

Ryszard Gubrynowicz, dr hab.
Polsko-Japońska Wyższa Szkoła
Technik Komputerowych
ul. Koszykowa 86
02-008 Warszawa

Warszawa, 21 czerwca 2010 r.

Recenzja pracy doktorskiej mgr Piotra Wrzeciono

pt. *„Wykorzystanie rezonansów własnych*

do oceny jakości dźwięku skrzypiec”

1. Uwagi wstępne

Jakość dźwięku jest jednym z najważniejszych subiektywnie ocenianym parametrem wszelkiego typu źródeł dźwięku, systemów nagłaśniania, czy pomieszczeń, w których dźwięk się rozchodzi. Pojęcie jakości dźwięku szczególną rolę odgrywa przy ocenie wszelkiego rodzaju instrumentów muzycznych, w tym także głosu ludzkiego w śpiewie. Barwa dźwięku kształtowana przede wszystkim przez jego widmo w decydujący sposób wyznacza jego jakość. W przypadku instrumentów muzycznych oprócz charakterystyki źródła pierwotnego (podstawowego), którym w przypadku instrumentów strunowych może być struna uderzona klawiszem, palcem, lub kostką, czy wreszcie pociągnięta smyczkiem, istotną rolę w kształtowaniu barwy dźwięku odgrywają rezonanse własne korpusu instrumentu, często nazywane modami. Jednym z głównych tematów rozprawy jest wykazanie, że rozkład modów drgań instrumentu wpływa w sposób najbardziej istotny na subiektywną ocenę jakości dźwięku instrumentu i wykazanie, że znajomość rozkładów modów drgań korpusu skrzypiec może być wykorzystana do budowy systemu obiektywnej oceny jakości ich dźwięku.

2. Temat i zakres rozprawy

Przedmiotem opiniowanej rozprawy jest opracowanie obiektywnej metody oceny jakości brzmienia skrzypiec opartej na analizie rozkładów częstotliwości i poziomów modów drgań korpusu instrumentu. Określenie zależności istniejącej między parametrami modów i jakością dźwięku skrzypiec oraz opracowanie algorytmu (nazwanego w pracy klasyfikatorem) dokonującego obiektywnej estymacji jakości dźwięku skrzypiec są głównymi celami badawczymi pracy. Do ich realizacji autor rozprawy doktorskiej zaproponował oryginalną metodę wyznaczania modów drgań korpusu skrzypiec z uwzględnieniem ich energii oraz opracował wyżej wspomniany algorytm. Podstawową bazą danych, w oparciu o którą wykonano opisane zadania badawcze, były nagrania instrumentów przedstawionych podczas Międzynarodowego Konkursu Lutniczego im. H. Wieniawskiego w 2001 roku. Nagrania te wykonane wkrótce po zakończeniu konkursu wraz

z ocenami jurorów jakości skrzypiec zostały wykorzystane do stworzenia unikalnej bazy danych AMATI, obejmującej łącznie 70 instrumentów. Baza ta umożliwiła przeprowadzenie badań dotyczących zarówno percepcji dźwięku, jak i zjawisk akustycznych powstających podczas gry na skrzypcach w rzeczywistych warunkach odsłuchowych (w małej sali koncertowej).

3. Ogólna charakterystyka pracy

Praca składa się w zasadzie z 6 rozdziałów, w sumie o objętości 112 stron. Wyniki badań są rzeczowo udokumentowane i przedstawione w postaci 26 rysunków oraz 11 tabel. Ponadto, Rozdział 7, stanowiący w istocie jej uzupełnienie zawiera opracowane w języku Java procedury, oraz spisy rysunków, tabel i plików zawartych na załączonej do pracy płycie CD-R. Cytowanych jest 80 pozycji bibliograficznych.

W rozdziale wstępnym krótko omówiono muzyczne, multimedialne bazy danych, ich znaczenie w prowadzeniu badań naukowych, a także problemy związane z ich przeszukiwaniem w oparciu o określone kryteria. Pokrótkie omówiono problemy związane z subiektywną oceną jakości dźwięku, zwłaszcza dźwięku skrzypiec. W rozdziale tym przedstawiono też zasadnicze tezy i cele rozprawy, które można określić w następujący sposób:

- a) Na ocenę jakości brzmienia dźwięku skrzypiec wpływ mają mody korpusu instrumentu, a w szczególności ich wzajemne rozkłady częstotliwościowe i stosunki energetyczne (inaczej mówiąc wzajemne stosunki poziomów natężeń)
- b) Przyjęto zadanie opracowania algorytmu automatycznego wyznaczania tych modów drgań korpusu skrzypiec, które wpływają w najbardziej istotny sposób na percepcję jakości dźwięku
- c) W oparciu o powyższy algorytm można stworzyć system dokonujący zobiektywizowanej oceny jakości dźwięku skrzypiec, w sposób nie gorszy niż to wykonują eksperci instrumentów muzycznych
- d) Opracowany system może w praktyce posłużyć do obserwacji zjawiska tzw. rozegrania się instrumentu, występującego w początkowym okresie jego używania, w wyniku czego następuje poprawa bądź pogorszenie się jakości dźwięku skrzypiec.

W rozdziale drugim po krótkim opisanu budowy i akustyki skrzypiec, autor koncentruje się na analizie modów drgań korpusu skrzypiec. Szczegółowo omawia modele gam chromatycznych, których dźwięki są niezbędne przy detekcji modów drgań skrzypiec w rzeczywistych warunkach ich używania. Zaznacza, że widma dźwięków gamy chromatycznej silnie zależą od czynnika losowego wpływającego na ich poszczególne częstotliwości podstawowe, obwiednie i przesunięcia fazowe między poszczególnymi harmonicznymi. Aby wyeliminować ten wpływ na detekcję modów skrzypiec autor proponuje zastosowanie funkcji korelacji wzajemnej przynajmniej dwóch gam chromatycznych, wyznaczonej w dziedzinie częstotliwości w postaci iloczynu odpowiednich widm. Rozdział ten zawiera szczegółowy opis opracowanych algorytmów wyznaczania modów drgań w trzech wybranych pasmach częstotliwości. Algorytmy te z powodzeniem zastosowano przy analizie nagrań dźwięków skrzypiec z bazy AMATI oraz w dalszej części pracy, do

opracowania metody obiektywnej oceny jakości dźwięku. Szczegółowe wyniki analizy modów drgań dla 53 instrumentów zostały przedstawione w Tabeli 2.2.

W rozdziale trzecim są omówione zagadnienia związane z percepcją dźwięku, a zwłaszcza z percepcją modów drgań skrzypiec. Przeanalizowano zjawisko dostrajania się skrzypka do modu dominującego w określonym przez częstotliwość podstawową drgań struny paśmie. Opisano zjawisko wzajemnego maskowania dźwięków, ze szczególnym uwzględnieniem maskowania modów przez tony skrzypiec. Bardzo ważny dla rozprawy w tym rozdziale podpunkt (3.3) jest poświęcony analizie dokładności oceny jakości skrzypiec przez jurorów Konkursu Lutniczego im. H. Wieniawskiego.

Rozdziały czwarty i piąty stanowią najistotniejszą część opiniowanej rozprawy. W rozdziale czwartym przedstawiono podstawy teoretycznej i praktycznej realizacji systemu (zwanego w pracy klasyfikatorem) obiektywnego oceniania jakości dźwięku skrzypiec w oparciu o analizę modów instrumentu. Natomiast rozdział piąty zawiera pełną analizę uzyskanych za pomocą opracowanego systemu wyników ocen jakości dźwięku objętych badaniami instrumentów. Wyniki te porównano z ocenami subiektywnymi jurorów konkursu lutniczego, stanowiącymi wartości odniesienia dla opracowanego systemu i dokonano oceny efektywności jego działania.

W rozdziale szóstym podsumowano uzyskane wyniki badań, porównano z wynikami, nielicznymi zresztą, innych zagranicznych zespołów badawczych. W przekonujący sposób podkreślono przewagę zaproponowanej metody obiektywnej oceny jakości dźwięku nad innymi proponowanymi w literaturze oraz przedstawiono praktyczne zastosowania opracowanego klasyfikatora jakości dźwięku.

Wykaz piśmiennictwa obejmuje w zasadzie większość istotnych tematycznie pozycji, ale jednak moim zdaniem brakuje w nim tak podstawowej monografii związanej z akustyką skrzypiec jaką jest książka: Lothar Cremer - *Physics of the violin*, MIT Press 1984. Również wśród znaczących monografii dotyczących akustyki instrumentów muzycznych, w tym instrumentów smyczkowych brak: N. H. Fletcher and T. D. Rossing, *The physics of musical instruments*, Springer-Verlag New York Inc., 5 wyd. popr., 2005. (część tej monografii dotyczącą instrumentów smyczkowych jest zresztą dostępna w internecie) oraz J. Beament, *The violin explained – components, mechanism and sound*, Clarendon Press, Oxford, 1997.

