

Dr hab. inż. Paweł Skruch, prof. AGH

Kraków, dn. 18. lutego 2025 r.

Katedra Automatyki i Robotyki

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

Al. Mickiewicza 30/B1, 30-059 Kraków

E-mail: pawel.skruch@agh.edu.pl

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgra inż. Adama Kuli

pt. „Opracowanie i wdrożenie systemu sterowania Inteligentnym Budynkiem biurowym wyposażonym w Centrum Przetwarzania Danych (Data Center)”

I. Podstawa opracowania recenzji

Niniejsza recenzja dotyczy rozprawy doktorskiej mgra inż. Adama Kuli zatytułowanej „Opracowanie i wdrożenie systemu sterowania Inteligentnym Budynkiem biurowym wyposażonym w Centrum Przetwarzania Danych (Data Center)” w dyscyplinie naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. Promotorem opiniowanej rozprawy doktorskiej jest dr hab. inż. Albert Smalcerz, prof. PŚ, a opiekunem pomocniczym z podmiotu zatrudniającego doktoranta jest dr inż. Zygmunt Kamiński. Recenzję opracowałem na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne dr. hab. inż. Adama Gałuszki działającego na podstawie Uchwały nr 85/2024 Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Śląskiej z dnia 19 listopada 2024 r.

II. Ocena oryginalności problemu badawczego podjętego w rozprawie i jego znaczenia dla rozwoju dyscypliny

Problem badawczy podjęty w rozprawie dotyczy systemu sterowania inteligentnym budynkiem biurowym wyposażonym w centrum przetwarzania danych. Przez inteligentny budynek rozumie się obiekt zaopatrzonego w zaawansowane technologie umożliwiające automatyczne monitorowanie, sterowanie oraz zarządzanie różnymi funkcjami budynku w celu zapewnienia komfortu użytkowników, efektywności energetycznej, bezpieczeństwa oraz zrównoważonego użytkowania. W inteligentnych budynkach biurowych kluczową rolę odgrywa specjalnie zaprojektowana infrastruktura techniczna, zwana centrum przetwarzania danych (ang. Data Center), która umożliwia przechowywanie, zarządzanie oraz przetwarzanie dużych ilości informacji. Centrum przetwarzania danych stanowi fundament dla zaawansowanych systemów zarządzania budynkiem, integrując dane pochodzące z różnych systemów i urządzeń.

Rozprawa koncentruje się na zagadnieniu sterowania inteligentnym budynkiem z wykorzystaniem technologii Internetu Rzeczy (ang. Internet of Things, IoT), czujników, elementów wykonawczych oraz sterowników do zarządzania systemami takimi jak: oświetlenie (np. automatyczne dostosowywanie natężenia światła do warunków zewnętrznych i obecności osób), klimatyzacja i ogrzewanie (optymalizacja temperatury w zależności od liczby użytkowników i warunków pogodowych), rolety i żaluzje (automatyczne sterowanie w oparciu o nasłonecznienie), wentylacja (utrzymywanie optymalnej jakości powietrza), systemy bezpieczeństwa (monitoring wideo, alarmy, kontrola dostępu). Istotnym aspektem poruszonym w pracy jest efektywność energetyczna inteligentnego budynku. Obejmuje ona optymalizację zużycia energii poprzez automatyczne wyłączanie urządzeń w nieużywanych pomieszczeniach, zastosowanie energooszczędnych technologii, takich jak panele fotowoltaiczne czy systemy magazynowania energii, monitorowanie i analizę zużycia energii w czasie rzeczywistym, prognozowanie zapotrzebowania na energię z wykorzystaniem algorytmów sztucznej inteligencji.

Rozprawa podejmuje również kwestię integracji systemów sterowania z centrum przetwarzania danych, które pełni rolę węzła komunikacyjnego i obliczeniowego. Wnioski płynące z pracy mogą przyczynić się do rozwoju bardziej efektywnych i zrównoważonych systemów zarządzania inteligentnymi budynkami, odpowiadając na potrzeby nowoczesnych przestrzeni biurowych.

