

Prof. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz

rtad@agh.edu.pl; www.tadeusiewicz.pl; 30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30
Katedra Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej AGH

Kraków, 29 grudnia 2019

Doktor Honoris Causa Politechniki Łódzkiej

Recenzja osiągnięć naukowych dra Bartłomieja Stasiaka w związku z przewodem habilitacyjnym toczącym się na Wydziale Fizyki Technicznej, Informatyki i Matematyki Stosowanej Politechniki Łódzkiej

Formalną podstawą do przedłożenia tej recenzji jest pismo Dziekana Fizyki Technicznej, Informatyki i Matematyki Stosowanej Politechniki Łódzkiej, prof. Piotra Liczberskiego z dnia 29.11.2019 (które otrzymałem 10.12.2019) a także pismo Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów z dnia 8.11.2019 (nr BCK-VI-L-10168/2019). W obu wymienionych pismach zostałem wskazany jako recenzent w tym przewodzie habilitacyjnym, więc na podstawie tego zlecenia przedkładam niniejszym moją opinię.

Podstawą do końcowego wniosku tej recenzji jest podlegające ocenie **osiągnięcie naukowe** Kandydata zatytułowane „*Metody automatycznej analizy, rozpoznawania i wyszukiwania wzorców w nagraniach muzycznych*”. Dodatkowo brana jest pod uwagę „*ocena istotnej aktywności naukowej Kandydata*”, którą scharakteryzuję w odrębnym punkcie recenzji.

Krótkie informacje na temat osoby Habilitanta

Dr inż. Bartłomiej Stasiak ma podwójne wykształcenie o dość nietypowej konfiguracji: ma tytuł zawodowy magistra sztuki uzyskany w 2001 roku w Akademii Muzycznej im. Grażyny i Kiejstuty Bacewiczów w Łodzi, tytuł zawodowy magistra inżyniera uzyskany w 2004 na Politechnice Łódzkiej oraz stopień doktora nauk technicznych w zakresie informatyki uzyskany w 2010 roku na Politechnice Gdańskiej (Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki).

Zatrudniony był w latach 2002 – 2006 jako muzyk – instrumentalista w orkiestrze Teatru Wielkiego w Łodzi, równolegle w latach 2004 – 2006 prowadził zajęcia dydaktyczne w Instytucie Informatyki Politechniki Łódzkiej i równolegle (trzeci nurt aktywności zawodowej!) w latach 2001 – 2017 pracował jako nauczyciel w Państwowej Szkole Muzycznej I st. im. A. Tansmana w Łodzi.

W latach 2006 – 2010 pracował jako asystent w Instytucie Informatyki Politechniki Łódzkiej, w latach 2010 – 2011 był adiunktem w Katedrze Informatyki Ekonomicznej Uniwersytetu Łódzkiego i równocześnie był adiunktem w Instytucie Informatyki Politechniki Łódzkiej. Obecnie zachował tylko ten ostatni etat ale jest także wykorzystywany jako Ekspert Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Muszę przyznać, że jeszcze nigdy nie spotkałem habilitanta, który by miał równie skomplikowany życiorys zawodowy!

Ocena przedłożonego osiągnięcia naukowego Kandydata

Jako podstawowe osiągnięcie naukowe przedstawiony został cykl **trzynastu** publikacji monotematycznych, objętych przez Kandydata wspólnym tytułem (wyżej cytowanym): „*Metody automatycznej analizy, rozpoznawania i wyszukiwania wzorców w nagraniach muzycznych*”. Tytuł dobrze oddaje istotę i zakres ocenianego osiągnięcia naukowego dra Stasiaka, więc go akceptuję i traktuję jako drogowskaz przy ocenie szczegółów relacjonowanego osiągnięcia. Ze statystycznego punktu widzenia można odnotować, że **cztery** spośród wzmiankowanych wyżej artykułów ukazały się w czasopismach rejestrowanych w ramach tzw. Listy Filadelfijskiej (mają one ustalony IF), **siedem** innych publikacji - w materiałach pokonferencyjnych w tym **trzech** indeksowanych w bazie Web of Science oraz **dwa** rozdziały w monografiach. Porównując to z zestawami publikacji przedstawianymi jako osiągnięcie naukowe przez innych kandydatów do stopnia doktora habilitowanego, które miałem okazję recenzować, muszę stwierdzić, że dr Bartłomiej Stasiak „położył na stole” wyjątkowo bogaty zestaw swych dokonań naukowych, gdyż typowo spotykałem jednotematyczne cykle złożone z 6 lub 7 publikacji, natomiast dr Stasiak przekroczył tę normę dwukrotnie.

Zajmę się teraz oceną tych prac.

