

dr hab. inż. Eliaż Karłow, prof. AGH
Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków

Recenzja rozprawy doktorskiej

Tytuł rozprawy:

„Wpływ palenia papierosów elektronicznych i tradycyjnych na wybrane parametry układu oddechowego i sercowo-naczyniowego pacjentów, na podstawie analizy wektorów danych, uzyskanych z rejestracji wielomodalnych sygnałów biomedycznych”

Autor rozprawy: mgr inż. Joanna Chwał

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Paweł Kostka, prof. PŚ

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Rafał Doniec

1. Podstawa opracowania recenzji

Recenzja została sporządzona w związku z uchwałą Rady Dyscypliny Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej nr 84/2025 z dnia 16 października 2025 roku w związku z postępowaniem w sprawie nadania stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria biomedyczna dla mgr inż. Joanny Chwał. Rozprawa została przedstawiona w formie zbioru publikacji naukowych powiązanych wspólną problematyką badawczą dotyczącą analizy wpływu stosowania papierosów tradycyjnych (TC) i elektronicznych (EC) na wybrane parametry fizjologiczne, metaboliczne oraz behawioralne organizmu ludzkiego

opublikowanych głównie w 2025 roku. Wykaz publikacji stanowiących podstawę rozprawy obejmuje następujące pozycje:

- trzy artykuły w czasopismach indeksowanych o łącznym IF = 8 (PLoS ONE, IF = 2,6, MNiSW = 100 pkt; Applied Sciences, IF = 2,5, MNiSW = 100 pkt; Journal of Clinical Medicine, IF = 2,9, MNiSW = 140 pkt);
- dwie publikacje w Zeszytach Naukowych Politechniki Śląskiej — Organizacja i Zarządzanie (MNiSW = 70 pkt);
- jedną publikację w czasopiśmie Measuring and Computing Devices in Technological Processes (MNiSW = 5 pkt),
- dwie publikacje konferencyjne: w materiałach konferencji AIR-RES 2025 wydanych przez Springer (Communications in Computer and Information Science) oraz na 6th International Conference on Artificial Intelligence;
- dwa postery prezentowane na konferencjach międzynarodowych: IEEE Engineering in Medicine and Biology Conference oraz NBC & PCBBE.

W wykazie publikacji Doktorantka umieściła również artykuł wysłany do czasopisma Scientific Reports ze statusem „w recenzji”, którego danych nie udało się zweryfikować w bazie Web of Science, ani w zasobach biblioteki Politechniki Śląskiej. Na dzień opracowania recenzji publikacja [8] odnotowuje 4 cytowania, natomiast publikacja [9] — 2 cytowania według Google Scholar. Podstawę merytoryczną rozprawy, obok zbioru publikacji, stanowią: poszerzone streszczenie w języku polskim i angielskim, bibliografia, wykaz skrótów, opis stanowisk badawczych, oświadczenia współautorów o wkładzie autorskim oraz pozytywna uchwała nr 3/2025 Komisji ds. etyki badań naukowych prowadzonych z udziałem ludzi z dnia 11 marca 2025 roku. Doktorantka figuruje jako pierwszy autor we wszystkich przedstawionych publikacjach. Jej wkład obejmował: opracowanie koncepcji badań (prace nr 1, 3, 4, 6, 8, 10, 11), opracowanie metodologii (1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11), prowadzenie eksperymentów (1, 2, 3, 4, 6, 7, 11), analizę danych i interpretację wyników (1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11) oraz współautorstwo manuskryptów i materiałów prezentacyjnych (1–11). Z załączonych oświadczeń współautorów wynika, że udział Doktorantki miał charakter wiodący i samodzielny w kluczowych kwestiach merytorycznych, z deklarowanym średnim wkładem wynoszącym 58%.

