

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. Volkmara Kunertha pt., *Artificial Intelligence and the Internet of Things in Microgrids and Smart Grids: An Economic Analysis of Productivity, Efficiency, and Demand Response to Dynamic Pricing* "

Wstęp

Niniejszą recenzję opracowałem na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Naukowej Ekonomii i Finansów Uniwersytetu Gdańskiego z dnia 9 kwietnia 2026 roku oraz zgodnie z pismem E001.6110.26.2025 z dnia 9 kwietnia 2026 roku na wykonanie recenzji rozprawy doktorskiej.

Recenzja zawiera następujące części:

1. Ogólną charakterystykę rozprawy
2. Charakterystykę tematu oraz tez rozprawy
3. Rozwiązanie postawionego problemu naukowego
4. Uwagi i kwestie dyskusyjne
5. Ocenę pracy jako rozprawy doktorskiej
6. Wniosek końcowy

1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa napisana w języku angielskim pod kierunkiem promotora prof. dra hab. Przemysław Borkowskiego zawiera 183 strony tekstu podstawowego, podzielonego na 4 rozdziały, Wprowadzenie i Podsumowanie (dodatkowo streszczenia w językach angielskim i polskim), spis źródeł, zawierający 420 pozycji bibliograficznych zestawionych w kolejności alfabetycznej (w tym źródeł internetowych), spis 23 rysunków, 27 tabel zastosowanych w rozprawie.

Pracę można zasadniczo podzielić na dwie części merytoryczne:

- *Część pierwszą* ogólną, obejmującą Wprowadzenie i rozdziały 1-2, w których przedstawiono ogólnie badane zagadnienia, cele i hipotezy pracy oraz zaprezentowano ogólnie stan wiedzy na temat funkcjonowania narzędzi sztucznej inteligencji (AI) i internetu rzeczy (IoT) na rynku elektroenergetycznym, główne aspekty i wyzwania polityki energetycznej, regulacje prawne oraz problematykę zastosowania AI i IoT prowadzącą do podwyższenia efektywności w odniesieniu do sieci elektroenergetycznych.
- *Część drugą*, obejmującą rozdziały 3-4, która zawiera problematykę „metodologii studiów przypadku” i badania szczegółowe czterech wybranych *case studies*, gdzie zastosowano narzędzia AI and IoT w sieciach *micro -i smart grids* dla podwyższenia efektywności ich funkcjonowania na mechanizmy rynkowe prowadzące do cen dynamicznych energii elektrycznej, Podsumowanie i wnioski końcowe rozprawy, spisy źródeł, rysunków i tabel.

Struktura pracy jest ogólnie poprawna, chociaż fragmentami sprawia wrażenie nieco rozwlekłej. Strona formalna pracy jest zasadniczo właściwa. Praca napisana jest dobrym językiem naukowym – ekonomicznym i technicznym. Należy stwierdzić na tej podstawie, że Autor rozprawy wykazał się umiejętnością pisania prac o charakterze naukowym.

