



ИПФ45-НС1-092 / 29.04.2026г.

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ

Инженерно-Педагогически Факултет – Сливен
Катедра „Електротехника, автоматика и информационни
технологии“

РЕЦЕНЗИЯ

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

Автор на дисертационния труд: Димитър Ненов Ненов

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

Рецензент: проф. дмн Гани Трендафилов Стамов

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

Изграждането на интелигентни автономни фотоволтаични системи е свързано с решаването на редица актуални проблеми, единият от които е надеждното прогнозиране на работата им при променливи условия.

Работните параметри на тези системи се регистрират като кратки, нестационарни и шумни времеви редове, съдържащи структурни изменения, породени от промени в режима на работа и външната среда.

Използването на алгоритмични подходи, независими от асимптотични предпоставки отстранява ограничената ефективност на класическите статистически методи при подобен тип данни.

Избраната тема е особено актуална в съвременния етап на изграждане на интелигентни автономни фотоволтаични системи, тъй като се прилагат модерни методи /генетични алгоритми, теорията на размитите множества, еволюционна оптимизация/ и решения, който от своя страна осигуряват устойчиво прогнозиране при нелинейност и неопределеност на работните данни и структурни трансформации.

Разработените алгоритми за клъстеризация на групи кратки времеви редове чрез йерархично агломеративно клъстеризиране, устойчиви при слаба разделимост на клъстерите и универсални прогнозни модели за кратки времеви редове доказват постигане на висока точност при проектиране на автономни фотоволтаични системи.

2. Степен на познаване състоянието на проблема

Докторантът е направил подробен литературен обзор. Проучил е общо 157 литературни източници, като 149 са на латиница и 5 на кирилица, а останалите са интернет адреси. Начинът на интерпретиране на литературните източници показва, че докторантът познава съвременното състояние на изследвания проблем. Въз основа на направените проучвания по темата, докторантът е набелязал правилно целта, проблемите и задачите за изследване.

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

Целта на дисертационния труд е разработване на модели и алгоритми за прогнозиране на кратки времеви редове, описващи работата на малки автономни фотоволтаични системи за хранване на битови потребители, с отчитане на климатичните и географски особености на изследваните обекти, чрез използване на инструменти от теорията на размитите множества и генетичните алгоритми.

За реализиране на поставената цел са формулирани няколко задачи:

1. Да се анализира приложимостта на методи от теорията на размитите множества и еволюционната оптимизация (включително генетични алгоритми) при изграждане на регресионни и многокритериални модели за прогнозиране на времеви редове.

2. Да се изследват и сравнят методи за идентифициране на структурни трансформации в групи от кратки времеви редове, базирани на клъстерен анализ и фазов анализ, при наличие на нестационарност и шум.

3. Да се разработи интегрирана методика за анализ и прогнозиране на кратки времеви редове, комбинираща размито моделиране и еволюционна оптимизация.

4. Да се разработи регресионен прогнозен модел с оценка на неопределеността, основан на размита регресия с асиметрични параметри и генетичен алгоритъм, приложим за прогнозиране и оптимизиране на режими на електропотребление.

5. Да се разработи алгоритъм за идентифициране на структурни трансформации в групи кратки времеви редове, свързани с експлоатацията на фотоволтаични системи, чрез клъстеризация с размити методи, при отчитане на климатични и географски фактори.

6. Да се разработи алгоритъм за клъстеризация на групи кратки времеви редове чрез йерархично агломеративно клъстеризиране, устойчив при слаба разделимост на клъстерите и приложим за откриване на структурни изменения.

7. Да се разработи универсален прогнозен модел за кратки времеви редове при неопределеност, основан на интервални размити множества от втори тип и генетични алгоритми, с цел постигане на висока точност при проектиране на автономни фотоволтаични централи

За всяка от набелязаните задачи за решаване в представения труд с обем 151 страници е създадена методика за изследване, за която е избран подходящ математически метод, с който се постига решението при предварително обосновани и избрани критерии. Така избраните математически методи съответстват на поставената цел и набелязаните задачи за решаване в дисертацията.

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

Използвани са различни официални и достъпни източници за събиране на емпирични данни (сравнение на основните батериини технологии, соларен енергиен потенциал на България и т.н.). Последните са представителни, достъпни и напълно достатъчни за извършване на наблюдения, експерименти, и статистически анализи. Демонстрираните умения за работа с този тип информация, като актуалност, проверка на източниците и работа със съответните документи показва задълбочено познаване на проблематиката и подходящо интерпретиране за целите на дисертацията.

