

Recenzja rozprawy doktorskiej

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska **mgr inż. Szymona Siecińskiego** zatytułowana „*Analiza zmienności rytmu pracy serca na podstawie elektrokardiogramów, sejsmokardiogramów i żyrokardiogramów*”. Rozprawa przygotowana została na Wydziale Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej pod kierunkiem merytorycznym i promotorstwem **dr hab. inż. Pawła Kostki, profesora Politechniki Śląskiej**. Praca przedkładana jest w dziedzinie Nauki Inżynieryjno-Technicznej w dyscyplinie **Inżynieria Biomedyczna**. Recenzja przygotowana została na podstawie Dziekana Wydziału Inżynierii Biomedycznej, prof. dr hab. inż. Marka Gzika (pismo nr RIBO/159/2019/2020 z dnia 21.01.2020).

Opinię sporządzono zgodnie z powszechnie stosowanym schematem, więc podzielona jest ona na części wynikające z tego schematu.

Ocena celu, zakresu i charakteru rozprawy

Głównym przedmiotem badań i analiz w opiniowanej rozprawie jest zmienność rytmu serca (ang. *Heart rate variability*) oznaczana w skrócie HRV. Zwykle wyznacza się ją na podstawie badania elektrokardiogramu (EKG), ale pojawiły się alternatywne metody, takie jak sejsmokardiografia (SKG) i żyrokardiografia (ZKG). Znane są zasady działania wszystkich trzech wymienionych metody monitorowania akcji serca, mało jest natomiast prac o charakterze porównawczym, pozwalających na ocenę tych trzech metod, co może być ważną przesłanką do wyboru jednej z nich dla konkretnego pacjenta. Doktorant podjął badania zmierzające do uzyskania takiego porównania, co uważam za cel ciekawy naukowo i mający spore znaczenie praktyczne - chociaż trzeba też wziąć pod uwagę, że obecna dostępność aparatury do sejsmokardiografii i żyrokardiografii jest niewielka.

Cel, zakres i teza rozprawy podane są na stronach 2 i 3 rozprawy, co bardzo pochwalam, bo czytając i oceniając doktorat dobrze jest od początku wiedzieć, do czego doktorant dąży i co zamierza wykazać. W przypadku ocenianej tu pracy teza brzmi:

Wyniki analizy zmienności rytmu serca na podstawie sejsmokardiogramów i żyrokardiogramów nie różnią się istotnie od wyników uzyskanych na podstawie elektrokardiogramów i można ustalić czas otwarcia zastawki aortalnej.

Jak widać teza składa się z dwóch części (połączonych spójnikiem „i”, co może oznaczać koniunkcję). Pierwsza część jest bardzo ogólna. Doktorant wykazując prawdziwość tej części swojej tezy może usunąć nasuwające się niekiedy wątpliwości, czy wymienione metody można stosować zamiennie. Jest to wynik z pewnością godny uwagi.

Natomiast dziwi mnie trochę druga część tezy, sprawiająca wrażenie doraźnie „doczepionej” do tej wcześniejszej tezy. Ta druga część tezy dotyczy zagadnienia bardzo szczegółowego, kontrastującego z bardzo ogólnym sensem części pierwszej. Jest ona ponadto mało konkretna, bo nie podano, na podstawie jakich sygnałów **„można ustalić czas otwarcia zastawki aortalnej”**. Nie kwestionuję ważności tej części tezy, zwłaszcza, że sam mam niedomykalność zastawki aortalnej i praca tej właśnie części serca interesuje mnie w sposób szczególny. Jednak z czysto redakcyjnego punktu widzenia taki zlepek pierwszej i drugiej części tezy budzi pewien niepokój.

Niepokój ten utrzymuje się po przeczytaniu zadeklarowanego przez Autora głównego celu pracy, którym jest: **opracowanie algorytmów detekcji uderzeń serca w sygnałach EKG, SKG i ZKG i przeprowadzenie badań nad użytecznością sejsmokardiografii i żyrokardiografii w analizie zmienności rytmu serca (HRV)**. Stwierdzam, że nie widzę tu żadnego nawiązania do drugiej części tezy rozprawy – a taki element w głównym celu pracy powinien się znaleźć. Co więcej, na stronicy 3. swojej dysertacji mgr Sieciński wymienia tak zwane cele użyteczne. Jest ich sześć, ale żaden z nich nie nawiązuje bezpośrednio ani pośrednio do tej drugiej części tezy.

