

dr hab. inż. Paweł Pławiak, prof. PK i IITIS PAN Kraków, dn. 22.09.2023 r.
Katedra Informatyki,
Wydział Informatyki i Telekomunikacji,
Politechnika Krakowska,
Warszawska 24, 31-155 Kraków

Recenzja rozprawy doktorskiej

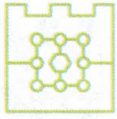
mgr inż. Szymona Busia

pt.: „Zastosowanie statystyk opartych na różnicach między kolejnymi odstępami RR w detekcji migotania przedsionków z wykorzystaniem metod uczenia maszynowego”

Promotor: dr hab. inż. Konrad Jędrzejewski

Praca doktorska Pana mgra Szymona Busia została wykonana na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej pod kierunkiem Pana dra hab. inż. Konrada Jędrzejewskiego. Tematyka rozprawy obejmuje temat zastosowania statystyk oraz wykorzystania uczenia maszynowego do detekcji migotania przedsionków. Autor w rozprawie skupił się na różnicach między kolejnymi odstępami RR.

Dysertacja zawarta jest na 105 stronach. Rozpoczyna się od wprowadzenia opisującego problem, cel i tezy, wkład autora oraz układ pracy. W kolejnych dwóch rozdziałach są omówione teoretyczne aspekty wykrywania migotania przedsionków oraz wykorzystanych w pracy metod analizy statystycznej i uczenia maszynowego. W kolejnych dwóch rozdziałach Autor opisuje część praktyczną rozprawy dotyczącą analizy właściwości diagnostycznych parametrów zmienności rytmu serca oraz wykorzystania tych parametrów do wykrywania migotania przedsionków przy użyciu algorytmów uczenia maszynowego. Bibliografia zawiera 128 pozycji, które zostały dobrane prawidłowo, ze znajomością prezentowanego zagadnienia.



Manuskrypt dobrze opisuje metodykę badawczą Doktoranta oraz pozwala na prześledzenie przyjętych w rozprawie hipotez badawczych definiujących cele dysertacji. Przedstawiony układ jest bardzo czytelny, poszczególne problemy są dobrze przedstawione oraz hipotezy badawcze są precyzyjnie zdefiniowane. Wyniki i ich dyskusja przedstawione są przejrzysto, a wnioski odnoszą się do postawionych hipotez badawczych. Podsumowanie zwięźle konkluduje założone cele wraz ze wskazaniem kierunków przyszłych badań i ograniczeń.

Badania Autora przedstawione w rozprawie zostały opisane w następujących 7 publikacjach:

1. S. Buś, K. Jędrzejewski i P. Guzik, "Statistical and Diagnostic Properties of pRRx; Parameters in Atrial Fibrillation Detection," *Journal of Clinical Medicine*, t. 11, nr. 19, s. 5702, sty. 2022. DOI: 10.3390/jcm11195702; MEiN = 140 pkt., IF = 3.9.
2. S. Buś, K. Jędrzejewski i P. Guzik, "A New Approach to Detecting Atrial Fibrillation Using Count Statistics of Relative Changes Between Consecutive RR Intervals," *Journal of Clinical Medicine*, t. 12, nr. 2, s. 687, sty. 2023. DOI: 10.3390/jcm12020687; MEiN = 140 pkt., IF = 3.9.
3. S. Buś, K. Jędrzejewski i P. Guzik, "Impact of Electrocardiogram Length on Diagnostic Properties of Heart Rate Variability Indices in Atrial Fibrillation Detection," w 2022 12th Conference of the European Study Group on Cardiovascular Oscillations (ESGCO), paź. 2022, s. 1–2. DOI: 10.1109/ESGCO55423.2022.9931356.
4. S. Buś, K. Jędrzejewski i P. Guzik, "Comparison of Effectiveness of Heart Rate Variability Indices in Differentiation of Atrial Fibrillation from Sinus Rhythm," w 2023 Signal Processing Symposium (SPSymo), Zaakceptowano dn. 2023-04-28, IEEE, 2023.
5. S. Buś, K. Jędrzejewski i P. Guzik, "Using Minimum Redundancy Maximum Relevance Algorithm to Select Minimal Sets of Heart Rate Variability



Parameters for Atrial Fibrillation Detection,” Journal of Clinical Medicine, t. 11, nr. 14, s. 4004, sty. 2022. DOI: 10.3390/jcm11144004; MEiN = 140 pkt., IF = 3.9.

6. S. Buś, K. Jędrzejewski i P. Guzik, “A Study on Selection of HRV-based Features for Different Classifiers in Atrial Fibrillation Detection,” w 2021 Signal Processing Symposium (SPSymo), IEEE, 2021, s. 31–34. DOI: 10.1109/SPSymo51155.2020.9593769.
7. S. Buś, K. Jędrzejewski, T. Krauze i P. Guzik, “Feasibility Study on the Use of Heart Rate Variability Parameters for Detection of Atrial Fibrillation with Machine Learning Techniques,” w 2020 Signal Processing Workshop (SPW), IEEE, 2020, s. 11–16. DOI: 10.23919/SPW49079.2020.9259140.