2. Charakterystyka tematu oraz celu rozprawy

Tematyka rozprawy doktorskiej pt. „*Artificial Intelligence and the Internet of Things in Microgrids and Smart Grids: An Economic Analysis of Productivity, Efficiency, and Demand Response to Dynamic Pricing*” jest istotna zarówno z naukowego jak i praktycznego punktu widzenia. Na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat powstało stosunkowo sporo opracowań o tematyce związanej z zastosowaniem nowoczesnych narzędzi informatycznych m.in. w aspekcie modelowania rozwoju systemów zaopatrzenia w energię. Jest to zagadnienie, którego złożoność wynika głównie z wieloaspektowej natury problemów decyzyjnych i trudności w ich modelowaniu. Problem naukowy rozważany w pracy jest zatem *bardzo aktualny i ważny* szczególnie w obszarze rynkowo regulowanym, gdzie zasady gospodarki rynkowej również powinny być stosowane. Badania nad problematyką rozważaną w rozprawie zarówno w kraju jak i zagranicą są już prowadzone od pewnego czasu. Ich wyniki pomimo, że opracowano wiele metod i procedur nie dają się w sposób prosty zastosować bezpośrednio do zagadnień rozważanych w rozprawie, stwarzając wiele utrudnień aplikacyjnych. Integracja rozproszonych źródeł energii odnawialnej oraz cyfryzacja sektora energetycznego z wykorzystaniem sztucznej inteligencji i Internetu Rzeczy stworzyły lukę w praktyce gospodarczej w jaki sposób postęp technologiczny przekłada się – w ujęciu całościowym i strukturalnym – na zmiany oraz efekty ekonomiczne. Obejmują one m.in. wzrost produktywności oraz odejście od tradycyjnych struktur rynku opartych na naturalnym monopolu w branży elektroenergetycznej. Jak zauważono, obecne badania są często prowadzone w izolowanych środowiskach akademickich: analizy techniczne koncentrują się na technicznych aspektach i oddziaływaniu AI oraz IoT; badania z zakresu polityki gospodarczej analizują rozwiązania pożądane i osiągalne dla społeczeństwa; natomiast oceny ekonomiczne skupiają się na pojedynczych wskaźnikach gospodarczych. Głównym problemem podejmowanym w niniejszej pracy jest zwrócenie uwagi na brak zintegrowanych ram ekonomiczno-technicznych, umożliwiających całościową ocenę wpływu AI i IoT na sektor elektroenergetyczny. Istniejące opracowania często koncentrują się na jednym wskaźniku (np. LCOE) lub jednym kontekście, nie uwzględniając wzajemnie powiązanych skutków dla efektywności produkcji (TFP), wewnętrznej racy zwrotu (IRR) oraz towarzyszących im zmian rynkowych – od struktur monopolistycznych w kierunku modeli bardziej konkurencyjnych.

Pozytywnie więc oceniam fakt, że Doktorant podjął tak złożony i bardzo aktualny problem, zajmując się w rozprawie badaniami w zakresie efektywności *micro- i smart grids* dla identyfikacji możliwości jak najlepszego modelowania rozwoju systemu zaopatrzenia w energię w warunkach rynkowych.

Biorąc pod uwagę powyższe aspekty praca doktorska mgr. Volkmara Kunertha jest aktualna i dotyczy ważnych problemów w elektroenergetyce i ogólnie - w gospodarce.

W ogólności praca ma charakter teoretyczno-poznawczy. Badania miały przede wszystkim charakter identyfikacyjny (poznawczy, wyjaśniający), polegający na dążeniu do wyjaśnienia zjawisk, co jest charakterystyczne dla badań podstawowych.

Tematyka rozprawy w ogólności dotyczy ekonomicznych skutków zastosowania technologii internetu rzeczy oraz sztucznej inteligencji w sektorze energetycznym, w kontekście inteligentnych sieci (*smart grids*) i mikrosieci (*microgrids*). Analizuje ona przejście od scentralizowanych, monopolistycznych modeli rynkowych do bardziej konkurencyjnych struktur wynikających z procesu integracji dostawców energii i rozwiązań sieciowych. Badania oceniają również, czy technologie SI i IoT zwiększają efektywność produkcyjną, zwroty z inwestycji oraz rozwój rynku mikrosieci/sieci inteligentnych.

Zatem głównym celem badań było/jest określenie, w jakim stopniu sztuczna inteligencja (AI) oraz Internet Rzeczy (IoT) wpływają na ekonomikę wytwarzania i dystrybucji energii elektrycznej oraz na zachowania uczestników rynku konsumenckiego. Aby odpowiedzieć na to

złożone pytanie, w pracy podzielono je na trzy odrębne obszary analizy ekonomicznej, z których każdy prowadzi do sformułowania szczegółowego pytania badawczego.

Zaproponowana przez Doktoranta metodyka badań i analiz jest oryginalnym podejściem Autora, służącym do rozwiązania postawionego problemu, a także jest wkładem w rozwój dyscypliny naukowej, której poświęcona jest rozprawa doktorska.

Postawione przez Autora cele pracy są oryginalne. Przedstawiony problem naukowy jest aktualny i ważny, szczególnie w obecnym okresie. Zagadnienia naukowe przedstawione w pracy (pomimo zastrzeżeń recenzenta przedstawionych w dalszej części recenzji) są w ogólności sprecyzowane w sposób wystarczająco jasny i jednoznaczny.