Zacznę od potwierdzenia **poprawności formalnej** przedłożenia tych właśnie publikacji jako składników ocenianego tutaj osiągnięcia naukowego. Stwierdzam, że wszystkie wskazane artykuły **mogą** być brane pod uwagę w kontekście ubiegania się przez dra Stasiaka o stopień doktora habilitowanego, ponieważ badanie będące podstawą tych publikacji zostały zrealizowane przez Kandydata po uzyskaniu stopnia naukowego doktora (w 2010 roku na Politechnice Gdańskiej). Potwierdzam też, że dla wszystkich publikacji wchodzących w skład cyklu wskazanego przez Autora jako osiągnięcie naukowe będące podstawą do ubiegania się o habilitację, będących dziełem więcej niż jednego autora, załączono oświadczenia współautorów, wskazujące na to, że dr Stasiak pełnił przy tworzeniu tych publikacji **znaczącą** (a w większości przypadków nawet **wiodącą**) rolę w zespole kilku autorów. Uważam, że Habilitant miał prawo wskazać wszystkie rozważane prace jako **swoje** osiągnięcie naukowe.

Po stwierdzeniu tego faktu formalnego będę starał się ocenić wagę naukową tego osiągnięcia, ponieważ muszę je ocenić zgodnie punktem 1 artykułu 16 Ustawy z dnia 18 marca 2011 roku, orzekającym, że o przyznanie Kandydatowi stopnia doktora habilitowanego w określonej dyscyplinie

naukowej mogę wnioskować tylko wtedy, gdy stwierdzę, że wspomniane **osiągnięcie naukowe** może zostać ocenione jako **stanowiące znaczący wkład Autora** w rozwój tej dyscypliny naukowej.

Po zapoznaniu się z przedłożoną mi dokumentacją z przyjemnością stwierdzam i potwierdzam, że **dr Bartłomiej Stasiak**, adiunkt na Politechnice Łódzkiej, **posiada takie osiągnięcie** oraz że osiągnięcie to stanowiące znaczący wkład Autora w rozwój dyscypliny **informatyka** lokującej się w dziedzinie **nauk technicznych**.

Spróbuję teraz wykazać, na czym to osiągnięcie polega.

Przedmiotem badań Autora, a tym samym także motywem spajającym przedłożony jako **osiągnięcie naukowe** monotematyczny cykl publikacji, są problemy związane z metodami komputerowej analizy i rozpoznawania nagrań muzycznych. Jest także dodatkowy wątek związany z wyszukiwaniem wzorców w zbiorach nagrań muzycznych. Z uznaniem stwierdzam, że dr Stasiak bardzo pomysłowo połączył w swoich badaniach naukowych unikatowy zbiór swoich kompetencji – w obszarze Informatyki i w obszarze muzyki. W efekcie powstało osiągnięcie naukowe o dużej wartości poznawczej, ale także o dużym znaczeniu praktycznym, gdyż obecnie nagrania muzyczne stanowią bardzo znaczącą część zasobów informacyjnych udostępnianych w Internecie lub znajdujących się w różnych bazach i bankach danych.

Oceńię teraz poszczególne publikacje zaliczone przez Kandydata do podlegającego ocenie osiągnięcia naukowego. Pierwsza wykazana praca ma tytuł *Melody-Based Approaches in Music Retrieval and Recommendation Systems* i jest rozdziałem w książce (pracy zbiorowej) opublikowanej przez Springer Verlag w 2013 roku. Habilitant ma w tej pracy swój udział szacowany na 70%. Praca jest obszerna (29 stronic!), ale raczej przeglądowa. Omówiono w niej najpierw zagadnienia podobieństwa i klasyfikacji utworów, przy czym za podstawę klasyfikacji brane były różne kryteria. Następnie rozważono kwestię podobieństwa utworów muzycznych i zagadnienie ich wyszukiwania. Przedyskutowano zagadnienia analizy rytmu, struktury utworu muzycznego i jego melodii. Podjęto także ważny z praktycznego punktu widzenia problem wyszukiwania utworu w oparciu o przykłady. Pracę generalnie oceniam bardzo wysoko ze względu na jej dużą wartość poznawczą. Nie ukrywam, że bardzo dużo się z niej nauczyłem i lepiej poznałem obszar problemowy, w którym porusza się Habilitant. Natomiast nie mogę tej pracy zaliczyć do tych publikacji, które zawierają własny wkład naukowy Autora do uprawianej dyscypliny naukowej, bo nie znalazłem w tej pracy wymaganych oryginalnych elementów będących wynikiem twórczej pracy Kandydata. Być może czegoś nie zauważyłem albo nie doceniłem, ale takiego własnego wkładu dra Stasiaka do dyscypliny informatyka w tej pracy nie znalazłem.