Pewnym mankamentem przy omawianiu percepcji dźwięków (Rozdział 3) jest ograniczenie się niemal wyłącznie do pracy E. Ozimka *Dźwięk i jego percepcja – aspekty fizyczne i psychoakustyczne*, co przyczyniło się do dość jednostronnego i moim zdaniem niezbyt dokładnego przedstawienia problemu percepcji dudnień. Zalecałbym zapoznanie się z tak podstawowymi pracami w zakresie percepcji dźwięków jakimi są monografie: B. C. J. Moore *An introduction to the psychology of hearing*, 5th ed., Elsevier, London, 2004, a zwłaszcza - H. Fastl, E. Zwicker, *Psychoacoustics – Facts and Models*, 3rd Ed., Springer Vg, Berlin, 2007.

4. Ocena edytorska pracy

Praca jest napisana w przejrzysty i staranny sposób, liczba błędów językowych, czy edytorskich jest stosunkowo mała i są łatwe do usunięcia. Tok wywodu jest logiczny i zrozumiały, i umieszczenie wyczerpujących wyjaśnień do tabel zawierających wyniki obliczeń ułatwia znacznie nie tylko ich analizę, ale również przyjętych w pracy założeń oraz zastosowanych metod i rozwiązań. Wzorowe jest przedstawienie opracowanych przez autora algorytmów w postaci bardzo starannie wykonanych schematów blokowych. Również sposób przedstawienia w Tabeli 2.2 wyników wyznaczania modów wraz z odpowiednimi współczynnikami energii wzajemnej jest wzorowy.

5. Uwagi szczegółowe

Na początku pragnąłbym zaznaczyć, że moim zdaniem tytuł rozprawy nie jest zbyt szczęśliwie sformułowany. W przypadku jej drukowania proponowałbym zmianę na przykładowo: „Algorytm obiektywnej oceny jakości dźwięku skrzypiec w oparciu o analizę modów drgań korpusu instrumentu”, który moim zdaniem bardziej dokładnie oddaje treść rozprawy.

Opisane badania zostały oparte na nagraniach wchodzących w skład bazy AMATI, jednakże autor nie wyjaśnia dlaczego nie wykorzystał jej w całości, tylko jej część (53 instrumenty) bez podania informacji jakie było kryterium doboru skrzypiec (baza ta według informacji na stronie internetowej zawiera nagrania 70 instrumentów). Zresztą o ilości nagranych instrumentów w bazie autor pisze w sposób niejasny – w podpunkcie 1.4: „Zostało nagrane 70 skrzypiec, przy czym w bazie danych umieszczono 54 instrumenty, w tym jeden z nich nie brał udziału w konkursie” (Dallenz). Również na str. 81 jest stwierdzenie, że baza Amati zawiera nagrania 54 skrzypiec. W pracy sygnalizuje się, że dodatkowym instrumentem (w bazie AMATI ?, w uwzględnionym w rozprawie zbiorze nagrań?) są skrzypce firmy Dallenz (mało znana firma lutnicza). Na oficjalnej stronie bazy AMATI nie ma o nich mowy, a i w rozprawie nie są później wspomniane. Informacja o tych skrzypcach (na ile są one reprezentatywne dla dawnych skrzypiec?) jest w pracy całkowicie zbędna, gdyż żadnych wyników analizy modów drgań tych skrzypiec nie podano.

Natomiast w Rozdziale 5 poświęconemu m.in. analizie porównawczej ocen jurorów i wyników ocen obiektywnych jakości dźwięku instrumentów nie zaznaczono, które z przebadanych instrumentów przeszły do trzeciego etapu konkursu (w bazie AMATI mówi się o 13 skrzypcach). Byłoby interesujące porównać, czy zgodnie z wynikami klasyfikatora omówionymi w Rozdziale 5 instrumenty te też zostałyby zaklasyfikowane jako najlepsze, jak to uczynili jurorzy konkursu wybierając je do III etapu. Powstaje również pytanie jaki zakres ocen jakości dźwięku skrzypiec bezwzględnie je dyskwalifikuje, zarówno przy ocenie subiektywnej, jak i obiektywnej.

