



Полагано на  
23.09.2026г.

## РЕЦЕНЗИЯ

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

Автор на дисертационния труд: **маг. инж. Кристина Юриева Хаджийска**

Тема на дисертационния труд: **„Оценяване на сценарии за развитие на националната енергийна система“**

Рецензент: **доц. д-р инж. Юлиан Емилов Рангелов**

**1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научноприложно отношение. Степен и нива на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията.**

Развитието на енергийната система на България е въпрос с пряко значение за икономическата сигурност, конкурентоспособността, устойчивото развитие и независимостта на всяка държава. В съвременните условия енергийните системи се променят под влияние на декарбонизацията, увеличаването на дела на възобновяемите енергийни източници, развитието на децентрализираното производство, електрификацията на потреблението и необходимостта от повишаване на енергийната сигурност. Това налага при разработването на национални енергийни политики да се разглеждат не отделни мерки, а възможни сценарии за развитие на системата и последствията от тях.

Обект на изследване в дисертационния труд е националната енергийна система, а основният проблем е свързан с разработването, моделирането и сравнителната оценка на възможни сценарии за нейното развитие. Поставената цел – създаване на цялостен методологичен подход, който обединява енергийното планиране, моделирането и многокритериалното вземане на решения – е актуална и има както научноприложен, така и приложен характер. Поставените задачи са логически свързани и водят от анализа на съществуващите подходи и модели до количественото сравнение на конкретни сценарии за България.

Темата е актуална в достатъчна степен и особено в контекста на необходимостта от научно обосновано дългосрочно енергийно планиране и избор между алтернативни направления за развитие на националната енергийна система.

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

Представеният дисертационен труд съдържа обширна литературна справка и разглежда значителен брой научни публикации, нормативни и стратегически документи, статистически данни и материали на международни организации. Анализирани са подходите за дългосрочно енергийно

планиране, основните групи модели на енергийните системи, възможностите за сценарийно планиране и методите за многокритериално вземане на решения. Направен е и анализ на развитието на европейската и българската енергийна политика.

Прави впечатление, че в първата част на дисертацията преобладава обзорният характер на изложението. На места отделните направления на литературния анализ могат да бъдат представени по-компактно, като пояснено се отдели известното в литературата от конкретния научен проблем, който авторът си поставя. Въпреки това литературният материал е използван целенасочено и е свързан с избора на последващата методика.

Положително оценявам извършената класификация на моделите за енергийно планиране и анализа на методите за многокритериална оценка. От изложението се вижда, че докторанта познава добре състоянието на проблематиката и може да извежда от литературния анализ аргументи за избора на използваните в дисертацията средства.

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

Целта на дисертационния труд изисква последователно решаване на няколко групи задачи – анализ на енергийното планиране и съществуващите модели, разработване на сценарии, тяхното количествено моделиране и последваща оценка по множество критерии. Докторанта е избрал моделната среда LEAP за разработване и анализ на сценариите и три метода за многокритериално вземане на решения – АНР, MAUT и PROMETHEE II.

Избраната методика съответства на поставените цел и задачи. Подходящо е последователното свързване на резултатите от енергийното моделиране с многокритериалната оценка. По този начин количествените резултати от моделите се превръщат в показатели, които могат да бъдат използвани при сравнението на алтернативите.

Като положителна страна следва да се отбележи, че авторът не се ограничава до прилагането само на един метод за многокритериална оценка, а сравнява резултатите от АНР, MAUT и PROMETHEE II. Това дава възможност да се провери устойчивостта на полученото подреждане спрямо избрания математически инструмент.

Налице е една особеност на методиката – резултатите от многокритериалната оценка зависят в значителна степен от избраните критерии и техните тегла. Авторът достига до този извод в дисертацията. Това не намалява приложимостта на разработения подход, но показва, че при практическото му използване определянето на критериите и относителната им важност трябва да бъде извършвано с участие на заинтересованите страни и при възможност чрез анализ на чувствителността.

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

Материалът, използван в дисертационния труд, включва данни за енергийното потребление и производство, параметри на енергийния сектор, статистически и икономически показатели, нормативни и стратегически документи и резултати от моделиране. Разработени и анализирани са четири основни сценария за развитие на националната енергийна система – LTT, WAM, SUP и DPC. За тях са определени количествени показатели, използвани впоследствие като критерии за многокритериалната оценка.

