

Dr hab. inż. Bernard Polednik, prof. PL
Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska
Wydział Inżynierii Środowiska
Politechnika Lubelska

Recenzja

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Mateusza Rzeszutka
**„Optymalizacja ustawień wejściowych wybranych systemów modelowania
dyspersji zanieczyszczeń powietrza stosowanych w skali lokalnej”**

Podstawa opracowania recenzji rozprawy

Podstawą opracowania recenzji jest pismo WGGiIŚ/373-2/18 z dnia 24 października 2018 r. Dziekana Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Formalną podstawą jest Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668) i przepisy wprowadzające ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym (Dz.U. 2018 poz. 1669).

Znaczenie podjętej tematyki badawczej

Konieczność modelowania dyspersji zanieczyszczeń powietrza wynika między innymi z faktu, że niemożliwe jest, stosując nawet bardzo zaawansowane techniki pomiarowe, uzyskanie pożądanej ilości danych o stężeniach tych zanieczyszczeniach z bezpośrednich pomiarów.

Wybór odpowiedniego systemu (metodyki) modelowania dyspersji zanieczyszczeń powietrza spośród bardzo dużej liczby funkcjonujących i stosowanych systemów modelowania uzależniony jest głównie od celu oraz od oczekiwanych i możliwych do osiągnięcia efektów. Z tym ostatnim związane jest pojęcie jakości modelowania, która najogólniej określa czy zastosowany model prawidłowo odwzorowuje rzeczywiste stężenia zanieczyszczeń w rozpatrywanej skali przestrzennej. Na jakość modelowania w zasadniczy sposób wpływa złożoność obliczeniowa, której miarą jest między innymi ilość i jakość danych wejściowych oraz skomplikowanie procedury obliczeniowej – algorytmu.

Ocen jakości modelowania dokonuje się na podstawie wartości wielu statystycznych wskaźników i zdefiniowanych kryteriów. Optymalizację systemów modelowania dyspersji zanieczyszczeń powietrza przeprowadza się na podstawie porównywania wyników modelowania z wartościami obserwowanymi, wykorzystując przyjęte wskaźniki oceny modeli.

Aktualnie w Polsce obowiązującą metodyką referencyjną modelowania dyfuzji zanieczyszczeń powietrza jest metodyka określona w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz.U. nr 16, poz. 87). Wykorzystywany jest model smugi Gaussa I generacji, w którym przy obliczeniach zakłada się wiele warunków upraszczających. Analizę rozkładu stężeń prowadzi się w oparciu o statystyczne dane meteorologiczne, bez uwzględniania zmienności i różnorodności zachodzących w atmosferze zjawisk. Bardziej nowoczesne, rozbudowane modele pozwalają na krótkookresową analizę stężeń i dokładniejsze odwzorowanie dyfuzji zanieczyszczeń powietrza.

Recenzowana rozprawa doktorska *„Optymalizacja ustawień wejściowych wybranych systemów modelowania dyspersji zanieczyszczeń powietrza stosowanych w skali lokalnej”* bardzo dobrze wpisuje się w istotną problematykę związaną z metodologią poprawnego, wiarygodnego, empirycznie weryfikowalnego i prognostycznie skutecznego modelowania transportu, dyspersji i fizykochemicznych przemian zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym.

Ogólna charakterystyka rozprawy

Recenzowana praca została przez Autora podzielona na 9 rozdziałów, z których pierwszy to „Wprowadzenie”, a ostatni – „Podsumowanie”. Jako nienumerowane rozdziały wyróżniono „Literaturę”, a także „Spis oznaczeń i symboli” (na początku pracy) oraz „Spis rysunków”, „Spis tabel” i „Spis załączników” (na końcu pracy). Dołączono również 15 załączników zgrupowanych w 6 zestawach, które zawierają warianty obliczeniowe, wyniki eksploracyjnej analizy danych pomiarowych oraz oceny podstawowe i rozszerzone rozpatrywanych w pracy modeli dyspersji zanieczyszczeń powietrza. Całość jest zawarta również na dołączonej do wydrukowanej pracy płycie CD.

