

dr hab. inż. Andrzej Zawadzki, prof. PŚk  
Politechnika Świętokrzyska  
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki  
Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce

Kielce, 03.01.2025 r.

SEKRETARIAT  
Rady Dyscypliny AEEITK

Wpłynęło dnia ... 7. 01. 2025

Zarejestrowano pod nr ... 510-8-5/24

Podpis ..... 

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Tytuł rozprawy: „**Standaryzacja i optymalizacja zarządzania zespołem rozproszonych heterogenicznych nieruchomości komercyjnych**”

Autor rozprawy: **mgr inż. Kazimierz Kawa**

Promotor rozprawy: **dr hab. inż. Edyta Kucharska, prof. AGH**

Dyscyplina naukowa: **automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne**

### 1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą opracowania recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie dr. hab. inż. Ryszarda Sroki, prof. AGH, z dnia 8 listopada 2024 r., o powołaniu mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr. inż. Kazimierza Kawy zatytułowanej: „Standaryzacja i optymalizacja zarządzania zespołem rozproszonych heterogenicznych nieruchomości komercyjnych” (zgodnie z uchwałą Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne z dnia 7 listopada 2024 r.).

### 2. Charakterystyka rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy aktualnej i prężnie rozwijanej w ostatnich latach automatyki budynkowej. Dzięki informacjom pochodzącym z różnych elementów systemu zarządzania, „budynek może reagować” na zmiany środowiska wewnątrz i na zewnątrz, co prowadzi do optymalnego zużycia energii, prognozowania awarii, maksymalizacji funkcjonalności, komfortu termicznego i bezpieczeństwa, ewentualnej modernizacji oraz ograniczenia emisji szkodliwych zanieczyszczeń.

Tematyka rozpatrywana w opiniowanej rozprawie koncentruje się na analizie metod predykcji zużycia energii oraz prognozowania awarii w kontekście automatyki budynkowej i systemów zarządzania nieruchomościami.

Racjonalne naukowe przewidywanie przyszłych zdarzeń i wybór najbardziej prawdopodobnego sterowania w nadchodzącym okresie, gdzie podstawę tego wyboru stanowi dotychczasowy przebieg zjawiska i aktualny stan obiektu, powoduje zmniejszenie ryzyka w procesie podejmowania decyzji.

Problematyka rozprawy doktorskiej mgr. inż. Kazimierza Kawy dotyczy rozszerzenia zagadnień modelowania informacji dotyczących zarządzania budynkiem w aspekcie heterogenicznych, rozproszonych nieruchomości komercyjnych. Autor skoncentrował

się na badaniach całościowych obejmujących stosowanie metod predykcji w podejmowaniu decyzji zarządczych, optymalizacją procesów technicznych i kosztów utrzymania takich obiektów. Jak wskazano w pracy, tematyka badań jest bezpośrednio powiązana z aktualnymi potrzebami przedsiębiorstwa TAURON Dystrybucja S.A., dotyczącymi między innymi minimalizacji kosztów utrzymania nieruchomości niesieciowych i realizowana jest w formule doktoratu wdrożeniowego.

Metody sterowania systemami BMS (*Building Management System*) indywidualnych budynków są znane, dość dobrze opanowane i powszechnie stosowane od wielu lat. Natomiast zarządzanie budynkami, zwłaszcza zespołem heterogenicznych, rozproszonych nieruchomości o zróżnicowanych parametrach technicznych i użytkowych, według mojej wiedzy, wymaga prowadzenia dalszych badań dotyczących wyboru bądź opracowania odpowiednich metod sterowania.

W mojej ocenie, podjęcie tematu rozprawy doktorskiej mgr. inż. Kazimierza Kawy, związanego z zastosowaniem metod predykcji danych do wspomagania zarządzaniem rozproszonych, heterogenicznych zespołów nieruchomości komercyjnych, uważam za celowe z punktu widzenia naukowego i uzasadnione aktualnymi potrzebami praktycznymi. Praca stanowi kompleksową analizę i ocenę systemów wspomagania decyzji (SWD) w zarządzaniu heterogenicznymi, rozproszonymi nieruchomościami, w ramach której wdrożono wielodomenowy system wspomagania decyzji zarządczych dotyczących utrzymania budynków komercyjnych TAURON Dystrybucja S.A.