Zagadnienie sterowania inteligentnymi budynkami biurowymi wyposażonymi w centra przetwarzania danych jest więc niezwykle istotne w kontekście wyzwań czwartej rewolucji przemysłowej, znanej jako Przemysł 4.0. Integracja systemów zarządzania budynkami z infrastrukturą centrów danych stanowi przykład synergii technologii informacyjnych i operacyjnych, pozwalając na jeszcze bardziej zaawansowaną optymalizację procesów, poprawę efektywności energetycznej oraz podniesienie standardów bezpieczeństwa. Podejście to nie tylko odpowiada na potrzeby współczesnych miast i przedsiębiorstw, ale również przyczynia się do realizacji globalnych celów zrównoważonego rozwoju, takich jak minimalizacja śladu węglowego oraz promowanie bardziej ekologicznych i inteligentnych rozwiązań w urbanistyce i architekturze.

Podsumowując stwierdzam, że problematyka badawcza podjęta w rozprawie jest aktualna i ważna z punktu widzenia potrzeb przemysłowych, a także z punktu widzenia rozwoju dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.

III. Ocena poprawności i kompletności celów oraz hipotez badawczych

Autor pracy stawia następującą tezę badawczą: „Można opracować i wdrożyć system sterowania, który reaguje odpowiednio na potrzeby użytkownika biurowego wyposażonego w Centrum Przetwarzania Danych (Data Center)”. Teza jest poprawna pod względem językowym i logicznym. Zakłada ona możliwość opracowania i wdrożenia systemu sterowania, co jest realistycznym celem w kontekście współczesnych technologii i ich zastosowań w inteligentnych budynkach. Sformułowanie „reaguje odpowiednio na potrzeby użytkownika” jest jednak zbyt ogólne. Nie precyzuje bowiem, jakie konkretne potrzeby użytkownika są adresowane (np. komfort, bezpieczeństwo, efektywność energetyczna, czy dostępność danych w centrum przetwarzania). Hipoteza wskazuje cel (opracowanie i wdrożenie systemu sterowania) oraz kontekst (budynek biurowy wyposażony w centrum przetwarzania danych). Brakuje jednak bardziej szczegółowego opisu mechanizmów działania systemu lub kryteriów oceny jego skuteczności. Nie określa również, jak mierzyć „odpowiednią reakcję” systemu ani w jaki sposób będzie weryfikowana przydatność takiego rozwiązania. Hipoteza nie

uwzględnia także ewentualnych ograniczeń czy wyzwań, takich jak zgodność z regulacjami prawnymi, wymagania techniczne czy potrzebę integracji z istniejącymi systemami.

W celu zweryfikowania tezy, autor dysertacji formułuje dodatkowo główny cel rozprawy jako „Opracowanie i wdrożenie systemu sterowania w budynku biurowym wyposażonym w Data Center, który umożliwia współdziałanie znajdujących się w nim instalacji. Tak zaprojektowany system pozwoli ograniczyć zużycie energii, poprawić bezpieczeństwo oraz jakość ergonomiczną środowiska pracy”. Ten zabieg można potraktować jako doprecyzowanie hipotezy badawczej pod kątem poprawności i kompletności.

Podsumowując stwierdzam, że sformułowana w pracy teza badawcza jest poprawna pod względem logicznym i merytorycznym, ale wymaga doprecyzowania i uzupełnienia, aby lepiej oddawała cele badawcze i była łatwiejsza do weryfikacji w kontekście prowadzonych badań.

