



Zachodniopomorski  
Uniwersytet Technologiczny  
w Szczecinie

**WYDZIAŁ TECHNOLOGII I INŻYNIERII CHEMICZNEJ**

prof. dr hab. inż. Rafał Rakoczy  
tel. 91 449 43 32  
email: rrakoczy@zut.edu.pl

Szczecin, 20.12.2024 r.

**Recenzja**  
**rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Dawida Szpadzika**  
**nt. „Badanie możliwości wykorzystania narzędzi statystycznych**  
**w analizach jakościowych w obszarach produkcyjnych”**  
**wykonanej pod kierunkiem naukowym**  
**promotora Pani prof. dr hab. inż. Wioletty Raróg-Pileckiej**

**1. Podstawa wydania opinii**

Podstawą wydania opinii o rozprawie doktorskiej Pana mgra inż. Dawida Szpadzika jest pismo od Pana prof. dra hab. inż. Tomasza Sosnowskiego, Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Chemiczna na Politechnice Warszawskiej, z dnia 23 września 2024 r. (przesyłkę z rozprawą doktorską otrzymałem w dniu 29.10.2024 r.).

Recenzowana rozprawa doktorska Pana mgra inż. Dawida Szpadzika została zrealizowana na Wydziale Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej pod kierunkiem Pani prof. dr hab. inż. Wioletty Raróg-Pileckiej. Postępowanie w sprawie nadania stopnia doktora prowadzone jest w dziedzinie nauk Inżynierijno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria chemiczna.

**2. Treść i zakres rozprawy doktorskiej**

W ocenie przedłożonej do recenzji rozprawy doktorskiej wzięto pod uwagę oryginalność i nowatorski charakter zrealizowanych badań, zasadność podjęcia tematyki badawczej, metodykę badań, dobór użytych metod oraz technik badawczych, jak również interpretację uzyskanych wyników oraz ich dyskusję w odniesieniu do aktualnego stanu wiedzy. Ponadto uwzględniono również osiągnięcia naukowe Pana mgra inż. Dawida Szpadzika.

Przedstawiona do recenzji praca doktorska porusza aspekty związane z zastosowaniem narzędzi statystycznych wykorzystywanych w analizach jakościowych, związanych z produkcją chemiczną (ściślej z procesem produkcji artykułów chemii gospodarczej). Doktorant tematykę swojej pracy doktorskiej związał z obecnie trwającą transformacją technologiczną i organizacyjną przedsiębiorstw określanej jako „czwartą rewolucją przemysłową” lub „Przemysłem 4.0”, polegającą na robotyzacji parku maszynowego lub cyfryzacji procesów produkcyjnych. W ramach tych działań wpisuje się praca doktorska Pana mgra inż. Dawida Szpadzika polegająca na opracowaniu „narzędzia pracującego na komputerze osobistym, stworzonego przy użyciu oprogramowania biurowego Microsoft Office oraz wykorzystującego algorytm uczenia maszynowego – naiwny klasyfikator Baysa”.

Pan mgr inż. Dawid Szpadzik oprócz opracowania narzędzia z zastosowaniem algorytmu uczenia maszynowego, które zastosowano w kontroli procesu produkcji płynnych środków czystości wykonał również „prace optymalizacyjne” związane z określeniem koniecznych do wykonania liczby badań fizykochemicznych.

Uczenie maszynowe ma obecnie zastosowanie w wielu dziedzinach, również w chemoinformatyce. Dzięki postępowi rozwoju sprzętu komputerowego i oprogramowania





Zachodniopomorski  
Uniwersytet Technologiczny  
w Szczecinie

## WYDZIAŁ TECHNOLOGII I INŻYNIERII CHEMICZNEJ

możliwym jest zastąpienie części badań laboratoryjnych symulacjami komputerowymi. W literaturze przedmiotu funkcjonuje termin *in silico* (analogia do terminów *in vivo*, *in vitro*), który określa badania numeryczne lub symulacje numeryczne, które wspomagają lub zastępują badania empiryczne. Jednym z aspektów interdyscyplinarnej inżynierii chemicznej jest modelowanie i testowanie rozwiązań konstrukcyjnych lub technologicznych, które opierają się na modelowaniu z zastosowaniem wyspecjalizowanych programów komputerowych. Interesującą alternatywą do tego typu oprogramowania jest użycie powszechnie stosowanych narzędzi informatycznych do opracowania aplikacji, które z powodzeniem mogą być zastosowane do opracowywania programów służących do szybkiej analizy dużych pakietów danych oraz usprawnienia realizowanych procesów technologicznych w zakładach przemysłu chemicznego.