Tematykę rozprawy uważam więc za aktualną, cel pracy został wskazany, a zakres pracy jest wystarczający do realizacji celu. Szerokie spektrum problemów badawczych, jak również aktualność tematyki z punktu widzenia technicznego są wartościowe naukowo, poszerzają wiedzę projektantów i gwarantują, że badania mogą być w przyszłości kontynuowane.

### **3. Ocena układu rozprawy doktorskiej.**

Opiniowana rozprawa doktorska zawiera łącznie 177 stron i składa się z 5 rozdziałów merytorycznych. Nienumerowanymi pozycjami w rozprawie są: Preambuła, Streszczenie, Wprowadzenie, Lista skrótów, Bibliografia, Wykaz rysunków, Wykaz tabel oraz Załączniki.

„Wprowadzenie” dotyczy opisu problemu badawczego i zawiera przedstawienie stanu wiedzy wraz z przeglądem literatury. Omawia związek postawionego problemu z innymi pracami w rozpatrywanym obszarze badań, dając pogląd, jakie zagadnienia są przedmiotem badań. Autor przedstawił cel i tezę pracy oraz omówił zwięźle zawartość poszczególnych rozdziałów rozprawy.

Przedmiotem rozdziału pierwszego są „Systemy wspomagania decyzji”. Rozdział zawiera niezbędne dla realizacji celu podstawy teoretyczne w zakresie systemów wspomagania decyzji. Przedstawiono w nim cele, znaczenie i historię informatycznych systemów wspomagania decyzji. Omówiono główne komponenty, metody i techniki wykorzystywane w systemach wspomagania decyzji oraz proces podejmowania decyzji wspomagany przez SWD. O ile lektura wstępnych podrozdziałów rozdziału 1 prezentuje wiedzę ogólnodostępną, tak podrozdziały od 1.7 do 1.9 z „Podsumowaniem” przedstawiają przykładowe, praktyczne zastosowanie systemów wspomagania decyzji w przedsiębiorstwie energetycznym i możliwości ich stosowania w procesach zarządzania zasobami. Pozwala to na integrację danych



historycznych, bieżących oraz prognostycznych i umożliwia przewidywanie przyszłego zapotrzebowania na usługi. Należy uznać, że informacje zawarte w rozdziale porządkują i systematyzują wiedzę czytelnika. Pozwalają także uzasadnić podjęte prace badawcze.

W rozdziale drugim przedstawiono współczesne modele predykcyjne stanowiące fundamentalne narzędzie w dziedzinie analizy danych, umożliwiające prognozowanie przyszłych zdarzeń i trendów. Omówiono metody i modele predykcyjne niezbędne dla przeprowadzenia badań i oceny ich wyników: Gradient Boosting Machines (GBM), sieci neuronowe, modele SARIMA, model Holta-Wintersa oraz Facebook Prophet. Dodatkowo scharakteryzowano ich zastosowanie praktyczne oraz przedstawiono kryteria wyboru w kontekście różnych typów danych.

Rozdział trzeci poświęcono charakterystyce budynków i ich zespołów będących przedmiotem badań zawartych w rozprawie. Przedstawiono populację heterogenicznych budynków komercyjnych o zróżnicowanych parametrach technicznych i użytkowych, rozlokowanych na terenie południowej Polski, należących do przedsiębiorstwa o profilu energetycznym. Dokonano analizy systemów ogrzewania, w tym centralnego ogrzewania, klimatyzacji oraz zarządzania ciepłem zewnętrznym, z uwzględnieniem takich źródeł jak kotły gazowe, pompy ciepła, kotły elektryczne oraz wymiennikownie ciepłe. Przeanalizowano wpływ zmian przeznaczenia budynku na systemy zarządzania komfortem cieplnym HVAC (ogrzewanie, wentylacja, klimatyzacja) oraz inne systemy BMS w zależności od okresów ich budowy oraz prowadzonych modernizacji i adaptacji do nowych funkcji. Autor podsumowując omówione zagadnienia, przedstawił ponadto cele uzasadniające prowadzenie badań możliwości zastosowania predykcji uszkodzeń, usprawnienia procesów serwisowych oraz cele biznesowe i funkcje realizowane przez poszczególne lokalizacje budynków należące do obszaru objętego badaniami.