2. Ocena merytoryczna rozprawy

Problematyka badawcza podejmowana w rozprawie wpisuje się w aktualne nurty naukowe w obszarze inżynierii biomedycznej obejmujące m.in. modelowanie fizjologiczne i farmakokinetyczne, obliczeniowe metody analizy danych biomedycznych, zastosowanie uczenia maszynowego w diagnostyce i wspomaganiu decyzji klinicznych oraz ilościowe modelowanie procesów epidemiologicznych i behawioralnych. Główny temat badawczy rozprawy dotyczy wieloaspektowej analizy wpływu stosowania papierosów tradycyjnych (TC, Traditional Cigarettes) i elektronicznych (EC, Electronic Cigarettes) na organizm człowieka oraz zachowania populacyjne, realizowanej z wykorzystaniem metod modelowania obliczeniowego i uczenia maszynowego. Istotnym wątkiem łączącym poszczególne publikacje jest dążenie do opracowania narzędzi symulacyjnych i predykcyjnych, które mogłyby wspierać projektowanie polityki zdrowotnej oraz personalizację programów terapeutycznych w obszarze uzależnień nikotynowych. Doktorantka sformułowała 11 hipotez badawczych przedstawionych na stronie 20 rozprawy. Hipotezy te cechuje znaczna różnorodność tematyczna, której towarzyszy jednak nie w pełni wystarczające uzasadnienie merytoryczne. Autorka wskazuje jedynie, że hipotezy sformulowano „w oparciu o przegląd literatury przedmiotu, wyniki badań wstępnych oraz interdyscyplinarny charakter rozprawy”, nie przytaczając jednak w sposób przekonujący argumentacji ani danych empirycznych, które stanowiłyby rzetelną motywację do podjęcia wskazanych wyzwań badawczych. Poszerzone streszczenie zawiera wielowątkowy przegląd literatury, w którym Doktorantka przytacza 50 aktualnych pozycji, w tym wartościowe źródła o wysokiej randze takie jak przegląd Cochrane (2014), raport WHO on Global Tobacco Epidemic (2023) oraz dane CDC. Omówiona literatura podkreśla szkodliwy wpływ palenia tytoniu na zdrowie oraz ryzyka zdrowotne związane ze stosowaniem poszczególnych produktów nikotynowych. Przegląd literatury koncentruje się w przeważającej mierze na aspektach klinicznych i medycznych, podczas gdy metodyczne osadzenie prowadzonych badań w literaturze z zakresu analizy danych i modelowania obliczeniowego pozostaje niewystarczające. Brakuje również czytelnego wskazania luki badawczej, którą recenzowana rozprawa wypełnia, oraz przekonującego uzasadnienia potrzeby podjęcia badań nad wybranymi problemami naukowymi. Utrudnia to ocenę oryginalności i pozycjonowania pracy na tle aktualnego stanu wiedzy. W publikacji [1] Doktorantka przeprowadziła analizę składu pierwiastkowego aerozoli generowanych przez papierosy tradycyjne oraz e-papierosy w warunkach zmiennego poziomu napełnienia zbiornika i przy zastosowaniu płynów o różnym pochodzeniu. Próbkę pozyskano za pomocą autorskiego stanowiska badawczego symulującego