Ogółem praca liczy 408 stron, z czego 218 to załączniki. W rozdziale „Literatura” na 16 stronach zestawiono spis 333 cytowanych pozycji literaturowych (w tym 310 anglojęzycznych). Wśród cytowanych pozycji literaturowych jest 13 prac, których autorem lub współautorem jest Doktorant.

Oceniając spis cytowanej literatury, w tym tej najnowszej z bieżącego roku i z ostatnich 5 lat należy zauważyć, że dobór źródeł pozytywnie świadczy

o rozpoznaniu przez Doktoranta tematyki badawczej przed podjęciem badań oraz o rzetelnym udokumentowaniu przesłanek badawczych. Pewną refleksję może budzić fakt, że cytowana literatura w języku polskim dotycząca głównie szczegółowych przypadków modelowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym lub zagadnień związanych z jakością powietrza to tylko 23 pozycje (niecałe 7% wszystkich cytowanych prac). Ten relatywnie mały udział uzasadnia wybór tematyki badań prowadzonych przez Doktoranta i argumentuje potrzebę takich prac.

Układ rozprawy jest zgodny z tradycyjnym układem, w którym wyszczególnia się wstęp, cel i zakres pracy, część teoretyczną oraz część doświadczalną zawierającą metodykę badań, wyniki i ich dyskusję, wnioski oraz cytowaną literaturę. Poza pierwszymi dwoma rozdziałami rozprawa swym układem bardziej jednak przypomina monografię naukową.

Rozdział 1 „*Wprowadzenie*” zawiera krótkie uzasadnienie podjętego problemu badawczego, którym była optymalizacja ustawień wejściowych i porównawcza analiza wybranych systemów modelowania dyspersji zanieczyszczeń powietrza stosowanych w skali lokalnej i w obszarze o zróżnicowanym ukształtowaniu terenu. Podane zostały argumenty za wyborem do analizy optymalizacyjnej dwóch systemów modelowania AERMOD i CALPUFF. Pierwszy z nich AERMOD jest gaussowskim modelem smugi II generacji. Jest to model stacjonarny zakładający, że średnie 1-godzinne stężenia zanieczyszczeń we wszystkich odległościach są charakteryzowane przez stałe w czasie i przestrzeni warunki atmosferyczne. Model ten jest rekomendowany przez Amerykańską Agencję Ochrony Środowiska (U.S. EPA) do celów regulacyjnych w skali lokalnej dla płaskich i zróżnicowanych pod względem ukształtowania terenów. Z kolei CALPUFF (California Puff Model) to gaussowski model obłoku. Jest to model niestacjonarny bazujący na zmiennych w czasie i przestrzeni warunkach atmosferycznych. W rozdziale 1 umotywowano też potrzebę przeprowadzenia porównawczej analizy rozpatrywanych modeli oraz stosowanego w Polsce do celów regulacyjnych gaussowskiego modelu smugi I generacji.

Rozdział 2 zatytułowany jest „*Cel i zakres pracy*”. Określono w nim główny cel pracy, którym było uzasadnienie czterech tez dotyczących optymalizacji ustawień wejściowych systemów modelowania AERMOD i CALPUFF oraz funkcjonalności modelu smugi Gaussa I generacji. Sformułowano również kilka celów szczegółowych pracy. Wskazano przy tym na istotność przy realizacji tych celów danych teoretycznych oraz wyników eksperymentalnych, które przedstawiono w kolejnych rozdziałach pracy.

W Rozdziale 3 zatytułowanym „*Charakterystyka wybranych gaussowskich modeli dyspersji zanieczyszczeń powietrza*” podano w matematycznym ujęciu

założenia modeli AERMOD i CALPUFF i scharakteryzowano czynniki determinujące transport i dyspersję zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym. Opisano również użytkowe właściwości systemu modelowania dyspersji AERMET/AERMOD i CALMET/CALPUFF, w tym składowych narzędzi odpowiedzialnych za przygotowanie i przetwarzanie danych wejściowych.