Znaczącym dla wartości naukowej jest rozdział czwarty w którym przedstawiono istotne dla rozprawy doktorskiej wyniki prac badawczych Doktoranta. Dla wybranej grupy nieruchomości TAURON Dystrybucja S.A. przedstawiono badania obejmujące zastosowanie metod predykcyjnych i narzędzi sterujących w zakresie administrowania węzłami cieplnymi, konsumpcji mediów i uszkodzeń systemów automatyki budynkowej. Podrozdział 4.1 „Sterowanie sieciami cieplnymi”, przygotowany został na bazie artykułu, którego Doktorant jest współautorem i zamieszczonego w „Przeglądzie Elektrotechnicznym”. Przedstawiono w nim badania dotyczące sterowania węzłami cieplnymi zespołów budynków położonych w dwóch różnych lokalizacjach. Zaprezentowane zostały wyniki badań przed i po dokonaniu modernizacji obiektów, która obejmowała zastosowanie systemu zdalnego sterowania węzłami cieplnymi. Dokonano także doboru wyposażenia pomiarowego, które może być stosowane w kolejnych nieruchomościach w celu prowadzenia badań predykcyjnych. W wyniku przeprowadzenia zmian sposobu sterowania węzłami cieplnymi stwierdzono znaczny spadek zużycia energii. W dalszej części rozdziału Autor przedstawia środowisko użyte do budowy narzędzi do predykcji, gromadzenia danych, monitoringu infrastruktury technicznej czy prognozowania uszkodzeń.

W kolejnych podrozdziałach Doktorant przedstawił opracowaną rozbudowę systemu nadzoru infrastruktury technicznej SCS Win oraz wyniki przeprowadzonych eksperymentów dla:

- badań predykcyjnych zużycia energii elektrycznej grupy pięciu różnorodnych budynków zlokalizowanych w różnych częściach Polski południowej;



- badań predykcyjnych na pojedynczej nieruchomości z niehomogeniczną infrastrukturą techniczną w zakresie zużycia energii elektrycznej na potrzeby utrzymania komfortu termicznego budynku, przygotowania ciepłej wody użytkowej i innych parametrów;
- analizy przebiegów temperatury pompy ciepła oraz jej otoczenia w aspekcie monitorowania efektywności działania tego systemu.

Rozdział zamyka omówienie kierunków badań oraz integracja sprzężenia zwrotnego wyników predykcji ze sterowaniem różnymi urządzeniami.

Rozdział piąty ujmuje generalne podsumowanie osiągnięć doktoranta. Autor w podsumowaniu stwierdza, że zastosowanie metod predykcji danych do wspomaganie monitorowania rozproszonych, heterogenicznych zespołów nieruchomości komercyjnych, wyposażonych w systemy o różnorodnych parametrach technicznych i eksploatacyjnych, przyczynia się do sprawnego zarządzania obiektami oraz przewidywania zapotrzebowania na energię, kosztów utrzymania i ryzyka awarii.

Jak zaznacza Autor, w ramach prezentowanej pracy wdrożono wielodomenowy system wspomaganie decyzji zarządczych utrzymania budynków komercyjnych TAURON Dystrybucja S.A., wykorzystujący algorytmy predykcyjne do szacowania przyszłego zużycia mediów, efektywności energetycznej obiektów, a także umożliwiające poprawę planowania pracy oraz możliwość reakcji na zaistniałe uszkodzenia zespołów nadzorujących eksploatację i utrzymanie obiektów.