Następną ocenianą pracą była publikacja zatytułowana *Metaheuristic Optimization of Multiple Fundamental Frequency Estimation*. Jest to referat konferencyjny, wydrukowany w 2014 roku w indeksowanych pokonferencyjnych materiałach, w którym udział dra Stasiaka oceniony jest na 50%. Przedmiotem pracy są metody wyznaczania częstotliwości podstawowej w nagraniu muzycznym, co jest potrzebne w systemach wyszukiwania informacji (utworów) muzycznych określanych w pracy skrótem MIR. Przy wydobywaniu potrzebnej częstotliwości podstawowej niezbędnym zabiegiem wstępnym jest transkrypcja polifonicznego sygnału muzycznego do formy zapisu symbolicznego (na przykład zapisu MIDI). Proces tej transkrypcji jest zależny od szeregu parametrów. W ocenianej pracy autorzy zaproponowali metodę metaheurystycznej optymalizacji Luus-Jaakola do wyboru tych parametrów. Przy ocenie zaproponowanej metody wykorzystano bazę danych pochodzącą z zasobów *University of Iowa Musical Instrument Samples*. Znalezione wartości optymalizowanych parametrów i przeprowadzono badania ich jakości. Omawiana tu praca – w odróżnieniu od wcześniej omawianej – **zawiera** oryginalne wyniki naukowe Autora, więc może być zaliczona do elementów składających się na Jego osiągnięcie naukowe, ponieważ stanowi wartościowy wkład Habilitanta do uprawianej dyscypliny naukowej.

Podobnie mogę ocenić następną pracę dra Stasiaka, to znaczy artykuł zatytułowany *Multipitch estimation using judge-based model* opublikowany w Biuletynie Polskiej Akademii Nauk w 2014 roku. Habilitant w tej pracy przypisał sobie udział na poziomie 50% potwierdzony przez współautora. Praca dotyczy analizy częstotliwości podstawowych w dźwięku polifonicznym. Oryginalną koncepcją w tej pracy jest wykorzystanie wielu reprezentacji sygnału dźwiękowego i użycie mechanizmu sędziego do poprawy wyników rozpoznawania. Wartościowy jest także wybór metod i sposobów reprezentacji sygnału dźwiękowego do analizy a także selekcja i opracowanie używanego w badaniach materiału dźwiękowego. Uważam, że jest to własny, oryginalny wkład dra Stasiaka do problematyki automatycznej analizy i wyszukiwania wzorców w nagraniach muzycznych, dlatego uznaję tę część prezentowanego osiągnięcia naukowego – podobnie jak w przypadku poprzedniej pracy - za wartościowy wkład Habilitanta do uprawianej dyscypliny naukowej.

Kolejna praca Kandydata, zatytułowana *Application of Multiple Sound Representations in Multipitch Estimation Using Shift-invariant Probabilistic Latent Component Analysis* kontynuuje problem podjęty we wcześniej ocenionej publikacji (analizy częstotliwości podstawowych w dźwięku polifonicznym), ale stosuje odmienną reprezentację dźwięku, określoną skrótem jako SI-PLCA. Dr Stasiak deklaruje swój udział w tej publikacji na 40%. Praca ukazała się w materiałach pokonferencyjnych wydanych przez Springer Verlag w 2016 roku. Użyta w pracy metoda SI-PLCA nie jest oryginalnym tworem autorów, bo wzorowana jest na pracach Benetosa i współpracowników, ale jej zastosowanie

i przebadanie na przykładach dźwięków muzycznych pobranych z bazy RWC Music Database: Musical Instrument Sound ma wszelkie znamiona oryginalnej pracy twórczej. Oryginalne jest także odwołanie się przy prowadzonych badaniach do cepstralnej reprezentacji sygnałów, co jest moim zdaniem krokiem w dobrą stronę. Tradycyjnie cepstrum stosowane było przy analizie sygnału mowy, ale jego użycie w stosunku do dźwięków muzycznych wydaje się trafną decyzją. Ciekawą innowacją jest także użycie transformaty CQT zamiast tradycyjnej DFT, co jest także śmiałą i – jak się wydaje – trafną decyzją. Uzyskana w badaniach bardzo duża dokładność rozpoznawania w próbkach sygnałów złożonych z dwóch dźwięków potwierdza trafność decyzji autorów. Z przyjemnością odnotowuję tę pracę jako zdecydowanie spełniającą ustawowy wymóg wniesienia przez autora znaczącego wkładu do uprawianej dyscypliny naukowej.