Съществена част от изследването е реализирана чрез LEAP, като резултатите са използвани за определяне на показатели за крайно енергийно потребление, производство на електроенергия, брутно вътрешно енергийно потребление, енергийна интензивност, енергийна ефективност, зависимост от внос, дял на енергията от ВЕИ и емисии на CO<sub>2</sub>. Допълнително са използвани социални показатели като БВП, население и индекс на човешкото развитие.

Има основание резултатите да се приемат за достоверни и в тях да се търсят приносите на дисертационната работа. В същото време трябва да се отчете, че достоверността на дългосрочните сценарии не може да се разглежда независимо от приетите начални данни, допускания и политически предпоставки. Поради това резултатите следва да се интерпретират като оценки при зададените условия на сценария, а не като еднозначна прогноза за бъдещото развитие на националната енергийна система.

Полученото класиране на четирите сценария е последователно при използването на една и съща система от тегла. И при трите начина на класиране - АНР, MAUT и PROMETHEE II сценарият SUP заема първо място, следван от LTT, DPC и WAM. Това съвпадение е допълнителен аргумент за вътрешната съгласуваност на получените резултати.

#### **5. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд.**

Приносите в дисертационния труд могат да бъдат разделени на научноприложни и приложни.

Към научноприложните приноси могат да бъдат отнесени разработеният и обоснован методологичен подход за последователно разработване, моделиране и оценяване на сценарии за развитие на национална енергийна система, както и адаптирането и прилагането на методи за многокритериално вземане на решения към конкретния проблем на националното енергийно планиране. Положително оценявам и направената систематизация на моделите за енергийно планиране и на методите за многокритериален анализ.

Към приложните приноси могат да бъдат отнесени разработването на конкретни сценарии за развитие на българската енергийна система, тяхното моделиране чрез LEAP и извършената количествена оценка по единадесет критерия. Полученото класиране на сценариите дава възможност предложеният подход да бъде използван като инструмент за подпомагане на стратегически решения в енергетиката.

Докторантът е направил обосновано адаптиране на използваните АНР, MAUT и PROMETHEE II и ги е приложил към конкретната задача за оценяване на национални енергийни сценарии и в интегрирането им с резултатите от енергийното моделиране. В този смисъл приносите имат предимно научноприложен и приложен характер.

Значимостта на приносите се определя от възможността разработеният подход да бъде използван при разработване и актуализиране на национални стратегии, планове и програми в областта на енергетиката.

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

Нямам лични впечатления от докторанта, поради което оценката ми се основава на представения дисертационен труд, автореферата и публикациите по дисертацията. В петте представени публикации Кристина Хаджийска е съавтор, като в четири от тях съавтор ѝ е научният ѝ ръководител.

От цялостното съдържание на дисертационния труд, последователността на разработките и представените резултати може да се съди, че докторантката има съществено лично участие в получаването и анализа на резултатите. Приносът не може да бъде количествено отделен от този на съавторите единствено въз основа на представените материали, но съдържанието на дисертацията и свързаните публикации ми дават основание да приема, че основните резултати по поставената задача са в значителна степен дело на докторанта.

#### **7. Преценка на публикациите по дисертационния труд.**

По дисертационния труд са представени пет публикации. Една от тях е от 2018 г., а останалите са публикувани през 2022–2024 г. Четири от публикациите са в сборници на международни научни конференции, публикувани от IEEE, с посочени DOI: BuIEF 2022, ELMA 2023, SIELA 2024 и BuIEF 2024. Публикациите отразяват основните етапи на научноизследователската работа – избор на критерии, преглед на многокритериалните методи, количествена оценка на сценариите и актуализиране на националните енергийни сценарии.

Прави впечатление, че публикациите са логически свързани с развитието на дисертационната работа. Наличието на цитирания, индексирани в Scopus, е положителен знак за научната видимост и разпространението на резултатите.

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

В материалите, които получих като рецензент, не са представени документи, удостоверяващи пряко внедряване на разработения подход или конкретен пряк икономически ефект.

Резултатите от дисертационния труд имат потенциал за използване при разработването и актуализирането на национални енергийни стратегии, планове и програми. За практиката би била полезна възможността различни алтернативи да бъдат сравнени по едновременно социални, икономически и екологични показатели, вместо изборът да се основава на един показател.

Разработеният подход може да намери приложение и в научната и учебната практика при анализ на сценарии за развитие на енергийни системи и при обучение по енергийно планиране и многокритериално вземане на решения.

