. Не са установени данни за плагиатство.

Дисертационният труд изцяло отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав на Република България, Правилника за прилагането му, както и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в Технически университет-София.

Това ми дава основание убедено да препоръчам на уважаемите членове на Научното жури да присъди на маг. инж. Димитър Ненов Ненов образователната и научна степен "Доктор" по Професионално направление 4.6. Информатика и компютърни науки, докторска програма „Информатика“.

Дата: 06.04.2026 г.

РЕЦЕНЗЕНТ.

(проф. Евдокия Сотирова)

REVIEW

of a dissertation submitted for the award of the educational and scientific degree
„Doctor (PhD)“

Author: M.Sc. Eng. Dimitar Nenov Nenov,

Dissertation Title: Modeling of genetic algorithms with time series in studying the operation of photovoltaic systems for autonomous power supply of household users (in Southeastern Regions),

Reviewer: Prof. Evdokia Nikolaeva Sotirova, PhD

I have been appointed as a member of the Scientific Jury by Order No. RD-OZh-4.6-05/04.03.2026 of the Rector of Technical University of Sofia and as a reviewer in the procedure in accordance with Protocol No. 1 from the first meeting of the Scientific Jury..

1. Relevance of the Problem Addressed in the Dissertation from Scientific and Applied Perspectives.

The dissertation is devoted to an interesting and highly relevant topic—modeling and forecasting the operation of autonomous photovoltaic systems using genetic algorithms and time series analysis. Considering that the operational parameters of such systems are represented as short, non-stationary, and noisy time series with structural changes, there is a clear need for the development and application of approaches that ensure reliable forecasting. Under these conditions, classical statistical methods have limited applicability.

From a scientific perspective, I acknowledge the contribution of the work in the use of intelligent data analysis methods (genetic algorithms and tools from the theory of fuzzy sets) in the presence of limited data, nonlinearity, and uncertainty. In the dissertation, the doctoral candidate discusses the need for effective methods for management, monitoring, and forecasting in the context of the rapidly increasing installed capacities in Bulgaria and worldwide. In this regard, I recognize the applied scientific potential of the obtained results for practical implementation in the development of adaptive systems for management and optimization of energy processes.

I assess the degree of relevance of the problem as high, manifested at global, national, methodological, and technological levels, related respectively to the energy transition and the increasing use of renewable energy sources, the dynamic development of photovoltaic systems in Bulgaria, the limitations of classical statistical methods in the analysis of short and non-stationary time series, and the need for the implementation of intelligent algorithms for forecasting and optimization.

The objective of the research is defined on page 47 as follows: „to develop models and algorithms for forecasting short time series describing the operation of small autonomous photovoltaic systems for household power supply, taking into account the climatic and geographical characteristics of the studied sites, using tools from the theory of fuzzy sets and genetic algorithms“. To achieve this objective, seven tasks are formulated, which are appropriate, well-structured, and enable a consistent transition from theoretical analysis to the development, validation, and evaluation of the proposed algorithmic solutions.

2. Degree of Awareness of the State of the Problem and Creative Interpretation of the Literature.

The doctoral candidate demonstrates a good level of awareness of the current state of the research problem. The literature review presented in Chapter 1 is thematically structured and covers both classical and contemporary approaches to time series analysis and forecasting, applicable in the context of autonomous photovoltaic systems. A total of 157 references are cited, of which 149 are in Latin script, 5 in Cyrillic, and 3 are internet sources. Notably, 89 of the references are from the last five years, which indicates the relevance and depth of the conducted study.

M.Sc. Eng. Dimitar Nenov demonstrates the ability for creative interpretation of the literature. He systematizes existing approaches and identifies unresolved problems and research questions within the domain. This allows for a clear positioning of the dissertation research with respect to the current state of the scientific field.

The study would benefit from a more critical comparative analysis in Chapter 1 (“Literature Review”) regarding the applicability of the presented methods in relation to the specifics of the research problem. For instance, this applies to classical time series models (AR, MA, ARMA), as well as to clustering methods and tools from the theory of fuzzy sets. Although various algorithms and indicators are presented, their comparison in terms of effectiveness and applicability remains limited.

3. Consistency of the Selected Research Methodology with the Aim and Objectives of the Dissertation.

I consider that the selected research methodology is appropriate and consistent with the stated aim and the tasks formulated in the dissertation. The doctoral candidate applies an integrated approach, combining tools from the theory of fuzzy sets, genetic

algorithms, and time series analysis methods, which is fully justified given the limited effectiveness of classical statistical methods for the type of data under consideration.

The use of genetic algorithms for optimizing the parameters of forecasting models is appropriate, and the application of methods for identifying structural transformations in time series further enhances the adequacy of the selected methodology in relation to the specifics of the problem.

4. Brief Analytical Characterization of the Nature and Reliability of the Material on Which the Contributions of the Dissertation Are Based.

M.Sc. Eng. Dimitar Nenov uses real measurements in his research, represented as short, non-stationary, and noisy time series with structural changes, describing the operation of autonomous photovoltaic systems. This indicates a high practical value of the work. I positively assess the reliability of the material, as the data originate from real processes, thus providing a solid basis for validating the proposed algorithmic solutions.

The limited volume of the data and the presence of uncertainty are appropriately discussed, which impose significant methodological requirements on the analysis. Therefore, I consider the choice of genetic algorithms and methods for handling short and structurally evolving time series to be well justified and consistent with the nature of the data used. The specificity of the data necessitates the use of adaptive and robust algorithmic approaches, which is correctly acknowledged in the dissertation.

The material is relevant, reliable, and suitable for validating the developed algorithms and for substantiating the contributions of the dissertation.