3. Rozwiązanie postawionego problemu naukowego

Problem naukowy przedstawiony przez Autora rozwiązany został w poszczególnych rozdziałach pracy, gdzie przedstawiono rezultaty badań w których zastosowano teoretyczne reguły neoklasycznej teorii produkcji, całkowitej produktywności czynników (TFP), wskaźników efektywności inwestycyjnej (LCOE, IRR, NPV) oraz odwołano się do ekonomii dobrobytu i ocen wynikających z analiz elastyczności popytu. Wykorzystano metodę wielokrotnego studium przypadku (cztery *case studies*) do weryfikacji trzech hipotez badawczych, a mianowicie:

1. Integracja AI/IoT zwiększa efektywność operacyjną i obniża koszty;
2. Technologie powyższe są kluczowe dla integracji odnawialnych źródeł energii i wspierają przejście ku konkurencyjnym rynkom;
3. Zastosowanie AI/IoT poprawia efektywność inwestycji w mikrosieciach.

W ogólności hipoteza 1 (dotycząca efektywności) rozszerza klasyczną teorię produkcji, wywodzącą się z ekonomii klasycznej. Niniejsza rozprawa rozwija teorię produkcji, uznając sztuczną inteligencję (AI) oraz internet rzeczy (IoT) za konkretne, mierzalne i kluczowe czynniki produkcji. Efektywność ekonomiczna w nowoczesnych sieciach elektroenergetycznych może stać się kluczowym kryterium wyboru inwestycji, jako że technologie AI i IoT optymalizują procesy wytwarzania, dystrybucji i zarządzania energią.

W zakresie efektywności operacyjnej i inwestycyjnej w rozprawie zbadano wpływ integracji technologii AI i IoT na efektywność produkcji, koszty oraz zwrot z inwestycji w mikrosieciach elektroenergetycznych. Badania zrealizowane i opisane w pracy wskazują, czy optymalizacja oparta na danych może przynieść wymierną poprawę całkowitej produktywności czynników produkcji (TFP) oraz wyników finansowych (wskaźniki IRR i LCOE), odnosząc się tym samym do głównych założeń hipotezy 1. Hipoteza 1 odnosi się również do wskaźników finansowych, badając rolę zwrotu z inwestycji (ROI), wewnętrznej stopy zwrotu (IRR) oraz wyrównanego kosztu energii (LCOE) jako fundamentalnych mierników finansowo-ekonomicznych, służących do oceny opłacalności i efektywności inwestycji w rozwiązania oparte na AI i IoT.

W ramach teorii ekonomii wskaźniki te stanowią istotny element budżetowania kapitałowego, analizy inwestycyjnej oraz procesów decyzyjnych. Ich zastosowanie w projektach z zakresu energii odnawialnej umożliwia interesariuszom ocenę wyników finansowych, porównanie dostępnych wariantów oraz podejmowanie świadomych decyzji, zgodnych zarówno z celami gospodarczymi, jak i środowiskowymi.

Niniejsza praca pokazuje również możliwości wykorzystania wskaźników ROI, IRR i LCOE jako kluczowych mierników ekonomicznych do oceny wzrostu efektywności osiąganego dzięki zastosowaniu AI i IoT w mikrosieciach energetycznych oraz hybrydowych projektach energetycznych. W kontekście integracji odnawialnych źródeł energii i struktury rynku, praca bada rolę AI i IoT w zarządzaniu zmiennymi źródłami energii odnawialnej oraz ich integracji z systemami zaopatrzenia w energię. Analizuje również proces transformacji strukturalnej –

przejście od scentralizowanych rynków o charakterze monopolistycznym ku bardziej konkurencyjnym i odpornym systemom energetycznym, co stanowi przedmiot hipotezy 2.