5. Приноси на дисертационния труд

А. Научно-приложни и приложни приноси в дисертацията:

1. Разработена е интегрирана методологична рамка за анализ и прогнозиране на кратки времеви редове при наличие на неопределеност, нестационарност и априорна информация, приложима към автономни фотоволтаични системи.

2. Извършен е систематичен анализ на работата на автономна фотоволтаична система, основан на измерени времеви редове, като е показано влиянието на геометрични, конструктивни, климатични и експлоатационни фактори върху динамиката на електропроизводството и електропотреблението.

3. Предложен е алгоритмичен подход за идентифициране на структурни трансформации в групи от кратки времеви редове, базиран на размито клъстеризиране и сравнителен анализ на клъстерната структура при различни времеви мащаби.

4. Разработен е регресионен прогнозен модел с оценка на неопределеността, основан на размита регресия с асиметрични параметри и генетичен алгоритъм за оптимизация, позволяващ надеждно прогнозиране при шумни и кратки данни.

5. Създаден е алгоритъм за клъстеризация на кратки времеви редове, базиран на йерархично агломеративно клъстеризиране, който осигурява устойчиво откриване на структурни изменения при слаба разделимост на данните.

Б. Приложни приноси

1. Осъществено е експериментално изследване на автономна фотоволтаична система. Определено е влиянието на фактори върху структурните изменения в кратките времеви редове на електрическите параметри.

2. Разработен е универсален прогнозен модел, базиран на интервални размити множества от втори тип (FOU) и генетични алгоритми, осигуряващи повишена точност на прогнозите при приемлива изчислителна сложност.

В. Аprobация

Резултатите от дисертацията са апробирани на 3 научни конференции:

1. XXVI-та Национална конференция с международно участие „ИНЖЕНЕРНИ И ПРОРОДНИ НАУКИ - 2025“, в гр. Созопол, 21 – 22 Юни, 2025 г.
2. ICEST 2025, 60th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies, Охрид, 26 -28 Юни, 2025 г.
3. FQAS 2025, International Conference on Flexible Query Answering Systems, гр.Бургас, 11 – 13 Септември 2025 г.

6. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Основни постижения и резултати от дисертацията са публикувани в 5 публикации, 1 от които самостоятелна. Четири от публикациите са индексирани и реферирани в базата данни на SCOPUS.

Четири от публикациите са направени през 2025 г. и една – през 2024 г., което показва усилена публикационна дейност по темата на дисертацията през последната година от подготовката за защита.

Следва кратка характеристика на публикациите:

1. Работата „Forecasting Models and Genetic Algorithms for Researching and Designing Photovoltaic Systems to Deliver Autonomous Power Supply for Residential Consumers“ изследва най-ефективната фотоволтаична система, базирана на техническите характеристики на SB и AB. Тя има директна връзка между SB и AB и осигурява почти пълно използване на инсталираната мощност на слънчевия панел с променлива ориентация към Слънцето.

Статията е публикувана в списанието Applied Sciences Switzerland, (2025)15(9), 5033. Съгласно посочената от базата данни на Web of Science

система за оценка на списанията SJR, наукометричните показатели са следните SJR 0.521, H-index 162 и квантил Q2.

2. Статията „Semantic Model and Architecture in Inframobility System“ е посветена на въпросите относно разработването на архитектура и модел за изграждане на информационна мобилна система, ориентирана към услуги, която подобрява качеството на обслужване на потребителите чрез използване на отворени данни и услуги при планиране на пътуванията.

Статията е публикувана в списанието *Wseas Transactions on Systems*, 2025, и от базата данни на Web of Science система за оценка на списанията SJR, наукометричните показатели са следните SJR 0.179, H-index 29 и квантил Q4.

3. Работата „Modeling based on Neural Network Learning for Object Recognition in Automated Systems“ е свързана с приложението на метода на Левенберг-Маркуардт за изграждане на невронна мрежа с напредваща пропускливост, използваща възможностите на графичен ускорител. Моделът също така обобщава и предлага нов алгоритъм за обучение на невронни мрежи с Байесова регуляризация, инициализация на Nguyen-Widrow и метод за ранно спиране и контрол.

