

prof. dr hab. Józef S. Pastuszka
Politechnika Śląska,
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki,
Katedra Ochrony Powietrza,
Centrum Nowych Technologii,
ul. Konarskiego 22B, 44-100 Gliwice

Gliwice, 29 grudnia 2018 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Mateusza Rzeszutka pt.

„Optymalizacja ustawień wejściowych wybranych systemów modelowania dyspersji zanieczyszczeń powietrza stosowanych w skali lokalnej”

PODSTAWA OPRACOWANIA

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie Dziekana Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, Pana prof. dr hab. inż. Stanisława Gruszczyńskiego.

CELOWOŚĆ PODJĘCIA TEMATU

W ostatniej dekadzie można było odnieść wrażenie, że rozwój problematyki modelowania dyspersji zanieczyszczeń przesuwają się z zakresu lokalnego, na modelowanie w skali regionalnej i międzykontynentalnej. Wydawało się bowiem, że w skali lokalnej zamiast obliczonych wartości pól stężeń zanieczyszczeń będzie można szeroko wykorzystywać rzeczywiste, zmierzone poziomy zanieczyszczenia, otrzymywane z gwałtownie rozwijających się sieci monitoringu powietrza. Paradoksalnie jednak wzrost gęstości sieci monitoringowych (w tym także wykorzystujących nisko-kosztowe sensory zanieczyszczeń) stworzył nowe zapotrzebowanie na modelowanie, ponieważ niemal wykładniczy wzrost strumienia danych pomiarowych, wraz ze wzrostem dokładności prognoz meteorologicznych, realnie umożliwił (*de facto* po raz pierwszy w dziejach) dokładne prognozowanie jakości powietrza w skali

lokalnej. Z tego względu, oraz z powodu rozpoczynającego się w Polsce (ale nie tylko) drugiego etapu ograniczania emisji zanieczyszczeń powietrza, opartego wreszcie na naukowych podstawach, można oczekiwać ponownej intensyfikacji prac nad modelami dyspersji zanieczyszczeń w skali lokalnej. Próbę zmierzenia się z tym problemem podjął Pan mgr inż. Mateusz Rzeszutek pod kierunkiem Pana Profesora dr hab. inż. Mariana Mazura, oraz dr inż. Roberta Oleniacza. Należy pogratulować zarówno Doktorantowi, jak i Jego Promotorowi i Promotorowi pomocniczemu właściwego rozpoznania nowych trendów i nowych potrzeb w modelowaniu rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń. Tym bardziej, że jak wykazano w pracy, aby można było podejmować właściwe decyzje dotyczące oddziaływania źródeł emisji na jakość powietrza należy dołożyć wszelkich starań, **szczególnie na etapie konfiguracji danych wejściowych**, aby zachować jak najwyższą skuteczność prognostyczną modelu.

Przedstawiona do recenzji praca doktorska jest zaawansowanym kompendium wiedzy na temat badania oceny efektywności modeli zarówno do celów regulacyjnych jak i badań naukowych. Należy podkreślić, że zaproponowana metodyka wymagała dużej wiedzy interdyscyplinarnej Autora, włączając w to wiedzę z zakresu statystyki matematycznej i oprogramowania.

Zatem, z perspektywy rozwoju nowoczesnych metod prognozy jakości powietrza, a szerzej inżynierii środowiska, zarówno **motywy badawcze recenzowanej rozprawy doktorskiej, jak też jej tematyka i cel należy uznać za uzasadnione i właściwe.**

ZAWARTOŚĆ ROZPRAWY

Głównym celem rozprawy doktorskiej jest określenie optymalnych ustawień wejściowych dla wybranych dwóch systemów; stacjonarnego i niestacjonarnego, modelowania dyspersji zanieczyszczeń w powietrzu.

W swoich rozważaniach Doktorant oparł się na dotychczasowym dorobku teoretycznym, związanym z modelowaniem dyspersji zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym i do rozwiązania postawionego sobie celu badawczego wykorzystał dwa systemy modelowania dyspersji zanieczyszczeń: AERMET/AERMOD, oraz CALMET/CALPUFF; jeden jako model stacjonarny, drugi jako niestacjonarny. Generalnie zgadzam się z takim podejściem, ale uważam, że uzasadnienie wyboru tych dwóch systemów nie jest zbyt przekonujące. Byłoby wskazane, aby Autor wyjaśnił bardziej szczegółowo, dlaczego dokonano takiego wyboru, tym bardziej, że aktualnie dostępne są inne modele, zarówno niestacjonarne, jak i stacjonarne.

Rozprawa liczy, wraz z załącznikami, 188 stron podzielonych na 8 rozdziałów.