W Rozdziale 2 poświęconemu budowie i akustyce skrzypiec zauważa się brak opisu rozmieszczenia strun G, D, A i E. Można było położenie strun zaznaczyć na przykład na Rys. 2.1, lub ich położenie na podstawku na Rys. 2.2. Przy okazji, Rys. 2.2 nie jest czytelny, bowiem nie określono od której strony jest widziany przekrój korpusu skrzypiec (można tylko domyślać się, bowiem w opisie jego podano, że dusza znajduje się pod prawą nóżką podstawka). O wiele lepiej byłoby zaznaczyć, że dusza znajduje się w przybliżeniu pod

struną E w okolicy prawej nóżki podstawka, zaś belka pod struną G równoważąc nacisk strun na górną płytę, z których najsilniej oddziałuje najbardziej napięta struna E (łączna siła nacisku strun na górną płytę wynosi w przybliżeniu 100 N). Dusza (zwłaszcza jej usytuowanie) i belka w istotny sposób wpływają na brzmienie instrumentu, choć i inne elementy (jest ich łącznie 58) wraz z lakierem pokrywającym płyty mają znaczący udział w kształtowaniu dźwięku skrzypiec.

W części poświęconej akustyce skrzypiec niezbyt jasno opisano źródła nieliniowości mających istotny wpływ na barwę generowanego w instrumencie dźwięku. Autor ogranicza się tylko do stwierdzenia, że źródłem nieliniowości w dźwięku skrzypiec jest podstawek, cytując przy tym pracę: *On the body resonance C3 and its relation to the violin construction*, Jansson E., Niewczyk B., Frydén L. [26], (błędna data w wykazie literatury – powinno być 1996), w której nie ma nic o nieliniowych drganiach podstawka. W pracy pomija się fakt, że głównym źródłem nieliniowości w tak złożonym układzie akustycznym jakim są skrzypce jest struna pobudzana do drgań przez pociąganie jej smyczkiem i nieliniowości wprowadzane przez podstawek są pomijalne w stosunku do nieliniowości drgań struny. Celowe by było tu krótkie omówienie modelu drgań struny pobudzanej do drgań smyczkiem. Natomiast przy pobudzaniu struny do drgań przez szarpnięcie, czy uderzenie, zachowuje się ona jak element liniowy, zaś nieliniowe drgania podstawka powodują odtworzenie w widmie „brakujących” harmonicznym (patrz praca *The nonlinear physics of musical instruments* Fletchera - w rozprawie pozycja [13]). Szkoda, że w tym rozdziale nie znalazł się schemat blokowy skrzypiec jako złożonego układu akustycznego, na przykład w sposób podobny do podanego w cytowanej pracy [13]. Podsumowując, skrzypce, w których dźwięk, jeżeli jest wydobywany przez pociągnięcie smyczka po strunach, można traktować jako układ akustyczny składający się z nieliniowego źródła pobudzającego oraz w przybliżeniu z liniowego układu rezonansowego utworzonego przez korpus skrzypiec. Płyty zaś, górna i dolna, stanowią zasadnicze elementy promieniujące dźwięk do otoczenia. Takiego podejścia w przedstawieniu budowy i akustyki skrzypiec zabrakło mi w omawianym rozdziale.

Przy okazji pragnę zasygnalizować, że cytowana w tym rozdziale publikacja - Edwarda Heron-Allena (błędnie podane nazwisko w wykazie cytowanych prac), którą autor cytuje w wersji japońskiej, opublikowanej w latach 1992-1998, była w wersji oryginalnej wydana początkowo w 3 częściach, w latach 1882-84 (*Amateur Work Illustrated*), a następnie w poprawionej wersji książkowej w 1885 roku (i później z bardzo dużą ilością reprintów, ostatni w 1994), pod tytułem *Violin-making: as it was and is*, Ward, Lock&Co Ltd, London. Tak więc wypadałoby podać w rozprawie dane oryginału, bowiem czytelnik z wykazu literatury nie zorientuje się nawet, że o tak klasyczną pracę chodzi, która nb. jest również dostępna w internecie w zbiorach Cornell University Library. Nie uważam, by Rys. 2.3 wzięty z wydania japońskiego wnosił istotne informacje o budowie skrzypiec, tym bardziej że autor nie opisał tego rysunku i nie wiadomo którym miejscom dolnej i górnej płyty odpowiadają pokazane na nim szablony rzeźbień i kształtek, które zostały wykonane przez naukowców japońskich na podstawie pomiarów Heron-Allena.