Статията е публикувана в списанието *Wseas Transactions on Systems and Control*, 2024, със следните наукометричните показатели: SJR 0.215, H-index 29 и квантил Q4.

4. Статията „Algorithms for Time Series Forecasting in the Design of a Photovoltaic System for Powering Small Objects“ е публикувана в материалите от работата на 60-th International Scientific Conference on Information Communication and Energy Systems and Technologies ICEST 2025 индексирани в базата данни на SCOPUS.

Тази статия предлага подходи за прогнозиране на представянето на малки соларни фотоволтаични инсталации чрез идентифициране на структурни трансформации в групи от кратки времеви серии. Предлагат се инструменти за неопределено и йерархично клъстериране.

5. Работата „Analysis of Solar Energy in Bulgaria By Designing Photovoltaic System for Autonomous Power Supply of Household Users“ е докладвана на *XXVI-th International Conference on Engineering and natural sciences*, приета е за печат в материалите на конференцията, но до написването на тази рецензия не е излязла от печат и поради това няма да я рецензирам.

За посочените по-горе публикации са открити 4 цитирания в независими източници. Като се има предвид, че цитираните работи са публикувани преди по-малко от година е очевиден извода за интерес на научната общност към получените резултати. Това прави дисертанта разпознаваем в областта, в която работи и значително повишава значимостта на темата на дисертацията и

стойността на постиженията застъпани в разработките. От друга страна, като се има предвид редакционната политика на списанията в които са направени публикациите, приемам, че участието на дисертанта в разработките е равностойно на участието на другите съавтори.

Очевидно научните разработки притежават и значителна приложна стойност, като много от тях са плод на различни изследвания в реални индустриални условия. Част от публикациите могат да се разглеждат като провокирани и от производствените нужди, което се доказва от професионалния опит на кандидата в индустрията.

Считам, че съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните положения и приносите на дисертационния труд е постиганато в достатъчно добра степен.

7. Препоръки и забележки

По същество нямам особени забележки към работата на дисертанта. Препоръките ми са свързани най-вече с продължаване на изследванията по избраната тематика. Приятно впечатление оставя не само боравенето с сериозни бази данни, систематизиране, обобщаване и използване за конкретните цели на дисертацията, но и откриването на нови научни области за развитие и приложение на постигнатите резултати.

Заклучение:

Докторантът представя завършен научен труд с постигнати научно-приложни и приложни приноси, които са полезни в работата на малки автономни фотоволтаични системи за хранване на битови потребители, с отчитане на климатичните и географските особености. Предлагам на маг. инж. Димитър Ненов Ненов да се присъди образователно-научната степен „доктор“ по научната специалност: Информатика, в област: 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление: 4.6. Информатика и компютърни науки.

Дата 14.04.2026 г.

Изготвил рецензията:

(проф. дмн Гани Стамов)

REVIEW

on a dissertation for "Doctor of Philosophy" degree

Author of the dissertation: Dimitar Nenov Nenov

Dissertation topic: "Modeling genetic algorithms with time series in the study of the operation of photovoltaic systems for autonomous power supply of household users (in southeastern regions)".

Reviewer: Prof. Gani Trendafilov Stamov, DSc.

1. Relevance of the problem addressed in the dissertation in scientific and applied-scientific terms.

The development of intelligent autonomous photovoltaic systems is associated with solving a number of current problems, one of which is the reliable forecasting of their operation under variable conditions. The operating parameters of these systems are recorded as short, non-stationary, and noisy time series containing structural changes caused by changes in the mode of operation and the external environment. The use of algorithmic approaches independent of asymptotic assumptions.

eliminates the limited effectiveness of classical statistical methods for this type of data. The chosen topic is particularly relevant at the current stage of developing intelligent autonomous photovoltaic systems, as modern methods /genetic algorithms, fuzzy set theory, evolutionary optimization/ and solutions are applied, which in turn ensure sustainable forecasting under nonlinearity and uncertainty of work.

The developed algorithms for clustering groups of short time series through hierarchical agglomerative clustering, resilient to weak cluster separability, and universal predictive models for short time series demonstrate achieving high accuracy in the design of autonomous photovoltaic systems.