Rozprawę kończą wykazy rysunków i tabel oraz Załącznik nr 1: Lista Pakietów Phyton.

Rozprawa jest skonstruowana dość poprawnie. Jednak trudno się ją czyta, napisana jest „zawiłym językiem” z częstymi powtórzeniami i błędami stylistycznymi. Większość rozprawy napisana jest w formie bezosobowej, co utrudnia w wielu miejscach rozdzielanie rezultatów badań Autora od wyników zawartych w literaturze. Dodatkowo, moim zdaniem, umieszczenie na początku rozdziałów krótkiego wprowadzenia zawierającego cel i przybliżenie jego zawartości ułatwiłoby czytanie oraz dogłębne zrozumienie.

#### **4. Ocena zastosowanego piśmiennictwa**

Zastosowane piśmiennictwo zawiera 138 pozycji i nie budzi zastrzeżeń. Dobór pozycji bibliograficznych jest trafny. Natomiast sposób odwoływania się do określonej pozycji i ich spis wydaje się być nieodpowiedni. Dlaczego nie zastosowano ogólnie przyjętej metody numeracji kolejnych pozycji literaturowych i odwołania poprzez podanie numeru cytowanej pozycji? Taka forma jest znacznie krótsza i czytelnik jest do niej przyzwyczajony. Ponadto automatycznie podaje ilość cytowanych publikacji.

W przedstawionej bibliografii nie zamieszczono publikacji, których autorem lub współautorem jest doktorant. Np. w spisie literatury nie występuje publikacja: Kawa K., Kucharska E., Mularczyk R.: „Wpływ sterowania węzłami cieplnymi na koszty eksploatacji zespołów nieruchomości”, Przegląd Elektrotechniczny, R, 98 Nr 11/2022 z której zaczerpnięto: rys.1. str. 85; rys.2. str. 86; rys.3. str. 89; rys.4. str. 90; rys.5. str. 93; rys.6. str. 94; rys. 7 i 8 str. 95 oraz Tabelę 1. str. 87÷88 (powstała ona w wyniku scalenia dwóch tabel: Tabeli 1 i Tabeli 2 z przytoczonej wyżej publikacji po usunięciu kolumny drugiej,

co wprowadziło chaos ze względu na jednakową numerację budynków zamieszczonych na rys. 1 i 2. Również Tabela 2 i Tabela 3 (str. 91-93) pochodzą z tego źródła.

Dodatkowo, wśród wymienionych cytowań, na str. 12 rozprawy przywołano publikację (Sztubecka et al., 2020), która nie jest zamieszczona w bibliografii.

Podsumowując, Doktorant wykazał się umiejętnością doboru literatury naukowej, niezbędnej do opracowania tematu niniejszej rozprawy doktorskiej

## **5. Wskazanie oraz ocena celu pracy i zastosowanych metod badawczych**

Cel pracy określony przez Doktoranta w „Wprowadzeniu” (str. 10) wpisuje się w aktualną problematykę prowadzonych na świecie prac naukowych nad zagadnieniami poprawy efektywności energetycznej obiektów budowlanych oraz ich zarządzania. Autor sprecyzował zagadnienia dla zrealizowania celu pracy, dotyczące możliwości i efektywności stosowania metod predykcji w podejmowaniu decyzji zarządczych, w zakresie:

- przewidywania awarii systemów automatyki budynkowej, w szczególności systemów HVAC oraz systemów zabezpieczeń technicznych budynków,
- prognozowania zużycia energii elektrycznej, zarówno dla pojedynczych nieruchomości, jak i całych ich zespołów,
- prognozowania zużycia wody,
- przewidywania obciążenia prądowego opomiarowanych obwodów oraz innych parametrów związanych z poborem energii elektrycznej,
- prognozowania pogody dla nieruchomości zlokalizowanych na obszarach o specyficznych warunkach mikroklimatycznych.

