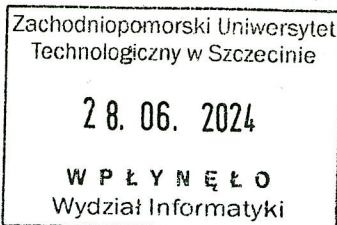


Dr hab. inż. Andrzej Pieczyński, prof. UZ
Instytut Sterownia i Systemów Informatycznych
Uniwersytet Zielonogórski
Licealna 9,
65-417 Zielona Góra
Fax: 48 68 3254615
Email: A.Pieczyński@issi.uz.zgora.pl

Zielona Góra, 21 czerwiec 2024



RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Łukasza Kupracza
pt. *Metody predykcji w szeregach czasowych oparte na sztucznej inteligencji w
wybranych procesach złożonych*
opracowana na zlecenie Rady Wydziału Informatyki
Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie

I. Obszar problemowy rozprawy

Rosnąca złożoność procesów analizowana w zakresie statyki objawia się często nieliniowościami utrudniającymi ich modelowanie oraz różnym charakterem dynamiki opisywanej w dziedzinie czasu obserwacji. Analizowane złożone procesy obejmują zjawiska w różnych dziedzinach naszego życia: społeczne, ekonomiczne, techniczne, przyrodnicze i inne. Monitorowanie złożonych procesów w dziedzinie czasu zazwyczaj związane jest z tworzeniem szeregów czasowych powiązanych z rejestrowaniem kolejnych próbek mierzonych lub wyliczanych w oparciu o system pomiarowy lub wybrany model procesu. W przypadku podejmowania działalności związanej z różnymi zadaniami decyzyjnymi powiązanych z złożonymi procesami istotne jest przewidywanie skutków podejmowanej decyzji lub zmian w obserwowanym procesie. Wskazane zadania często są realizowane w wykorzystaniu systemów realizujących predykcję zachowań złożonego procesu. W literaturze znanych jest wiele opracowań zawierających opis różnych metod prowadzenia zadania predykcji. Jednakże realizacja zadania predykcji dla złożonych procesów jakimi zapewne są zjawiska w zakresie epidemiologii lub systemów makroekonomicznych ze względu na złożoność, dynamikę zachodzących procesów oraz silne nieliniowości

Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie
Wydział Informatyki
stwierdzam
zgodność z oryginałem
Szczecin, dnia 2025-01-24

STARSZY SPECJALISTA

mgr Magdalena Wróblewska

charakterystyk statycznych, stanowi problem trudny i eksplorowany w wielu ośrodkach naukowych. Dodatkowym utrudnieniem prowadzenia zadania predykcji w oparciu o szeregi czasowe dla analizy rozprzestrzeniania się wirusa SARS-Cov-2 lub Inflacji było uwzględnienie wpływu otoczenia poprzez szczepienia, różne warunki klimatyczne czy różne uwarunkowania gospodarcze analizowanych krajów.

W zaawansowanych systemach decyzyjnych często rozpatruje się sytuacje, w których decydent spotyka się informacjami, niepewnymi, niepełnymi lub nieprecyzyjnymi. W takich sytuacjach zastosowanie znanych prostych modeli decyzyjnych nie daje dużej wiarygodności co do przewidywanych efektów podjętej decyzji. W tym zakresie ważnym zagadnieniem jest przygotowanie dobrej jakości modelu opartego na połączeniu kilku znanych modeli w celu zbudowania systemu hybrydowego podnoszącego wiarygodność spodziewanych efektów podjętej decyzji. Biorąc pod uwagę, że w pracy omawia się badania dotyczące implementowania kilku zaadoptowanych znanych metod lub modeli stosowanych w predykcji stanów procesu należy stwierdzić, że badania podejmowane w tym zakresie są bardzo aktualne, gdyż opracowanie bardziej efektywnych algorytmów i technik wydobywania wiedzy z baz danych zawierających szeregi czasowe pozwala na zwiększenie niezawodności i wiarygodności systemów decyzyjnych działających w złożonych procesach społecznych jak również makroekonomicznych. W tym świetle podjęte w danej rozprawie badania są aktualne i dotyczą „poszukiwania przydatnego systemu do przewidywania rozprzestrzeniania się wirusa, które powinny polegać na opracowaniu metody i modelu pozwalającego wykonywać precyzyjne prognozy w złożonych warunkach społecznych i ekonomicznych w oparciu o publicznie dostępne dane w trybie online w horyzoncie predykcji do 3 tygodni”. Autor pracy postawił następującą hipotezę badawczą, cytując:

„Dla wybranego państwa i dowolnie wybranego interwału czasowego daje się opracować model zmian statystycznych w pandemii i inflacji oraz opartą na nim metodę prognozowania, taką, która w porównaniu z metodami referencyjnymi daje błędy najmniejsze”

Ponadto w opisie hipotezy badawczej autor zdefiniował mechanizm oceny jakości predykcji stanów złożonych procesów w następującej formie, cytując:

„Dokładność tak wyselekcjonowanej metody powinna być oceniana jako wystarczająca w percepcji społecznej według ocen środowiska akademickiego konfrontującego te dokładności z wynikami umieszczonymi w publikacjach naukowych”

Tak sformułowana hipoteza rozprawy wraz z omówionym na stronach 11 celem pracy dobrze określają zakres badawczy na tle znanych rozwiązań literaturowych. Zadaniem naukowym postawionym w pracy badawczej jest zbudowanie efektywnego narzędzia prognostycznego

opartego na wybranych elementach sztucznej inteligencji działającego w obszarze danych statystycznych pandemii COVID-19 oraz inflacji.

Autor analizując stan badań w zakresie stosowanych przez różne zespoły badawcze metod przewidywania rozprzestrzeniania się wirusów lub przebiegu zmian inflacji wskazał na ograniczoną stosowalność tych znanych metod statystycznych dla złożonych procesów, które zawierają wiele atrybutów, ograniczających wiarygodność prognoz a zarazem umożliwiających generowanie prognoz w krótkim horyzoncie czasowym. Po przeprowadzeniu analiz własności statystycznych dostępnych szeregów czasowych oraz uwarunkowań środowiskowych i jakości informacyjnej tych danych Autor pracy zaproponował przeprowadzenie adaptacji trzech znanych modeli matematycznych do opracowania metod predykcji rozprzestrzeniania się wirusa SARS-Cov-2 oraz rozszerzenie dwóch modeli do zbudowania metody z rozszerzeniami do predykcji inflacji. Zaliczamy do nich następujące metody:

1. Dla zadania predykcji rozprzestrzeniania się wirusa:
 - 1) multiregresję z wykorzystaniem pseudoinwersji Moore'a-Penrose'a,
 - 2) łańcuchy Markova,
 - 3) metoda n-najbliższych sąsiadów;
2. dla zadania predykcji inflacji:
 - 1) metoda regresji wielomianowej,
 - 2) metoda wygładzająca splajnami.

W obszernej części eksperymentalnej pokazano, że zaproponowana adaptacja znanych modeli matematycznych oraz wybranych elementów sztucznej inteligencji może zapewnić dobrą efektywność wydobywania wiedzy z baz danych wymagana do budowy odpowiedniej jakości modelu predykcyjnego zapewniającego dobrą jakość predykcji w różnych warunkach rejestracji szeregów czasowych opisujących stany złożonych procesów. W rozprawie dokonano weryfikacji jakości prognozowania zaproponowanych i zaimplementowanych metod prognozowania stanów w różnych horyzontach czasowych dla danych pobieranych z ogólnie dostępnych danych opisujących opisywane w pracy złożone procesy. Pokazano, że zaproponowane adaptacje wybranych modeli matematycznych pozwalają zbudować odpowiedniej jakości systemy prognostyczne, które pozwolą osiągnąć dobrej jakości modele referencyjne użyte w systemie decyzyjnym. Testy działania poszczególnych metod wykazały dobrą jakość generowanych w prognozach stanów. Procedury stosowane w algorytmach uczenia i ewaluacji jakości otrzymanych modeli zrealizowano z wykorzystaniem różnych środowiskach informatycznych, znanego środowiska skryptowego Matlab i specjalnie przygotowanej autorskiej aplikacji zaimplementowanej w środowisku języka Python.