W części teoretycznej (rozdział 3) bardzo krótko przedstawiono charakterystykę wybranych dwóch modeli dyspersji pomijając ich szczegółowy opis matematyczny, który niewątpliwie ułatwiłby zapoznanie się z przeprowadzoną przez Doktoranta analizą modeli. W kolejnych rozdziałach przedstawiono metodologię prowadzonych badań, szczegółowy opis stosowanych eksperymentów polowych i walidacji systemów modelowania. Zestawiono także uzyskane wyniki oceny systemu modelowania AERMET/AERMOD i CALMET/CALPUFF, stosując podział na ocenę podstawową i rozszerzoną. W rozdziale 8 zestawiono wyniki analizy porównawczej ww. systemów modelowania dyspersji, w celu określenia, który model charakteryzuje się lepszą skutecznością prognostyczną na potrzeby oddziaływania źródeł emisji na jakość powietrza. Dodatkowo, w rozdziale tym uwzględniono wyniki uzyskane dla gaussowskiego modelu smugi I generacji. Wprawdzie model ten jest powszechnie stosowany w Polsce do celów regulacyjnych, nie mniej jednak uważam, że został on tu marginalnie potraktowany.

Rozprawę kończy dyskusja i podsumowanie, w którym Autor bardzo dogłębnie odniósł się do innych danych literaturowych, co pozwoliło na sformułowanie kolejnych postulatów i wskazanie dalszych kierunków badań. Odnosząc się do perspektywy przyszłych badań, sugerowałbym, aby ponadto w przyszłości spróbować zmierzyć się z nowym, ale coraz częściej występującym problemem bardzo silnych wiatrów. Jak wiadomo, towarzysząca im turbulencja jest bardzo trudna do modelowania, ale powtarzające się epizody bardzo silnych wiatrów będą musiały być uwzględnione w krótko- i średnio-terminowych prognozach stężeń zanieczyszczeń powietrza.

Rozprawę zamykają: spis cytowanej literatury, oraz spisy rysunków i tabel. Biorąc pod uwagę zarówno ilość (ponad 300 pozycji), jak i wybór cytowanej literatury, należy sądzić, że w trakcie przygotowywania rozprawy Doktorant znacząco poszerzył zakres swojej wiedzy; nie tylko w obszarze objętym swoimi badaniami, ale również w szerszym wymiarze ochrony powietrza.

CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY I JEJ WARTOŚĆ NAUKOWA

Rozprawa doktorska dotyczy szeroko rozumianej problematyki matematycznego modelowania dyspersji zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym. Autor koncentruje się na przeprowadzeniu optymalizacji wybranych systemów modelowania dyspersji zanieczyszczeń

powietrza, które można stosować w skali lokalnej i na obszarze o silnie zróżnicowanym ukształtowaniu terenu (AERMET/AERMOD, CALMET/CALPUFF).

Z uwagi na duży wybór modeli dyspersji atmosferycznej bardzo ważną rzeczą jest dobór właściwego modelu o odpowiedniej jakości, co oczywiście w dużym stopniu zależy od jakości i ilości danych wejściowych. Błędy wynikające z tego powodu decydują o niepewności parametrycznej modelu. W celu określenia przydatności modelu do realizacji określonego zadania stosuje się również wskaźniki oceny modelu, które są parametrami statystycznymi opisującymi różnice pomiędzy wynikami pomiarów a wartościami obliczonymi (modelowanymi). Należy z uznaniem podkreślić, że problem ten został podjęty w pracy.

Doktorant pokazuje, jak dobrać model i zoptymalizować dane wejściowe, aby nie stracił on na swojej jakości. Przeprowadzona przez Autora ocena skuteczności prognostycznej stężeń systemów modelowania dostarcza informacji o optymalnych ustawieniach wejściowych systemu modelowania, które w dużej mierze decydują o jakości modelu, a tym samym prowadzą do uzyskania realnych poziomów stężeń. Z tych względów praca ma także walor praktyczny.

W mojej ocenie najważniejszym osiągnięciem Doktoranta, o charakterze nowatorskim, jest uwzględnienie wpływu poszczególnych konfiguracji systemu modelowania dyspersji na wyniki skuteczności prognostycznej modeli, równocześnie bazując na rezultatach uzyskanych z trzech eksperymentów terenowych. Pozwoliło to na dokonanie prawidłowej oceny skuteczności prognostycznej modeli.

Aspekt związany z wpływem poszczególnych konfiguracji danych wejściowych dla modelowania dyspersji zanieczyszczeń został szczegółowo omówiony, a przeprowadzone analizy pozwoliły na zdefiniowanie przez Doktoranta optymalnych ustawień danych wejściowych modelu AERMOD, jak i CALPUFF, dla zastosowań w skali lokalnej i terenu o zróżnicowanym ukształtowaniu, tak aby wyniki oceny skuteczności prognostycznej stężeń były jak najwyższe. Dodatkowo Autor wykorzystał cały zestaw parametrów statystycznych z uwzględnieniem przedziałów ufności dla niektórych z nich (istotnych z punktu widzenia określenia „skuteczności prognostycznej” modeli).