Pozostawiam jednak na uboczu kwestię **sposobu sformułowania tezy**, skupiam się natomiast na jej znaczeniu naukowym i praktycznym. Wychodząc z tego punktu widzenia stwierdzam, że zdefiniowana przez Doktoranta teza wskazuje zadanie o dużym znaczeniu naukowym

i praktycznym. Zadanie to swoim zakresem i stopniem trudności odpowiada wymaganiom, jakie ustawowo i zwyczajowo wiąże się z rozprawami na stopień doktora nauk technicznych, więc tezę tę, jak również cel i zakres pracy w pełni **akceptuję**.

Syntetyczne przedstawienie zawartości rozprawy

Opiniowana praca ma typową strukturę, na którą składa się 5 merytorycznych rozdziałów (włączając w to wstęp i podsumowanie) oraz dwa dodatki. Praca wyposażona jest w spis literatury obejmujący 264 pozycje, w większości dobrze wybrane i prawidłowo cytowane. Operowanie pracą ułatwiają dodatkowo: wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń, spis rysunków i spis tabel.

Omówię teraz w skrócie zawartość rozprawy, zwracając uwagę na jej silne i słabe strony.

We **Wstępie** Autor przedstawia motywację podjęcia tematu opiniowanej pracy, a także formułuje cel i zakres pracy. Dodatkowo we wstępie jest ładnie zasygnalizowana struktura pracy, co ułatwia jej późniejsze studiowanie. Uważam, że rozdział ten jest dobrze zaplanowany i poprawnie zrealizowany.

Drugi rozdział rozprawy poświęcony jest omówieniu tła literaturowego, do której nawiązuje treść rozprawy. Rozdział ten jest potrzebny i jest dobrze napisany (o czym jeszcze wspomnę dalej), ale jego tytuł jest – moim zdaniem - niezbyt dobrze wybrany. Rozdział nazwano „Wprowadzenie teoretyczne”, podczas gdy ja w tym rozdziale **teorii** nie znajduję.

Tu pozwolę sobie na małą dygresję. Od dłuższego czasu prowadzę polemikę z autorami prac magisterskich i doktorskich beztrząsco używających i nadużywających słowa „teoria”. Odnoszę wrażenie, że większość piszących nie zdaje sobie sprawy, jak wielkie jest prawdziwe znaczenie tego najbardziej nobilitującego w Nauce terminu.

Prawdziwa **Teoria** to coś naprawdę wielkiego. Teoria to coś, co podporządkowuje sobie ogromny obszar Nauki, zmienia sposób widzenia świata, jest źródłem powstawania i rozwoju całych szkół naukowych. Teoria to na przykład Teoria Względności Einsteina, Teoria Ewolucji Darwina, Teoria Heliocentryczna Kopernika.

Nie powinno się w żadnych okolicznościach związanych z nauką używać tego słowa w odniesieniu do rzeczy drobnych i w istocie przyczynkarskich! Na coś takiego może sobie pozwolić polityk, mówiący: „Mam teorię, że poseł X to szubrawiec”.

Natomiast doktorant, który używa słowa „teoria”, ma trzy możliwości:

- albo powołuje się na jakąś ogólnie znaną i szanowaną teorię i przywołuje to słowo na odpowiedzialność całych pokoleń badaczy, którzy przed nim tę teorię zaakceptowali,
- albo ma genialną nową ideę która przeobrazi świat i właśnie ją objawia słuchaczom lub czytelnikom swego dzieła żeby zapoczątkować ogromną rewolucję w Nauce,
- albo powinien czym prędzej wycofać się z tego bardzo zobowiązującego terminu i posłużyć się jakimś określeniem bardziej adekwatnym do tego, co prezentuje.