W Rozdziale 4 – „Przegląd stanu wiedzy z zakresu oceny wybranych *gaussowskich modeli dyspersji*” zaprezentowano oceny skuteczności prognostycznej modeli AERMOD i CALPUFF, podstawą których były porównania wyników modelowania stężeń zanieczyszczeń z wynikami pomiarów instrumentalnych. Przedstawiono też oceny takich porównań dla innych stosowanych modeli dyspersji zanieczyszczeń powietrza. Podano również wyniki badań walidacyjnych rozpatrywanych modeli uwzględniających jakość wprowadzanych danych wejściowych. Badania skuteczności prognostycznej modeli rozpatrzono w przypadku, gdy źródłami zanieczyszczeń powietrza były obiekty przemysłowe, w tym kopalnie odkrywkowe lub gdy zanieczyszczenia pochodziły z terenów zurbanizowanych. Odniesiono się też do zagadnień związanych z modelowaniem dyspersji odorantów oraz ocen uciążliwości zapachowej powietrza.

Rozdziały 5 i 6 zatytułowane są odpowiednio „*Metodologia badań*” i „*Charakterystyka eksperymentalnych zestawów danych oceny modeli i analiza danych pomiarowych stężeń*”. W pierwszym z nich opisano eksperymenty terenowe do walidacji modeli, w tym podlegające ocenie ustawienia i dane wejściowe oraz założenia i warianty obliczeniowe dla modeli dyspersji AERMOD i CALPUFF oraz dla prostego modelu smugi Gaussa I generacji. Opisano metodologię walidacji modeli dyspersji zanieczyszczeń powietrza, statystyczne wskaźniki stosowane do ich oceny oraz kryteria, które powinny one spełniać. Zaprezentowano też zastosowaną metodykę analizy wyników obliczeń oraz opisano etapy podstawowej i rozszerzonej oceny modeli. W Rozdziale 6 przedstawiono charakterystykę eksperymentów terenowych, z których dane zostały wykorzystane do walidacji systemów modelowania dyspersji zanieczyszczeń powietrza. Przeprowadzono eksploracyjną analizę czynnikową danych pomiarowych zwracając przy tym uwagę na ich reprezentatywność dla okresu trwania eksperymentów w danych warunkach meteorologicznych i emisyjnych.

Dla oceny modeli wybrane zostały dane z trzech eksperymentów terenowych, które przeprowadzono w Stanach Zjednoczonych w obszarach niezurbanizowanych o zróżnicowanym ukształtowaniu terenu. Były to eksperymenty: Martin's Creek na granicy stanu Pensylwania i New Jersey, Lovett w stanie Nowy Jork oraz Tracy Power Plant w stanie Nevada; przeprowadzone w latach 80. i 90. ubiegłego wieku. Monitorowanymi substancjami był ditlenek siarki (SO_2) i znacznik w postaci heksafluorku siarki (SF_6), emitowane przez średnie i wysokie emitory punktowe (o wysokości od ok. 60 do 183 m) zlokalizowane w terenie o zróżnicowanym ukształtowaniu powierzchni.

Bardzo ważny jest Rozdział 7 zatytułowany „*Optymalizacja rozpatrywanych systemów modelowania dyspersji zanieczyszczeń powietrza*”, w którym Doktorant zaprezentował optymalizację ustawień wejściowych rozpatrywanych systemów modelowania. Optymalizacja ta polegała na ocenie skuteczności prognostycznej modeli oraz takim określeniu ustawień i zestawu danych wejściowych dla tych modeli, przy których obliczone stężenia zanieczyszczeń najmniej różniły się od zmierzonych stężeń. Podstawowa ocena dotyczyła określenia przydatności stosowania modeli do celów regulacyjnych. Celem rozszerzonej oceny było określenie możliwości wykorzystania modeli do różnorodnych celów badawczych. W przypadku modelu dyspersji AERMOD zostały przedstawione podstawowe i rozszerzone oceny skuteczności prognostycznej dla trzech baz danych, dla zróżnicowanych ustawień modelu i różnych zestawów danych meteorologicznych, w tym danych pochodzących z modelu prognoz meteorologicznych WRF. Dla modelu dyspersji CALPUFF przeanalizowane zostały ustawienia modelu determinujące procesy transportu i dyspersji zanieczyszczeń w powietrzu związane z zastosowaną rozdzielczością siatki obliczeniowej, cechami terenu, metodą wyznaczania współczynników dyfuzji atmosferycznej oraz z wykorzystywanymi zestawami danych meteorologicznych.