## **9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните положения и приносите на дисертационния труд.**

Авторефератът отразява основните положения, целта, задачите, използваната методика, получените резултати и формулираните приноси на дисертационния труд. Представени са разработените сценарии, използването на LEAP и прилагането на AHP, MAUT и PROMETHEE II. Отразени са също практическата приложимост и публикациите по дисертацията.

Авторефератът, с някои технически забележки съответства на съдържанието на дисертационния труд и дава възможност да се придобие достатъчно ясна представа за извършената научноизследователска работа и за основните резултати. Считам, че той отговаря на изискванията за изготвянето му.

## **10. Мнения, препоръки и бележки.**

В дисертационната работа са допуснати отделни редакционни и терминологични неточности, които не променят съществено научната стойност на получените резултати. На места изложението е по-подробно от необходимото и има повторение на общи постановки от литературния обзор.

При бъдещо развитие на методиката да се извърши анализ на чувствителността на крайното класиране спрямо промяната на теглата на критериите. При използването на една и съща система от тегла в трите метода те дават еднакво подреждане. Въпросът е дали това е достатъчно, за да се оцени устойчивостта на решението при различни предпочитания на заинтересованите страни.

При практическо приложение определянето на теглата може да се извършва чрез анкетиране или експертна процедура с участие на представители на основните заинтересовани страни. По този начин субективният

елемент при избора на относителната важност на социалните, икономическите и екологичните критерии ще бъде по-добре обоснован.

Като допълнителна препоръка може да се разглежда включването на по-широк набор от технически показатели на електроенергийната система, когато целта е разработеният подход да бъде използван за реално стратегическо планиране на електроенергийния сектор, а не на енергийната система в по-широкия смисъл.

#### **11. Заключение с ясна положителна или отрицателна оценка на дисертационния труд.**

Представеният дисертационен труд, обемът на извършените изследвания, разработените сценарии, използването на добре подбрана моделна среда и приложените методи за многокритериална оценка ми дават основание да приема, че са налице както необходимата образователна, така и научноизследователска част за придобиване на образователната и научна степен „доктор“. Получените резултати са логически свързани с поставената цел и задачи, а формулираните приноси имат предимно научноприложен и приложен характер.

Считам, че представеният дисертационен труд покрива изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България, Правилника за прилагането му и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в Техническия университет – София.

В заключение, базирайки се на гореизложеното, моето мнение е: да бъде присъдена образователна и научна степен „доктор“ на маг. инж. Кристина Юриева Хаджийска.

**Дата: 15.09.2026 г.**

**РЕЦЕНЗЕНТ:.....**  
**/доц. Ю. Рангелов/**



Получено  
На 23.09.2026г.

## REVIEW

on a dissertation for the award of the educational and scientific degree “Doctor” in professional field 5.2 “Electrical Engineering, Electronics and Automation”, scientific specialty “Electrical networks and systems”

Author of the dissertation: **MSc Eng. Kristina Yurieva Hadzhiyska**

Title of the dissertation: **“Assessment of Scenarios for the Development of the National Energy System”**

Reviewer: **Assoc. Prof. Dr. Eng. Yulian Emilov Rangelov**

**1. Relevance of the problem developed in the dissertation in scientific and applied scientific terms. Degree and levels of relevance of the problem and the specific tasks developed in the dissertation.**

The development of Bulgaria’s energy system is a matter of direct importance for economic security, competitiveness, sustainable development, and the independence of any country. Under current conditions, energy systems are changing as a result of decarbonization, the increasing share of renewable energy sources, the development of decentralized generation, the electrification of consumption, and the need to enhance energy security. This requires national energy policies to consider not only individual measures, but also possible development scenarios for the system and their consequences.

The object of the research is the national energy system, while the main problem concerns the development, modelling, and comparative assessment of possible scenarios for its development. The stated objective — to create an integrated methodological approach combining energy planning, modelling, and multicriteria decision-making — is relevant and has both scientific-applied and applied significance. The tasks are logically interconnected and lead from the analysis of existing approaches and models to the quantitative comparison of specific scenarios for Bulgaria.

The topic is sufficiently relevant, particularly in the context of the need for scientifically grounded long-term energy planning and for choosing between alternative directions for the development of the national energy system.