warunki inhalacji, a następnie poddano analizie techniką EDS (spektroskopii rentgenowskiej z dyspersją energii). Na podstawie uzyskanych wyników Doktorantka stwierdziła, że w aerozolu tytoniowym dominowały składniki mineralne naturalnie obecne w tytoniu i bibulce, natomiast w aerozolu z e-papierosów przeważały metale, których obecność Autorka wiąże z degradacją materiałów konstrukcyjnych urządzenia. Wyniki te zostały zinterpretowane w szerszym kontekście. Doktorantka wskazuje, że na skład inhalowanego aerozolu wpływa nie tylko skład zastosowanego płynu, lecz również sposób użytkowania urządzenia. W związku z powyższym Autorka postuluje konieczność standaryzacji zarówno składu płynów do e-papierosów, jak i parametrów technicznych urządzeń stosowanych w badaniach eksperymentalnych. Doktorantka trafnie identyfikuje ograniczenia przeprowadzonych eksperymentów, wskazując na niepełną przydatność metody EDS do oceny toksykologicznej inhalowanych aerozoli. W publikacji [2] Doktorantka zaprojektowała i zaimplementowała fizjologiczny model farmakokinetyczny typu PBPK (*Physiologically Based Pharmacokinetic*) służący porównaniu dynamiki wchłaniania i dystrybucji nikotyny w organizmie po zastosowaniu papierosów elektronicznych oraz papierosów tradycyjnych. Podstawę matematyczną modelu stanowiły równania bilansu masy, prawo Ficka opisujące dyfuzję oraz kinetyka pierwszego rzędu dla procesów metabolizmu i eliminacji. Obliczenia przeprowadzono w środowisku MATLAB R2024b. W celu odwzorowania złożonych interakcji między parametrami fizjologicznymi model został rozszerzony o komponent predykcyjny oparty na algorytmie XGBoost, wytrenowanym na danych symulacyjnych. Zastosowanie metody uczenia maszynowego w połączeniu z modelem PBPK stanowi interesujące metodologicznie podejście hybrydowe, którego zasadność poza zwiększeniem dokładności modelu mogłaby zostać szerzej omówiona przez Autorkę. Na podstawie przeprowadzonych analiz Doktorantka zidentyfikowała istotne różnice w profilu farmakokinetycznym nikotyny między badanymi produktami, wynikające m.in. z odmiennej charakterystyki inhalacji oraz różnych dróg i kinetyki wchłaniania substancji czynnej. W publikacji [3] Doktorantka rozszerzyła opracowany uprzednio model PBPK (*Physiologically Based Pharmacokinetic*) o parametry uwzględniające otyłość, zaburzenia metaboliczne oraz choroby układu krążenia. Obliczenia przeprowadzono w środowisku MATLAB. Na podstawie przeprowadzonych analiz Autorka wywnioskowała, że odmienne wzorce farmakokinetyczne nikotyny obserwowane u osób z otyłością oraz dysfunkcją wątroby wskazują na istotną rolę drogi dostarczania nikotyny w kształtowaniu jej profilu farmakokinetycznego. W dyskusji Autorka zasadnie podnosi kwestię indywidualizacji programów zaprzestania palenia. Pewien niedosyt budzi jednak