Sformułowana w celu pracy analiza możliwości zastosowania metod predykcji danych do wspomagania zarządzaniem rozproszonych, heterogenicznych zespołów nieruchomości komercyjnych wymagała zastosowania odpowiednich narzędzi i technologii do budowy systemu umożliwiającego zarządzanie takimi obiektami. Doktorant w sposób racjonalny stosuje zaawansowane narzędzia analityczne i projektowe, popierając efekty analiz teoretycznych wynikami przeprowadzonych badań eksperymentalnych na wybranych obiektach.

Do budowy modelu systemu wykorzystał:

- język programowania Python oraz w zależności od złożoności modelu biblioteki takie jak: Pandas, Plotly, Streamlit oraz Pmdarima;
- platformę Docker stosowaną do tworzenia, dystrybucji i uruchamiania aplikacji;
- narzędzia Anaconda IDE stosowane do tworzenia modeli predykcyjnych, analizy i wizualizacji danych w którym napisano i testowano kod modelu predykcyjnego;
- bibliotekę Pythona: Streamlit do wizualizacji danych oraz prezentacji wyników modelu predykcyjnego.

Do testowania opracowanego modelu predykcji Autor wykorzystywał sieci neuronowe: DNN, RNN, LSTM oraz metody: ARIMA (SARIMA), Holta-Wintersa (prognozowanie szeregów czasowych).



Tezę pracy Doktorant sformułował następująco: „Zastosowanie metod predykcyjnych w zarządzaniu heterogenicznymi zespołami nieruchomości komercyjnych zwiększa efektywność procesów zarządzania, przyczynia się do redukcji kosztów operacyjnych oraz pozwala na lepsze przewidywanie i zarządzanie ryzykiem awarii”.

Tak sformułowana teza jasno określa cel pracy.

Podjęcie tematu należy uznać za celowe z punktu widzenia naukowego i jest uzasadnione potrzebami praktycznymi.

Ogólnie stwierdzam, że tematyka pracy jest aktualna, cel pracy jest wskazany a zakres pracy prowadzący do realizacji celu jest wystarczający. Przedstawione wyniki badań prowadzonych na obiektach rzeczywistych wskazują, że teza pracy została udowodniona.

## **6. Ocena części rozprawy doktorskiej dotyczącej omówienia wyników badań i ich praktyczne zastosowanie**

Omówione i analizowane w rozprawie doktorskiej zagadnienia zostały przez Doktoranta przemyślane i ułożone w logiczny ciąg działań, zmierzających do rozwiązania postawionego zagadnienia naukowego oraz realizacji celu.

Doktorant w sposób syntetyczny dokonał opisu zrealizowanych symulacji i wykonanych analiz oraz omówił wyniki przeprowadzonych badań. Przetawił korzyści wynikające z wykorzystania algorytmów predykcyjnych do szacowania przyszłego zużycia mediów, efektywności energetycznej obiektów, a także umożliwienia poprawy planowania pracy i reakcji na zaistniałe uszkodzenia.

Doktorant prawidłowo zinterpretował wyniki uzyskane podczas przeprowadzonych badań. Stwierdził, że przyczynią się do praktycznego zarządzania rozproszonymi, heterogenicznymi nieruchomościami komercyjnymi.

Autor przedstawił praktyczne zastosowanie opracowanego wielodomenowego systemu wspomagania decyzji zarządczych utrzymania budynków komercyjnych poprzez wdrożenie go w przedsiębiorstwie TAURON Dystrybucja S.A. (przynoszące wymierne korzyści ekonomiczne).

Zagadnienia omówione w rozprawie stanowią kompendium wiedzy na temat omawianych systemów zarządzania nieruchomościami oraz podejścia do ich projektowania. Opracowane rozwiązania mogą stanowić również punkt wyjścia do dalszych badań z zakresu optymalizacji zarządzania zespołem rozproszonych nieruchomości heterogenicznych. Na bazie zaproponowanych rozwiązań mogą być opracowywane kolejne rozwiązania zwiększające efektywność sterowania i zarządzania.