W Rozdziale 8 – „*Porównanie rozpatrywanych systemów modelowania dyspersji zanieczyszczeń powietrza*” na wykresach i w tabelach przedstawiono wartości parametrów oceny skuteczności prognostycznej modeli AERMOD i CALPUFF oraz modelu smugi Gaussa I generacji. Wartości tych parametrów podano zarówno dla wariantu oceny podstawowej jak i oceny rozszerzonej. Zaprezentowane wyniki były podstawą przeprowadzonej dyskusji nad efektywnością rozpatrywanych modeli w aspekcie ich wykorzystania do celów regulacyjnych oraz badań naukowych. Podjęto też próbę wyjaśnienia istotnie lepszych pod względem predykcji wyników ocen dla systemu modelowania CALMET/CALPUFF w porównaniu z wynikami ocen systemu modelowania AERMET/AERMOD. Zwrócono przy tym uwagę na różną konfigurację ustawień wejściowych obydwu systemów modelowania i wykorzystywane w nich odmienne metody obliczeniowe. Dotyczyło to między innymi niejednakowego sposobu wyznaczania prędkości tarciowej i korzystania z różnych metod określania współczynników dyspersji. W systemie modelowania CALMET/CALPUFF prędkości tarciowe wyznaczono tzw. metodą jednopoziomową bazującą na pomiarach temperatury przy powierzchni terenu, a w systemie modelowania AERMET/AERMOD stosowano metodę dwupoziomową wykorzystującą pomiary różnicy temperatur. Współczynniki dyspersji w modelu CALPUFF wyznaczano na podstawie klas stabilności atmosfery, a w modelu AERMOD na podstawie wartości parametrów mikroklimatu.

W Rozdziale 9 – „*Podsumowanie*” – Doktorant podkreślił, że przeprowadzone przez niego badania dotyczące określenia optymalnych ustawień wejściowych i ocen skuteczności prognostycznej dwóch wybranych systemów modelowania dyspersji zanieczyszczeń w powietrzu AERMOD i CALPUFF mają ograniczony charakter. Według Doktoranta ograniczenia te wynikały między innymi z korzystania w badaniach z zestawów danych, które dotyczyły tylko średnich i wysokich punktowych źródeł emitujących zanieczyszczenia. W odniesieniu do głównego celu pracy, którym było uzasadnienie czterech sformułowanych tez Doktorant stwierdził, że wszystkie zostały potwierdzone. Oprócz tego przedstawił wnioski odnoszące się do właściwości modeli AERMOD i CALPUFF. Dotyczyły one stosowalności danych pomiarowych, wysokości receptorów obliczeniowych, danych o wysokości terenu i danych meteorologicznych oraz optymalizacji procesu modelowania. Przy tym ostatnim wskazał optymalne ustawienia dla rozpatrywanych modeli. W końcowym fragmencie Doktorant sformułował kilka wskazań odnoszących się do modelowania dyspersji zanieczyszczeń powietrza. Przedstawił też dalsze kierunki badań, których efektem mogłaby być zwiększona skuteczność prognostyczna rozpatrywanych modeli dyspersji zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym.

Uwagi edycyjne

Wyszczególnione części pracy są logicznie ułożone. Praca jest napisana poprawnie gramatycznie i stylistycznie. Język pracy jest dość klarowny i zrozumiały pomimo systematycznego stosowania zdań wielokrotnie złożonych. Akceptowalne są występujące wydłużenia zdań i powtórzenia tych samych słów.

Edycja pracy jest staranna, chociaż w tekście zauważa się tzw. „literówki”. Nie wpływają one jednak na pozytywny odbiór całej dysertacji.