5. Scientific and/or Applied Contributions of the Dissertation

The doctoral candidate has formulated the contributions of the research on page 148 of the dissertation. A total of five scientific-applied and two applied contributions are identified.

The scientific-applied contributions are mainly reflected in the development of an integrated methodological framework and algorithmic solutions for the analysis and forecasting of short time series under conditions of uncertainty and non-stationarity. I give a high evaluation of the proposed approaches for identifying structural transformations, as well as of the developed models based on fuzzy regression and genetic algorithms.

The applied contributions are related to the experimental study of an autonomous photovoltaic system, which provides a real empirical basis for analyzing the influence of various factors on structural changes in short time series.

A particularly significant result is the developed universal forecasting model, based on interval type-2 fuzzy sets and genetic algorithms, which achieves improved

accuracy while maintaining acceptable computational complexity. This result should be classified as a scientific-applied contribution (although it is reported by the doctoral candidate as applied).

I consider that the second contribution formulated by the doctoral candidate should not be classified as scientific-applied, but rather as applied. The conducted analysis of the operation of an autonomous photovoltaic system has a predominantly applied nature and is related to providing an empirical basis for the development and validation of the proposed algorithmic solutions.

The doctoral candidate has obtained substantial results related to the further development and effective application of existing methods for the analysis and forecasting of short time series under conditions of uncertainty, non-stationarity, and structural changes. The contributions of the dissertation are significant both from a scientific and a practical perspective and demonstrate potential for application in systems for analysis, monitoring, and management of autonomous energy systems.

6. Assessment of the Degree of the Doctoral Candidate's Personal Contribution to the Results.

I consider that the doctoral candidate has a substantial personal contribution to the scientific-applied and applied results formulated in the dissertation. The presented results are logically consistent and demonstrate independence in the development and application of the employed algorithmic approaches.

7. Evaluation of the Publications Related to the Dissertation

The doctoral candidate has provided a list of five scientific publications related to the dissertation, four of which are indexed in the international databases Scopus/Web of Science. One publication is in Applied Sciences (Basel) with an impact factor of 2.5, ranked in Q2 (publication [1] from the list); two publications are in journals ranked in Q3 (publications [2] and [4]); one is a conference paper presented in Serbia (publication [3]); and one is a single-author paper presented at a conference in Bulgaria with international participation (publication [5]). Four of the publications are from 2025, and one is from 2024. All publications are in English.

My review indicates that Dimitar Nenov has an h-index of 1, which is expected given the recent nature of the publications, but also reflects emerging interest from the scientific community in the obtained results.

The publication activity of the doctoral candidate significantly exceeds (by more than four times) the minimum requirements for obtaining the educational and scientific degree "Doctor (PhD)" in Professional Field 4.6 "Informatics and Computer Science" at Technical University of Sofia (Appendix 1 to the relevant regulations).

8. Utilization of the Dissertation Results in Scientific and Social Practice.

The results of the dissertation demonstrate potential for application in both scientific and engineering practice, particularly in systems for analysis, monitoring, and management of autonomous photovoltaic installations. The developed algorithmic models enable quantitative assessment of uncertainty and support forecasting and optimization of the operating regimes of energy systems.

The dissertation substantiates the possibility for practical application of the proposed models, including in the selection of configurations of photovoltaic systems and the management of electricity consumption. The proposed approaches may also be applied in the educational process for the training of specialists in the fields of power electronics and data analysis.

No evidence is provided for direct implementation of the results or for achieved economic impact.

9. Assessment of the Compliance of the Abstract with the Requirements for Its Preparation.

The submitted abstract comprises 32 pages. It accurately reflects the content of the dissertation and the obtained results. The objective, tasks, applied methods, and the main scientific-applied and applied contributions are clearly presented. The abstract is prepared in accordance with the formal and content-related requirements and provides an adequate and concise overview of the dissertation.

10. Opinions, Recommendations, and Remarks.

Although Chapter 3, "Analysis of the Structure of an Autonomous Photovoltaic Installation," contributes to the establishment of the problem domain, I consider that it contains an excessively detailed presentation of technological aspects, which goes beyond what is necessary for research within Professional Field 4.6.

In the presentation of fundamental theoretical concepts, primary sources are not consistently cited. For example, in the discussion of fuzzy set theory, the foundational work of Lotfi Zadeh (Zadeh, 1965) is not referenced, and the primary sources for type-1 fuzzy sets are not cited correctly (p. 37 of the dissertation).

I consider that the formulated contributions could be further refined and more clearly structured, with a view to achieving a more distinct differentiation between the scientific-applied and applied results.

The remarks made do not call into question the achievements of the doctoral candidate's work.

I recommend that in future research the doctoral candidate consider the application of intuitionistic fuzzy sets, as they allow for a more comprehensive representation of uncertainty in data through the introduction of an additional degree of indeterminacy.

11. Conclusion.

My overall evaluation of the dissertation, the abstract, the publications, and the scientific activity of M.Sc. Eng. Dimitar Nenov Nenov is entirely positive. The dissertation contains scientific-applied and applied results that represent an original contribution to science and demonstrate that the doctoral candidate possesses in-depth theoretical knowledge, the ability for critical analysis, and the capacity to conduct independent scientific research. No evidence of plagiarism has been identified.

The dissertation fully complies with the requirements of the Law on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria, its implementing regulations, as well as the regulations for the acquisition of scientific degrees at Technical University of Sofia.

This provides sufficient grounds for me to confidently recommend to the esteemed members of the Scientific Jury that M.Sc. Eng. Dimitar Nenov Nenov be awarded the educational and scientific degree „Doctor (PhD)“ in Professional Field 4.6 „Informatics and Computer Science“, doctoral program „Informatics“.

Date: April 6, 2026

REVIEWER: