

Częstochowa 22.04.2021 r.

Prof. dr hab. inż. Jerzy Szkutnik  
Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa  
im. Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu  
Instytut Przyrodniczo – Techniczny  
ul. Zamkowa 4  
58-300 Wałbrzych

## RECENZJA

***rozprawy doktorskiej mgr inż. Maksymiliana Kochańskiego „ Big data analytics in Building Energy Management System within Smart Grids”***

### Wstęp

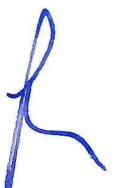
Niniejsza recenzja została opracowana na podstawie decyzji Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka z dnia 9 marca 2021 r. o powołaniu mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Maksymiliana Kochańskiego oraz pisma Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Warszawskiej - RND - IŚGiE -13/2021 z dnia 25 marca 2021 r.

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 zawiera 151 stron tekstu , podzielonego na 6 rozdziałów, w tym wstępu / Introduction (Rozdział 1), spisu treści/Table of contents, podsumowania/Conclusion and implications, ( Rozdział 5), bibliografii zawierającej 261 pozycji, wśród których jedynie 27



jest polskojęzycznych oraz podziękowania/Acknowledgements, streszczenia w języku polskim i angielskim, oraz spisu tabel/List of tables i spisu rysunków/List of figures.

Pracę stanowi zauważalny wkład do badań nad zagadnieniem nowoczesnych rozwiązań informatycznych mających zastosowanie w działalności sektora elektroenergetycznego.

Badania te mają charakter interdyscyplinarny, można je umiejscowić na styku nauk o zarządzaniu, ekonomii oraz nauk technicznych. Przede wszystkim należy je przypisać w jeden z operacyjnych poziomów zarządzania inteligentnymi sieciami energetycznymi Smart Grids, przy wykorzystaniu inteligentnych systemów opomiarowania Smart Metering oraz systemach zarządzania w budynkach Building Energy Management Systems. Zawierają one także ocenę zmian zachowań konsumentów i wykorzystanie ich przy wdrażaniu systemów sterowania popytem DSM. Wszystkie te rozwiązania wymagają bardzo dużej ilości danych, tutaj coraz bardziej przydatne stają się systemy ich pozyskiwania i analizowania Big Data, Big Data Analytics. Zatem duże danych cyfrowych, których przetwarzanie ma na celu pozyskanie nowych informacji lub nowej wiedzy, a korzyści z używania tych narzędzi są coraz bardziej zauważalne. Sprzyjające warunki rozwoju technologicznego oraz metody przetwarzania, wynikające z nich analizy stanowią o ich wartości, a sposób wykorzystania danych decyduje o efektach. Big Data skutecznie redukuje czas oraz koszty, umożliwia podejmowanie dobrych strategicznych decyzji i działań. Big data to również cenne źródło oraz narzędzie w rozwoju koncepcji Internetu rzeczy Internet of Things przy wymianie danych przez jednoznacznie identyfikowalne przedmioty ze szczególnym uwzględnieniem takich rozwiązań jak inteligentne miasta Smart Cities, oraz inteligentne budynki Green Building. Big Data funkcjonują w oparciu o 8 podstawowych cech (8V), a więc Volume, Velocity, Variety, Veracity, Value, Visualization, Viscosity oraz Virality. Należy także dodać, że Big Data wchodzi w skład rozwiązań sztucznej inteligencji, takich jak uczenie maszynowe, ML, sieci neuronowe NN, oraz natural language processing NLP. Wszystkie te aspekty uwzględniła w swych badaniach mgr inż. Maksymilian Kocharński tworząc nowy wymiar wykorzystania inteligentnych algorytmów do wspomagania procesów zachodzących w dystrybucji i zużyciu energii elektrycznej przez jej konsumentów.

Recenzent z olbrzymią satysfakcją przyjmuje ten punkt widzenia, ponieważ jest on

tożsamy z dotychczasowymi opracowaniami własnymi ( Jerzy Szkutnik: *Koncepcja Poland Efficiency , SM vs DSM, SG vs SDSM*).

Badania przeprowadzone przez Autora dotyczą rynku energii, należy sobie zdawać sprawę ze specyfiki tego rynku, znacząco odróżniającego go od innych rynków, rynek energii jest rynkiem bardzo złożonym pod względem technicznym, ekonomicznym i prawnym. Konsumenci są na nim odbiorcami końcowymi, którzy dopiero od niedawna mogą pełnić nie tylko bierną, ale także aktywną rolę. Przemiany społeczno-ekonomiczne, wzrost świadomości dotyczącej potrzeby ochrony środowiska i klimatu oraz bardzo restrykcyjne wymagania stawiane tej branży pod kątem podnoszenia efektywności i sprawności energetycznej wymuszają na przedsiębiorstwach dystrybucyjnych konieczność wdrażania wielu zmian. Wśród tych zmian są innowacje energetyczne bez których będzie niemożliwy rozwój sektora energetycznego Polski.

Zrealizowane badania mają złożony charakter : badania ilościowe bodźców i barier społeczno-ekonomicznych oraz techniczno-prawnych, odpowiedzialnych za kształtowanie opinii i podejmowanie działania, a także skłonności do akceptacji postaw skłaniających do oszczędzania energii elektrycznej przez polskich konsumentów.

Mgr inż. Maksymilian Kochoński w swoich badaniach korzystała z najlepszych, zaawansowanych narzędzi: środowisko obliczeniowo-symulacyjne Matlab, platformę BDA zaimplementowaną w języku R, w oparciu o które powstały autorskie rozwiązania pozwalające na rozległe analizy dotyczące wybranych odbiorców energii elektrycznej w Polsce i Niemczech i ostatecznie opracowanie modelu referencyjnego oraz pakietu rekomendacji dla użytkowników.

Wszystkie te aspekty zawiera prezentowana praca, składa się ona z następujących części: Rozdział 1 (*Introduction*) - Rozdział ten określa obszar i zakres badań, a także prezentację celów rozprawy, postawionych hipotez , uzasadnienia podjęcia analiz a także założeń przyjętych w badaniach. Stwierdzono tu także, że Big data będzie czynnikiem rozwojowym działalności sektora energetycznego wchodzącego w skład Technology Innovation System TIS, jako jedno z priorytetowych rozwiązań Komisji Europejskiej w zakresie informacyjnych i komunikacyjnych technologii (ICT).

Główny cel pracy polegał na stworzeniu kompleksowego modelu operacyjnego zarządzania danymi pochodzącymi z inteligentnych liczników, ich przesyłaniu i magazynowaniu przy wykorzystaniu inteligentnych sieci wraz z członem wykonawczym zarządzania energią w budynkach, dla uszczegółowienia powyższego celu Doktorant dodał następujące cele cząstkowe, nieodzowne dla zrealizowania celu pracy, są nimi:

1. Przeanalizowanie niezbędnych warunków sprawnego funkcjonowania SM z narzędziami BDA,
2. Opracowanie i udowodnienie jak narzędzia BDA mogą być stosowane aby osiągnąć cele, które aktualnie nie są możliwe do zrealizowania obecnymi metodami, zapewniającymi efektywną współpracę różnorodnych modeli BEMS przy wykorzystaniu inteligentnych sieci SG,
3. Opracowanie i udowodnienie jak narzędzia BDA mogą być stosowane aby osiągnąć cele, które aktualnie nie są możliwe do zrealizowania obecnymi metodami pomiarów i oceny zmian postaw konsumentów w zakresie oszczędzania energii elektrycznej przy wykorzystaniu inteligentnych sieci SG,

Zatem głównym celem pracy o wymiarze teoretyczno-badawczym jest identyfikacja niezakłóconej pracy inteligentnych systemów SM, SG oraz BEMS. Badania i analizy przeprowadzono na podstawie bardzo obszernej literatury krajowej i zwłaszcza zagranicznej – stanowi ona 90% wszystkich cytowanych pozycji źródłowych, taką kompozycję recenzent uznaje za wyjątkowo pozytywną.

Doktorant postawił następującą główną tezę badawczą, a mianowicie: Stosowane obecne narzędzia BDA w realizacji BEMS wymagają nowych rozwiązań w zakresie inteligentnych systemów SM i SG. Autor przedstawił także hipotezy pomocnicze o zakresie teoretycznym, poznawczym i empirycznym:

1. SM jest nieodzownym elementem wykorzystania BDA w inteligentnych sieciach SG przy realizacji BEMS, przy czym jeszcze większe ich zastosowanie będzie zależeć od interakcji wszystkich elementów wchodzących w skład SMTIS,
2. Narzędzia BDA umożliwiają pozyskanie różnych rodzajów danych, będących nieosiągalnymi przy użyciu dotychczasowych metod zapewniających współdziałanie różnorodnych modeli BEMS,

3. Narzędzia BDA umożliwiają dostarczenie przekonujących empirycznych dowodów na kreowanie efektów programów oszczędzania energii, nieosiągalnych przy użyciu dotychczasowych metod oceny wpływu zmian zachowań, mających na celu uzyskanie oszczędności energii elektrycznej w gospodarstwach domowych.

W rozdziale tym ponadto przedstawiono uzasadnienie podjęcia badań w tym obszarze, zarys metodologii wykonania dysertacji, obrazując go stosownym schematem graficznym, podano tu także definicje najważniejszych pojęć stosowanych w pracy.

Rozdział 2 (*Literature review*) zawiera przegląd bibliografii w oparciu o którą opisano podstawowe elementy wchodzące w skład badań Autora SG, BEMS, SM, BDA, ICT, TIS, ze szczególnym uwzględnieniem innowacyjnych elementów prezentowanych systemów.

Rozdział 3 (*Methodology*) stanowi podstawą i zarazem teoretyczną część dysertacji w której zaprezentowano i opisano autorską metodykę oceny zjawisk, ze szczególnym uwzględnieniem zasad weryfikacji postawionych hipotez badawczych w ramach realizacji postawionych celów pracy - głównego oraz szczegółowych. Do każdej z nich dobrano odpowiednią metodę badawczą, oraz pakiet danych obejmujących szeregi czasowe zbierane przez 29 miesięcy z inteligentnych liczników w ponad 5100 punktów w ponad 1600 gospodarstwach domowych uczestniczących w analizach badawczych a Niemczech oraz Polsce.

Rozdział 4 (*Results*) stanowi komplementarną w stosunku do rozdziału 3 część badawczą pracy, w którym dokonano weryfikacji hipotez badawczych postawionych na wstępie dysertacji. Pierwszą z nich weryfikowano oddzielnie dla pakietu danych z Niemiec i Polski, przeprowadzono je wg tej samej konfiguracji. Pozostałe hipotezy były weryfikowane w oparciu o zbiorcze dane pochodzące ze wszystkich punktów danych. I tak weryfikację 2 hipotezy przeprowadzono w oparciu o analizę dokładności prognoz sprawdzanych przy 13 wariantach dopasowania, ostatecznie przyjęto do analiz 9 z nich, badania przeprowadzono w oparciu o autorski algorytm Doktoranta. Weryfikację 3 hipotezy zrealizowano badając średnie zużycie energii elektrycznej przez wybrane gospodarstwa domowe w Niemczech i Polsce.

Rozdział 5 (*Conclision and implications*) stanowi podsumowanie obszernych badań Autora, podano tutaj sprawozdanie z stanu weryfikacji wszystkich postawionych hipotez –

wszystkie z nich uznano za potwierdzone, zaprezentowano także możliwości zastosowań systemów SM TIS, uznając je jako technologie przyszłości, które będą rozwijane w sposób dynamiczny. Podano zasady ich stosowania wraz z rekomendacjami i uzasadnieniem ich wykorzystania w praktyce, stwierdzając, że wchodzi one w skład działań priorytetowych Komisji Europejskiej – Europejskiego Zielonego Ładu. Ponadto rozdział ten zawiera pakiet zasad i rekomendacji wraz z uzasadnieniem, adresowanych do gospodarstw domowych w zakresie zmian zachowań prowadzących do oszczędzania energii elektrycznej. Zawarto tu także uwarunkowania i ograniczenia stosowania proponowanych rozwiązań, wskazano także na konieczność prowadzenia dalszych badań, które będą doskonalić dotychczasową metodologię tworząc trwałe rozwiązania oszczędzania energii.

Rozdział 6 (*References*) jest spisem literatury, w oparciu o którą Doktorant wykonał dysertację, są to monografie, artykuły w czasopismach oraz referaty z konferencji oraz także materiały z zasobów internetowych.

## **2. Charakterystyka tematu oraz celu rozprawy**

Tematyka rozprawy doktorskiej pt. „*Big data analytics in Building Energy Management System within Smart Grids*” jest istotna zarówno z naukowego jak i praktycznego punktu widzenia. Dotyczy ona bowiem rozwoju społeczno-gospodarczego, do którego należą także wszystkim wszelkie działania w sektorze elektroenergetycznym. Wszystkie rozważania i badania zmierzające do podnoszenia efektywności w tym zakresie należy odnotować jako szczególnie wartościowe i przydatne w praktyce. Badania Autora mieszczą się w obszarze zagadnień technologiczno - ekonomicznych oraz zarządczych, a problem naukowy rozważany w pracy jest bardzo aktualny i ważny szczególnie w tym okresie, kiedy nasz kraj aspiruje do grona krajów wysoko rozwiniętych, gdzie zasady optymalnego rozwoju, także w obszarze użytkowania energii elektrycznej powinny być szczególnie wykorzystywane. Badania nad problematyką rozważaną w rozprawie zarówno w kraju jak i zagranicą są już prowadzone od pewnego czasu, niemniej jednak praca ta stanowi zauważalny wkład w nowe spojrzenie nad skutecznym wdrażaniem analitycznych rozwiązań, przy uwzględnieniu wszystkich uwarunkowań, zarówno wewnętrznych jak i zewnętrznych obejmujących kreowanie strategii rozwojowych w organizacjach gospodarczych. Pozytywnie oceniam więc

fakt, że Doktorant podjął się rozwiązać tak złożony i bardzo aktualny problem, który został przedstawiony w rozprawie w sposób kompletny – uwzględniający zarówno podstawy teoretyczne, metody statystyczno-ekonometryczne pozwalające na określenie stanu faktycznego – wyjściowego jak też przede wszystkim stanów prognozowanych.

Biorąc pod uwagę powyższe aspekty, należy stwierdzić, że praca doktorska mgr inż. Maksymiliana Kochańskiego jest wyjątkowo aktualna i dotyczy ważnych problemów sektorze elektroenergetycznym, obejmujących praktycznie wszystkie obszary funkcjonowania infrastruktury przesyłowo-dystrybucyjnej oraz odbiorców energii elektrycznej.

Doktorantka podjął się trudnego zadania, polegającego na udowodnieniu, że możliwe jest zintensyfikowanie działań w zakresie podnoszenia efektywności w zakresie przesyłu, rozdziału a przede wszystkim użytkowania energii elektrycznej. Postawione przez Doktoranta cele pracy są oryginalne. Przedstawiony problem naukowy jest aktualny i ważny, szczególnie w obecnym okresie. Zagadnienia naukowe przedstawione w pracy są w ogólności sprecyzowane w sposób wystarczająco jasny i jednoznaczny.

### **3. Rozwiązanie postawionego problemu naukowego**

Problem naukowy przedstawiony przez Autora rozwiązany został w rozdziałach trzecim, czwartym i piątym, gdzie kolejno sprecyzowano główne założenia metodyczne i twórczo rozwinięto metodykę analityczną, pozwalającą na wielowarstwowe spojrzenie badawcze, umożliwiające przeprowadzenie syntetycznego wnioskowania. Podejście takie uważam za właściwe przy tego typu badaniach.

Katalog innowacyjnych prac wykonanych przez Doktoranta w rozprawie jest na imponującym poziomie, a za najbardziej oryginalne osiągnięcia Autora pracy uznałbym następujące elementy:

- zestawienie najbardziej aktualnych i kompletnych materiałów źródłowych dotyczących tematyki Smart Grids, Smart Metering, Building Energy Management System, Information and Communication Technologies, Technology Innovation System oraz Big Data Analytics,
- wykorzystanie metod jakościowych i ilościowych (narzędzia w środowisku MATLAB) do analiz weryfikujących postawione hipotezy,



- opracowanie autorskiego algorytmu *Selection algorithm in meta-language* pozwalającego na opisanie semantycznych relacji pomiędzy badanymi zmiennymi,
- zauważalny wkład naukowy w rozwój inteligentnych sieci energetycznych opierających się na bardzo dużej ilości danych,
- opracowanie i wykorzystanie autorskich narzędzi do analizy przykładowych dwóch baz danych pochodzących z systemów energetycznych Niemiec i Polski,
- opracowanie autorskiego modelu prowadzenia badań w oparciu który zrealizowano dysertację,
- opracowanie katalogu wytycznych, rekomendacji wraz z uzasadnieniami, poszerzających zakres funkcjonowania Smart Metering, dla wszystkich interesariuszy systemu elektroenergetycznego,
- opracowanie katalogu wytycznych , rekomendacji wraz z uzasadnieniami skierowanymi do interesariuszy mogących uczestniczyć w behawioralnych programach oszczędzania energii (programy DSM, DR, SDSM)
- określenie kierunków dalszych działań rozszerzenia zakresu funkcjonalności Smart Metering,

Należy także dodać, że dysertacja tematycznie wchodzi w skład krajowych inteligentnych specjalizacji – tworzeniu innowacyjnych rozwiązań społeczno-gospodarczych, zwiększenia wartości dodanej gospodarki i podniesienia jej konkurencyjności na arenie międzynarodowej, a mianowicie: Dział Zrównoważona Energetyka, KIS 4- Wysokosprawne niskoemisyjne i zintegrowane układy wytwarzania, magazynowania, przesyłu i dystrybucji energii, KIS 5 – Inteligentne i energooszczędne budownictwo

#### 4. Uwagi i kwestie dyskusyjne

Jako recenzent rozprawy zgłaszam następujące uwagi i kwestie dyskusyjne:

##### A. Uwagi ogólne:

1. Praca przedstawia relacje pomiędzy Smart Meteringiem i Big Data Analytics, podaje wynikające z tego wnioski, rekomenduje działania skierowane do różnych grup interesariuszy, ale tak na dobre nie wskazuje jakie rodzaje działań



operacyjnych należy przedsięwziąć, aby uzyskać zauważalne efekty. W związku z tym recenzent prosi o ustosunkowanie się do następującej kwestii:

jakie należałoby zastosować algorytmy, które tworzyłyby wzrost zainteresowania gospodarstw domowych oszczędzaniem energii ?

2. W związku z nowelizacją Prawa energetycznego otwierają się możliwości wykorzystania magazynów energii w różnych obszarach systemu elektroenergetycznego. Proszę Doktoranta o odpowiedź na następujące pytanie:

czy Autor widzi jakąkolwiek styczność rozpatrywanych w dysertacji systemów z systemami magazynowania energii, czy będą one sprzymierzeńcem , czy wręcz przeciwnie będą przeszkadzać w zakładanym rozwoju SM TIS ?

#### **B . Uwagi szczegółowe**

1. Praca zawiera za dużo skrótów, które trochę utrudniają jej percepcję , jest to także wynik niezbyt szczęśliwego umieszczenia w rozdziale 1 podrozdziału 1.6; powinien on znaleźć się przed podrozdziałem 1.2.

**Uwaga generalna do uwag szczegółowych :** praca napisana w sposób przemyślany, stylistyka i składnia zdań dobra, szata graficzna bardzo staranna, praca napisana przejrzystie i zrozumiale, pod względem edytorskim praca praktycznie bez mankamentów

#### **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 duża wiedza i znajomość zagadnień zebrana na podstawie licznych pozycji literaturowych, w przeważającym stopniu anglojęzycznych, związanych z systemami technologiczno-zarządczymi sektora elektroenergetycznego. Doktorant posiada również dobre opanowanie techniki pisania prac naukowych oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Recenzent jest przekonany, że praca ta będzie podstawą do dalszych badań, także tych sugerowanych w niniejszej recenzji.



## 6. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska mgra inż. Maksymiliana Kochańskiego „*Big data analytics in Building Energy Management System within Smart Grids*” spełnia ustawowe wymagania dotyczące rozpraw doktorskich zawarte w art. 13 Ustawy O stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z 14.03.2003 r.(Dz.U.nr 65,poz.595) w zgodzie z Ustawą Prawo o szkolnictwie wyższym z 27.07.2005r.(Dz. U. nr 164, poz.1365 z późniejszymi zmianami), oraz zgodnie z § 6 ust.3 rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19.stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzenia czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz postępowaniu o nadanie tytułu profesora ( Dz.U. z dnia 30 stycznia 2018 r poz.261). Jest ona oryginalnym rozwiązaniem postawionego przez Autora zagadnienia naukowego. Potwierdza opanowanie przez Niego wiedzy w dyscyplinie naukowej: energetyka - aktualnie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka). Potwierdza również umiejętność rozwiązywania problemów naukowych , w związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie mgra inż. Maksymiliana Kochańskiego do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Jednocześnie z uwagi na niewątpliwe walory pracy, zarówno pod względem merytorycznym i edytorskim, wydaniu jej w wersji anglojęzycznej, stawiam wniosek o wyróżnienie jej przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