Generalnie, oceniam recenzowaną rozprawę jako ważną z punktu widzenia inżynierii środowiska.

UWAGI KRYTYCZNE

Praca jest bardzo dobrze napisana i starannie przygotowana pod względem edytorskim. Tym niemniej, lektura rozprawy nasuwa kilka krytycznych uwag.

1. Zauważyłem, że w rozdziale 7. 2. są błędy w oznaczeniach rysunków. Przykładowo, dwa rysunki, na str. 123 i 124 mają ten sam numer (7.20). Z kolei, w na str. 120, w tekście, mamy odniesienie do rysunku 7.3 *tylko o rysunek 7.16*. Na str. 126, w tekście, mamy odniesienie do rysunku 7.22 i 7.23, a chyba chodzi o rysunki 7.24 i 7.25.
2. Występują pomyłki w oznaczeniach symboli wariantów (np. na str. 127 w.2 od dołu jest M00-T2, a powinno być M00-T3, na str. 138 w. 8 od dołu, jest T2 a powinno być T3 itp.). To nieuporządkowanie stwarza pewne trudności w czytaniu tego rozdziału.
3. Na początku pracy zestawiono wykaz użytych symboli, ale uważam, że brakuje w nim zestawienia skrótów poszczególnych wariantów obliczeniowych, które w rozdziale 7 i 8 bardzo często się pojawiają. Jestem przekonany, że ułatwiłoby to czytanie pracy.
4. W rozdziale 5 są omówione i zinterpretowane parametry statystyczne stosowane przy ocenie jakości modelu. Jednak już w rozdziale 4 Autor odnosi się do niektórych z nich, np. na str. 26-27 mowa o RO_{RHC} , na str. 28 mowa o FB. To wprowadza pewne trudności w czytaniu, bowiem dopiero kilkanaście stron później są one wyjaśnione i opisane.
5. Należałoby poprawić spójność nazewnictwa. W szczególności:
 - a) System modelowania raz jest nazywany systemem modelowania AERMET/AERMOD, lub CALMET/CALPUFF a innym razem systemem modelowania AERMOD lub CALPUFF,
 - b) Na str. 160, w jednym akapicie raz Autor mówi o metodzie wyznaczaniu prędkości tarciovej, która dotyczy modelu AERMET lub CALMET, a w następnym zdaniu mowa jest o metodzie wyznaczania prędkości tarciovej w modelu AERMOD lub CALPUFF.
 - c) Autor raz używa sformułowania: „przedział ufności 95%, a następnym razem „poziom ufności $\alpha=0,05$ ”. Gdy mówimy o przedziale ufności to poprawne jest sformułowanie: przedział ufności 95%, lub na poziomie ufności 95%. W sformułowaniu „...na poziomie ufności $\alpha=0,05$, symbol α odnosi się do poziomu istotności i informuje na, że poziom istotności wynosi 0,05 (np. str.144 w.2, od dołu, oraz str. 145 w.10, od dołu).
6. Na str. 76, we wzorze 45, w mianowniku, powinno być: $RHC_{obs} + RHC_{mod}$

7. W rozdziale 6 przedstawione są wykresy „ramka-wąsy”. Brakuje jednak wyjaśnienia, co one obrazują (jakie wartości reprezentują: środek, ramka i wąsy – czy to jest: średnia, odchylenie standardowe i min-max, czy może mediana, kwartyle),
8. Na stronie 88 z analizy rys. 6.6 wynika, że dominują wiatry zachodnie a nie wschodnie jak Autor pisze w tekście.
9. W tekście na str. 156, w omówieniu rys. 8.6 Autor odnosi się do eksperymentu TR, który nie jest przedstawiony na tym wykresie, jak również do parametru AFB_A , który związany jest z parametrem MCM_A . W związku z tym przypuszczam, że pomyłone zostały opisy rys 8.6 z opisem rys. 8.7.
10. Pewnym mankamentem pracy jest brak streszczenia i streszczenia angielskojęzycznego.

Powyższe uwagi w żaden sposób nie umniejszają wartości rozprawy, którą oceniam pod względem merytorycznym bardzo wysoko.

PODSUMOWANIE

Wybór tematu należy uznać za trafny zarówno pod względem poznawczym, jak i aplikacyjnym. Przyjęty program badań został zrealizowany.

Pomimo przedstawionych w niniejszej recenzji kilku krytycznych uwag i wątpliwości, uważam, że Doktorant wykonał znaczącą pracę badawczą. Wykazał się niezbędną wiedzą i umiejętnością samodzielnego rozwiązywania trudnych zadań i problemów naukowych. W trakcie prowadzonych badań Doktorant uzyskał kilka interesujących i ważnych rezultatów. Jestem przekonany, że recenzowana praca spełnia kryteria ustawowe stawiane rozprawom doktorskim.

Zatem, wnoszę o dopuszczenie Pana mgr inż. Mateusza Rzeszutka do jej publicznej obrony przed Radą Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