Spis literatury jest wykonany rzetelnie. Na podkreślenie zasługuje fakt, że w pracy cytowane są głównie najnowsze publikacje naukowe, w tym z 2018 roku. W tekście występują jednak różnice w sposobie cytowania tych samych publikacji. Przykładowo występuje cytowanie w postaci Brooke, Stiff i Webb, 2007 oraz Brooke et al. (2007) albo Petersen, Guerra i Bova, 2017 oraz Petersen et al. (2017).

W pracy można zauważyć pewne nieprecyzyjne tłumaczenia z języka angielskiego oraz niekonsekwentne stosowanie niektórych ważnych określeń. Przykładem różnie stosowanego określenia utrudniającego czytanie tekstu jest „modelowanie dyspersji zanieczyszczeń powietrza”. Spotykane jest w pracy „modelowanie dyspersji zanieczyszczeń w powietrzu”, „modelowanie dyfuzji zanieczyszczeń w powietrzu”, „modelowanie propagacji zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym”, „modelowanie transportu i dyspersji zanieczyszczeń w powietrzu”, „modelowanie transportu i dyfuzji zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym”,

„modelowanie transportu, dyspersji i fizykochemicznych przemian zanieczyszczeń w powietrzu”, „modelowanie rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w powietrzu”, „modelowanie propagacji zanieczyszczeń w powietrzu”, „modelowanie zanieczyszczeń powietrza”, „odwzorowanie transportu i dyspersji zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym”. Występuje też cała gama bliskoznacznych związków wyrazowych takich jak: „modelowanie poziomów stężeń zanieczyszczeń w powietrzu”, „prognozowanie poziomów stężeń zanieczyszczeń w powietrzu”, „symulacja dyspersji zanieczyszczeń w powietrzu”, „symulacja transportu i dyspersji zanieczyszczeń w powietrzu”, „badania procesu transportu i dyspersji zanieczyszczeń w powietrzu”, „obliczenia dyspersji zanieczyszczeń w powietrzu”, „prognozy stężeń zanieczyszczeń w powietrzu”, model transportu, chemii i dyfuzji zanieczyszczeń w powietrzu”, albo „transport i dyspersja zanieczyszczeń w powietrzu”, „dyfuzja i transport zanieczyszczeń w powietrzu”, „dyfuzja smugi zanieczyszczeń w powietrzu”.

Drugim przykładem niekonsekwentnie używanych określeń może być „obszaru o zróżnicowanym ukształtowaniu terenu”, który jest również opisywany jako „obszar o skomplikowanej orografii”, „obszar o silnie zróżnicowanym ukształtowaniu terenu”, „obszar o skomplikowanym ukształtowaniu terenu”, „zróżnicowany teren”, „teren o zróżnicowanym ukształtowaniu”, „skomplikowany teren”, „teren o skomplikowanej orografii”, „teren o skomplikowanym ukształtowaniu”, „teren o skomplikowanym ukształtowaniu terenu”.

W spisie oznaczeń i symboli nie umieszczono wszystkich, które stosowane są w tekście pracy, np. C_p , C_o , λ_1 , λ_2 , Φ_{zd} , Φ_{zi} , Φ_{zp} , ψ_{d1} , ψ_{d2} , AFB_3 , AFB_{24} .

Na stronie 73 i 74 przedstawiono takie same formuły do wyliczania FB_{FN} i FB_{FP} (wzór 32 i 33). Formuła na statystyczny wskaźnik oceny modeli *NAD* – *znormalizowaną bezwzględną różnicę* podana jest na stronie 74 dwa razy (wzór 34 i 40). Na tej samej stronie w tekście i wzorach stosowane są różne oznaczenia dla stężenia zanieczyszczenia wyznaczonego w oparciu o wyniki modelowania (C_{mod} i C_p) i dla zmierzonego stężenia zanieczyszczenia (C_{obs} i C_o).

Ocena merytoryczna

Doktorant przedstawił wyniki optymalizacji ustawień wejściowych wybranych systemów modelowania dyspersji zanieczyszczeń powietrza w skali lokalnej w terenie o zróżnicowanym ukształtowaniu. Optymalizację tę przeprowadził na podstawie oceny skuteczności prognostycznej rozpatrywanych systemów modelowania wykorzystując dane z trzech eksperymentów terenowych przeprowadzonych w Stanach Zjednoczonych. W przypadku systemu AERMOD przedstawił dość obszerne wyniki dotyczące wyboru najlepszych ustawień wejściowych związanych z rodzajem i zakresem danych meteorologicznych, z numerycznymi danymi modelu terenu, z metodą dostosowania prędkości tarcia, z metodą wyznaczania wysokości warstwy

mieszania oraz z parametrami mikroklimatycznymi. Przy określaniu optymalnych ustawień wejściowych systemu modelowania CALPUFF Doktorant przeanalizował również wpływ rozdzielczości siatki obliczeniowej i przygotowania danych przestrzennych, cech terenu i pola prędkości wiatru, metody wyznaczania współczynników dyfuzji atmosferycznej oraz wpływ klasy stabilności atmosfery i danych meteorologicznych. Oprócz optymalizacji ustawień wejściowych dwóch systemów modelowania dyspersji zanieczyszczeń powietrza Doktorant przedstawił też wyniki porównania skuteczności prognostycznej rozpatrywanych systemów modelowania oraz modelu smugi Gaussa I generacji stosowanego w Polsce do celów regulacyjnych.

Doktorant zrealizował główny cel swojej pracy, którym było uzasadnienie czterech tez:

1. Zastosowanie siatek obliczeniowych o różnych rozdzielczościach prowadzi do uzyskania istotnie różnych wyników oceny skuteczności prognostycznej systemu modelowania CALMET/CALPUFF w skali lokalnej, w obszarze o skomplikowanej orografii.

2. Dane z meteorologicznych modeli prognostycznych mogą stanowić realną alternatywę w przypadku braku reprezentatywnych danych pomiarowych dla modeli dyspersji zanieczyszczeń powietrza stosowanych w skali lokalnej, w obszarze o skomplikowanej orografii.

3. Model CALPUFF jest znacznie bardziej odporny na brak reprezentatywnych danych meteorologicznych w wybranym obszarze badań niż model AERMOD.

4. Prosty model smugi Gaussa pierwszej generacji stosowany w Polsce do celów regulacyjnych nie jest odpowiednim narzędziem do wykonywania ocen oddziaływania na jakość powietrza w skali lokalnej, w obszarze o skomplikowanej orografii.

W przypadku pierwszej tezy wyniki zaprezentowanych badań potwierdziły, że rozdzielczość siatek obliczeniowych ma istotny wpływ na skuteczność prognostyczną systemu modelowania CALMET/CALPUFF. Doktorant wykazał, że dane z meteorologicznych modeli prognostycznych, które są przedmiotem drugiej tezy pracy mogą w ograniczony sposób zastępować dane pomiarowe. Trzecia teza została potwierdzona w oparciu o badania, w których dla modelu CALPUFF przy stosowaniu ograniczonych zestawów danych meteorologicznych uzyskiwano zadawalające wyniki prognoz stężeń zanieczyszczeń. W przypadku modelu AERMOD stosowanie różnych danych meteorologicznych skutkowało uzyskiwaniem znacząco różniących się wyników. Ponadto, porównawcze analizy wskaźników oceny modeli przy rozpatrywanych warunkach meteorologicznych wykazały, że lepszym modelem jest CALPUFF. Argumentem uzasadniającym czwartą tezę pracy było niespełnianie przez model smugi Gaussa I generacji przyjętego w USA podstawowego kryterium oceny modeli dyspersji zanieczyszczeń powietrza (wartość $|FB_{RHC}| > 0,6$ dla najwyższych 1-

i 3-godzinnych stężeń zanieczyszczeń, niezależnie od jakości danych meteorologicznych). Model ten, w porównaniu z modelami AERMOD i CALPUFF, charakteryzował się też niższą skutecznością prognostyczną. W związku z powyższym Doktorant stwierdził, że *prosty model smugi Gaussa I generacji stosowany w Polsce do celów regulacyjnych nie jest odpowiednim narzędziem do wykonywania ocen oddziaływania na jakość powietrza w skali lokalnej, w obszarze o skomplikowanej orografii*.