W tym samym rozdziale, w punkcie poświęconemu prawdopodobieństwu prawidłowego zagrania dźwięku przez skrzypka, uważam za celowe zaznaczenia w Tabeli 2.1 częstotliwości pustych strun skrzypcowych, bowiem osoby nie mające wykształcenia muzycznego nie zorientują się łatwo w jakich zakresach częstotliwości i tonów wydobywane

są dźwięki na poszczególnych strunach. Warto zaznaczyć, że brakuje informacji w jaki sposób i przez kogo były strojone skrzypce. Przykładowo, czy wynik dla pustej strony G (G3) różny od 100% odzwierciedla prawdopodobieństwo błędu strojenia skrzypiec ?

Bardzo ważne zagadnienie jakim są mody drgań instrumentu zostało w pracy bardzo pobieżnie omówione. W literaturze wyróżnia się cztery rodzaje modów związane z rezonansami różnego typu, które występują w instrumencie. Poza objaśnieniem źródła modu A0 i nazwaniem T1 rezonans drewna (nazwa ta niewiele wyjaśnia) pozostałe mody wpływające również na brzmienie instrumentu pozostawiono bez wyjaśnienia, które z nich są powiązane z drganiami określonych elementów skrzypiec (choćby na załączonych figurach Chladniego). W rozprawie nie podano też zakresów częstotliwościowych występowania poszczególnych modów w skrzypcach. Brak opisu modów powoduje, że stwierdzenie na stronie 27 „pasmo poszukiwań (modów) należy podzielić na podpasma, z powodu różnego zachowania się różnych modów” jest niezrozumiałe i zmusza czytelnika do sięgnięcia do dwóch prac cytowanych przez autora, w tym do japońskiego oryginału, co ma niewielki sens. Druga cytowana praca [24] omawia tylko 2 rodzaje modów, przy czym oznacza je inaczej, niż w rozprawie. Znacznie lepsze pod tym względem są, na przykład prace, nie cytowane w rozprawie: J. Alonso Moral and E. Jansson "Eigenmodes, input impedance, and the function of the violin", *Acustica*, vol. 50, pp. 329-337 (1982), czy E. Jansson „Acoustics for violin and guitar makers”, KTH, Stockholm, 2002, <http://www.speech.kth.se/music/acviquit4/index.html>.

W tym samym rozdziale przedstawienie problemu prawdopodobieństwa zagrania poprawnie dźwięku o zadanej wysokości jest niezbyt jasne. Nie wiadomo, czy dźwięki o wysokości odpowiadające pustym strunom były grane na strunach niższych, czy bezpośrednio na danej pustej strunie. Autor pisze na 31 stronie: „zaobserwowano duże prawdopodobieństwa prawidłowego zagrania dźwięków w przedziale od 197 Hz do około 650 Hz. Wyjątkiem od tej reguły jest dźwięk e” (E5), dla którego prawdopodobieństwo prawidłowego zagrania jest relatywnie duże – jednakże wynika to z faktu, że ton ten jest grany również na pustej strunie (bez skracania struny palcami)”. Po pierwsze z wyników podanych w Tabeli 2.1 wynika, że dźwięki od B4 do C#5 (poniżej 650 Hz) mają stosunkowo małe prawdopodobieństwa (choć dobroć mają mniejszą od struny E), zaś z kolei dźwięki D#5 i F5 o częstotliwości powyżej 650 Hz mają prawdopodobieństwo niemal dwukrotnie większe od wyżej wspomnianych, a więc nie jest to całkiem zgodne z tym, co autor napisał na tej stronie.

W podpunkcie 2.8 autor opisuje podział zakresu częstotliwościowego analizy modów na 3 pasma, w których są one wyznaczane. Niezbyt jasne jest dlaczego trzecie pasmo ma stosunkowo tak szeroki zakres częstotliwościowy. W zakresie 2000-3000 Hz znajduje się tzw. „Bridge Hill”, szerokie maksimum, które jest wynikiem przenoszenia drgań struny przez stosunkowo złożony układ akustyczny utworzony przez podstawek i korpus skrzypiec. W literaturze istnieją sprzeczne opinie na temat wpływu tego maksimum na jakość brzmienia dźwięku skrzypiec. Jeżeli autor przyjmuje tezę braku wpływu tego szerokiego rezonansu na jakość brzmienia dźwięku, to wystarczyłoby ograniczyć zakres trzeciego pasma do częstotliwości np. 1800 Hz.