Na koniec badania wykonane przez Autora rozprawy przedstawiają kwestię zarządzania popytem analizując, w jaki sposób AI i IoT umożliwiają wdrażanie strategii takich jak dynamiczne kształtowanie cen czy mechanizmy reagowania popytu (*demand response*) w celu optymalizacji profili obciążenia sieci i kształtowania zachowań konsumentów. Takie podejście pozwala zweryfikować mechanizmy leżące u podstaw ewolucji rynku opisanej w hipotezie 3.

Na podstawie analizy czterech przypadków – mikrosieci Blue Lake Rancheria, systemów energetycznych Airtel Madagascar, projektu demonstracyjnego Olympic Peninsula oraz kalifornijskich pilotaży taryf czasowych (TOU) w rozprawie potwierdzono hipotezy badawcze, ponieważ wyniki wskazują na znaczną poprawę efektywności operacyjnej, m.in. TFP = 4,02 w Blue Lake Rancheria i 40% redukcję LCOE dla Airtel Madagascar. Badania ujawniają również, że dynamiczne mechanizmy cenowe wspierane przez technologie *smart grids* skutecznie kształtują popyt, potwierdzając rolę AI i IoT w tworzeniu bardziej konkurencyjnych i efektywnych rynków energii. Dysertacja konkluduje, że integracja AI i IoT przynosi wymierne korzyści ekonomiczne, zwiększając produktywność, opłacalność inwestycji oraz efektywność rynkową, wskazując jednocześnie na potrzebę przyspieszenia inwestycji w infrastrukturę *smart grids* i ujednolicenia standardów interoperacyjności.

Przedłożona do recenzji praca jest istotnym krokiem w kierunku utworzenia reguł wdrażania nowoczesnych narzędzi informatycznych AI oraz IoT na rynku energii elektrycznej, uwzględniania dynamiki systemów w modelowaniu długoterminowym oraz uwzględnienia działania instytucji regulujących bezpieczeństwo energetyczne. Określone przez Doktoranta cele teoretyczno-poznawcze zostały osiągnięte, a postawione hipotezy badawcze zostały w pełni zweryfikowane.

4. Uwagi i kwestie dyskusyjne

Jako recenzent rozprawy zgłaszam następujące uwagi i kwestie dyskusyjne:

A. Uwagi ogólne:

1. Tytuł rozprawy zaproponowany przez Autora w języku polskim „*Ekonomiczne ramy zastosowania technologii Internetu Rzeczy (IoT) i Sztucznej Inteligencji (AI) w wytwarzaniu i przesyłaniu energii w mikrosieciach i inteligentnych sieciach elektroenergetycznych*”

nie jest adekwatny do tego, co jest w wersji oryginalnej angielskojęzycznej. Moim zdaniem Autor powinien dołożyć obowiązku należytej staranności i tytuł poprawnie przetłumaczyć w konsultacji z „*native speakerem*”.

2. Treści przedstawione w rozprawie przekraczają (zupełnie niepotrzebnie) tematykę określoną tytułem rozprawy. Moim zdaniem „zamazywanie”/mieszanie tematyki wytwarzania energii z problematyką jej przesyłania dowodzi, że Autor nie rozumie do końca problematyki – mówiąc dosadnie: energia nie jest wytwarzana w „... mikrosieciach i inteligentnych sieciach elektroenergetycznych...”, a jest tylko nimi przesyłana!!!.

3. Kompozycja pracy zyskałaby na przejrzystości, gdyby ograniczono początkowe rozdziały do syntetycznego opisu tematyki – tak naprawdę dopiero od strony 94 (około połowy pracy) autor zaczyna pisać na właściwy temat określony w tytule rozprawy. Ponadto nie bardzo rozumiem zamysł Autora, żeby w bezpośredni sposób „przenosić” reguły teorii ekonomiki produkcji energii elektrycznej do zagadnień, które są bliższe tematyce rozprawy, czyli „klasycznie” mówiąc – ekonomice usług i obrotu towarowego, skoro tematyka pracy ma dotyczyć zastosowania AI i IoT w sieciach elektroenergetycznych, gdzie jest świadczona usługa dystrybucji i dalej - obrotu energią.