IV. Ocena poprawności struktury rozprawy

Praca składa się z dziesięciu rozdziałów. Rozdział pierwszy to trzystronicowy wstęp, w którym autor wyjaśnia, dlaczego zdecydował się zgłębić tematykę inteligentnych budynków. W rozdziale drugim przedstawiono rys historyczny rozwoju automatyki budynkowej, która na przestrzeni ostatnich dekad ewoluowała w kierunku zaawansowanych systemów inteligentnych. Autor rozprawy podkreśla, że obecnie inteligentne budynki są wspierane przez technologie Internetu Rzeczy (IoT) oraz sztuczną inteligencję (AI), co pozwala na automatyczne zarządzanie i optymalizację kluczowych funkcji, takich jak oświetlenie, klimatyzacja, bezpieczeństwo czy monitorowanie zużycia energii. Opisano również główne etapy rozwoju technologicznego, które przyczyniły się do transformacji tradycyjnych systemów automatyki w nowoczesne rozwiązania. W kolejnym rozdziale przedstawiono hipotezę badawczą, cel i zakres pracy oraz opisano strukturę pracy. Rozdział piąty przedstawia badania eksperymentalne wykonane przez autora rozprawy w istniejącym budynku firmy KAMSOF S.A. Badania te dotyczyły pomiarów instalacji ogrzewania i chłodzenia oraz analizy zużycia energii w wybranych pomieszczeniach biurowych. Dodatkowo, w tym rozdziale opisano projekt budowlany i projekty wykonawcze instalacji dla budynku biurowego Centrum Rozwoju Nauki. Rozdział szósty pracy koncentruje się nad analizą pracy serwerowni pełniącej funkcję Centrum Przetwarzania Danych pod kątem jej efektywności energetycznej. W tym rozdziale przedstawione zostały także założenia projektowe dotyczące wdrażania instalacji fotowoltaicznych. Rozdział siódmy stanowi podsumowanie uzyskanych wyników i opis wyciągniętych wniosków z przeprowadzonych prac badawczych. Rozdział ósmy to spis pozycji literaturowych, a kolejne dwa rozdziały zawierają spis rysunków oraz tabel.

Analizując strukturę rozprawy, można zauważyć brak osobnego rozdziału poświęconego kompleksowemu opisowi systemów sterowania w automatyce budynkowej, co stanowi główny cel pracy. Taki rozdział prezentujący schematy, koncepcje, modele matematyczne, algorytmy sterowania mógłby znacząco podnieść merytoryczną pracę, umożliwiając szczegółowe omówienie metod i technik zastosowanych w badaniach.

Podsumowując, struktura rozprawy, choć poprawna, wymaga pewnych modyfikacji, aby lepiej odzwierciedlała cel i zakres badawczy. Przede wszystkim brakuje osobnego rozdziału poświęconego kompleksowemu opisowi zagadnień związanych ze sterowaniem inteligentnym budynkiem biurowym, które stanowią sedno pracy. Taki rozdział powinien zawierać szczegółowe omówienie modeli matematycznych, algorytmów sterowania, schematów systemów oraz zastosowanych

technologii, co pozwoliłoby na głębsze zrozumienie przedstawionych rozwiązań. Wprowadzenie tych zmian zwiększyłoby przejrzystość i spójność pracy, poprawiło jej strukturę logiczną oraz umożliwiło pełniejszą realizację postawionych celów badawczych, jednocześnie podnosząc wartość merytoryczną rozprawy.

V. Ocena znajomości metodologii badań oraz przyjętych i zastosowanych metod badawczych

Metodologia badań oraz przyjęte i zastosowane w rozprawie metody badawcze wykorzystują analizę danych uzyskanych z systemów pomiarowych. Przeprowadzone badania mają charakter eksperymentalny i koncentrują się na identyfikacji relacji przyczynowo-skutkowych pomiędzy zmiennymi. W pracy wykorzystano również podejścia korelacyjne, umożliwiające określenie wzajemnych zależności między parametrami, oraz metody porównawcze, pozwalające na ocenę różnic między analizowanymi grupami danych lub wariantami badanych układów.

Dane pomiarowe obejmowały przede wszystkim przebiegi czasowe takich zmiennych, jak temperatura oraz moc. Analiza tych danych umożliwiła szczegółową charakterystykę dynamiki procesów. W ramach badań zastosowano także zaawansowane metody sztucznej inteligencji, w tym uczenie maszynowe, które wykorzystano do predykcji temperatur w określonych warunkach. Dodatkowo przeprowadzono analizę statystyczną, mającą na celu ocenę istotności i wpływu mierzonych zmiennych na wynikowe parametry układu.

W kontekście zagadnień związanych ze sterowaniem, w rozprawie nie wiele uwagi jest poświęcone modelowaniu matematycznym oraz symulacjom komputerowym. Brak tych elementów stanowi istotne ograniczenie, ponieważ modelowanie pozwala na lepsze zrozumienie zachowania systemu w różnych scenariuszach, a symulacje komputerowe mogłyby dostarczyć dodatkowych danych uzupełniających analizę eksperymentalną. Wprowadzenie tych metod mogłoby znacząco podnieść wartość naukową rozprawy i umożliwić bardziej kompleksowe podejście do badania dynamiki oraz sterowania analizowanego systemu.