W ostatnich latach wzrasta również znaczenie tzw. nadzorowanego uczenia maszynowego, które pozwala na zminimalizowanie czynnika ludzkiego w ocenie prac eksperymentalnych oraz analizować uzyskane z procesu technologicznego dane z większą precyzją. Tematyka przedstawionej do recenzji pracy doktorskiej pana mgra inż. Dawida Szpadzika wpisuje się w koncepcję zastosowania algorytmów sztucznej inteligencji w celu usprawnienia procesu kontroli jakości w procesie technologicznym. Doktorant zaproponował algorytm do weryfikacji działań laboratorium kontroli jakości w zakładzie produkcyjnym „Reckitt Benckiser”, który zaprojektował oraz wykonał z zastosowaniem pakietu Microsoft Office. Opracowany program z powodzeniem może posłużyć do ograniczenia użycia szkodliwych substancji chemicznych w procesie produkcyjnym; przyspieszenia procesu klasyfikacji próbek oraz redukcji kosztów związanych z prowadzeniem analiz fizykochemicznych.

Całość rozprawy ujęto redakcyjnie w dwunastu rozdziałach o zróżnicowanej objętości i różnym znaczeniu dla wartości pracy. Do dysertacji dołączono streszczenie w języku polskim i angielskim. Rozprawa doktorska Pana mgra inż. Dawida Szpadzika liczy 145 stron tekstu z licznymi rysunkami, tablicami i wykresami. Układ pracy odbiega od standardowo przyjętych form tego typu opracowań naukowych. Doktorant rozpoczął dysertację od rozdziału pt. „Układ pracy”, w którym omówiono treść tylko ośmiu rozdziałów. Sądzę, że ten rozdział mógłby zostać przeniesiony do innej części pracy. W rozdziale nr 1 brakuje informacji odnośnie danych zamieszczonych w rozdziale nr 12 pt. „Zestawienie omawianych testów”, który jest kluczowy do zrozumienia danych zamieszczonych w części eksperymentalnej pracy. W rozdziale nr 2 Doktorant podał wykaz stosowanych skrótowców. Słusznym byłoby uzupełnienie tego rozdziału o wykaz użytych w pracy symboli. W kolejnych częściach pracy został przedstawiony oraz cel pracy który moim zadaniem powinien być przedstawiony po części literaturowej (rozdział nr 4). W rozdziale nr 5 pt. „Część eksperymentalna” został przedstawiony podział pracy badawczej na trzy etapy, tj. stworzenie koncepcji algorytmu klasyfikacji binarnej; opracowanie algorytmu wraz z interfejsem użytkownika i zdefiniowanie optymalnych parametrów algorytmu oraz określenie czy zostały spełnione kryteria sukcesu. W rozdziale nr 6 i 7 odpowiednio omówiono wyniki badań i przedstawiono dyskusję wyników. Całość pracy zakończono wnioskami. Do rozprawy dołączono spisy literatury, tabel i rysunków.

W mojej ocenie w pracy został mocno zaakcentowany cel oraz w sposób jasny przedstawiono tezę, która jest związana z problemami, celami i pytaniami badawczymi, zdefiniowanymi w oparciu o identyfikację problematyki rozprawy na podstawie literatury przedmiotu oraz problemów związanych





z problemami eksploatacyjnymi przedsiębiorstwa. Należy podkreślić, że przedstawiony przez Doktoranta plan badawczy jest oryginalny oraz w pełni realizuje założony cel pracy.

## **2. Ocena merytoryczna rozprawy – uwagi ogólne**

Recenzowana rozprawa doktorska poświęcona jest opracowaniu programu stosowanego do analiz jakościowych w oparciu o zastosowanie narzędzi statystycznych oraz wykorzystującego metody z zakresu uczenia maszynowego. Stwierdzam, że Pan mgr inż. Dawid Szpadzik zrealizował program badawczy, pozwalający na uzyskanie wyników potwierdzających zasadność określonego w rozprawie celu. Rezultaty otrzymane z wykorzystaniem metod obliczeniowych uznaję za istotny wkład w rozwój prac badawczych związanych z aspektami procesu technologicznego. Na uwagę zasługuje fakt, że uzyskane wyniki mają duże znaczenie praktyczne i dzięki temu mogą zostać wdrożone w przedsiębiorstwie.

Po ocenie rozprawy doktorskiej uważam, że istota osiągnięć Doktoranta polega na:

1. Opracowaniu programu wykorzystującego uczenie maszynowe w celu wsparcia procesu kontroli jakości w funkcjonującym przedsiębiorstwie.
2. Wykorzystanie programu w celu ograniczenia czasu poświęconego na ocenę próbek pochodzących z procesu technologicznego oraz zmniejszenia zużycia materiałów i odczynników, co wpisuje się ściśle w obecne trendy związane z „zielonym przemysłem”.

