



Iwona S. Stachlewska  
ul. L.Pasteura 5, 02-093 Warszawa  
stachl@fuw.edu.pl; +48-22-5532046

Warszawa, 17 czerwca 2023r.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Przemysława Furmana,  
*"Identyfikacja stopnia narażenia społeczności na wybrane ksenobiotyki  
z wykorzystaniem analizy zanieczyszczenia powietrza oraz modeli  
transportu zanieczyszczeń i algorytmów uczenia maszynowego"*

Badania naukowe z pogranicza dziedzin, są jednymi z najtrudniejszych do prowadzenia, a jednocześnie dającymi najwartościowsze wyniki. Dysertacja i badania wykonane w ramach doktoratu przez pana mgr inż. Przemysława Furmana, należą właśnie do takich wielodyscyplinowych prac. Badania doktoranta łączą w wartościową całość wiedzę z fizyki (*zaplanowanie i przeprowadzenie terenowych eksperymentów, opracowanie metodyki badań, wskazanie miejsc badań, dobór aparatury*), chemii (*analizy stężeń i składu chemicznego pyłu zawieszonego pod wzgl. zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych*), geografii (*obliczenia transportu masy powietrza w celu pozyskania informacji o charakterze źródeł badanych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego*) oraz informatyki (*zastosowanie metod uczenia maszynowego do opracowania modeli identyfikacji stopnia narażenia społeczności*). Podjęte wysiłki owocowały powstaniem ciekawej pracy, kt. bohaterami są ksenobiotyki – tak interesujące z punktu widzenia medycyny ze względu na ich toksyczne, mutagenne i kancerogenne właściwości.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska, została wykonana pod kierunkiem ekspertów dr hab. inż. Mirosława Zimnocha, prof. AGH z Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej oraz dr hab. inż. Katarzyny Styszko, prof. AGH z Wydziału Energetyki i Paliw. Badania prowadzone przez doktoranta otrzymały wsparcie w ramach projektów finansowanych z krajowych oraz zagranicznych ścieżek finansowania, w szczególności Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój (PO WER) oraz Europejskiego Programu Współpracy w Dziedzinie Badań Naukowo-Technicznych (COST). W latach 2019-2023 (ostatnie 5 lat), doktorant miał wkład w powstanie 5 publikacji w czasopiśmie indeksowanych, w tym jw. Jednej pracy jest pierwszym autorem. Obecnie Hirsch Indeks doktoranta wynosi 3, a stosunkowo niewielka liczba cytowań (32) powinna 2-3 razy wzrosnąć w kolejnych latach.



Dysertacja ma formę monografii w kt. doktorant przedstawił wyniki profesjonalnie przeprowadzonych badań. Wybrany rodzaj pracy doktorskiej spełnia wymagania ustawowe i formalne. Rozprawa doktorska liczy 114 stron, została napisana w jęz. polskim. Treść pracy jest zgodna z tematem dysertacji. Układ pracy posiada wymagane elementy. Postawione hipotezy badawcze są poprawnie sformułowane, chociaż hipoteza druga wydaje się być dość trywialna (modele transportu zanieczyszczeń co do zasady mają pomagać w określeniu lokalizacji potencjalnych źródeł zanieczyszczeń!), pozostałe dwie są już mniej oczywiste. Stopień realizacji celi pracy został osiągnięty. Uzyskane wyniki są poprawne i nowatorskie, chociaż nie wyczerpują zagadnienia. Dobór oraz wykorzystanie źródeł literaturowych jest bez zastrzeżeń. Język pracy jest wystarczająco klarowny (doktorant nie uniknął nielicznych literówek). Jednak niespójnie stosowana w dysertacji forma (nie)/osobowa (czasem „zrobiono”, a czasem „zrobiłem”, „zrobiliśmy”) zaburza płynność lektury, ale i rodzi niepewność o wkład doktoranta w wykonanie niektórych prac. Po uważnym wczytaniu się, zaprezentowany materiał wydaje się być w znaczącej części samodzielny dziełem doktoranta.