Wątek estymacji wielu częstotliwości podstawowych w dźwięku polifonicznym pojawia się także w kolejnej publikacji Kandydata, zatytułowanej *Multipitch estimation using multiple transformation analysis*. W tej pracy opublikowanej także w materiałach pokonferencyjnych w 2016 roku dr Stasiak przypisuje sobie tylko 30% udziału. Praca ta podąża w podobną stronę jak dwie wcześniej omawiane (chodzi o poszukiwanie częstotliwości podstawowych w dźwiękach polifonicznych), natomiast uwaga autorów poświęcona jest głównie w tym przypadku uzyskaniu łączenia informacji pozyskiwanych z użyciem wielu różnych transformacji wejściowego sygnału. Omawiane jest wstępne przetwarzanie sygnału, obliczanie wybranych transformacji (SI-PLCA, cepstrum i CQT) i podejmowanie decyzji w N-wymiarowej przestrzeni parametrów uzyskanych za pomocą wymienionych transformacji. Uzyskane wyniki można ocenić jako bardzo dobre: uzyskano poprawne wyznaczenie częstotliwości podstawowych dla dźwięków polifonicznych złożonych z dwóch głosów (88% poprawnych decyzji), trzech głosów (83%) i czterech głosów (73%). Praca stanowi wartościowe uzupełnienie wcześniejszych publikacji Autora i może być także uznana za wnoszącą wartościowy wkład do uprawianej przez dra Stasiaka dyscypliny naukowej.

Kolejne dwie prace w dorobku wskazywanym jako osiągnięcie naukowe Habilitanta szczególnie mnie ucieszyły, gdyż są to prace samodzielne dra Stasiaka (bez współautorów), co w przypadku przewodów habilitacyjnych osobiście najbardziej cenię. Nie mam oczywiście nic przeciwko temu, że kandydacie przedstawiają jako swój dorobek naukowy prace ze współautorami, gdyż tak się teraz uprawia naukę. Prace wykonuje kilka osób, inspirują się wzajemnie, wzbogacają intelektualnie w dyskusjach – a potem dzielą mnie lub bardziej precyzyjnie procenty. Jest to w porządku, zwłaszcza gdy poza procentami jest także informacja o tym, co merytorycznie wniósł każdy z autorów do wspólnego dzieła. Opis dorobku dra Stasiaka mogę w tym zakresie ocenić jako **wzorowy**. Jednak przyjmując do aprobowanej wiadomości wszystkie wymienione argumenty czułbym się nieswojo, gdyby w dorobku

brakowało przynajmniej jednej pracy **samodzielnej** Kandydata. Wszak habilitacja ma uczynić z niego **samodzielnego** pracownika naukowego – i niezależnie od tego, jak ta samodzielność wygląda w praktyce, jakiś dowód na to, że Habilitant potrafi dokonać czegoś samodzielnie, jest w przewodzie habilitacyjny wielce pożądany.

Wracając od tych rozważań ogólnych do konkretnego dokonam teraz oceny wspomnianych dwóch prac, których **jedynym** autorem jest dr Stasiak. Pierwsza z tych prac, zatytułowana *Follow That Tune - Adaptive Approach to DTW-based Query-by-Humming System*, opublikowana została w czasopiśmie *Archives of Acoustics*, do którego mam szczególny sentyment. Czasopismo to jest na tak zwanej Liście Filadelfijskiej (jako jedno z niewielu czasopism wydawanych w Polsce) i cieszy się w środowisku dobrą opinią. Nie mogą sobie odmówić przyjemności przypomnienia, że jedno z pierwszych polskich artykułów, poświęconych wprowadzaniu dźwięków do komputera i komputerowemu przetwarzaniu informacji akustycznej, opublikowanych w tym czasopiśmie w 1975 roku, to były **moje** artykuły¹. Tak więc mogę uważać, że dr Stasiak podąża szlakiem, który ja kiedyś przecierałem, chociaż oczywiście Habilitant ani nikt z jego otoczenia o tym nie wie, bo aż tak daleko do przeszłości nikt nigdy nie sięga, a systemy wyszukiwania informacji w Internecie także tych prac nie wyłapują, bo zamiast słowa „komputer”, powszechnie dzisiaj używanego, w latach 70. ubiegłego wieku używaliśmy **obowiązkowo** określenia „elektroniczna maszyna cyfrowa”, co było tłumaczeniem z języka rosyjskiego: „электронная цифровая машина”. Słowo „komputer” pojawiło się w polskim piśmiennictwie dopiero w latach 80, nie bez oporów zresztą.