Zastosowana w rozprawie metodologia badawcza jest właściwa w kontekście ilościowej i jakościowej analizy danych pomiarowych, aczkolwiek niewystarczająca do syntezy algorytmów sterowania układami automatyki.

VI. Ocena stopnia zaawansowania zawartej w rozprawie wiedzy teoretycznej z zakresu dyscypliny

Rozprawa doktorska ma w przeważającym stopniu charakter aplikacyjno-wdrożeniowy, co oznacza, że jej głównym celem jest praktyczne wykorzystanie wyników badań oraz ich implementacja w środowisku inteligentnego budynku biurowego. Wyniki badań oraz metody ich prowadzenia zostały zaprojektowane tak, aby mogły być bezpośrednio zastosowane do rozwiązania konkretnego problemu technicznego. W pracy zaprezentowano rozwiązania dostosowane do rzeczywistych wymagań i możliwości implementacyjnych, przy jednoczesnym uwzględnieniu współpracy z istniejącymi technologiami, infrastrukturą oraz procesami. Szczególną uwagę zwrócono na kompatybilność wdrażanych rozwiązań z aktualnymi systemami stosowanymi w budynkach inteligentnych. Praca uwzględnia również ograniczenia i wymagania wynikające z odpowiednich norm, standardów technicznych oraz przepisów administracyjnych, które determinują kierunki projektowania i implementacji rozwiązań. Dbłość o zgodność z regulacjami pozwala na łatwiejsze wprowadzenie wyników badań do praktyki oraz zwiększa ich wartość użytkową. Efekty pracy mają na celu realne

usprawnienie kluczowych obszarów funkcjonowania inteligentnego budynku, takich jak poprawa efektywności energetycznej, podniesienie jakości zarządzania systemami technicznymi czy wprowadzenie innowacyjnych rozwiązań wspierających automatyzację procesów. Wyniki rozprawy powinny przyczynić się do zwiększenia innowacyjności w branży, a także stanowić praktyczne wsparcie w projektowaniu i wdrażaniu nowoczesnych systemów w inteligentnych budynkach.

Formalny opis układów sterowania automatyki budynkowej przedstawiony w rozprawie jest bardzo minimalistyczny i ograniczony głównie do podrozdziału 6.4.1. Zauważalny jest brak szczegółowego matematycznego opisu zarówno obiektu sterowania, jak i zastosowanych reguł sterowania. Autor rozprawy koncentruje się głównie na opisach słownych, które, choć przydatne w zrozumieniu ogólnej idei rozwiązań, nie zapewniają wystarczającej precyzji niezbędnej do ich pełnego odtworzenia lub analizy. W niektórych przypadkach autor podaje fragmenty kodu źródłowego, które ilustrują realizację określonych funkcji. Niemniej jednak brakuje formalnych wzorów matematycznych, schematów blokowych czy jasno zdefiniowanych algorytmów, które mogłyby ułatwić zrozumienie przyjętych metod i ich implementacji. Ten niedostatek formalnego ujęcia jest jednym z głównych mankamentów pracy, ponieważ ogranicza możliwość analizy, porównania oraz potencjalnego rozwijania zaproponowanych rozwiązań. Włączenie szczegółowych modeli matematycznych, dokładnych algorytmów oraz ich uzasadnienia mogłoby znacząco podnieść wartość merytoryczną rozprawy i zwiększyć jej wkład w rozwój wiedzy w dziedzinie automatyki budynkowej.

W kontekście rozwiązywanego problemu badawczego i wdrożeniowego charakteru uzyskanych wyników, poziom zaawansowania wiedzy teoretycznej przedstawionej w rozprawie z zakresu dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne należy ocenić jako zadowalający i adekwatny do osiągnięcia zamierzonych celów badawczych.