Jeśli termin „teoria” nam się zdewaluuje, zdeprecjonuje, rozmieni na drobne – to czym go zastąpimy tam, gdzie jest on naprawdę niezbędny? **Teoria dotyczy rzeczy wielkiej, czystej i prawdziwej** - i w dodatku tą wielką, czystą i prawdziwą rzeczą nie jest słoń w Zoo świeżo umyty przez opiekuna wodą z węża.

Żyjemy w czasach, kiedy wielkie słowa łatwo ulegają zużyciu. Słowo Ojczyzna nie znaczy już dziś tego samego, co mieli w sercach i na ustach uczestnicy naszych wielkich i tragicznych Powstań Narodowych. Słowo Honor przestało być czymś, za co jeszcze sto lat temu bez wahania przelewano krew. Nawet słowo Bóg stało się jednym z wielu potocznie używanych rzeczowników. To smutne, bo gdy zużyjemy i wyświechtamy te wielkie słowa – to co nam zostanie, gdy będziemy chcieli sięgnąć ponad poziom codzienności?

Słowami Bóg, Honor i Ojczyzna powinni się opiekować ludzie mający autorytet moralny albo mandat polityczny, którego chcą użyć do czegoś więcej, niż tylko do wyciągania osobistych korzyści. O ile jeszcze są tacy...

Natomiast ja chcę się ująć za słowem **Teoria**. Niech ma ono wartość i znaczenie. Niech nie zastępuje innych, mniej nobilitujących określeń, takich jak „ogólne omówienie”, „przegląd literatury”, „stan wiedzy światowej” itp. Bo już Cyprian Kamil Norwid apelował, by „Odpowiednie dać rzeczy słowo”...

Po tej bardzo osobistej dygresji przechodzę do merytorycznej oceny drugiego rozdziału rozprawy mgra Siecińskiego. Zawiera on w podrozdziale 2.1 dobrze zebrane i kompetentnie omówione informacje na temat zmienności rytmu pracy serca HRV i sposobów jego wyznaczania. Najpierw omówione jest znaczenie parametru VHR z punktu widzenia medycznego, następnie przedstawione są metody analizy zmienności rytmu serca, a potem omówione są statystyczne metody oceny tej zmienności.

W dalszej części omawianego rozdziału dyskutowane są techniczne metody potrzebne do tego, żeby pozyskać u konkretnego pacjenta informacje o momentach skurczu jego serca. Informacje te są potrzebne, aby rozkład czasowy momentów skurczu mógł posłużyć do wyznaczenia parametru HRV. Jako pierwsza w podrozdziale 2.2 omówiona została **elektrokardiografia**. Opis jest typowy i zawiera informacje szeroko znane, ale zaprezentowany opis dowodzi, że mgr Sieciński doskonale poznał tajniki tej techniki badawczej i potrafi jej użyć do swoich badań. Po elektrokardiografii (którą większość osób zajmujących się Inżynierią Biomedyczną przynajmniej trochę zna) mgr Sieciński przedstawił **sejsmokardiografię**. Zawartość podrozdziału 2.3. opiniowanej pracy jest bardzo ciekawym studium tej mało popularnej techniki badawczej, przedstawiającym historię jej powstania, charakterystykę stosowanej aparatury, właściwości rejestrowanego sygnału oraz zastosowania. Autor słusznie wskazuje, że nowe możliwości związane z sejsmokardiografią stwarzają smartfony wyposażone w akcelerometry MEMS. Sugeruję, że ten fragment rozprawy doktorskiej warto by było opublikować w jakimś czasopiśmie zawodowym o szerokim zasięgu, na przykład „*Inżynier i fizyk medyczny*”, bo wiadomości zebrane przez mgra Siecińskiego na temat sejsmokardiografii są zbyt mało znane, a zdecydowanie warte szerszego spopularyzowania.

Podobne uwagi mogę sformułować pod adresem kolejnego podrozdziału ocenianej rozprawy, poświęconego żyrokardiografii (podrozdział nr 2.4). Autor bardzo profesjonalnie opisał fizjologiczne i fizyczne podstawy żyrokardiografii, scharakteryzował uzyskiwany sygnał i omówił jego zastosowania. Ta część pracy jest także godna oddzielnego opublikowania – oczywiście jako materiał szkoleniowy.

