

Łódź 02.07.2026

prof. dr hab. n.med. Marlena Broncel
Klinika Chorób Wewnętrznych
i Farmakologii Klinicznej
Uniwersytet Medyczny w Łodzi

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr farm. Łukasza Ledzińskiego
**pt. „Implementacja metod sztucznej inteligencji dla ułatwienia
podejmowania decyzji klinicznych w kardiologii”**
wykonanej w Katedrze Kardiologii i Farmakologii Klinicznej Collegium Medicum
im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu

Promotor:

prof. dr hab. n. med. Grzegorz Grzešek

Przedłożona do oceny praca doktorska mgr farm. Łukasza Ledzińskiego została przygotowana w formie rozprawy opartej na cyklu publikacji naukowych, poprzedzonych autorskim opracowaniem obejmującym wstęp, założenia i cele pracy, opis materiału i metod, omówienie uzyskanych wyników, dyskusję oraz wnioski. Rozprawa liczy 173 strony i zawiera trzy publikacje naukowe, w tym jedną pracę przeglądową „Artificial Intelligence Technologies in Cardiology” [IF -2,3; MNiSW:20] oraz dwie oryginalne prace badawcze opublikowane w recenzowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym „Predicting Mortality in Atrial Fibrillation Patients Treated with Direct Oral Anticoagulants: A Machine Learning Study Based on the MIMIC-IV Database” [IF 2,9; MNiSW-140]; “Personalized Medicine in Pulmonary Arterial Hypertension: Utilizing Artificial Intelligence for Death Prevention” [IF-2,9, MNiSW:140]. We wszystkich pracach Doktorant jest pierwszym autorem.

Praca została przygotowana w sposób zgodny z obowiązującymi wymaganiami formalnymi stawianymi rozprawom doktorskim opartym na publikacjach.

Układ rozprawy jest logiczny i przejrzysty, a poszczególne rozdziały tworzą spójną całość.

Tematyka rozprawy jest niezwykle aktualna i wpisuje się w jeden z najdynamiczniej rozwijających się kierunków współczesnej medycyny, jakim jest wykorzystanie metod sztucznej inteligencji oraz uczenia maszynowego do wspomagania decyzji klinicznych. Rozwój technologii AI stwarza nowe możliwości poprawy diagnostyki, stratyfikacji ryzyka oraz personalizacji terapii, szczególnie w kardiologii, gdzie liczba dostępnych danych klinicznych stale wzrasta.

Autor skoncentrował się na dwóch istotnych problemach klinicznych: przewidywaniu śmiertelności u chorych z migotaniem przedsionków leczonych doustnymi antykoagulantami oraz u pacjentów z tętniczym nadciśnieniem płucnym. Oba zagadnienia mają wysoką wartość praktyczną i odpowiadają aktualnym potrzebom współczesnej medycyny.

Cel pracy

Cel główny pracy został sformułowany jasno i jednoznacznie. Autor postawił sobie za zadanie opracowanie modelu predykcyjnego wykorzystującego algorytmy uczenia maszynowego w celu wspomagania decyzji klinicznych u pacjentów z chorobami układu sercowo-naczyniowego. Cele szczegółowe są logiczną konsekwencją celu głównego i zostały właściwie dobrane do przedstawionego materiału badawczego.

Ocena metodologii

Autor przedstawił szeroki zakres metod wykorzystywanych we współczesnym uczeniu maszynowym. Opis zastosowanych algorytmów, technik selekcji cech oraz metod interpretowalności modeli (SHAP) świadczy o dobrym przygotowaniu metodologicznym. Wykorzystanie wartości SHAP zwiększa możliwość praktycznego zastosowania modeli poprzez wskazanie wpływu poszczególnych zmiennych na decyzje algorytmu, co stanowi jeden z najważniejszych kierunków rozwoju współczesnej medycyny opartej na AI. Pozytywnie należy również ocenić zastosowanie wielu wskaźników jakości modeli (ROC-AUC, MCC, czułość, swoistość, dokładność), co pozwala na kompleksową ocenę ich użyteczności.

Największą wartością rozprawy jest praktyczne wykorzystanie nowoczesnych metod uczenia maszynowego do rozwiązywania rzeczywistych problemów klinicznych. Na uwagę zasługuje wykorzystanie dużych baz danych, w tym międzynarodowej bazy MIMIC-IV oraz krajowego rejestru pacjentów z tętnicznym nadciśnieniem płucnym.

Uzyskane wyniki mogą stanowić podstawę do dalszych badań nad wdrażaniem narzędzi sztucznej inteligencji do codziennej praktyki klinicznej.

Cykl publikacji przedstawia spójny rozwój zainteresowań naukowych Doktoranta – od przeglądu aktualnej wiedzy dotyczącej AI w kardiologii do samodzielnego opracowania modeli predykcyjnych oraz ich interpretacji.

W publikacji II „Predicting Mortality in Atrial Fibrillation Patients Treated with Direct Oral Anticoagulants: A Machine Learning Study Based on the MIMIC-IV Database” przeprowadzono analizę pięciu algorytmów uczenia maszynowego, których skuteczność oceniano na podstawie wartości AUC, współczynnika MCC, czułości, swoistości oraz dokładności klasyfikacji. Najwyższą skuteczność osiągnęły algorytmy **LightGBM** i **XGBoost**, przy czym model **LightGBM** wykazał największą czułość w przewidywaniu śmiertelności pacjentów z migotaniem przedsionków. Do cech o największym znaczeniu predykcyjnym należały długość pobytu na oddziale intensywnej terapii, wskaźnik współchorobowości Charlsona oraz liczba wcześniejszych hospitalizacji. Wśród parametrów laboratoryjnych model SHAP za najbardziej istotne uznał stężenia mocznika, hemoglobiny, sodu oraz dwuwęglanów.