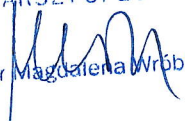
Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie
Wydział Informatyki
stwierdzam
zgodność z oryginałem
Szczecin, dnia 2025-01-24

STARSZY SPECJALISTA

mgr Magdalena Wróblewska

Załączone w pracy liczne przykłady symulacyjne oraz wyniki w postaci wykresów i tabel wraz z komentarzami potwierdzają dobrą efektywność i skuteczność zaproponowanych algorytmów prognozowania stanów złożonych procesów w długim horyzoncie czasowym (do 21 dni). W przyszłości relatywnie prosta rozbudowa hierarchicznego systemu wzbogaconego o modele neuronowe lub neuro-rozmyte może poprawić jakość uzyskiwanych prognoz oraz rozszerzyć grupę złożonych procesów dla których omawiane modele wzbogacą wspomaganie systemów decyzyjnych.

Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie
Wydział Informatyki
stwierdzam
zgodność z oryginałem
Szczecin, dnia 2025 -01- 24

STARSZY SPECJALISTA

mgr Magdalena Wróblewska

II. Koncepcja oraz realizacja rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska o ogólnej objętości 224 stron, składa się z pięciu rozdziałów, krótkiego wstępu, celu, tezy i zakresu rozprawy, oraz podsumowania z kierunkami dalszych badań pozwalających na szersze zastosowanie opracowanych metod prognostycznych. Załączony wykaz cytowanej literatury jest stosunkowo obszerny i liczy 154 pozycji w tym 25 z zasobów internetowych i dobrze odzwierciedla stan badań w tym zakresie na świecie i w kraju. Wszystkie pozycje zawarte w wykazie literatury zostały wykorzystane w obszernym opisie stanu wiedzy na tematy omawiane w pracy. Niestety autor pracy w wykazie wskazał tylko jedną pracę w której jest współautorem (poz. 121).

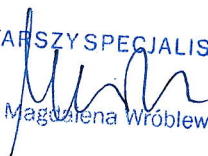
Rozdział pierwszy, nazwany wprowadzenie, zawiera bogatą merytorycznie analizę stanu wiedzy na temat rozprzestrzeniania się wirusa oraz zmian poziomu inflacji w różnych krajach, wpływy tych zjawisk na społeczeństwo oraz oceny skuteczności predykcji stanów tych zjawisk realizowanych przez różne systemy budowane w kilku ośrodkach badawczych. Ponadto w tym rozdziale autor opisał cel pracy, przedstawił przyjętą hipotezę i plan prac badawczych.

W rozdziale drugim, omówiono zaproponowane metody analizy szeregów czasowych, ich własności i doprecyzowano problem badawczy. W rozdziale tym krótko zwrócono uwagę na znaczenie metod wydobywania wiedzy z baz danych w zadaniu prognozowania stanów w procesie wspomagania decyzji.

Rozdział trzeci i czwarty w całości obejmują zagadnienia związane z badaniem dokładności zaprezentowanych metod predykcji dla problemu rozprzestrzeniania się wirusa (rozdział 3) i prognozowania inflacji (rozdział 4). Autor w tych rozdziałach omówił plan prac badawczych oparty o podejście GQM. W dalszej części tych rozdziałów zostały omówione procedury badawcze oraz uzyskane wyniki badań dokładności zaproponowanych metod przy różnych uwarunkowaniach monitorowania badanych złożonych procesów. W końcowej części tych rozdziałów przedstawiono analizę dokładności predykcji.