B. Uwagi szczegółowe:

1. Strona 12 i dalej aż do strony 94 - Autor opisuje problematykę „*Productivity*” w sieciach elektroenergetycznych , a powinien zająć się problematyką „*Distribution*” energii przesyłanej siecią elektroenergetyczną.
2. Poczynając od słowa *Effectivity* w tytule pracy i dalej – zamiast tego pojęcia powinno być zastosowane *Effectiveness*, gdyż to pojęcie oddaje ekonomiczną „specyfikę procesu”, zaś słowo *Effectivity* odnosi się do sprawności technicznej , o której nie pisano w rozprawie.
3. Strona 37- wzór na *NPV* – Autor uważa , że ten wzór ma kluczowe znaczenie dla podejmowania decyzji finansowych, gdyż pozwala inwestorom oceniać opłacalność projektów energetycznych – niestety recenzent nie podziela tego poglądu , gdyż nawet w uproszczonych analizach decyzyjnych należy dodatkowo sprawdzić, czy analizowany projekt posiada *IRR* nie mniejsze niż stopa dyskonta *r* .
4. W całej pracy bardzo brzydko zapisywane są wzory – należało zastosować program do zapisywania wzorów.
5. Strona 45 – wzór 6 na *TFP* - proszę wyjaśnić konstrukcję tego wzoru ; czy *TFP* posiada jednostki miary?, jeśli tak , to jakie ??
6. Bibliografia – poczynając od strony 228 do strony 263 ponownie zamieszczono te same pozycje bibliograficzne (łącznie 2 x 420 pozycji).

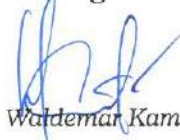
Przedstawione powyżej uwagi zasadniczo nie obniżają wartości merytorycznej recenzowanej rozprawy i nie umniejszają osiągnięć Autora . Inne liczne drobne uwagi, potknięcia stylistyczne jak również pewne kwestie dyskusyjne zostały pominięte w niniejszej Recenzji.

5. Ocena pracy jako rozprawy doktorskiej

Biorąc pod uwagę zawartość pracy stwierdzam, że Doktorant w sposób wystarczająco jednoznaczny sformułował problem naukowy , który następnie rozwiązał właściwie przy użyciu metod naukowych. Zakres i stopień wiedzy Doktoranta w zakresie dyscypliny naukowej, której dotyczy praca, jest wystarczający zarówno w zakresie teoretycznym jak również aplikacyjnym. Na szczególną uwagę zasługuje spora wiedza i znajomość zagadnień z zakresu historii myśli ekonomicznej i ogólnej teorii ekonomii. Doktorant posiada również dość dobre opanowanie techniki pisania prac naukowych oraz wystarczającą umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

6. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska mgr. Volkmara Kunertha pt. „*Artificial Intelligence and the Internet of Things in Microgrids and Smart Grids: An Economic Analysis of Productivity, Efficiency, and Demand Response to Dynamic Pricing*” **spełnia ustawowe wymagania dotyczące rozpraw doktorskich** zawarte w stosownych przepisach , zgodnie z postanowieniami art. 187 ust. 1-3, art. 190 ust. 3 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.) oraz w zw. z § 31 załącznika do uchwały nr 49/25 Senatu Uniwersytetu Gdańskiego z dnia 30 października 2025 roku w sprawie Procedury nadania stopnia naukowego doktora w Uniwersytecie Gdańskim z późn. zmianami. Jest ona oryginalnym rozwiązaniem postawionego przez Autora zagadnienia naukowego. Potwierdza opanowanie przez Niego wiedzy w dyscyplinie naukowej **Ekonomia i finanse**. Potwierdza również umiejętność rozwiązywania problemów naukowych , w związku z powyższym wnioskuję o **dopuszczenie mgr. Volkmara Kunertha do publicznej obrony rozprawy doktorskiej**.


Waldemar Kamrat

REVIEW

of the doctoral thesis by M.Sc. Volkmar Kunerth titled "*Artificial Intelligence and the Internet of Things in Microgrids and Smart Grids: An Economic Analysis of Productivity, Efficiency, and Demand Response to Dynamic Pricing*"

Introduction

I have prepared this review pursuant to the resolution of the Council of the Scientific Discipline of Economics and Finance at the University of Gdansk dated April 9, 2026, and in accordance with letter no. E001.6110.26.2025 dated April 9, 2026, commissioning the review of the doctoral dissertation.