precyzja w identyfikacji ograniczeń badania. Autorka zaznacza co prawda, że model koncentruje się na populacji dorosłych i nie obejmuje osób starszych ani kobiet w ciąży, niemniej zakres tych zastrzeżeń nie został w pełni wyartykułowany w podsumowaniu pracy. Można odnieść wrażenie, że część wniosków zwłaszcza tych formułowanych w kontekście klinicznym wykracza poza to, co można zasadnie wywnioskować z wyników, a przyjęte założenia nie zostały dostatecznie wyeksponowane w końcowych konkluzjach. W publikacji [4] Doktorantka opracowała model obliczeniowy symulujący proces degradacji termicznej materiałów grzałki e-papierosa pod wpływem cyklicznych zmian temperatury podczas nagrzewania i chłodzenia. Autorka wskazuje, że warunki ograniczonego przepływu powietrza przez urządzenie istotnie zwiększają ryzyko degradacji materiału grzałki, i postuluje konieczność badań w tym zakresie. W publikacji [5] Doktorantka opracowała hybrydowy model decyzyjny wspierający wybór optymalnej metody zaprzestania palenia, łączący analizę wielokryterialną Multi-MOORA (*Multi-Objective Optimization on Ratio Analysis*) z metodami sztucznej inteligencji. W ramach modelu przeanalizowano sześć kryteriów decyzyjnych: wiek inicjacji tytoniowej, miesięczne koszty palenia, emisję CO₂, czas przeznaczany na palenie, subiektywną łatwość rzucenia oraz wpływ na stan zdrowia. Obliczenia przeprowadzono w środowisku MATLAB R2024b. Autorka argumentuje, że opracowane narzędzie może stanowić wsparcie dla interwencji ukierunkowanych na zaprzestanie palenia. Należy jednak wskazać istotne ograniczenia zaproponowanego podejścia wynikające m.in. z nieuwzględnienia szeregu metod zaprzestania palenia takich jak: terapie behawioralne, farmakoterapia czy nikotynowa terapia zastępcza (NRT). Pominięcie tych opcji zawęży aplikacyjny zasięg modelu. W publikacji [6] Doktorantka opracowała rozszerzony dynamiczny model przedziałowy zdefiniowany jako SIQ+P+E+H+X, oparty na strukturze modelu epidemiologicznego SIR (*Susceptible – Infected - Recovered*) wykorzystujący układ równań różniczkowych. Model służy symulacji przejść między stanami behawioralnymi związanymi z używaniem produktów nikotynowych, obejmującymi inicjację palenia, zaprzestanie, nawrót oraz przejście na użytkowanie papierosów elektronicznych. Kalibracji modelu dokonano w oparciu o dane epidemiologiczne Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) oraz wyniki przeglądu systematycznego Cochrane. W ramach analizy scenariuszowej Doktorantka przetestowała kilka wariantów interwencji polityki zdrowotnej, w tym zwiększenie obciążeń podatkowych na wyroby tytoniowe, wprowadzenie całkowitego zakazu sprzedaży papierosów oraz intensyfikację kampanii profilaktycznych i antynikotynowych. Podejście to umożliwia ilościową ocenę potencjalnych efektów wybranych instrumentów regulacyjnych

w perspektywie populacyjnej. W publikacji [7] Doktorantka opracowała model symulacyjny procesu uzależnienia od nikotyny oparty na modelu Markowa. Symulacja obejmowała horyzont czasowy 20 lat i uwzględniała porównanie trzech kategorii produktów nikotynowych: papierosów tradycyjnych, papierosów elektronicznych oraz nikotynowej terapii zastępczej w postaci plastrów nikotynowych (NRT). Na podstawie uzyskanych wyników Doktorantka wywnioskowała, że użytkownicy papierosów elektronicznych charakteryzują się najkrótszym czasem potrzebnym do całkowitego zaprzestania stosowania produktów nikotynowych spośród analizowanych grup. Wyniki symulacji pozostają w zgodności z wnioskami opublikowanymi w przeglądzie systematycznym Cochrane (*Electronic cigarettes for smoking cessation*) z 2020 roku poświęconym skuteczności papierosów elektronicznych w zaprzestaniu palenia, co należy uznać za istotny argument na rzecz walidacji przyjętego modelu. W publikacji [8] Doktorantka przedstawiła wyniki badania kwestionariuszowego poświęconego zależnościom między relacjami rodzinnymi a zachowaniami związanymi z używaniem produktów nikotynowych. Do oceny uzależnienia od e-papierosów zastosowano kwestionariusz Penn State Electronic Cigarette Dependence Index (PSECDI), natomiast jakość relacji rodzinnych mierzono za pomocą narzędzia Family Relationship Assessment Scale (FRAS). Analizę statystyczną przeprowadzono z wykorzystaniem testu chi-kwadrat, analizy wariancji (ANOVA) oraz korelacji rang Spearmana. Na podstawie uzyskanych wyników Doktorantka stwierdziła, że użytkownicy e-papierosów deklarowali wyższy poziom wsparcia rodzinnego oraz niższe natężenie konfliktów w porównaniu z palaczami tytoniu oraz osobami używającymi obu rodzajów produktów jednocześnie. Ponadto, w oparciu o czynniki demograficzne, rodzinne i społeczne opracowano model predykcyjny dotyczący wpływu palenia na relacje rodzinne. W tym celu zastosowano algorytmy uczenia maszynowego: maszyny wektorów nośnych (SVM), metodę k-najbliższych sąsiadów (k-NN), drzewa decyzyjne oraz modele zespołowe (ensemble learning). Najwyższą dokładność klasyfikacji uzyskał model zespołowy (93,33%), następnie k-NN (90%), drzewa decyzyjne (83,33%) oraz SVM (80%). Zmienną o największej sile predykcyjnej okazała się ta opisująca wpływ palenia na relacje rodzinne. Do istotnych ograniczeń badania należy zaliczyć niewielką liczebność próby, wynoszącą 100 uczestników, co ogranicza możliwość uogólniania uzyskanych wyników na szerszą populację. W publikacji [10] Autorka podjęła próbę oceny wpływu palenia papierosów oraz korzystania z papierosów elektronicznych na stabilność postawy i parametry chodu. W ramach przeprowadzonych badań uwzględniono pomiary stabilometryczne realizowane w warunkach statycznych, jak również ocenę chodu na bieżni. Liczba uczestników badania wyniosła 60 osób i były to osoby związane