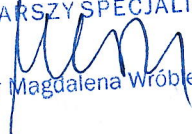
Część piąta pracy nazwana *konkluzje* zawiera omówienie przeprowadzonych badań oraz analizę otrzymanych wyników. W przedstawionych eksperymentach symulacyjnych wykorzystano autorskie programy oraz przeprowadzono ewaluację jakości uzyskanych modeli. Rozdział zawiera dużą liczbę wyników eksperymentów bazujących na bazie danych uzyskanych z publicznych baz. Załączone wyniki symulacyjne dobrze ilustrują zastosowania zaproponowanych metod do prognozowania stanów złożonych procesów opisanych za pomocą szeregów czasowych.

Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie
Wydział Informatyki
stwierdzam
zgodność z oryginałem
Szczecin, dnia 2025-01-24

STARSZY SPECJALISTA

mgr Magdalena Wróblewska

Na podstawie przedstawionego skrótowego omówienia treści całej rozprawy doktorskiej, stwierdzam że jej Autor wykazał się dobrymi umiejętnościami formułowania problemu badawczego oraz jego rozwiązania z wykorzystaniem właściwych metod i technik badawczych. Rozprawa ma charakter teoretyczny, przy czym do opisu zastosowano zadawalający formalizm matematyczny z punktu widzenia nauk ścisłych. W odniesieniu do tytułu rozprawy pojawia się wniosek odnoszący się do ubogiej analizy zastosowań różnych elementów sztucznej inteligencji w rozwiązaniu postawionego problemu.

Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie
Wydział Informatyki
stwierdzam
zgodność z oryginałem
Szczecin, dnia 2025-01-24

STARSZY SPECJALISTA

mgr Magdalena Wróblewska

III. Oryginalne osiągnięcia


Udowadniając sformułowaną hipotezę oraz realizując wyznaczone cele badawcze, Autor rozprawy uzyskał kilka oryginalnych wyników naukowych do których między innymi zaliczam:

1. Zaproponowanie autorskich metod predykcji w szeregach czasowych.
2. Opracowanie metody korekcji błędu ECM zwiększającej dokładność prognozowania, polegającej na uczeniu się na błędach prognoz wartości historycznych. Metoda ukazuje mechanizm zastosowania wybranych elementów sztucznej inteligencji do osiągnięcia lepszej dokładności prognozowania.
3. Poszerzenie narzędzi dostępnych w analizie szeregów czasowych poprzez dokonanie analizy porównawczej modeli predykcji w szeregach czasowych.
4. Analiza wpływu jakości dostępnych danych oraz przeprowadzanych eksperymentów na dokładności predykcji opartej na szeregach czasowych.
5. Przeprowadzenie obszernych badań symulacyjnych obejmujących zastosowanie wybranych elementów sztucznej inteligencji do wydobywania wiedzy z danych niezbędnej do budowy efektywnych systemów predykcji

Wymienione oryginalne osiągnięcia naukowe w częściowo zostały już opublikowane przez Autora w 1 publikacji współautorskiej w 2022 roku.

Mając na uwadze wyżej wymienione oryginalne osiągnięcia naukowe oraz bardzo skromny ale ściśle tematycznie powiązany z tematyką zawartą w rozprawie dorobek publikacyjny, uważam że Pan mgr inż. Łukasz Kupracz zrealizował założony cel badawczy oraz uzasadnił słuszność sformułowanej tezy. Ponadto wykazał się umiejętnościami samodzielnego rozwiązywania problemów naukowych z wykorzystaniem właściwych metod badawczych i na poziomie naukowym odpowiadającym wymaganiom przy realizacji rozpraw doktorskich z nauk ścisłych.

Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie
Wydział Informatyki
stwierdzam
zgodność z oryginałem
2025-01-24
Szczecin, dnia

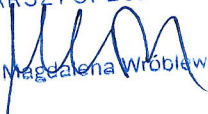
STARSZY SPECJALISTA

mgr Magdalena Wróblewska

IV. Komentarze i uwagi

Zachowując dobrą ocenę całej rozprawy doktorskiej chcę zwrócić uwagę na pewne niedociągnięcia ogólne oraz szczegółowe.