Podsumowując omówienie drugiego rozdziału opiniowanej rozprawy stwierdzam, że rozdział ten jest ładnie napisany, ale w całości oparty na danych literaturowych, więc nie może być

zaliczany do tych części rozprawy, które decydują o jej dysertabilności. Jednak fakt, że Autor w tym rozdziale opierał się na literaturze jest w pełni uzasadniony. W każdym doktoracie takie omówienie tła literaturowego problematyki poruszanej w rozprawie występuje a nawet jest wymagane (jeden z warunków, jakie musi spełnić doktorant, polega na wykazaniu, że zna aktualny stan wiedzy światowej w obszarze, którego dotyczy prezentowana dysertacja). Tak więc tę część pracy zapisuję na plus Doktoranta.

Trzeci rozdział pracy zatytułowany jest „Materiał badawczy i **metodologia**”. Jest to nawiązanie do zwyczajowo występującego w pracach biologicznych i medycznych rozdziału tytułowanego zwykle „Materiały i **metody**”. Naprawdę nie chcę się już więcej czepiać do słów, bo to już zakrawa na jakieś działanie maniackie, ale zwracam uwagę, że w opiniowanym rozdziale opisane są **metody** użyte przez Doktoranta – i tak to powinno być nazwane w tytule rozdziału. Zwracam uwagę, że **metodologia to nauka o metodach**, a rozważań stricte **metodologicznych** w ocenianym rozdziale nie ma! Błąd bierze się zapewne stąd, że w języku angielskim jest **inaczej**, bo tam słowo *methodology* oznacza także zbiór używanych metod. **Ale w języku polskim jest inaczej!** Wystarczy w Googlach wpisać słowo „metodologia” i przeczytać wyjaśnienia.

Oczywiście ta kolejna uwaga na temat używanej w rozprawie terminologii nie ma żadnego wpływu na końcową ocenę pracy, bo ważna jest wartość naukowa osiągnięć Doktoranta, a nie to, jakich słów użył On do opisanego tego, czego dokonał. Ale sądzę, że wskazanie młodemu Uczonemu, że te same Jego osiągnięcia badawcze można opisać używając słów lepiej dobranych, jest celowe, bo przyczynia się do lepszego używania w pracach naukowych języka polskiego – chociaż obecnie traci to na znaczeniu, bo większość publikacji, także polskich autorów, ukazuje się dziś w języku angielskim.

Materiał badawczy, na którym oparł się mgr Sieciński, pochodził z bazy „*Mechanocardiograms with ECG reference*” opracowanej przez Matti Kaisti, dostępnej w IEEE DataPort oraz z własnych badań Autora. Uważam, że ten wybór danych do badań był bardzo dobry, bo z jednej strony pozwalał na prowadzenie eksperymentów na materiale dobrze znanym i używanym przez wielu innych badaczy (tę uwagę odnoszę do danych z bazy „*Mechanocardiograms with ECG reference*”), a z drugiej strony Doktorant pozyskując własne dane poznał metodykę rejestracji sejsmokardiogramów i żyrokardiogramów, więc miał okazję

poznać te metody badań w sposób praktyczny – a także wzbogacił zasób sygnałów, na których można prowadzić eksperymenty, zarówno dla potrzeb swojej pracy, jak i dla prac innych badaczy. Zapewne Autor skompletował ze specjalistycznych układów scalonych rejestrator pokazany na rysunku 3.2. Zapewne zrobił to sam, chociaż z tekstu pracy nie wynika to w sposób jednoznaczny. Jeśli jednak to zrobił, to należy mu się „mały dodatkowy plus”, bo opiniuję ogromnie dużo prac na stopień doktora nauk technicznych, w których ubiegający się o stopień młody uczony operuje wyłącznie na komputerze, nie stykając się nawet powierzchownie z techniką jako taką. Rejestrator opisany na stronicach 27 i 28 recenzowanej pracy nie jest jakąś bardzo oryginalną konstrukcją, ale jest poprawnie zaprojektowany i skutecznie wykonany, więc chciałbym wyrazić uznanie **inżynierowi** Siecińskiemu – chociaż (jak już wspomniałem) nie znalazłem wiążącej informacji, że ten rejestrator to Jego dzieło.