The review comprises the following sections:

1. General overview of the dissertation,
2. Description of the topic and the dissertation's theses,
3. Resolution of the research problem addressed,
4. Observations and points for discussion,
5. Assessment of the work as a doctoral dissertation,
6. Final conclusion.

1. General overview of the dissertation

Written in English under the supervision of Prof. Przemysław Borkowski, the dissertation comprises 183 pages of main text divided into four chapters, an introduction, and a conclusion (along with abstracts in English and Polish). It also includes a list of sources—containing 420 bibliographic entries arranged alphabetically (including online sources)—as well as lists of the 23 figures and 27 tables used in the work.

The dissertation can essentially be divided into two substantive parts:

- *A general first part*, comprising the Introduction and Chapters 1 and 2, which outlines the research topics, objectives, and hypotheses. It presents the state of knowledge regarding the operation of artificial intelligence (AI) and Internet of Things (IoT) tools in the electricity market, key aspects and challenges of energy policy, legal regulations, and the application of AI and IoT to enhance the efficiency of power grids.
- *A second part*, comprising Chapters 3 and 4, which addresses the "*case study methodology*" and details four specific case studies. These cases examine the application of AI and IoT tools in microgrids and smart grids to improve operational efficiency and leverage market mechanisms—such as dynamic electricity pricing—as well as the dissertation's conclusion, final findings, and lists of sources, figures, and tables.

The structure of the work is generally sound, although it occasionally comes across as somewhat verbose. The formal aspects of the dissertation are essentially appropriate. The work is written in good academic language—both economic and technical. It can therefore be concluded that the author has demonstrated the ability to write scholarly papers.

2. Characteristics of the dissertation topic and objective

The subject matter of the doctoral dissertation titled "*Artificial Intelligence and the Internet of Things in Microgrids and Smart Grids: An Economic Analysis of Productivity, Efficiency, and Demand Response to Dynamic Pricing*" is significant from both scientific and practical perspectives. Over the past dozen or so years, a considerable number of studies have been produced regarding the application of modern IT tools, including in the context of modeling the development of energy supply systems. This is a complex issue, stemming primarily from the multifaceted nature of the decision-making problems involved and the difficulties inherent in modeling them. The research problem addressed in this work is therefore highly relevant and important, particularly within regulated markets where market economy principles should also apply. Research into the issues discussed in this dissertation has been underway for some time, both domestically and internationally. However, despite the development of numerous methods and procedures, the results cannot be simply or directly applied to the specific issues addressed here, creating significant challenges for practical implementation.

The integration of distributed renewable energy sources and the digitalization of the energy sector—driven by artificial intelligence and the Internet of Things—have created a gap in economic practice regarding how technological progress translates, in a holistic and structural sense, into economic changes and outcomes. These include, among other things, increased productivity and a shift away from traditional market structures based on natural monopolies within the electric power industry. As has been noted, current research is often conducted in isolated academic silos: technical analyses focus on the technical aspects and impacts of AI and IoT; economic policy studies examine solutions that are both desirable and achievable for society; while economic assessments focus on individual economic indicators. The main issue addressed in this paper is the lack of an integrated economic-technical framework enabling a comprehensive assessment of the impact of AI and IoT on the power sector. Existing studies often focus on a single indicator (e.g., LCOE) or a specific context, failing to account for the interconnected effects on production efficiency (TFP), internal rate of return (IRR), and the accompanying market shifts—moving from monopolistic structures toward more competitive models.

In light of the above, the doctoral dissertation by Mr. Volkmar Kunerth addresses timely and significant issues within the electric power industry and the economy at large.

Overall, the work is theoretical and exploratory in nature. The research was primarily aimed at identification—seeking to explain phenomena—which is characteristic of basic research.