1. W pracy przeanalizowano dobór parametru n w metodzie k -najbliższych sąsiadów zastosowanej w predykcji zakażeń w pandemii. We wniosku zawartym na stronie 216 autor stwierdził, że wynik przeprowadzonych eksperymentów umożliwiłby znalezienie wartości optymalnej tego parametru. Niestety w pracy nie określono funkcji celu, którą należałoby optymalizować w celu znalezienia tej optymalnej wartości. Uzyskana w wyniku eksperymentów wartość może być jedynie uznana jako najlepsza w wybranym obszarze badań (suboptymalna)?
2. W rozprawie przedstawiono propozycję zastosowania wybranych metod matematycznych wydobywania wiedzy z szeregów czasowych i wykazano, że zapewniają one dobrą skuteczność budowy modeli predykcyjnych. Według mnie brak analizy, która pozwoliłaby porównać omówione w rozprawie wyniki z wynikami uzyskanymi z zastosowaniem innych technik spotykanych w literaturze, np. sieci neuronowych, modeli neuro-rozmytych przygotowanych z wykorzystaniem zaproponowanego systemu informacyjnego.
3. Bardzo ciekawym obszarem badań byłaby analiza skuteczności i dokładności predykcji w przypadku zastosowania zbiorów rozmytych i logiki rozmytej. Przesłankami zainteresowania tym działem reprezentacji informacji i przetwarzania danych są na pewno jakość dostępnych danych, często nieprecyzyjne opisy przedziałów zmienności liczby zakażeń i gęstości szczepień.
4. Na stronie 94 przedstawiono wzór (37) w którym zastosowano współczynniki określone empirycznie. Pojawia się pytanie na czym polegały eksperymenty i w jaki sposób wyznaczono wartości zadawalające? Czy optymalne? A jeśli optymalne to jaka była funkcja celu i kryterium optymalizacyjne?
5. Na stronie 105 pracy Autor bazując na przebiegach zamieszczonych na rys. 27 omówił analizę wyników z zastosowaniem odchylenia standardowego i poszukiwania outlierów. Może warto by analizę przebiegów uzupełnić wyliczając wariancję.
6. Na stronie 137 autor przedstawił wyniki eksperymentu związanego z predykcją wykorzystującą pseudoinwersję Moor'a-Penrose'a. Po dokonaniu analizy danych zawartych w tabelach 27 i 28 pojawia się pytanie dlaczego zmienna objaśniająca Y jest przesunięta o horyzont $4\text{-}h_p$ (daty z drugiej połowy września) a nie o $2\text{-}h_p$ jeżeli do

Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie
Wydział Informatyki
stwierdzam
zgodność z oryginałem
Szczecin, dnia 2025-01-24

STARSZY SPECJALISTA

mgr Magdalena Wróblewska

wyznaczenia wektora A należy badać przesunięcie o horyzont h_p . Macierz C zdefiniowana jest w pierwszych dwóch tygodniach sierpnia. Ponadto w przedstawionych tabelach brakuje danych referencyjnych do analizy błędu predykcji, jeżeli są tak duże rozbieżności w danych (tabela 32)?