Wracając do opisu danych, na których prowadzone były dalsze badania, stwierdzam, że łączna liczebność obu grup badawczych była wystarczająca (29 nagrań z IEEE DataPort oraz – po selekcji - 6 nagrań własnych). Potwierdzam też, że po połączeniu nagrań z obu źródeł powstała baza danych o przyzwoitej liczebności, pozwalająca na prowadzenie dość precyzyjnych analiz.

Podrozdział 3.2 zdecydowanie mi się podoba – **z wyjątkiem tytułu!** – bo w sposób przemyślany i systematyczny opisuje planowaną metodykę badań. Opisano sposób wczytywania danych, detekcję uderzeń serca odpowiednio w EKG, SKG i ŻKG oraz analizę HRV.

Z **merytorycznego** punktu widzenia rozdział 3 oceniam zdecydowanie pozytywnie i uważam, że stanowi on dowód, iż mgr Sieciński posiadał trudną sztukę planowania badań naukowych. Jest to zdecydowana przesłanka przemawiająca za nadaniem Mu stopnia naukowego doktora.

Najważniejszą częścią opiniowanej pracy jest rozdział 4, zatytułowany **Wyniki**.

Autor przedstawił w tym rozdziale używane w Jego badaniach metody detekcji uderzeń serca. Metody te zostały osobno opracowane dla detekcji z sygnału EKG, SKG i ŻKG. Wszystkie zaproponowane algorytmy zostały dobrze (i pomysłowo!) skonstruowane, a wyniki ich działania oceniam jako zdecydowanie zadowalające.

Następnie przedstawione zostały wyniki analizy HRV. Zestawiono wartości indeksów HRV uzyskane na podstawie sygnałów EKG, SKG i ŻKG. Dodatkowo rozważano indeksy obliczone dla całego zapisu sygnału oraz indeksy obliczane w oknach czasowych. Wyniki te porównano ze sobą wykorzystując wartości średnie i odchylenia standardowe, współczynniki korelacji liniowej, błędy bezwzględne oraz wykresy Blanda-Altmana. Wykazano bardzo dobrą zgodność wyników uzyskiwanych przy wykorzystaniu wszystkich trzech sygnałów (EKG, SKG i ŻKG) a tym samym wykazano prawdziwość pierwszej części tezy rozważanej rozprawy.

Generalnie oceniany tu rozdział oceniam zdecydowanie pozytywnie, ale mam uwagę: Autor przytacza w tym rozdziale bardzo dużą liczbę rysunków. Zajmują one wszystkie strony od 50 do 58, potem stronicie od 60 do 80 i dalej stronicie od 82 do 92. Moim zdaniem tak dużą liczbę rysunków należało przenieść do dodatku, bo rozbijają one merytoryczną treść rozprawy.

Pracę kończy rozdział zatytułowany „Podsumowanie i wnioski”. Autor omawia w nim uzyskane wyniki badań, dowodząc, że wykazana została pierwsza część tezy. Z tym niewątpliwie można się zgodzić. Natomiast druga część tezy (że można ustalić czas otwarcia zastawki aortalnej) nie została w dyskusji uwzględniona. W ten sposób pomiędzy „sklejoną” z dwóch części tezą pracy, a wnioskami, które udało się sformułować na podstawie przeprowadzonych badań – pojawia się luka.

Ocena analizy źródeł i wiedzy Autora rozprawy

Mgr Sieciński odwołuje się w pracy do dużej liczby źródeł (przywołane są w bibliografii 234 pozycje literatury) i są one obficie cytowane w pracy. Przegląd literatury dokonany w rozdziale 2. rozprawy wystawia wiedzy Doktoranta bardzo dobre świadectwo.