2. Level of knowledge of the state of the problem

The PhD student has conducted a detailed literature review. He has studied a total of 157 literary sources, 149 in Latin script and 5 in Cyrillic, and the rest are internet addresses. The way the literature sources are interpreted shows that the PhD student is familiar with the current state of the research problem. Based on the conducted studies on the topic, the PhD student has correctly identified the objective, problems, and research tasks.

3. Correspondence of the chosen research methodology and the set goal and tasks of the dissertation with the achieved contributions.

The goal of the dissertation is the development of models and algorithms for forecasting short time series describing the operation of small autonomous photovoltaic systems for supplying household consumers, taking into account the climatic and geographical features of the studied objects, through the use of tools from fuzzy set theory and genetic algorithms.

To achieve the set goal, several tasks have been formulated:

1. To analyze the applicability of methods from fuzzy set theory and evolutionary optimization (including genetic algorithms) in building regression and multi-criteria models for time series forecasting.
2. To investigate and compare methods for identifying structural transformations in groups of short time series, based on cluster analysis and phase analysis, in the presence of non-stationarity and noise.
3. To develop an integrated methodology for analyzing and forecasting short time series, combining fuzzy modeling and evolutionary optimization.
4. To develop a regression forecasting model with uncertainty estimation, based on fuzzy regression with asymmetric parameters and a genetic algorithm, applicable for forecasting and optimizing electricity consumption patterns.
5. Develop an algorithm for identifying structural transformations in groups of short time series related to the operation of photovoltaic systems through clustering using fuzzy methods, taking into account climatic and geographical factors.
6. Develop an algorithm for clustering groups of short time series using hierarchical agglomerative clustering, robust under low cluster separability and applicable for detecting structural changes.
7. Develop a universal forecasting model for short time series under uncertainty, based on second-type interval fuzzy sets and genetic algorithms, aiming to achieve high accuracy in the design of autonomous photovoltaic power plants.

For each of the tasks identified for solving in the presented work of 151 pages, a research methodology has been created, for which a suitable mathematical method has been chosen, with which the solution is achieved according to pre-justified and selected criteria. Thus, the chosen mathematical methods correspond to the set goal and the identified tasks to be solved in the dissertation. photovoltaic power plants.

4. Analytical characterization of the nature and assessment of the reliability of the material on which the contributions of the dissertation are built.

Different official and accessible sources have been used to collect empirical data (comparison of major battery technologies, solar energy potential of Bulgaria, etc.). These sources are representative, accessible, and fully sufficient for conducting observations, experiments, and statistical analyses. The demonstrated skills in working with this type of information, such as timeliness, source verification, and

handling of the relevant documents, show a deep understanding of the problem area and appropriate interpretation for the purposes of the dissertation.

5. Contributions of the dissertation work

A. Scientific-applied and applied contributions in the dissertation:

1. An integrated methodological framework has been developed for the analysis and forecasting of short time series in the presence of uncertainty, non-stationarity, and a priori information, applicable to autonomous photovoltaic systems.

2. A systematic analysis of the operation of an autonomous photovoltaic system has been carried out, based on measured time series, demonstrating the influence of geometric, structural, climatic, and operational factors on the dynamics of electricity generation and consumption.

3. An algorithmic approach has been proposed for identifying structural transformations in groups of short time series, based on fuzzy clustering and a comparative analysis of the cluster structure at different time scales.

4. A regression predictive model with uncertainty estimation has been developed, based on fuzzy regression with asymmetric parameters and a genetic optimization algorithm, allowing reliable forecasting with noisy and short data.

5. An algorithm for clustering short time series has been created, based on hierarchical agglomerative clustering, which provides robust detection of structural changes in case of weak data separability.

B. Applied Contributions

1. An experimental study of an autonomous photovoltaic system has been carried out. The influence of factors on structural changes in short time series of electrical parameters has been determined.

2. A universal predictive model has been developed, based on interval type-2 fuzzy sets (FOU) and genetic algorithms, providing increased prediction accuracy with acceptable computational complexity.

C. Approval

The results of the dissertation have been presented at 3 scientific conferences:

1. XXVI National Conference with International Participation "ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES - 2025", in Sozopol, June 21–22, 2025.