The dissertation generally focuses on the economic implications of deploying Internet of Things (IoT) and artificial intelligence (AI) technologies in the energy sector, specifically within the context of smart grids and microgrids. It analyzes the transition from centralized, monopolistic market models to more competitive structures resulting from the integration of energy suppliers and grid solutions. The study also evaluates whether AI and IoT technologies enhance production efficiency and investment returns, and foster the development of the microgrid and smart grid markets.

Thus, the primary objective of the research was to determine the extent to which artificial intelligence (AI) and the Internet of Things (IoT) influence the economics of electricity generation and distribution, as well as the behavior of participants in the consumer market. To address this complex question, the study divides the topic into three distinct areas of economic analysis, each leading to the formulation of a specific research question.

The research and analysis methodology proposed by the doctoral candidate represents the author's original approach to addressing the problem at hand and constitutes a contribution to the development of the scientific discipline to which the dissertation is dedicated.

The objectives set forth by the author are original. The scientific problem addressed is timely and significant, particularly in the current context. The scientific issues presented in the work—despite the reviewer's reservations noted later in the review—are generally defined with sufficient clarity and precision.

3. Resolution of the research problem

The research problem posed by the author is addressed across the individual chapters of the thesis, which present the results of studies applying the theoretical principles of neoclassical production theory, Total Factor Productivity (TFP), and investment effectiveness indicators (LCOE, IRR, NPV), while also drawing upon welfare economics and assessments derived from demand elasticity analyses. A multiple-case study method (comprising four case studies) was employed to verify three research hypotheses, namely:

1. AI/IoT integration enhances operational efficiency and reduces costs;
2. These technologies are crucial for integrating renewable energy sources and support the transition toward competitive markets;
3. The application of AI/IoT improves investment efficiency in microgrids.

In general, Hypothesis 1 (concerning efficiency) extends the classical theory of production rooted in classical economics. This dissertation advances production theory by recognizing artificial intelligence (AI) and the Internet of Things (IoT) as concrete, measurable, and key factors of production. Economic efficiency in modern power grids may emerge as a pivotal criterion for investment decisions, given that AI and IoT technologies optimize energy generation, distribution, and management processes.

Regarding operational and investment efficiency, the dissertation examines the impact of integrating AI and IoT technologies on production efficiency, costs, and return on investment within electrical microgrids. The research conducted and described in the study demonstrates whether data-driven optimization can yield measurable improvements in Total Factor Productivity (TFP) and financial performance (specifically IRR and LCOE metrics), thereby addressing the core premises of Hypothesis 1.

Hypothesis 1 also addresses financial indicators, investigating the roles of Return on Investment (ROI), Internal Rate of Return (IRR), and Levelized Cost of Energy (LCOE) as fundamental financial-economic metrics used to evaluate the profitability and efficiency of investments in AI- and IoT-based solutions.

Within the framework of economic theory, these indicators constitute a vital component of capital budgeting, investment analysis, and decision-making processes. Their application in renewable energy projects enables stakeholders to assess financial performance, compare available options, and make informed decisions that align with both economic and environmental objectives.

Regarding operational and investment efficiency, the dissertation examines the impact of integrating AI and IoT technologies on production efficiency, costs, and return on investment within electrical microgrids.

Based on an analysis of four cases—the Blue Lake Rancheria microgrid, Airtel Madagascar's energy systems, the Olympic Peninsula demonstration project, and California's time-of-use (TOU) tariff pilots—the dissertation confirms the research hypotheses; the results indicate significant improvements in operational efficiency, such as a TFP of 4.02 at Blue Lake

Rancheria and a 40% reduction in LCOE for Airtel Madagascar. The study also reveals that dynamic pricing mechanisms supported by smart grid technologies effectively shape demand, confirming the role of AI and IoT in creating more competitive and efficient energy markets. The dissertation concludes that the integration of AI and IoT yields tangible economic benefits—enhancing productivity, investment profitability, and market efficiency—while highlighting the need to accelerate investment in smart grid infrastructure and harmonize interoperability standards.

The submitted work represents a significant step toward establishing rules for implementing modern AI and IoT digital tools in the electricity market, incorporating system dynamics into long-term modeling, and accounting for the role of institutions regulating energy security.

The theoretical and cognitive objectives defined by the doctoral candidate have been achieved, and the research hypotheses have been fully verified.