Znaczenie uzyskanych wyników dla dyscypliny naukowej

Uważam, że uzyskane przez mgra Siecińskiego wyniki stanowią **wartościowy przyczynek** do stanu wiedzy w dyscyplinie Inżynieria Biomedyczna, w której nadawany jest stopień naukowy. W szczególności wykazanie, że przy badaniach zmienności rytmu serca wyniki są

praktycznie identyczne bez względu na to, czy jako sygnału wejściowego używa się elektrokardiogramów, sejsmokardiogramów czy żyrokardiogramów, jest konstatacją naukowo ważną i mającą spore znaczenie praktyczne. W szczególności pozwala to na badanie parametrów HRV w przypadkach, kiedy użycie sygnału EKG jest utrudnione, na przykład w związku z trudnością zastosowania niezbędnych elektrod. Ciekawe możliwości telemedyczne wyłaniają się też z badań mgra Siecińskiego w związku z wyposażeniem coraz większej liczby smartfonów w akcelerometrię. Biorąc to pod uwagę wynik naukowy rozprawy oceniam zdecydowanie pozytywnie.

Dodatkowo warto zwrócić uwagę na jeden element, który w pracach doktorskich pojawia się nader rzadko, a przez to jest tym bardziej godny podkreślenia. Otóż w Dodatku B opiniowanej rozprawy Doktorant przytacza listę swoich publikacji naukowych, umieszczonych w bardzo dobrych monografiach (pracach zbiorowych) lub w materiałach dobrych międzynarodowych konferencji. Jest tych publikacji aż 11 – i jest to osiągnięcie godne pochwały a nawet podziwu. Nie spotkałem jeszcze doktoranta, który miałby tak bogaty dorobek **przed doktoratem**. To bardzo dobrze rokuje jeśli idzie o dalszą karierę naukową mgra Siecińskiego!

Uwagi dyskusyjne

Obowiązkiem recenzenta jest także wymóg wskazania głównych wad rozprawy i jej słabych stron. Stwierdzam, że opiniowana praca **merytorycznie** jest na tyle poprawna, że nie daje w tym zakresie podstaw do formułowania poważniejszych uwag czy zarzutów. Natomiast dostrzegłem w rozprawie pewną liczbę **usterek redakcyjnych**, które częściowo sygnalizowałem już w tekście recenzji przy omawianiu poszczególnych rozdziałów.

Niektóre zdania w pracy są niezgrabne, gdyż po ich napisaniu i (zapewne) komputerowym redagowaniu nie przeczytano finalnej wersji rozprawy i te błędne zbitki wcześniejszej i późniejszej wersji tekstu - pozostały. Jako przykład podam zdanie rozpoczynające podrozdział 4.3.3 na stronie 59:

*Według R. Taylora [208] wartość współczynnika korelacji Pearsona bliska ± 1 wskazuje na **silnie liniową** tym **bardziej liniowa** zależność między dwiema analizowanymi zmiennymi.*

Edycja pracy ma także inne wady. Na przykład zdanie rozpoczęte na stronie 48 ma swoją kontynuację dopiero na stronie 59 (a „po drodze” jest tabela i wiele stron rysunków). Podobna sytuacja pojawia się nieco dalej: zdanie rozpoczęte na stronie 59 jest dokończone na stronie 81. To nie ułatwia czytania!

Dodatkowo zauważyłem błąd w wykazie literatury – pozycja nr [70] ma błędnie wpisanego drugiego autora, a także w podpisie rysunku 3.1, którego treść nie zgadza się z wyglądem rysunku. Jest też pomyłka w numeracji tabel w rozdziale 3 (po tabeli 3.2 następuje tabela 3.4 z pominięciem numeru 3.3).

Wniosek końcowy

Sformułowane w recenzji uwagi dotyczące strony edytorskiej rozprawy nie umniejszają jej wartości naukowej. Dlatego podsumowując tę recenzję mogę stwierdzić, że **opiniowana praca spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim**, dlatego wnioskuję o jej przyjęcie oraz o dopuszczenie jej autora, **mgr inż. Szymona Siecińskiego** do jej publicznej obrony.