2. ICEST 2025, 60th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies, Ohrid, June 26–28, 2025.

3. FQAS 2025, International Conference on Flexible Query Answering Systems, Burgas, September 11–13, 2025.

6. Evaluation of publications related to the dissertation

The main achievements and results of the dissertation are published in 5 publications, 1 of which is independent. Four of the publications are indexed and refereed in the SCOPUS database. Four of the publications were made in 2025 and one in 2024, which indicates increased publication activity on the dissertation topic during the last year of preparation for defense.

The following is a brief description of the publications:

1. The work "Forecasting Models and Genetic Algorithms for Researching and Designing Photovoltaic Systems to Deliver Autonomous Power Supply for Residential Consumers" investigates the most effective photovoltaic system based on the technical characteristics of SB and AB. It has a direct connection between SB and AB and ensures almost full utilization of the installed capacity of the solar panel with variable orientation towards the Sun. The article was published in the journal Applied Sciences Switzerland, (2025)15(9), 5033. According to the journal evaluation system SJR provided by the Web of Science database, the scientometric indicators are as follows: SJR 0.521, H-index 162, and quartile Q2.

2. The article "Semantic Model and Architecture in Inframobility System" is dedicated to issues regarding the development of architecture and model for building an informational mobile system oriented towards services, which improves the quality of user service through the use of open data and services in travel planning. The article is published in the journal Wseas Transactions on Systems, 2025, and from the Web of Science database journal evaluation system SJR, the scientometric indicators are as follows: SJR 0.179, H-index 29, and quartile Q4.

3. The work "Modeling based on Neural Network Learning for Object Recognition in Automated Systems" is related to the application of the Levenberg-Marquardt method for building a feedforward neural network using the capabilities of a graphics accelerator. The model also generalizes and proposes a new algorithm for training neural networks with Bayesian regularization, Nguyen-Widrow initialization, and early stopping and control method. The article is published in the journal Wseas Transactions on Systems and Control, 2024, with the following scientometric indicators: SJR 0.215, H-index 29, and quartile Q4.

4. The article "Algorithms for Time Series Forecasting in the Design of a Photovoltaic System for Powering Small Objects" was published in the proceedings of the 60th International Scientific Conference on Information Communication and Energy Systems and Technologies ICEST 2025, indexed in the SCOPUS database. This article proposes approaches for forecasting the performance of small solar photovoltaic installations by identifying structural transformations in groups of short time series. Tools for indefinite and hierarchical clustering are proposed.

5. The work "Analysis of Solar Energy in Bulgaria By Designing Photovoltaic System for Autonomous Power Supply of Household Users" was presented at the XXVI-th International Conference on Engineering and Natural Sciences, accepted for publication in the conference proceedings, but at the time of writing this review it has not been published, and therefore I will not review it.

For the publications mentioned above, 4 citations have been found in independent sources. Considering that the cited works were published less than a year ago, it is evident that there is interest from the scientific community in the obtained results. This makes the doctoral student recognizable in the field in which they work and significantly increases the significance of the thesis topic and the value of the achievements reflected in the developments.

On the other hand, considering the editorial policy of the journals in which the publications were made, I accept that the dissertation candidate's participation in the developments is equivalent to that of the other co-authors. Obviously, the scientific developments also have significant practical value, as many of them are the result of various studies under real industrial conditions. Some of the publications can also be seen as driven by production needs, which is evidenced by the candidate's professional experience in the industry. I consider that the compliance of the abstract with the requirements for its preparation, as well as the adequacy of reflecting the main provisions and contributions of the dissertation work, has been achieved to a sufficiently good degree.

7. Recommendations and remarks

Essentially, I have no particular comments on the work of the PhD candidate. My recommendations are mainly related to continuing research on the chosen topic. A pleasant impression is left not only by handling serious databases, systematizing, summarizing, and using them for the specific purposes of the dissertation, but also by the discovery of new scientific areas for the development and application of the achieved results.

Conclusion:

The doctoral student presents a completed scientific work with achieved scientific-applied and applied contributions, which are useful in the operation of small autonomous photovoltaic systems for powering household users, taking into account climatic and geographical features. I propose that Mag. Eng. Dimitar Nenov Nenov be awarded the educational-scientific degree "Doctor" in the scientific specialty: Informatics, in the field: 4. Natural Sciences, Mathematics and Informatics, professional direction: 4.6. Informatics and Computer Science.

Date 14.04.2026

Prepared the review:

(Prof. DSc Gani Stamov)