VII. Ocena umiejętności poprawnego przedstawienia uzyskanych przez doktoranta wyników

Autor rozprawy przykłada odpowiednią wagę do poprawnej weryfikacji przyjętej hipotezy oraz zakładanego celu badawczego. Wnioski wynikające z analizy uzyskanych wyników eksperymentalnych są zazwyczaj przedstawiane w sposób jasny i zwięzły. Wyniki eksperymentów i przeprowadzonej analizy są przedstawiane za pomocą tabel i rysunków w sposób poprawny. Niemniej jednak, niektóre z rysunków mają zbyt małą rozdzielczość, co znacząco zmniejsza ich czytelność. Dobrą praktyką byłoby poprawienie jakości tych rysunków, aby zapewnić wyrazność i łatwość w odbiorze przedstawianych informacji.

Podsumowując, stwierdzam, że doktorant opanował w stopniu zadowalającym umiejętność poprawnego przedstawiania wyników badań i opracowywania tekstu technicznego.

VIII. Ocena formalnej strony rozprawy

Rozprawa doktorska jest napisana starannie, poprawnie pod względem językowym i stylistycznym. W kilku miejscach zauważyłem drobne uchybienia, które zostały opisane w uwagach szczegółowych. Ich liczba jest jednak stosunkowo niewielka, co nie wpływa w sposób istotny na ogólne pozytywne wrażenie związane z jakością redakcyjną pracy. Nie jest jednak jasna motywacja autora rozprawy dotycząca stosowania dużych liter w nazwach systemów, technologii, urządzeń, szczególnie, że taka notacja nie jest stosowana jednolicie w całym tekście. Dotyczy to np. takich sformułowań jak: 'Centrum

Przetwarzania Danych', 'Sterowanie Budynkiem', 'Inteligentny Budynek', 'Instalacja Niskoprądowa', 'Zarządzanie Energią', 'Serwerownia', 'Pompy Ciepła', itd.

Tabele zostały przygotowane prawidłowo (choć mają one czasami różne formatowania), co pozwala na klarowne przedstawienie wyników. Natomiast rysunki w kilku miejscach są mało czytelne, co praktycznie uniemożliwia ich analizę. Przykładami takich rysunków są rysunki o numerach 16, 18, 31, 32, 51. Powinno się też unikać rysunków, które rozciągają się na więcej niż jedną stronę, jak np. w przypadku rysunków o numerach 81, 83 czy 85. Formuł matematycznych jest w pracy bardzo mało, bo w sumie 5, co powoduje, że opis badań i wyników jest mało sformalizowany pod względem technicznym. Umieszczanie kodu źródłowego jako dokumentacji technik i metod przetwarzania danych bez ich formalnego opisu (za pomocą wzorów matematycznych) też nie jest dobrą praktyką.

Podsumowując, rozprawa cechuje się stosunkowo niewielkim stopniem formalizacji, z większym naciskiem na opisowe przedstawienie rozwiązań niż na ich matematyczną czy algorytmiczną strukturę.

IX. Ocena znajomości, doboru, analizy i interpretacji wykorzystywanych w rozprawie źródeł literaturowych

Spis literaturowy zawiera łącznie 160 pozycji, w tym artykuły opublikowane w czasopismach (dominująca część), materiały konferencyjne, pozycje książkowe, raporty techniczne, normy i standardy, akty prawne, rozporządzenia administracyjne oraz materiały elektroniczne, w tym odwołania do stron internetowych. Wśród tych pozycji znajdują się przede wszystkim prace stosunkowo nowe, z przewagą publikacji z ostatnich 15 lat. W spisie literatury znajduje się również pozycja [12], w której doktorant jest głównym autorem.

Spis literatury, pod względem edycyjnym, wykazuje pewną niejednorodność, tzn. nie wszystkie pozycje w spisie literatury zawierają podstawowe elementy bibliometryczne zgodnie z przyjętym stylem cytowania. Np. w niektórych przypadkach brakuje informacji o dacie powstania danej pozycji, część materiałów elektronicznych posiada tylko link do strony internetowej z adnotacją daty, w którym źródło było sprawdzane. Należy dążyć do ujednolicenia tych zapisów w całym spisie literatury.

Podsumowując, przedstawiony przez autora spis literatury jest dobry, reprezentatywny i odzwierciedla obecny stan wiedzy w obszarze badawczym. Warto by było jednak wprowadzić pewne poprawki, które poprawią jego czytelność i spójność edycyjną.