z Wydziałem Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej. Analiza wyników została przeprowadzona z wykorzystaniem metod statystycznych (zastosowano analizę ANOVA bądź test Kruskala–Wallisa) oraz analizy korelacji. Identyfikacja zmiennych potencjalnie różnicujących badane grupy została przeprowadzona z wykorzystaniem algorytmu RELIEF. Autorka opracowała modele klasyfikacyjne, które następnie wytrenowano z użyciem wybranych metod uczenia maszynowego. W szczególności wykorzystano modele oparte na drzewach decyzyjnych, maszynach wektorów nośnych (SVM), metodzie k-najbliższych sąsiadów (k-NN) oraz regresji logistycznej. Implementację modeli przeprowadzono w środowisku MATLAB. Na podstawie uzyskanych wyników Autorka sformułowała wniosek o występowaniu istotnych różnic pomiędzy analizowanymi grupami, jednocześnie wskazując, że interpretacja rezultatów powinna uwzględniać ograniczenia przeprowadzonego eksperymentu. Doktorantka w [9] podjęła się oceny wpływu stosowania produktów nikotynowych na wybrane parametry metaboliczne i skład ciała. Do analizy włączono pomiary antropometryczne (masa ciała, wysokość, wskaźnik BMI) oraz wskaźniki składu ciała (zawartość tkanki tłuszczowej, całkowita woda ustrojowa — TBW, masa mięśniowa), a także parametry metaboliczne (wiek metaboliczny) i czynniki stylu życia (czas pozostawiania w pozycji siedzącej, liczba spożywanych posiłków, ilość wypijanej kawy oraz napojów energetycznych). Pomiary przeprowadzono z wykorzystaniem analizatora składu ciała Tanita MC-780, opartego na metodzie bioimpedancji elektrycznej (BIA). Zastosowane metody statystyczne były adekwatne do charakteru danych, a analiza statystyczna została zrealizowana w środowisku Matlab 2024b. Na podstawie przeprowadzonych analiz Doktorantka opracowała model uczenia maszynowego służący klasyfikacji uczestników badania ze względu na status użytkownika - palacza tytoniu lub użytkownika papierosów elektronicznych. Model oparty na algorytmie Random Forest, zbudowany w oparciu o osiem najistotniejszych cech, osiągnął dokładność klasyfikacji na poziomie 61,1%, natomiast model wykorzystujący klasyfikator k-NN uzyskał dokładność wynoszącą 72,22%. Autorka wykazuje świadomość ograniczeń przyjętego podejścia badawczego. Dojrzałość naukową Doktorantki poświadcza obszerna dyskusja nad uwarunkowaniami przeprowadzonych analiz oraz ostrożność w formułowaniu wniosków przyczynowo-skutkowych. Autorka trafnie wskazuje, że zidentyfikowane zależności mogą być modyfikowane przez czynniki nieuwzględnione w badaniu takie jak status socjoekonomiczny, poziom stresu czy nawyki żywieniowe, co istotnie ogranicza możliwość ich jednoznacznej interpretacji. Uzyskane wyniki słusznie potraktowano jako punkt wyjścia do dalszych badań w tym obszarze, a nie jako rozstrzygnięcie postawionych pytań badawczych.