Doktorant zrealizował również kilka celów szczegółowych związanych z konfiguracją ustawień wejściowych, kryteriami oceny, skutecznością prognostyczną oraz porównywaniem systemów modelowania dyspersji zanieczyszczeń powietrza.

Uzyskane informacje z przeanalizowanej w pracy bardzo dużej liczby wyników, które Doktorant uzyskał przy różnych wariantach ustawień wejściowych rozpatrywanych systemów modelowania, mogą być podstawą do poprawnego rozmieszczania receptorów i opracowania wzorcowego eksperymentu polowego wykorzystywanego do walidacji systemów modelowania dyspersji zanieczyszczeń powietrza.

Uwagi:

Znormalizowana niepewność $NMSE$, nazywana w pracy znormalizowanym średnim błędem kwadratowym, zgodnie ze wzorem 41 jest funkcją wymierną wskaźnika oceny modeli – FB określanego w pracy jako błąd systematyczny. W tekście pracy, w podpisach pod wykresami i w załącznikach do pracy przedstawiona jest więc zależność $NMSE$ od FB .

Podpisy pod niektórymi rysunkami powinny być czytelniej sformułowane. Przykładem jest podpis pod Rysunkiem 6.13 „Wykres ramka-wąsy stężeń 1-godz. SF_6 ze względu na lokalizację stacji monitoringu, przedziały prędkości wiatru, klasy stabilności atmosfery dla eksperymentu terenowego Tracy Power Plant”. Poprawniejszy byłby podpis – „Wykresy ramka-wąsy 1-godzinnych stężeń SF_6 dla różnie zlokalizowanych stacji monitoringu, różnych przedziałów prędkości wiatru i klas stabilności atmosfery w eksperymencie terenowym Tracy Power Plant”. Podobnie podpis pod Rysunkiem 7.4 (i analogicznych rysunkach), na którym przedstawiona jest zależność niepewności $NMSE$ od wartości wskaźnika oceny modeli FB dla różnych danych meteorologicznych (S1-S3) i różnych metod dostosowania prędkości tarcia (A1-A3). W podpisie pod Rysunkiem 7.11 (i analogicznych rysunkach), który prezentuje wykresy kwantyl-kwantyl nie podano rzędu kwantyli.

W załączniku 3 na rysunkach 8-10 wartości temperatury są wyrażone w stopniach Celsjusza, a nie jak podano w Kelwinach. W tym samym załączniku 3 na rysunkach 4-10 na osi rzędnych histogramów powinna być liczność (liczba obserwacji), a nie częstość.

Podsumowanie

Doktorant wykazał się umiejętnością formułowania i rozwiązywania problemu naukowego, prowadzenia badań z zastosowaniem prawidłowo dobranych metod badawczych oraz poprawnej prezentacji uzyskanych wyników. Wykazał też zdolność do krytycznej analizy rezultatów badań i wyciągania prawidłowych wniosków.

Drobne niedociągnięcia opisowe i edycyjne nie mają wpływu na ogólnie bardzo pozytywną ocenę ogromnego wkładu pracy włożonego przez doktoranta w wykonanie badań, opracowanie i analizę uzyskanych wyników.

Podsumowując, należy podkreślić znaczenie dysertacji dla nowoczesnego rozwiązywania istotnych zagadnień w inżynierii środowiska.

Wniosek końcowy

Uwzględniając wszystkie elementy oceny należy stwierdzić, że rozprawa doktorska stanowi wkład w rozwój nauki i spełnia kryteria Ustawy z dnia 14 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z późn. zm., zatem rekomenduję Radzie Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie dopuszczenie Pana mgr inż. Mateusza Rzeszutka do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Lublin, 14.11.2018 r.
.....

Powiednicki Beata