Na pozytywną uwagę zasługuje fakt, że we wszystkich wymienionych publikacjach Doktorant jest pierwszym autorem, niestety nie został podany dokładany wkład własny.

Z 7 publikacji trzy zostały opublikowane w czasopiśmie MDPI Journal of Clinical Medicine za 140 pkt. z IF = 3.9, a reszta to referaty konferencyjne co może budzić lekki niedosyt.

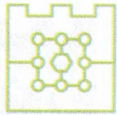
Niestety nie został podany całościowy dorobek publikacyjny Autora. W bazie Scopus widnieje 12 dokumentów Autora (3 artykuły i 9 konferencji), niestety zainteresowanie tymi pracami jest niskie o czym świadczy sumaryczna liczba cytowań wynosząca 18 oraz indeks Hirscha równy 3. Podobnie w bazie Web of Science znajduje się 10 dokumentów, cytowanych sumarycznie 8 razy, a indeks Hirscha wynosi 2.

Głównymi celami pracy było:

- przeprowadzenie analizy właściwości statystycznych i diagnostycznych parametrów zmienności rytmu serca HRV w kontekście wykrywania migotania przedsionków,
- znalezienie parametrów HRV z grup pRRx i pRRx% pozwalających na najskuteczniejsze wykrywania migotania przedsionków,
- zbadanie wpływu zastosowania parametrów HRV z grup pRRx i pRRx% w modelach uczenia maszynowego na efektywność wykrywania migotania przedsionków.

Na podstawie przytoczonych celów sformułowano następujące hipotezy:

- Możliwe jest wyznaczenie progu zliczania x parametru pRRx (procent odstępów RR



różniących się od poprzedniego odstępu RR o co najmniej x ms) innego niż 50 ms (pRR50) pozwalającego na uzyskanie lepszych właściwości diagnostycznych w wykrywaniu migotania przedsionków niż parametr pRR50.

- Możliwe jest wyznaczenie progu zliczania $x\%$ parametru pRR $x\%$ (procent odstępów RR różniących się od poprzedniego odstępu RR o co najmniej $x\%$ jego długości) pozwalającego na uzyskanie lepszych właściwości diagnostycznych w wykrywaniu migotania przedsionków niż parametr pRR x o najlepszych właściwościach.
- Zastosowanie parametrów pRR x i pRR $x\%$ jako cech w modelach uczenia maszynowego pozwala na poprawę miar efektywności detekcji migotania przedsionków lub na zmniejszenie liczby cech w modelu przy zachowaniu podobnych miar efektywności detekcji migotania przedsionków.

Doktorant sformułował następujące wnioski płynące z wyników jego badań:

Podsumowując, Autor rozprawy doktorskiej udowodnił postawione tezy. Otrzymane wyniki potwierdzają słuszność prowadzonych badań i dowodzą, że jest możliwe jest wyznaczenie progu parametrów pozwalających na lepsze właściwości diagnostyczne i efektywniejsze wykrywanie migotania przedsionków.

Przedstawione wyniki analiz, co bardzo istotne, mają potencjał wykorzystania w praktyce. Planowana jest współpraca z polską firmą Medea celem zaimplementowania algorytmów na przenośny rejestratorze sygnału EKG, holterowskim SiliconBeat 12.

Do pracy nie mam poważnych uwag merytorycznych, chciałbym tylko poprosić o wyjaśnienie kilku aspektów:

- Jaki był dokładny podział danych na zbiory uczące, walidacyjne i testowe? Ile sygnałów i od których pacjentów znalazło się w poszczególnych zbiorach również w walidacji krzyżowej?
- W jaki sposób (jakimi metodami) była przeprowadzona optymalizacja hiperparametrów klasyfikatorów?
- Jak uzyskane wyniki prezentują się na tle innych prac naukowych? Brak tabeli z porównaniem uzyskanych wyników klasyfikacji do prac innych autorów.



Rozprawa napisana jest poprawną polszczyzną, tekst sformułowany jest jasno. Pojedyncze literówki i błędy stylistyczne nie pomniejszają jakości doktoratu. Uzyskane wyniki są ciekawe, wartościowe i nowatorskie, a ich publikacja stanowi istotny wkład w literaturę tematu. Praca spełnia kryteria rozprawy doktorskiej i stanowi samodzielne rozwiązanie problemu naukowego przez Doktoranta.

Wniosek Końcowy:

W końcowej ocenie z przekonaniem stwierdzam, iż praca doktorska **mgr inż. Szymona Busia pt.: „Zastosowanie statystyk opartych na różnicach między kolejnymi odstępami RR w detekcji migotania przedsionków z wykorzystaniem metod uczenia maszynowego”** odpowiada warunkom określonym w art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 o tytule naukowym i stopniach naukowych (Dz.U. z 2017 r. poz. 1789 z późn. zmianami) oraz zapisom ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz.U. z 2018 r. poz. 1669 z późn. Zmianami) i wnioskuję o dopuszczenie rozprawy doktorskiej **mgr inż. Szymona Busia** do publicznej obrony i dalszych etapów przewodu doktorskiego w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja.

Paweł Pławiak

dr hab. inż. Paweł Pławiak, prof. PK i IITiS PAN