**2. Degree of knowledge of the state of the problem and creative interpretation of the literature.**

The dissertation contains an extensive literature review and examines a significant number of scientific publications, regulatory and strategic documents, statistical data, and materials from international organizations. Approaches to long-term energy planning, the main groups of energy-system models, scenario-planning approaches, and multicriteria decision-making

methods are analyzed. The development of European and Bulgarian energy policy is also examined.

It is noteworthy that the first part of the dissertation is predominantly review-oriented. In some places, the individual areas of the literature review could be presented more concisely, with a clearer distinction between established knowledge and the specific scientific problem addressed by the author. Nevertheless, the literature is used purposefully and is linked to the choice of the subsequent methodology.

I positively assess the classification of energy-planning models and the analysis of multicriteria assessment methods. The exposition demonstrates that the doctoral candidate has a good knowledge of the state of the problem and is able to derive arguments from the literature review in support of the methods and tools used in the dissertation.

### **3. Correspondence of the selected research methodology with the objective and tasks of the dissertation.**

The objective of the dissertation requires the sequential solution of several groups of tasks — analysis of energy planning and existing models, development of scenarios, their quantitative modelling, and subsequent multicriteria assessment. The doctoral candidate has selected the LEAP modelling environment for the development and analysis of the scenarios and three multicriteria decision-making methods — AHP, MAUT, and PROMETHEE II.

The selected methodology corresponds to the stated objective and tasks. The sequential linking of the results of energy modelling with multicriteria assessment is appropriate. In this way, the quantitative results of the models are transformed into indicators that can be used for comparison of the alternatives.

A positive aspect is that the author does not limit the analysis to a single multicriteria assessment method, but compares the results obtained using AHP, MAUT, and PROMETHEE II. This makes it possible to examine the robustness of the resulting ranking with respect to the mathematical method selected.

One characteristic of the methodology is that the results of the multicriteria assessment depend to a considerable extent on the selected criteria and their weights. The author reaches this conclusion in the dissertation. This does not reduce the applicability of the proposed approach, but shows that, in practical use, the criteria and their relative importance should be determined with the participation of stakeholders and, where possible, supported by sensitivity analysis.

#### **4. Brief analytical characterization of the nature and assessment of the reliability of the material underlying the contributions of the dissertation.**

The material used in the dissertation includes data on energy consumption and production, energy-sector parameters, statistical and economic indicators, regulatory and strategic documents, and modelling results. Four main scenarios for the development of the national energy system are developed and analyzed — LTT, WAM, SUP, and DPC. Quantitative indicators are determined for them and subsequently used as criteria in the multicriteria assessment.

A substantial part of the research is carried out using LEAP, with the results used to determine indicators for final energy consumption, electricity generation, gross inland energy consumption, energy intensity, energy efficiency, import dependence, the share of energy from renewable energy sources, and CO<sub>2</sub> emissions. Social indicators such as GDP, population, and the Human Development Index are also used.

There are grounds for considering the results reliable and for identifying the contributions of the dissertation on their basis. At the same time, it should be taken into account that the reliability of long-term scenarios cannot be considered independently of the initial data, assumptions, and policy premises adopted. Therefore, the results should be interpreted as assessments under the specified scenario conditions rather than as a unique forecast of the future development of the national energy system.

The ranking of the four scenarios is consistent when the same criterion weights are used across the three methods. In AHP, MAUT, and PROMETHEE II, the SUP scenario ranks first, followed by LTT, DPC, and WAM. This agreement provides an additional argument for the internal consistency of the results obtained.

#### **5. Scientific and/or Applied Scientific contributions of the dissertation.**

The contributions of the dissertation can be divided into scientific-applied and applied contributions.

The scientific-applied contributions include the development and substantiation of a methodological approach for the sequential development, modelling, and assessment of scenarios for the development of a national energy system, as well as the adaptation and application of multicriteria decision-making methods to the specific problem of national energy planning. I also positively assess the systematization of energy-planning models and multicriteria analysis methods.

The applied contributions include the development of specific scenarios for the Bulgarian energy system, their modelling using LEAP, and the quantitative assessment based on eleven criteria. The resulting ranking of the scenarios makes it possible to use the proposed approach as a tool supporting strategic decision-making in the energy sector.

The doctoral candidate has appropriately adapted the AHP, MAUT, and PROMETHEE II methods and applied them to the specific task of assessing national energy scenarios and integrating them with the results of energy modelling. In this sense, the contributions are predominantly scientific-applied and applied in nature.

The significance of the contributions is determined by the possibility of using the proposed approach in the development and updating of national energy strategies, plans, and programmes.