Praca dra Stasiaka o wyżej podanym tytule umieszczona w *Archives of Acoustics* jest moim zdaniem bardzo wartościowa. Zaproponowana metoda *Tune-follower* jest bardzo dobrym narzędziem pozwalającym na skuteczne rozpoznawanie utworu na podstawie melodii zaśpiewanej lub zanuconej przez użytkownika. Problem, ze którym zmagał się dr Stasiak polega na tym, że taka melodia podana jako zapytanie do systemu wyszukiującego bywa często przytoczona niedokładnie – a jednak powinna być rozpoznana. Autor zaproponował do rozwiązania postawionego problemu technikę Dynamic Time Warping (DTW). Technika ta, stosowana była pierwotnie w systemach rozpoznawania mowy dla prawidłowego rozpoznawania całych słów lub zdań w sytuacji, kiedy tempo mowy osoby uczącej system (mówcy wzorcowego) oraz osoby eksploatującej system różnią się znacząco. Dr Stasiak użył techniki DTW (dynamicznego dopasowywania czasu) do dopasowywania melodii, przy czym istotna nowość wprowadzona w systemie dra Stasiaka polega na wprowadzeniu zasady adaptacyjnego dopasowywania. Przeprowadzone eksperymenty potwierdziły skuteczność działania metody

¹ Tadeusiewicz R.: KART 1 - konwerter do bezpośredniego wprowadzania sygnałów akustycznych do maszyny cyfrowej. *Archiwum Akustyki*, nr 3 (10), 1975, str. 217-224 ; Jaworowski J., Tadeusiewicz R.: Przetwarzanie informacji akustycznej za pomocą maszyny cyfrowej, *Archiwum Akustyki*, nr 1 (10), 1975, str. 11-22

opracowanej przez Habilitanta i trafność jego pomysłów. Pracę tę z przyjemnością dodaję do wcześniejszych prac wnoszących wartościowy wkład do uprawianej przez dra Stasiaka dyscypliny naukowej.

Druga samodzielna praca Kandydata, zatytułowana *DTV-based melody cutting for DTW-based melody search and indexing in QbH systems* ukazała się dwa lata później i dotyczy także porównywania melodii zanuconej (być może z błędami) przez użytkownika jako wzorzec do wyszukiwania i melodii znajdujących się w przeszukiwanej bazie nagrań dźwiękowych. Przedmiotem zainteresowania badacza było określenie tego, jak długi powinien być rozważany fragment nagrania, żeby wyszukiwanie metodą DTW w odpowiedzi na QbH (*Query-by-Humming* czyli zapytanie przez zanuconie) było maksymalnie skuteczne. Metoda zastosowana przez Autora bazuje na wyznaczeniu miary określonej jako DTV (to nie dziennik telewizyjny tylko *Discrete Total Variation*). Miara ta może być wyznaczona przy pomocy algorytmu o niewielkiej złożoności obliczeniowej, a jej zastosowanie zasadniczo ulepsza rozważany system wyszukiwający. Dla dowiedzenia swoich tez Habilitant przeprowadził bardzo obszerne badania empiryczne przy wykorzystaniu blisko 4,5 tys. zapytań i bazy nagrań z 4 tys. wzorcami melodii. Oceniana praca jest moim zdaniem bardzo oryginalna i bardzo wartościowa, a także dowodzi tego, że dr Stasiak należyłą wagę przywiązuje nawet do pozornie drugorzędnych szczegółów rozważanej problematyki. Zaliczam ją do ważnych składników osiągnięcia naukowego, będącego podstawą wniosku o nadanie Habilitantowi stopnia naukowego, o który się ubiega.

Tematykę wykorzystania metody DTW do wyszukiwania nagrań muzycznych podjął dr Stasiak (wraz ze współautorami) w kolejnej publikacji zatytułowanej *FlatDTW – Dynamic Time Warping optimization for piecewise constant templates*. W pracy tej (umieszczonej w czasopiśmie mającym wysoki IF!) wykorzystano dość oczywisty, ale jak się wydaje nie wyeksploatowany przez innych badaczy pomysł, że w przypadku wzorców odcinkami stałych można znacząco zmniejszyć złożoność obliczeniową algorytmu DTW. Stworzona wersja algorytmu, nazwana *FlatDTW* jest prawie w całości dziełem autorskim Habilitanta, który w tej pracy dokonał analizy teoretycznej problemu, opracował i implementował nowy algorytm i przeprowadził jego badania. Potwierdzony przez współautorów wkład dra Stasiaka na poziomie 90% pozwala traktować tę wartościową pracę jako element dorobku wchodzący zdecydowanie w skład osiągnięcia naukowego Habilitanta.