4. Comments and points for discussion

As the reviewer of the dissertation, I raise the following comments and points for discussion:

A. General comments:

1. The Polish title proposed by the Author—"*Ekonomiczne ramy zastosowania technologii Internetu Rzeczy (IoT) i Sztucznej Inteligencji (AI) w wytwarzaniu i przesyłaniu energii w mikrosieciach i inteligentnych sieciach elektroenergetycznych*"—does not accurately reflect the content of the original English version. In my opinion, the Author should have exercised due diligence and translated the title correctly in consultation with a native speaker.

2. The content presented in the dissertation extends (quite unnecessarily) beyond the scope defined by the title. In my view, the blurring or conflation of energy generation with energy transmission issues demonstrates that the Author does not fully grasp the subject matter—to put it bluntly: energy is not generated *within* "...microgrids and smart power grids...", but is merely transmitted *through* them!!!

3. The structure of the work would benefit from greater clarity if the opening chapters were limited to a concise overview of the subject matter; in fact, the author only begins addressing the specific topic defined in the dissertation's title on page 94 (roughly halfway through the text). Furthermore, I do not fully grasp the author's rationale for directly applying the principles of the economics of electricity generation to issues closer to the economics of services and commodity trading—in the "classical" sense—given that the work focuses on the application of AI and IoT within power grids, where electricity distribution and trading services are provided.

B. Detailed comments:

1. Pages 12 through 94 – The author discusses the issue of "productivity" within electric power networks, whereas the focus should have been on the "distribution" of energy transmitted via the electric power network.
2. Starting with the word "*Effectivity*" in the title and throughout the text – the term "*Effectiveness*" should have been used instead, as it captures the economic "nature of the process," whereas "*Effectivity*" refers to technical efficiency—a topic not addressed in the dissertation.

3. Page 37 – NPV formula – The author considers this formula crucial for financial decision-making, as it allows investors to assess the profitability of energy projects; however, the reviewer does not share this view because even in simplified decision analyses, one must also verify whether the project in question has an **IRR** no lower than the discount rate r^* .
4. Throughout the work, the formulas are formatted very poorly; specialized formula-editing software should have been used.
5. Page 45 – Formula 6 for TFP – Please explain the construction of this formula; does TFP have units of measurement? If so, what are they?
6. Bibliography – The same bibliographic entries are repeated from page 228 through page 263 (totaling 2×420 entries).

The observations presented above do not fundamentally diminish the substantive value of the reviewed dissertation, nor do they detract from the Author's achievements. Other numerous minor comments, stylistic slips, and debatable points have been omitted from this review.

5. Evaluation of the work as a doctoral dissertation

Having considered the content of the work, I conclude that the doctoral candidate formulated the research problem with sufficient clarity and subsequently resolved it appropriately using scientific methods. The candidate's knowledge of the relevant scientific discipline is sufficient in both theoretical and practical terms. Particular note should be made of the candidate's extensive knowledge and understanding of the history of economic thought and general economic theory. The candidate also demonstrates a solid command of academic writing techniques and a sufficient ability to conduct independent research.

6. Final Conclusion

The doctoral dissertation prepared by Mr. Volkmar Kunerth, titled "*Artificial Intelligence and the Internet of Things in Microgrids and Smart Grids: An Economic Analysis of Productivity, Efficiency, and Demand Response to Dynamic Pricing*," meets the statutory requirements for doctoral dissertations set forth in the relevant regulations—specifically Article 187, paragraphs 1–3, and Article 190, paragraph 3 of the Act on Higher Education and Science (Journal of Laws of 2024, item 1571, as amended), in conjunction with § 31 of the appendix to Resolution No. 49/25 of the Senate of the University of Gdansk dated October 30, 2025, regarding the procedure for awarding the academic degree of doctor at the University of Gdansk (as amended).

It presents an original solution to the research problem addressed by the author. It demonstrates his mastery of the academic discipline of *Economics and Finance* as well as his ability to solve research problems; therefore, I recommend admitting Mr. Volkmar Kunerth to the public defense of his doctoral dissertation.


Waldemar Kamrat