## **3. Ocena strony formalnej rozprawy – uwagi szczegółowe**

Praca posiada elementy nowości, natomiast pomimo tego, że czyta się ją z zainteresowaniem, nie jest wolna od niedostatków koncepcji redakcyjnej. Ze względu na różnorodność i znaczenie uwag szczegółowych zostały zestawione one w dwóch grupach. W pierwszej grupie podano uwagi o charakterze formalno-porządkowym. W pracy doktorskiej Pana mgr. inż. Dawida Szpadzika można zauważyć niedociągnięcia w tej materii; wypunktowano je poniżej:

1. W pracy doktorskiej można znaleźć błędy stylistyczne, które nie wpływają na odbiór opisanego materiału badawczego. Doktorant stosuje branżowy żargon do określenia specyficznych zjawisk funkcjonujących w przedsiębiorstwach. W takich opracowaniach powinno się ograniczyć stosowanie tego typu zwrotów.
2. W streszczeniu wielokrotnie podawane są te same informacje. Generalnie w treści pracy można zauważyć tendencję do wielokrotnego powtarzania informacji o charakterze ogólnym (np. związanych z podziałem badań eksperymentalnych na trzy części).
3. Brak informacji czy Doktorant brał udział podczas wykonywania prac badawczych w przedsiębiorstwie.
4. Brak spisu stosowanych w pracy symboli.
5. Brak sformułowania hipotezy badawczej oraz podkreślenia nowości naukowej pracy doktorskiej.
6. Podpisy pod rysunkami nie zamykamy kropką, a jeśli jest wielozdaniowy, to kropkę stawiamy po każdym zdaniu z wyjątkiem ostatniego.



7. Doktorant w pracy operuje numerami testów (od tabeli 6.1). Brak jednak objaśnień w tekście pracy stosowanych oznaczeń testów.

W drugiej grupie uwag zestawiono zastrzeżenia o charakterze merytorycznym. W tym przypadku oczekuję wyjaśnień stanowiska Doktoranta podczas publicznej obrony pracy doktorskiej.

1. Proszę o wyjaśnienie czy przy opracowaniu algorytmu przyjęto jakiegokolwiek założenia upraszczające? Czy są jakieś ograniczenia w stosowaniu tego programu? Czy program może być stosowany do opisu i analizy innych procesów technologicznych?
2. Doktorant wielokrotnie w pracy postępuje się terminem optymalizacja. Czy została wyznaczona jakakolwiek funkcja celu? W jaki sposób została przeprowadzona optymalizacja z zastosowaniem opracowanego przez Doktoranta algorytmu?
3. Czy liczba próbek w poszczególnych testach miała wpływ na uzyskiwane rezultaty?
4. W jaki sposób Doktorant przeprowadził analizę ograniczenia kosztów kontroli jakości z zastosowaniem opracowanego algorytmu?
5. Przedstawione w pracy wyniki (wykresy TPR-FPR; krzywe ROC) wskazują na silną korelację pomiędzy wynikami algorytmu a rzeczywistymi etykietami pochodzącymi ze zbioru treningowego? Czy uzyskiwano również wyniki nie wskazujące na tego typu korelację? Czy tego typu wyniki mogą również przynieść informację dla kontroli jakości procesu technologicznego?
6. Proszę o wyjaśnienie sposobu prezentacji danych pokazanych na np. na rys. 6.8. Jakiego typu wskaźnik jest pokazany na osi OY? Czy zmienne na osi OX są w jakiś sposób uporządkowane?
7. Na str. 101 Doktorant wspominał o porównaniu uzyskanych produktów z wzorcem. Co było wzorcem w przedstawionych badaniach?
8. Na str. 103 Doktorant wspomina o prowadzeniu badań optymalizacyjnych. Proszę o wyjaśnienie jakiego typu były to badania.
9. Proszę o wyjaśnienie czy tego typu algorytmy są stosowane w praktyce. Czy można uzyskane przez Doktoranta wyniki zweryfikować innym modelem lub algorytmem?

Na zakończenie oceny należy wspomnieć o dorobku naukowym Pana mgr inż. Dawida Szpadzika. W dysertacji doktorskiej nie podano informacji o autorstwie publikacji naukowych. Bazując na informacji w serwisie ORCID pan mgr inż. Dawid Szpadzik jest autorem jednej publikacji w czasopiśmie „Przemysł Chemiczny”.

#### **4. Wniosek końcowy**

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Dawida Szpadzika spełnia wymagania formalne i zwyczajowe w odniesieniu do prac doktorskich oraz odpowiada wymogom ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. 2018 poz. 1668) z późniejszymi zmianami. Zwracam się zatem do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Warszawskiej o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.