Pozwolę sobie w tym miejscu na krótki komentarz. Jak wspomniałem wyżej, metodyka DTW została zapożyczona z badań nad automatycznym rozpoznawaniem mowy. Jednak mowa różni się od muzyki między innymi tym, że w mowie w praktyce nie występują odcinki, w których sygnał można uznać za stały. W śpiewie tak, w mowie potocznej nie. Dlatego możliwość oszczędności obliczeniowej,

wynikającej z możliwości odmiennego traktowania odcinków stałych i odcinków zmiennych, nie rozważał nikt z badaczy, których prace znam, bo byli to konstruktorzy systemów automatycznego rozpoznawania mowy. Dr Stasiak dostrzegł jednak tę odmienność między uwarunkowaniami występującymi przy analizie mowy i przy analizie utworów muzycznych, więc zaproponował do swoich celów (wyszukiwania utworów muzycznych) pewną „mutację” algorytmu DTW wykorzystującą wspomnianą możliwość. **Uważam to za bardzo znaczący wkład Habilitanta do uprawianej dyscypliny naukowej, ponieważ nie znam żadnych opracowań innych autorów podejmujących ten temat.**

Kolejny zestaw publikacji podlegających ocenie dotyczy analizy rytmicznej utworów muzycznych, a w szczególności problemu wykrywania początków nut w nagraniach. Do tego celu wprowadzona została „funkcja nowości” (ODF - *Onset Detection Function*) której badaniem zajął się dr Stasiak wraz ze swoimi współautorami. Pierwszą pracą z tej serii był referat zatytułowany *Analysis of onset detection with a maximum filter in recordings of bowed instruments* opublikowany w 2015 roku, w którym Autor ma większościowy (60%) udział. Problematyka automatycznej analizy **rytmu** utworów muzycznych jest komplementarna w stosunku do wcześniej omówionej problematyki analizy melodii, więc przy wyszukiwaniu utworów w bazach nagrań muzycznych może służyć jako dodatkowy, drugi zbiór kryteriów wyszukiwania. Dr Stasiak w omówionej tu pracy skupił uwagę na wykrywaniu początków poszczególnych nut w utworach smyczkowych z wykorzystaniem tak zwanych filtrów maksymalnych. Trudność podjętego zadania polegała na tym, że w sygnale muzycznym (podobnie jak w lepiej mi znanym sygnale mowy) przejście od jednej nuty do drugiej wiąże się z procesem przejściowym objawiającym się w sygnale dźwiękowym strukturą nazywaną transjentem. Problem ustalania granic nut jest bardzo podobny do problemu segmentacji sygnału mowy na fonemy², chociaż szczegóły wykrywania punktów granicznych są oczywiście odmienne w przypadku segmentacji mowy i muzyki. W każdym razie mają pewną orientację w temacie wysoko oceniam dokonania Habilitanta, zwłaszcza w zakresie propozycji metod oceny jakości funkcji detekcji (ODF). Pracę zdecydowanie zaliczam do wartościowych składników osiągnięcia naukowego dra Stasiaka.

Drugą pracą z omawianej tu serii jest publikacja zatytułowana *Note onset detection in musical signals via neural network-based multi-ODF fusion*, opublikowana w 2016 roku w czasopiśmie *International Journal, of Applied Mathematics & Computer Science*. Dr Stasiak przypisuje sobie udział w powstaniu tej pracy na poziomie 55%, co potwierdzają oświadczenia współautorów. Opiniowana praca bardzo

² Porównaj: Tadeusiewicz R., Izworski A.: *Cyfrowa analiza ciągłego sygnału mowy - wstępne przetwarzanie, wydobywanie cech dystynktywnych, zastosowanie metod analizy skupień do segmentacji*. W pracy zbiorowej pod redakcją M. Nałęcz: *Wybrane problemy biocybernetyki i inżynierii biomedycznej*, PAN, Warszawa, 1983, str. 156 - 174

trafnie odwołuje się w zadaniu określenia momentu wystąpienia nowej nuty w sygnale dźwiękowym do metod uczenia maszynowego, opartych na przykładowych nagraniach z początkami nut ręcznie oznaczonymi przez ekspertów. W ocenianej tu pracy narzędziem uczenia maszynowego były sieci neuronowe, dla których dane wejściowe stanowiły wartości wielu funkcji ODF liczonych jednocześnie. W pracy wykorzystano zaledwie cztery funkcje ODF, co dało (w połączeniu z typową siecią neuronową) bardzo dobre rezultaty. Zaproponowana metoda ma jednak tę jeszcze zaletę, że poprzez dodawanie dalszych funkcji ODF można łatwo doskonalić jej działanie. W sumie uważam, że artykuł wnosi znaczący wkład do dyscypliny naukowej uprawianej przez Habilitanta, a także ma spore znaczenie praktyczne. Z przyjemnością zaliczam ją do osiągnięcia naukowego Kandydata.