7. Na stronie 142 przedstawiono wyniki badania dokładności predykcji dla kraju o niskiej gęstości szczepień, jakim była Uganda. W wykazie krajów o podobnej gęstości szczepień ponownie pojawia się Uganda. W ten sposób do analizy dokładności predykcji otrzymujemy 7 krajów dla horyzontu $h_p=7$. Zgodnie z zastosowaną metodą powinno być 6 krajów.
8. Na stronie 209 zostały przeanalizowane efekty wprowadzenia do systemu prognozowania optymalizacji parametru p . W opisie wyników autor porównując przebiegi wartości prognozowanych z optymalizacją i bez bazuje na graficznej analizie przebiegów (rys. 89). Taka metoda oceny jest bardzo uznaniowa i nie może być podstawą oceny wpływu mechanizmu optymalizacji. W tym przypadku należało dokonać analizy statystycznej biorąc pod uwagę takie wskaźniki jak odchylenie standardowe i wariancję lub błąd średniokwadratowy (MSE)?
9. W posumowaniu wyników badań na stronie 216 autor napisał, że zwiększenie horyzontu predykcji w metodzie n najbliższych sąsiadów skutkowało w każdym przypadku obniżeniem wartości błędu predykcji MAPE. Analizując wyniki badań opisane w tabeli 45 uzyskuje się odwrotne wnioski. Jak to wytłumaczyć ?
10. Na stronie 104 w tabeli 18 umieszczono kraje najbliższe według przyjętego kryterium do kraju bazowego. Analiza odległości przeprowadzana jest w oparciu o dane zawarte w tabelach 15, 16 i 17, w których zamieszczono dane dla innego zestawu krajów niż w tabeli 18. Jak dokonać analizy wyników przy takich różnicach danych?
11. Na stronie 100 informacja zawarta na rysunku 26 (podobnie dla rys. 50, strona 149) nie ma żadnej wartości informacyjnej – to jest przykład chaosu informacyjnego
12. Na stronie 103 (2 wiersz od dołu) jest zapis stanowiący skrót myślowy, cytuję: *Im mniejsza wartość dla danego kraju, tym bliższe jest położenie względem przebiegu kraju bazowego*” jak rozumieć położenie kraju względem przebiegu?
13. Na stronie 118 zamieszczono algorytm poszukiwania optymalnych parametrów dla metody predykcyjnej opartej na regresji wielomianem z optymalizacją parametrów. Procesowi optymalizacji podlegały dwa parametry $kwst$ i n . W tym miejscu ponownie pojawia się pytanie jaka była funkcja celu oraz mechanizm optymalizacji? Czy na pewno uzyskano wartości optymalne, a może tylko suboptymalne? I jakie były te

wartości? Proces optymalizacji przeprowadzono w środowisku MATLAB z wykorzystaniem określonych funkcji, zatem odpowiedzi na wyżej postawiono pytania można znaleźć w opisie tego środowiska.

14. Na stronie 143 (rys. 43 i 44) przedstawiono przebiegi szeregów czasowych skumulowanych dobowych zakażeń w horyzoncie predykcji h_p oraz przebieg APE dla badanego przypadku Ugandy. Pytanie: o jakim horyzoncie czasowym jest mowa w porównaniu do macierzy C przedstawionej na stronie 136 oraz wektora y opisanego w tabeli 28.
15. Na stronie 161 w tabeli 37 zamieszczono wyniki analiz wrażliwości modelu predycyjnego na zmiany horyzontu predykcji i liczby najbliższych sąsiadów. Z analizy danych wynika, że metoda jest mało, wrażliwa na zmiany tych parametrów.
16. Na stronie 205 w tabeli 49 umieszczono zestawienie metryki predykcji MSE dla wybranych krajów. W pracy zabrakło próby wyjaśnienia dlaczego dla Turcji uzyskano tak różne wyniki.
17. Na stronie 217 w podsumowaniu omówiono wyniki eksperymentów przeprowadzonych w celu zbadania wpływu szczepień na dokładność predykcji przy wykorzystaniu modelu opartego o multiregresję z pseudoinwersją Moore'a-Penrose'a. Autor w końcowej części tej analizy stwierdza, że uwzględnienie szczepień nie ma wpływu na dokładność predykcji, pisząc jednocześnie we wcześniejszej części tego akapitu, że badania w pierwszym oknie (początek szczepień) wykazały większą dokładność predykcji dla kraju z większą gęstością szczepień, natomiast w drugim oknie (szczepienia powszechnie dostępne) uzyskano odmienne wyniki. Zawarte w tym akapicie wnioski nie są spójne merytorycznie.
18. Na stronie 219 autor stwierdził, że atutem przebadanych metod predykcji jest szybkość wykonywanych obliczeń (metody nie są złożone algorytmicznie), wszystkie symulacje były wykonywane w czasie poniżej 5 sekund. W omawianych przykładach procesów dla których realizowano zadania predykcji występuje długa stała czasowa (godzinowa lub większa). Zatem wykonanie obliczeń w ciągu kilku minut można zaliczyć jako zadawalające. W opinii recenzenta ważnym parametrem tych metod powinna być dokładność predykcji i powtarzalność uzyskiwanych wyników.
19. Na stronie 220 autor opisał zagadnienia dotyczące relacji między gęstością szczepień a zamożnością badanych krajów. Wydaje się, że ta analiza znacznie odbiega od tematu omawianej pracy.


Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie
Wydział Informatyki
stwierdzam
zgodność z oryginałem
Szczecin, dnia 2025-01-24

STAŃCZY SPECJALISTA

mgr Magdalena Wróblewska

20. W części opisowej, w której przedstawiono metody stosowane do budowy modeli predykcyjnych występują opisy, w których w opinii recenzenta brakuje kompletnego opisu algorytmów.
21. W pracy zauważono kilka błędów stylistycznych i redakcyjnych. Do istotniejszych można zaliczyć:
- na stronie 15 w punkcie 4 powinno być *sterowania*,
 - na stronie 16 – 14 linia od dołu – oraz strona 18 – 5 linia od góry - powinno być *niniejszej*,
 - na stronie 71 – 3 linia od dołu – powinno być *Zaprezentowano matematyczny model wsparty na ...*,
 - na stronie 82 – 1 i 2 linia akapitu – powinno być $Y(0) - (0)$ uciekło do następnej linii,
 - na stronach 84, 104, 107 i 109 – ostatnia linia – ponownie uciekł numer lub nawias tabeli i rysunku do następnej linii,
 - na stronie 117 – 3 linia od dołu – powinno być *prób*,
 - na stronie 153 – 4 linia od góry powinno być *osi rzędnych*,
 - na stronie 162 – 12 linia od dołu – powinno być *Rys. 63*,
 - na stronie 204 – pierwszy akapit, 5 linia od góry – powinno być *zobrazowano*,
 - na stronie 207 – ostatnia linia – przy dowołaniu do wykresu nie podano numeru rysunku,
 - na stronie 217 – ostatnia linia - powinno być *wpływ położenia geograficznego na dokładność predykcji*.
22. Praca pod względem redakcyjnym jest dobrze opracowana, a kilka tzw. literówek nie obniża ogólnej dobrej oceny redakcyjnej.
23. Wykaz literatury zawiera pozycje aktualne i dobrze związane z tematyką rozprawy.

Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie
Wydział Informatyki
stwierdzam
zgodność z oryginałem
Szczecin, dnia ...2025-01-24.....

STARSZY SPECJALISTA

mgr Magdalena Wróblewska

V. Podsumowanie

Uwzględniając całą rozprawę doktorską, odnotowane wyżej oryginalne osiągnięcia naukowo-badawcze, jak również zamieszczone uwagi ogólne i szczegółowe, częściowo dyskusyjne, stwierdzam jednoznacznie że:

- a) recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr inż. Łukasza Kupracza spełnia wszystkie wymagania ustawy z dnia 20 lipca 2018 r Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (art. 187) w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie *informatyka*;
- b) uwagi wyszczególnione w recenzji, częściowo dyskusyjne, nie ujmują i nie podważają w niczym wyniku pozytywnej oceny recenzowanej rozprawy doktorskiej;
- c) **wnoszę o przyjęcie rozprawy na Radzie Wydziału Informatyki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego i dopuszczenie jej do publicznej obrony.**



Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie
Wydział Informatyki
stwierdzam
zgodność z oryginałem
Szczecin, dnia 2025 -01- 24

STARSZY SPECJALISTA

mgr Magdalena Wróblewska