## **6. Assessment of the degree of personal participation of the doctoral candidate in the contributions.**

I have no personal impressions of the doctoral candidate; therefore, my assessment is based on the dissertation, the abstract, and the publications related to the dissertation. Kristina Hadzhiyska is a co-author of all five submitted publications, and in four of them her scientific supervisor is also a co-author.

Based on the overall content of the dissertation, the sequence of the research activities, and the presented results, I consider that the doctoral candidate has made substantial personal contributions to obtaining and analyzing the results. The contribution cannot be quantitatively separated from that of the co-authors solely on the basis of the submitted materials; however, the content of the dissertation and the related publications give me grounds to conclude that the main results addressing the research problem are to a significant extent the work of the doctoral candidate.

## **7. Assessment of the publications related to the dissertation.**

Five publications related to the dissertation are presented. One was published in 2018, while the remaining four were published in 2022–2024. Four of the publications appeared in the proceedings of international scientific conferences published by IEEE and have assigned DOIs: BuIEF 2022, ELMA 2023, SIELA 2024, and BuIEF 2024. The publications reflect the main stages of the research work — selection of criteria, review of multicriteria methods, quantitative assessment of the scenarios, and updating of the national energy scenarios.

The publications are logically connected with the development of the dissertation work. Citations indexed in Scopus are available, which is a positive indication of the scientific visibility and dissemination of the results and of their

sufficient level of dissemination.

## **8. Use of the results of the dissertation in scientific and social practice.**

The materials provided to me as a reviewer do not include documents certifying direct implementation of the proposed approach or a specific direct economic effect.

The results of the dissertation have potential for use in the development and updating of national energy strategies, plans, and programmes. In practice, it would be useful to compare different alternatives simultaneously against social, economic, and environmental indicators rather than base the choice on a single indicator.

The proposed approach may also find application in scientific and educational practice in the analysis of energy-system development scenarios and in teaching energy planning and multicriteria decision-making.

## **9. Assessment of the conformity of the abstract with the requirements for its preparation and of the adequacy with which the main statements and contributions of the dissertation are reflected.**

The abstract reflects the main statements, objective, tasks, methodology, results, and formulated contributions of the dissertation. It presents the developed scenarios, the use of LEAP, and the application of AHP, MAUT, and PROMETHEE II. The practical applicability and the publications related to the dissertation are also presented.

With minor remarks, the abstract corresponds to the content of the dissertation and provides a sufficiently clear overview of the research carried out and its main results. I consider that it meets the requirements for its preparation.

## **10. Opinions, recommendations, and comments.**

The dissertation contains some editorial and terminological inaccuracies that do not substantially affect the scientific value of the results. In some places, the exposition is more detailed than necessary and repeats general statements from the literature review.

My main recommendation is that, in further development of the methodology, a sensitivity analysis of the final ranking with respect to changes in the criterion weights should be performed. With the same criterion weights used in the dissertation across the three methods, all three methods produce the same ranking. The question is whether this is sufficient to assess the robustness of the decision under different stakeholder preferences.

In practical applications, the determination of weights could be carried out through surveys or an expert procedure involving representatives of the main stakeholders. This would provide a better justification of the subjective element in determining the relative importance of the social, economic, and environmental criteria.

As an additional recommendation, a broader set of technical indicators of the power system could be considered when the objective is to use the proposed approach for actual strategic planning of the electric power sector rather than for the energy system in the broader sense.

## **11. Conclusion with a clear positive or negative assessment of the dissertation.**

The presented dissertation, the scope of the research conducted, the developed scenarios, the use of an appropriately selected modelling environment, and the applied multicriteria assessment methods give me grounds to conclude that it contains the necessary educational and research components for the award of the educational and scientific degree “Doctor”. The results are logically connected with the stated objective and tasks, and the formulated contributions are predominantly scientific-applied and applied in nature.

I consider that the presented dissertation meets the requirements of the Law on the Development of Academic Staff in the Republic of Bulgaria, its implementing regulations, and the Regulations on the Conditions and Procedure for Acquiring Academic Degrees at the Technical University of Sofia.

In conclusion, based on the above, my opinion is that the educational and scientific degree “Doctor” should be awarded to MSc Eng. Kristina Yurieva Hadzhiyska.

**Date: 15.09.2026**

**REVIEWER:**

**/Assoc. Prof. Y. Rangelov/**