Zatem działania podjęte przez Autora należy uznać za zasadne naukowo i potrzebne w praktycznych zastosowaniach.

## **7. Informacje o nieprawidłowościach**

Rozprawa doktorska jest napisana językiem specjalistycznym. Strona edycyjna pracy reprezentuje dobry poziom i świadczy o znajomości techniki składu komputerowego. Jednak Autor nie ustrzegł się pewnych nieprawidłowości. Niektóre z nich opisano w części niniejszej recenzji dotyczącej *oceny układu rozprawy doktorskiej oraz zastosowanego piśmiennictwa*.

Poza tym w pracy znajduje się sporo błędów stylistycznych, interpunkcyjnych, gramatycznych i tzw. literówek. Są to między innymi następujące błędy:

- w preambule w nazwie strony współpracującej: TAUTON zamiast TAURON;
- str. 49, 52, 59, 60, 61: brak numeracji równań i odwołań w treści pracy;
- rozdział trzeci zakończony jest wnioskami (podsumowanie zamieszczono po punkcie 3.3 i nie zostało ujęte w spisie treści – jak miało to miejsce w rozdziale 1 i 2);
- str.108÷117: rysunki są niezbyt czytelne (miniaturyzacja czcionki), uniemożliwia to niekiedy odczytanie wyników;
- str. 11: „rozdział przedstawia” i „rozdział opisuje” – zamiast: w rozdziale przedstawiono, opisano lub zamieszczono;
- str. 14; 15, 16, 63: „poniżej przedstawiono” – zamiast: w dalszej części niniejszego rozdziału przedstawiono lub omówiono;
- str. 83: „Poniższe podrozdziały ukazują” – zamiast kolejno podrozdziały;
- str. 91: „obrazuje poniższa tabela” – zamiast Tabela 2.;
- str. 102 i 103: źle sformatowana ostatnia kolumna Tabeli 4.;
- brak odwołań w treści pracy do prezentowanych tabel z wynikami badań;
- str. 93, 94, 95: „na poniższym wykresie” – zamiast na wykresie przedstawionym na rysunku numer ...;
- str. 3, 41, 48, 50, 54, 66, 81, 104, 106, 113, 118, 123: występują nieliczne jednoliterowe spójniki na końcu wierszy;
- w kilku miejscach pracy występuje nadmiarowe stosowanie przecinków lub spacji a w innych jest ich brak,
- w wielu miejscach pracy wypunktowania po dwukropku są pisane z dużej litery a w innych miejscach z małej;
- niejasność interpretacji wypowiedzi, np.:
  - str. 102: „dokonano biorąc analizując dwa przypadki”;
  - str. 81: „do właściwej izolacyjności budynku należy dostawać moc źródeł”.

Zawarte w recenzji uwagi nie wpływają w sposób znaczący na wartość merytoryczną rozprawy. Przedstawienie uchybień ma na celu ich rozważenie i stosowanie w dalszej pracy naukowej. Praca nie wymaga w związku z tym zmian ani uzupełnień.

#### **8. Ocena, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego**

Moim zdaniem recenzowana rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w zakresie budowy systemu wspomagania decyzji opartego na analizie danych, technikach uczenia maszynowego i doboru właściwego algorytmu predykcji zużycia mediów oraz prognozowania awarii na podstawie zgromadzonych, odpowiednich danych pomiarowych. Doboru odpowiedniego narzędzia i jego ocenę dokonano w oparciu o standardowe kryteria.