Uwagi krytyczne niewpływające na ogólną pozytywną ocenę:

- Tytuł rozprawy nie w pełni odzwierciedla zakres prowadzonych badań. Akcentuje on przede wszystkim parametry fizjologiczne, podczas gdy znaczącą część pracy stanowi opracowywanie modeli obliczeniowych farmakokinetycznych, epidemiologicznych i decyzyjnych. Ponadto tytuł nie sygnalizuje wątku modelowania jako wiodącego podejścia metodologicznego.
- Sformułowanie części hipotez wymaga doprecyzowania. Przykładowo, hipoteza 1 (str. 20) zawiera stwierdzenie „w zależności od warunków użytkowania”, które bez doprecyzowania zakresu i charakteru tych warunków pozostaje zbyt ogólne.
- Można odnieść wrażenie, że część wniosków, zwłaszcza tych sformułowanych w kontekście klinicznym, wykracza poza to, co można zasadnie wywnioskować z wyników, a przyjęte założenia nie zostały dostatecznie wyeksponowane w końcowych konkluzjach.
- Brak odniesienia do repozytoriów otwartego dostępu, w których mogłyby zostać udostępnione dane wygenerowane w toku przeprowadzonych eksperymentów.
- W tekście rozprawy pojawiają się sformułowania nadmiernie ogólne i nieweryfikowalne jak np. „wśród ekspertów pojawiają się głosy” (str. 15) — jak i błędy językowe, takie jak „najbardziej optymalny” (str. 33).
- W tekście rozprawy sporadycznie pojawiają się sformułowania charakterystyczne dla języka popularnonaukowego przykładem jest zwrot „the research delivers fresh knowledge” (str. 253).
- Rozprawa nie budzi zastrzeżeń redakcyjnych, z wyjątkiem kwestii czytelności wybranych materiałów graficznych. Wykresy zamieszczone w publikacjach [2] i [3] oraz szczególnie na str. 133,139,144, 157,175,179 i 190 są trudne do odczytania w wersji drukowanej, co utrudnia analizę prezentowanych danych i porównanie wartości między wykresami. Ponadto rysunek na stronie 175 różni się od wersji opublikowanej w zakresie połączeń między elementami.

3. Podsumowanie i wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa posiada wyraźny charakter interdyscyplinarny integrując modelowanie fizjologiczne i farmakokinetyczne z metodami sztucznej inteligencji oraz modelowaniem procesów epidemiologicznych i behawioralnych. Podejście Autorki wpisuje się we

współczesny nurt integracji wiedzy fizjologicznej z narzędziami analizy danych, zmierzający ku budowaniu modeli obliczeniowych na potrzeby medycyny. Doktorantka wykazała się dobrą znajomością oraz umiętnym stosowaniem zróżnicowanego warsztatu badawczego obejmującego modelowanie obliczeniowe, analizę statystyczną oraz metody uczenia maszynowego. Podsumowując merytoryczną ocenę rozprawy stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa przedstawia oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktorantki w dyscyplinie inżynieria biomedyczna oraz umiętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, a zatem spełnia wymogi określone w aktualnie obowiązującej ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz. U. z 2024 r. poz. 1571, z późn. zm. W związku z powyższym, wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Joanny Chwał do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.

Podpisał
Eliasz Kańtoch (podpis
odręczny)