W następnej pracy, w której dr Stasiak przypisał sobie udział na poziomie 60%, zatytułowanej *Analysis of time-frequency representations for musical onset detection with convolutional neural network* użyto także sieci neuronowych, ale nowego typu, związanych z pojęciem „modnego” ostatnio „deep learningu”. Uważam użycie sieci konwolucyjnych z głębokim uczeniem do ekstrakcji cech sygnału dźwiękowego za pomysł trafny i dobrze powiązany z aktualnymi trendami w informatyce. Sieci splotowe najczęściej używane są w obszarze analizy i rozpoznawania obrazów, ale przekształcony do postaci widma dynamicznego (spektrogramu czasowo-częstotliwościowego) sygnał dźwiękowy może być traktowany podobnie, bo proces wydobywania cech takiego sygnału (w szczególności granic poszczególnych nut) jest w istocie bardzo podobny do tego, który stosowany jest w obszarach *computer vision*. Architektura sieci użytej w ocenianej pracy wzorowana była na pracach Schlütera i Böcka, ale autorzy opiniowanej pracy, w tym zwłaszcza Habilitant, wprowadzili szereg istotnych zmian, znacząco polepszając działanie tego narzędzia. W efekcie stworzyli nową reprezentację sygnału, nazwaną rozszerzoną autokorelacją (*enhanced autocorrelation* EAC), która jednak nie okazała się tak dobra, jak oczekiwano. Niemniej w pracy wykazano, że wykorzystanie sieci neuronowych i metody głębokiego uczenia do analizy spektrogramów daje dobre wyniki. Uczenie a potem testowanie stworzonej sieci wykonano na bazie nagrań, w których występowało prawie jedenaście tysięcy początków nut, które były wykrywane i lokalizowane. Uzyskane wyniki mają dużą wartość naukową i stanowią znaczący wkład Habilitanta do uprawianej dyscypliny naukowej.

Konwolucyjne sieci neuronowe wykorzystywano także w kolejnej publikacji dra Stasiaka, zatytułowanej *Note Onset Detection with a Convolutional Neural Network in Recordings of Bowed String Instruments*. W tej pracy Habilitant miał udział mniejszościowy (40%). Nowością w tej pracy było dokładniejsze zdefiniowanie wykrywanych zdarzeń dźwiękowych, kwalifikowanych jako początki kolejnych nut. Wskazano, że o ile w przypadku instrumentów perkusyjnych zdefiniowanie początku odcinka nagrania dźwiękowego zdefiniowanego jako nowa nuta nie przedstawia większych trudności,

o tyle w przypadku instrumentów smyczkowych sprawa nie jest taka oczywista. Efekty muzyczne znane jako *glissando* oraz *vibrato* mogą znacząco utrudniać jednoznaczne wskazanie początku kolejnej nuty. Dlatego wysiłki autorów opiniowanej pracy koncentrowały się głównie na nagraniach wiolonczeli solo oraz utworów wykonywanych duet skrzypcowy i zespoły smyczkowe. Wykazano, że także w tych trudnych przypadkach konwolucyjna sieć neuronowa nadawała się do wyznaczania początków nagrania odpowiadających początkom kolejnych nut. Wyniki te także z przyjemnością zaliczam pozytywnie do osiągnięcia naukowego Kandydata.

Wykaz publikacji wskazanych jako składniki osiągnięcia naukowego dra Stasiaka kończy praca zatytułowana *Music games as a tool supporting music education*. Jest to rozdział w monografii, w którym udział Habilitanta ustalono (w porozumieniu ze współautorami) na poziomie 50%. Praca jest niewątpliwie ciekawa, oryginalna i przydatna dla praktyki, natomiast wydaje mi się, że z punktu widzenia **informatyki** nie wnosi ona zbyt wielu elementów, które mógłbym zaliczyć do osiągnięć wzbogacających tę właśnie dyscyplinę. Z tego względu tej pracy nie zaliczam jako składnika osiągnięcia naukowego znacząco wzbogacającego wiedzę naukową w dyscyplinie uprawianej przez Kandydata i będącej podstawą do nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie informatyka. Nie zmienia to faktu, że samą pracę jako taką oceniam zdecydowanie pozytywnie – ale w obszarze związanym z edukacją muzyczną.

Podsumowując tę część recenzji stwierdzam, że omówione i ocenione wyżej prace, lokowane najczęściej w monografiach naukowych często będących pokłosiem konferencji naukowych, ale także w dobrych czasopismach, stanowią główną podstawę mojego końcowego pozytywnego wniosku, dotyczącego **zaakceptowania** rozważanego pliku publikacji jako zgodnego z Ustawą osiągnięcia naukowego o wysokiej wartości w kontekście uprawianej przez Kandydata dyscypliny naukowej. Z uznaniem odnotowuję, że każda z publikacji Autora wnosi jakieś nowe wartości naukowe oraz inspiracje praktyczne. Wszystkie te prace oceniam bardzo pozytywnie i twierdzę, że ich łączny ładunek intelektualny w pełni odpowiada ustawowemu (w sensie art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule z zakresu sztuki) i zwyczajowym wymaganiom, jakie stawia się dziełom autorskim pełniącym rolę „osiągnięcia naukowego” będącego podstawą do nadania Autorowi stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Ocena pozostałej aktywności naukowej Kandydata