Do oryginalnych osiągnięć w rozprawie doktorskiej można zaliczyć:



1. Opracowanie i budowa systemu wspomagania decyzji umożliwiającego zdalny nadzór, regulację oraz diagnostykę systemów utrzymania komfortu cieplnego i procesów zarządzania heterogenicznymi, rozproszonymi budynkami komercyjnymi.
2. Przeprowadzenie badań dla wybranej grupy nieruchomości, obejmujące zastosowanie metod predykcyjnych i narzędzi sterujących węzłami cieplnymi, konsumpcją mediów oraz lokalizacji uszkodzeń systemów automatyki budynkowej.
3. Porównanie, poparte badaniami dla wybranych nieruchomości, metod prognozowania zużycia mediów. W tym wybór (spośród testowanych metod) modelu ARIMA oraz potwierdzenie możliwości i dokładności prognozowania zużycia energii elektrycznej, dodatkowo prognozowania pogody dla nieruchomości zlokalizowanych na obszarach o specyficznych warunkach mikroklimatycznych.
4. Wdrożenie systemu i przeprowadzenie badań dla wybranej grupy nieruchomości przedsiębiorstwa TAURON Dystrybucja S.A.

W mojej ocenie przeprowadzone badania świadczą o oryginalności rozwiązania problemu naukowego.

W trakcie lektury pracy nasunęły mi się następujące pytania, do których prosiłbym o komentarz ze strony Doktoranta:

1. Jaki jest niezbędny czas „uczenia systemu” dla nowych zespołów nieruchomości?
2. Czy opracowany system jest zespołem oddzielnych elementów (podzespołów) realizujących indywidualne zadania, czy jest systemem kompleksowym – ujmującym realizującym całościowo stawiane zadania.
3. Jak jest realizowana procedura sterowania pompami ciepła uwzględniająca prognozy pogody, skoro wiadomo że pompa ciepła realizuje zaprogramowaną krzywą grzewczą uzależnioną od temperatury w danej chwili.
4. Na czym ma polegać sterowanie systemami BMS takimi jak: kontrola dostępu czy systemy sygnalizacji włamania.

#### **9. Ocena, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata do stopnia doktora oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej**

W recenzowanej rozprawie, doktorant zaprezentował swoją niewątpliwie rozległą wiedzę teoretyczną i praktyczną z zakresu: automatyki budynkowej, systemów ochrony technicznej, kompleksowej analizy systemów wspomagania decyzji w zarządzaniu heterogenicznymi rozproszonymi nieruchomościami oraz zastosowań zaawansowanych algorytmów uczenia maszynowego do predykcji i monitorowania zużycia mediów oraz możliwości wystąpienia uszkodzeń.

Doktorant w sposób racjonalny stosuje zaawansowane narzędzia analityczne i projektowe, popierając efekty analiz teoretycznych wynikami przeprowadzonych badań eksperymentalnych. Świadczy to o nabyciu umiejętności planowania i rozwiązania postawionego problemu badawczego oraz samodzielnym przeprowadzeniu interdyscyplinarnych prac badawczych. Godne uwagi jest też to, że Autor zdaje sobie sprawę, że uzyskane wyniki badań nie wyczerpują zrealizowanej tematyki i widzi kierunki dalszych badań.

Pozwala to na stwierdzenie, iż Autor posiadał umiejętności wymagane do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.



## 10. Ogólna ocena rozprawy

Stwierdzam, że mimo pewnych usterek przedstawionych w niniejszej recenzji, które nie dotyczą zasadniczego dorobku Doktoranta, przedstawiona do oceny rozprawa stanowi samodzielne rozwiązanie postawionych zadań przy użyciu właściwych do tego celu metod. W mojej opinii praca stanowi oryginalne rozwiązanie zadania naukowego.

Autor rozwiązał zagadnienia naukowe będące tematem rozprawy i osiągnął zamierzony cel pracy. Wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną, bardzo dobrą umiejętnością wykorzystania narzędzi informatycznych i prowadzenia badań naukowych.

W związku z powyższym uważam, że opiniowana rozprawa doktorska mgr. inż. Kazimierza Kawy zatytułowana: „Standaryzacja i optymalizacja zarządzania zespołem rozproszonych heterogenicznych nieruchomości komercyjnych”, której tematyka mieści się w dyscyplinie *automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne*, spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 r. poz. 1571).

Wnioskuje o przyjęcie i dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.



Andrzej Zawadzki