Kompozycja rozprawy jest dość zwięzła. Zaczyna ją wprowadzenie, w kt. doktorant przedstawia cele i zakres prac. Potem następuje podział na przydługą część teoretyczną (23 strony), co poczytuję za próbę pewnego uporządkowania sobie pozyskanej wiedzy, jaka ze wzgl. na interdyscyplinarność tematyki musi być obszerna. Tutaj też doktorant opisuje przedmiot badań, streszcza w jaki sposób praca wpisuje się w trendy światowe, w prosty sposób wprowadza w aspekty interdyscyplinarności: Podając informacje dot. definicji, powstawania i źródeł wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, ich transportu oraz wpływu na środowisko i zdrowie człowieka. Wprowadzając w aspekty prognozowania jakości powietrza i wykorzystania w nim uczenia maszynowego i sztucznych sieci neuronowych. Następnie, w nieco krótszej (20 stron) części doświadczałnej doktorant opisuje obie kampanie pomiarowe przeprowadzone w Wadowicach i Krakowie, warunki meteorologiczne panujące podczas kampanii, oraz użytą aparaturę badawczą (pobornik i chromatografy gazowe). Ponadto, przedstawia metodykę pomiaru i jego obróbki, w tym bardzo dobrze opisuje parametry pozwalające na określenie jakości uzyskanych wyników doświadczalnych (dokładność, precyzję, liniowość) oraz definiuje granice wykrywalności i oznaczoności. Na koniec, podaje zakresy zmienności wskaźników narażenia użyte w modelach 2- (niski vs wysoki) i 3- (niski vs informowania vs alarmowy) stopniowych. Specyfikuje wykorzystane moduły oprogramowania *Azure Maschine Learning* oraz definiuje macierz błędów pozwalająca na określenie jakości prognoz modeli. Zabrakło mi tzw. dodatków, kt. zawierałyby listę symboli, oznaczeń wielkości fizycznych, akronimów występujących w pracy, co ułatwiłoby czytanie tekstu. Pracę kończy kompletny spis literatury.

Doktorant określił w wyczerpujący sposób przedmiot i zakres badań, kt. obejmowały pozyskanie informacji o stężeniach i składzie pyłów zawieszonych  $PM_{10}$  oraz analizy ich składu chemicznego. Na podkreślenie zasługuje ogromna ilość pracy jaka musiał wykonać aby zanalizować pozyskane próbki. W zasadzie, już sama ta część wykonanej pracy mogłaby być podstawą dysertacji.



Dodanie analiz modelu dyspersji mass powietrza HYSPLIT jest podejściem stosowanym i intuicyjnym. Ale już wartościowa próba wykorzystania algorytmów uczenia maszynowego do analiz narażenia jest nowatorska. Do tego celu doktorant użył 4 wybranych algorytmów: wektory nośne, regresję logistyczną, lasy losowe oraz sieci neuronowe. Przeszkadza mi fakt braku naukowego uzasadnienia wyboru właśnie tych, a nie innych algorytmów. Wybór odpowiedniego narzędzia uczenia maszynowego powinien być dostosowany do typu danych jakie posiadamy. Wydaje się, że doktorant doskonale znał charakterystyki i specyfikę danych pomiarowych jakie analizował, dlatego nie jest dla mnie do końca zrozumiałe dlaczego nie przeprowadził wstępnej eliminacji algorytmów, kt. do jego danych nie były odpowiednie. Czy nie należało oczekiwać efektu „przeuczenia” lasów losowych? Czy nie spodziewano się niskiej dokładności algorytmu regresji logistycznej? Czy zastosowanie „najpopularniejszych” algorytmów nie było tutaj nieuzasadnionym skrótem? Jakie rodzaje/klaszy sieci neuronowych mogłyby w przyszłości zostać przetestowane?

Mgr inż. Furman dobrze wykorzystał doskonałe w ciągu studiów doktoranckich umiejętności posługiwania się aparaturą badawczą i metodami obliczeniowymi. Kompetentne połączenie danych pomiarowych i symulacji modeli, pozwoliło na szeroką i wnikliwą analizę, co wydatnie rozszerzyło objętość i kompletność rezultatów. Przydatność zaproponowanej metodyki użycia sieci neuronowych oraz wskaźników mutagenności, kancerogenności oraz ekwiwalentu toksycznego działania jest tu kluczowa. Metoda została sprawdzona dla pomiarów wykonanych w dwóch różnych lokalizacjach, przy zmiennych warunkach meteorologicznych. Choć nadal wymaga ona dalszych testów na większej próbie, w innych lokalizacjach etc. z pewnością jest znaczącym przyczynkiem na drodze do poprawy istniejących systemów wczesnego ostrzegania i alarmowania o stanie jakości powietrza znacznie zagrażającemu zdrowiu społeczeństwa.

Recenzowaną rozprawę oceniam wysoko, ponieważ doktorant przedstawił oryginalne rozwiązanie postawionych celów badawczych uzyskując, poprzez interdyscyplinarne podejście do badań, nowe i wartościowe wyniki istotnie wzbogacające wiedzę nt. ksenobiotyków oraz wykorzystania uczenia maszynowego do przewidywania poziomu wskaźników narażenia na badane substancje.

Niniejszym stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Przemysława Furmana, zatytułowana *"Identyfikacja stopnia narażenia społeczności na wybrane ksenobiotyki z wykorzystaniem analizy zanieczyszczenia powietrza oraz modeli transportu zanieczyszczeń i algorytmów uczenia maszynowego"*, spełnia wymagania formalne i merytoryczne stawiane pracom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Iwona S. Stachlewska