Zajmę się teraz tą częścią dorobku naukowego Kandydata, która nie wchodzi w skład wybranych prac wskazanych jako „osiągnięcie naukowe”. W dostarczonych mi materiałach podany był pełny wykaz dorobku naukowego Kandydata, poszerzający istotnie obraz Jego sylwetki naukowej widzianej

całościowo. Wykaz ten robi dobre wrażenie. W ocenianej tu **pozostałej aktywności naukowej** dra Stasiaka można wyróżnić kilka wątków. Jest tam publikacja dotyczące automatycznego rozpoznawania gatunku muzyki za pomocą algorytmów genetycznych i inna dotycząca rozpoznawania emocji w sygnale mowy za pomocą różnych metod parametryzacji dźwięku. Jest praca dotycząca zastosowania uczenia maszynowego do automatycznego nadawania ekspresji utworom fortepianowym syntezowanym z plików MIDI. Cechą charakterystyczną dorobku dra Stasiaka jest stosowanie metod sztucznej inteligencji, a zwłaszcza sieci neuronowych, nie tylko zresztą do zagadnień związanych z analizą dźwięków muzyki, ale także do analizy obrazów, w tym między innymi obrazów medycznych.

Prace Autora nie wchodzące w skład „osiągnięcia naukowego” nie zostały udostępnione (w sensie pełnych tekstów) w przysłanych mi do oceny materiałach, ale byłem w stanie do niektórych z nich dotrzeć za pośrednictwem biblioteki głównej AGH – i te publikacje, które mogłem przejrzeć, robią bardzo dobre wrażenie. Zatem pod względem jakościowym zaświadczam i potwierdzam, że Kandydat ma dobre prace naukowe dokumentujące jego „pozostałą aktywność naukową”.

Ilościowo wykaz publikacji dra Stasiaka (opublikowanych po doktoracie i nie wchodzących w skład wyżej omówionego osiągnięcia naukowego) wygląda bardzo przyzwoicie. Znajdujemy tam **pięć** publikacji z listy JCR, oraz **dziewięć** innych publikacji. Publikacje te uzyskały całkiem przyzwoitą liczbę cytowań: **26** wg. WoS i **52** wg. bazy Scopus, jednak niestety jego indeksy Hirscha nie są najwyższe (3 i 4 odpowiednio). Jest to jednak spostrzeżenie zdecydowanie mniej istotne niż ustalona wcześniej ocena, że ilość i jakość publikacji dra Stasiaka są wysoce zadowalające.

Kandydat ma ładną kartę aktywności przy realizacji projektów naukowo-badawczych i badawczo-rozwojowych (uczestniczył w 4 takich projektach) a także w zakresie udziału w międzynarodowych konferencjach naukowych (5 w tym jedna zakończona uzyskaniem wyróżnienia BEST PAPER AWARD). Dr Stasiak uczestniczył 7 razy w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych oraz był członkiem w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych: *The International Society for Music Information Retrieval* oraz pracował jako członek zarządu Polskiego Towarzystwa Cybernetycznego Oddział Łódź. Powierzano Mu recenzje publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych a także artykułów zgłaszanych na konferencje naukowe. Pełnił także rolę eksperta NCBiR i recenzował 5 projektów.

W zakresie dydaktyki i popularyzacji wiedzy dr Stasiak ma także spore osiągnięcia: przygotował materiały dydaktyczne do pięciu przedmiotów na Politechnice Łódzkiej, pełnił rolę opiekuna 40 prac dyplomowych, opiekował się studenckim kołem naukowym „KINo”, pełnił rolę promotora

pomocniczego w dwóch przewodach doktorskich. Ponadto uczestniczył w czterech imprezach popularyzujących wiedzę, ma „na koncie” jeden wpis w Wikipedii, popularyzował wiedzę w Polskim Radiu „Czwórka”, opracował stronę www na temat oprogramowania **TuneFollower**.

Łącznie pozostała działalność naukowa wspiera pozytywny wniosek wywiedziony z oceny „osiągnięcia naukowego”, w związku z czym mój finalny wniosek w tej recenzji brzmi następująco:

Wniosek końcowy

Stwierdzam i potwierdzam, że osiągnięcia naukowe oraz pozostała istotna aktywność naukowa dra Bartłomieja Stasiaka w mojej ocenie w pełni predestynują Go do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego. Dlatego jako recenzent i członek Komisji w tym przewodzie będę głosował za nadaniem Mu tego stopnia.