X. Wskazanie oryginalnych osiągnięć

Autor rozprawy w ramach realizacji postawionych celów badawczych uzyskał nowe, oryginalne i wyróżniające rezultaty, do których zaliczam:

- (1) przeprowadzenie badań eksperymentalnych dotyczących instalacji ogrzewania i chłodzenia w budynku firmy KAMSOFT S.A., połączone z analizą uzyskanych wyników, które dostarczyły nowych danych na temat zużycia energii w wybranych pomieszczeniach biurowych, umożliwiając precyzyjną ocenę efektywności energetycznej tych systemów w praktycznych warunkach eksploatacji;**

- (2) opracowanie modeli predykcji temperatury w wybranych pomieszczeniach centrum przetwarzania danych oraz ocena istotności zmiennych pomiarowych dla tych modeli;
- (3) projekt i analizę pracy instalacji fotowoltaicznej dla budynku biurowego wyposażonego w centrum przetwarzania danych.

XI. Uwagi i komentarze

Po przeczytaniu rozprawy doktorskiej nasuwają się następujące uwagi ogólne:

- (1) W pracy nie jest opisane zagadnienie synchronizacji danych pomiarowych uzyskanych z różnych typów sensorów, które działają z różną częstotliwością próbkowania;
- (2) Przygotowanie systemu pomiarowego powinno uwzględniać rejestrację wartości ujemnych z czujników temperaturowych, gdyż w przeciwnym przypadku badania eksperymentalne są niekompletne, a uzyskane wyniki mało reprezentatywne;
- (3) Tytuł pracy sugeruje, że główny nacisk zostanie położony na opracowanie algorytmów sterowania dla inteligentnego budynku. Praca koncentruje się jednak na systemach pomiarowych, projektach wykonawczych instalacji w budynkach inteligentnych, zbieraniu danych oraz ich analizie ilościowo-jakościowej. W związku z czym tytuł pracy jest mało reprezentatywny.
- (4) W pracy daje się zauważyć brak formalnego opisu zastosowanych metod, technik i opracowanych algorytmów. Dominują opisy słowne, a załączone kody źródłowe są formą implementacji a nie definicji.

Podczas czytania pracy nasunęły się następujące uwagi szczegółowe:

- (1) Strona 9: jest 'W badania wykorzystano ...', powinno być 'W badaniach wykorzystano ...';
- (2) Strona 9: ostatnie zdanie na stronie 'W pierwszej części dla istniejącego ...' jest stylistycznie niepoprawne;
- (3) Strona 16: w zdaniu 'Dzięki zaawansowanym systemom ...' brakuje podmiotu;
- (4) Strona 16: jest 'Jego celem, jest stworzenie ...', powinno być bez przecinka;
- (5) Strona 17: w zdaniu 'W literaturze znajdziemy wiele przykładów ...' termin 'CPD' jest utożsamiany z 'Big Data' co nie jest zrozumiałe;
- (6) Strona 18: jest '... często przeważają początkowe wydatkami', powinno być '... często przeważają początkowe wydatki';
- (7) Strona 19: określenie 'Smart Obiekty' nie funkcjonuje w języku polskim;
- (8) Strona 25: jest '... automatyki Budynkowej', powinno być '... automatyki budynkowej';
- (9) Strona 26: termin 'RTI' użyty w tabeli 1 jest nie wyjaśniony;
- (10) Strona 31: zdanie 'W oprogramowaniu KNX ...' jest stylistycznie niepoprawne;
- (11) Strona 35: jest 'W rozdziale 6 ...', powinno być raczej 'W rozdziale 7 ...';
- (12) Strona 38: sformułowanie 'najbardziej optymalne rozwiązania' nie jest poprawne;