W publikacji III „Personalized Medicine in Pulmonary Arterial Hypertension: Utilizing Artificial Intelligence for Death Prevention” Autor zidentyfikował najważniejsze parametry kliniczne, które mogą znaleźć zastosowanie w ocenie ryzyka oraz indywidualizacji postępowania terapeutycznego u pacjentów z tętnicznym nadciśnieniem płucnym. Największy wpływ na zdolność predykcyjną opracowanego modelu miały stężenie NT-proBNP w osoczu, wynik 6-minutowego testu marszowego (6MWT), wskaźnik TAPSE/sPAP oraz obecność płynu w worku osierdziowym w badaniu echokardiograficznym.

Przedłożona rozprawa doktorska jest opracowaniem wartościowym pod względem naukowym i metodologicznym. Niemniej jednak nasuwa kilka uwag, które mogłyby stanowić inspirację do dalszych badań.

1. Wskazane byłoby szersze omówienie możliwości zewnętrznej walidacji opracowanych modeli. Współczesne standardy badań z zakresu sztucznej inteligencji coraz częściej wymagają potwierdzenia uzyskanych wyników w niezależnych populacjach pacjentów.
2. Autor mógł szerzej odnieść się do zagadnienia kalibracji modeli predykcyjnych oraz ich potencjalnej integracji z istniejącymi skalami ryzyka wykorzystywanymi w praktyce klinicznej.
3. Jeżeli celem było stworzenie narzędzia wspomagającego decyzje kliniczne, to wykorzystanie zmiennych, które są znane dopiero pod koniec hospitalizacji, ogranicza praktyczną użyteczność modelu.

Dlaczego do budowy modelu wykorzystano zmienne takie jak całkowita długość hospitalizacji lub czas pobytu na oddziale intensywnej terapii, skoro wartości te nie są znane w momencie przyjęcia chorego i nie mogą być wykorzystane do wczesnej stratyfikacji ryzyka?

Jeśli rzeczywiście model korzysta z informacji dostępnych dopiero w trakcie lub po zakończeniu hospitalizacji, jego zastosowanie jako narzędzia do wczesnego wspomagania decyzji klinicznych staje się istotnie ograniczone.

4. Wnioski odpowiadają przedstawionym wynikom badań, jednak w mojej ocenie mają one charakter bardziej opisowy niż syntetyczny. Część z nich powieliła informacje dotyczące skuteczności modeli, natomiast zabrakło wyraźniejszego zaakcentowania ograniczeń związanych z brakiem zewnętrznej walidacji oraz ostrożniejszego sformułowania dotyczącego potencjalnego wpływu zastosowania modeli AI na poprawę wyników leczenia i efektywność systemu ochrony zdrowia. Są to bowiem hipotezy wymagające potwierdzenia w dalszych badaniach prospektywnych i implementacyjnych.
 - a. **Pierwszy i trzeci wniosek częściowo się powielają.** Stwierdzenie, że modele LightGBM i XGBoost wykazują wysoką skuteczność oraz informacja o osiągnięciu wysokich wartości AUC, czułości i swoistości odnoszą się do tego samego aspektu badań. Można było je połączyć w jeden bardziej kompleksowy wniosek.
 - b. **Wniosek czwarty wydaje się zbyt daleko idący w stosunku do przedstawionych wyników.** Autor stwierdza, że zastosowanie algorytmów uczenia maszynowego może przyczynić się do poprawy wyników leczenia oraz zmniejszenia obciążenia systemu opieki zdrowotnej. Takie twierdzenie ma charakter perspektywiczny i nie zostało bezpośrednio zweryfikowane w przeprowadzonych badaniach. Przedstawiona rozprawa ocenia skuteczność modeli predykcyjnych, natomiast nie analizuje ich wpływu na decyzje terapeutyczne, rokowanie pacjentów ani efektywność ekonomiczną systemu ochrony zdrowia
 - c. Wnioski koncentrują się głównie na parametrach technicznych modeli, natomiast w niewielkim stopniu odnoszą się do ich rzeczywistej wartości klinicznej.

Podsumowanie

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska stanowi wartościowe opracowanie naukowe dotyczące zastosowania metod sztucznej inteligencji w kardiologii. Autor wykazał umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych, prawidłowego doboru metod badawczych oraz krytycznej interpretacji uzyskanych wyników.

W mojej ocenie rozprawa mgr farm. Łukasza Ledzińskiego spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z późn. zm.) stawiane rozprawom doktorskim.

W związku z powyższym przedkładam Radzie Dyscypliny Nauk Farmaceutycznych wniosek o dopuszczenie mgr farm. Łukasza Ledzińskiego do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora nauk medycznych i nauk o zdrowiu w dyscyplinie nauki farmaceutyczne.



Signed by /
Podpisano przez:

Marlena Broncel

Date / Data:
2026-07-02 15:15

Marlena Broncel
5767452
prof. dr hab. n. med. Marlena Broncel
specjalista chorób wewnętrznych
i farmakologii klinicznej