- (13)Strona 40: sformułowanie '(5 obiegów o parametry temperatury czynnika grzewczego ...' jest stylistycznie niepoprawne;
- (14)Strona 40: zdanie 'Dla pomieszczeń biurowych wynosi ...' nie jest powiązane poprawnie z poprzedzającym zdaniem;
- (15)Strona 44: jest '... oraz dysk Magnetyczny ...', powinno być '... oraz dysk magnetyczny ...';
- (16)Strona 46: w tabeli 5 jest w nagłówku 'Dzień', a w opisie poniżej 'Dzien';
- (17)Strona 46: jest 'Zdublowane adres grupowy ...', powinno być 'Zdublowany adres grupowy ...';
- (18)Strona 59: nie jest wyjaśnione w jaki sposób wyliczane są współczynniki korelacji w tabeli 7;
- (19)Strona 73: autor pisze 'Na rysunku 33 został pokazany zaprojektowany aktuator przełączający ...', przy czym urządzenie jest produkcji firmy Theben;
- (20)Strona 75: zdanie 'Sterowanie Wentylacją odbywa się ...' jest stylistycznie niepoprawne;
- (21)Strona 82: jest '... systemu PPOŻ. Zasilanie elektrozaczeu ...', powinno być '... systemu PPOŻ zasilanie elektrozaczeu ...';
- (22)Strona 82: paragraf 'Ad. 4. Projekt Monitoringu Wizyjnego' jest pusty;
- (23)Strona 92: jest 'Stąd przeprowadzoną szczegółową ...', powinno być 'Stąd przeprowadzono szczegółową...';
- (24)Strona 93: jest 'W serowni, w trakcie ...', powinno być 'W serwerowni, w trakcie ...';
- (25)Strona 96: jest '... było wykorzystanie narzędzi informatycznym ...', powinno być '... było wykorzystanie narzędzi informatycznych ...';
- (26)Strona 97: jest '... klimatyzacja zwykle projektowany jest tak ...', powinno być '... klimatyzacja zwykle projektowana jest tak ...';
- (27)Strona 101: zdanie 'Świadczy to o niewłaściwej układu sterowania klimatyzacją' jest stylistycznie niepoprawne;
- (28)Strona 105: zdanie 'Techniki takie jak rekuraryzacja ...' jest stylistycznie niepoprawne;
- (29)Strona 107: nie jest jasne co oznacza termin 'RMSE~1';
- (30)Strona 107: jest '... iż najlepszym modele predykcyjnym ...', powinno być '... iż najlepszym modelem predykcyjnym ...';
- (31)Strona 114: opis rysunku 68 jest stylistycznie niepoprawny;
- (32)Strona 135: jest 'W analizowanych okresie ...', powinno być 'W analizowanym okresie ...';
- (33)Strona 136: jest '(po 9marca)', powinno być '(po 9 marca)' lub '(po 9. marca);
- (34)Strona 145: zdanie 'Choć pojedyncze urządzenie trochę za niską moc ...' jest stylistycznie niepoprawne;
- (35)Strona 148: jest 'Random Firest', powinno być 'Random Forest';
- (36)Strona 150: jest '... wykonana z ostała ...', powinno być '... wykonana została ...';
- (37)Strona 154: nie jest wyjaśnione skąd wziął się wskaźnik opisany wzorem (5).

XII. Ocena ogólna i wnioski końcowe

Stwierdzam, że autor rozprawy doktorskiej udowodnił prawdziwość postawionej hipotezy badawczej. W tym celu zastosował odpowiednie podejście systemowe umożliwiające kompleksowe zrozumienie problemu badawczego a następnie dobór metodologii badawczej, która bazowała na pracach eksperymentalnych oraz analizie jakościowej i ilościowej uzyskanych wyników. Przedstawiony schemat badań jest właściwie zaplanowany i zgodny z zasadami prowadzenia badań naukowych. Tym samym doktorant potwierdził swoje predyspozycje do uzyskania stopnia naukowego doktora nauk technicznych.

Dodatkowym atutem prowadzonych badań i uzyskanych wyników jest ich praktyczne zastosowanie w rzeczywistych warunkach inżynierskich. Wdrożenie opracowanych rozwiązań do praktyki inżynierskiej dowodzi nie tylko użyteczności naukowej pracy, ale także jej istotnego znaczenia aplikacyjnego w kontekście rozwiązywania realnych problemów technicznych.

Recenzowana rozprawa doktorska mgra inż. Adama Kuli spełnia warunki określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574 z późn. zm.), w szczególności rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, a przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Wnoszę o przyjęcie rozprawy oraz jej dopuszczenie do publicznej obrony.

Paweł Skruch