Przy omawianiu bardzo interesujących wyników wyznaczania modów drgań (Tabela 2.2) autor pisze, że największe zróżnicowanie parametrów modów występuje w paśmie 810-3200 Hz. Z podanych wyników w tej tabeli wynika, że również i w niskim paśmie częstotliwości

(197-650 Hz) występuje porównywalne, znaczne zróżnicowanie parametrów (np. skrzypce 15 i 39). Ponadto, wydaje mi się, że trudno porównywać ze sobą wyniki pomiarów wykonanych w pasmach o tak zróżnicowanej szerokości – 1 pasmo o szerokości 3,2 oktawy, drugie – 1,2 oktawy i trzecie – niemal 4 oktawy. Dyskusyjne jest również twierdzenie, że z rozkładu modów w trzecim paśmie można wnioskować o tym, że niektórzy lutnicy wykonali swoje instrumenty sugerując się pracami Skalmierskiego. To można by przyjąć, gdyby autor przedstawił widma w zakresie od 2000 do 4000 Hz. Skalmierski w swoich pracach sugerował, że przesunięcie lokalnego maksimum widma z zakresu 2,5-3 kHz w górę do 3 - 4 KHz, wpływa dodatnio na jakość brzmienia dźwięku skrzypiec. Wpływ przesunięcia tego zakresu widma na jakość brzmienia dźwięku skrzypiec jest dyskusyjny, ale trudno wnioskować, że pojawienie się w niektórych instrumentach dodatkowych modów w zakresie poniżej częstotliwości 2400 Hz jest wynikiem stosowania wstępnego naprężenia górnej płyty skrzypiec, tak jak proponował to w swoich pracach B. Skalmierski.

We wprowadzeniu do rozdziału 3 dotyczącego percepcji dźwięku skrzypiec autor pisze, że „obecność modów w widmie skrzypiec może być również wykorzystana przez kompozytorów, jak to na przykład zrobił Johann Sebastian Bach w Sonacie e-moll BWV 1023 na skrzypce i basso continuo”. Daje odsyłacz do zapisu nutowego tego utworu i nie za bardzo wiem, w jaki sposób kompozytor miał wykorzystać w utworze muzycznym obecność modów w widmie instrumentu, w epoce gdy budowa i brzmienie poszczególnych egzemplarzy skrzypiec były bardzo zindywidualizowane, nawet strój miał różne częstotliwości odniesienia dla tonu a' (w zależności od miejscowości, kraju wahał się od częstotliwości 392 Hz do 465 Hz). O tym zresztą autor rozprawy dalej pisze zaznaczając, że kompozytorzy epoki baroku szczególnie cenili indywidualne walory brzmieniowe instrumentów. Inna postać smyczka, niższy na ogół podstawek, mniejsze naprężenia strun, płyt korpusu skrzypiec powodują, że brzmienie skrzypiec tzw. barokowych jest odmienne od klasycznych nie mówiąc już od współczesnych. To wszystko razem mogło powodować, że rozkłady modów też były zmienne i o których J.S. Bach chyba nie wiedział.

Największe wątpliwości budzi część wstępna Rozdziału 3, w którym autor opierając się na pracy E. Ozimka (*Dźwięk i jego percepcja – aspekty fizyczne i psychoakustyczne*) przedstawia krzywą proggu maskowania równoczesnego, w postaci krzywej ciągłej obejmując tym samym zakres dudnień, jako zakres, w którym proces maskowania ma miejsce. Tymczasem maskowanie równoczesne jest pojęciem ściśle zdefiniowanym i w przypadku maskowania tonu prostego przez ton prosty maskujący, dla pewnego zakresu częstotliwości występuje obszar tzw. dudnień, na które reakcja słuchającego jest zupełnie inna, niż przy wyznaczaniu krzywej progowej maskowania. W drugim przypadku, odpowiedź badanej osoby jest czy słyszy, bądź nie słyszy tonu testowego wraz z tonem maskującym. Natomiast, gdy różnica między tonem maskującym i maskowanym (zarówno pod względem częstotliwości jak i amplitudy) jest odpowiednio mała, percepcja dudnień ma zupełnie inny charakter. Albo słyszy się tylko ton maskujący, albo dudnienia. W przypadku dudnień nie słyszy się tonu maskowanego, jak i maskującego, tylko ton o średniej częstotliwości z obu tonów, i o amplitudzie modulowanej z ich częstotliwością różnicową. Czyli mówienie o obniżeniu się proggu maskowania w obszarze dudnień jest nieporozumieniem. Jedyne przypadki, w którym w tym zakresie dudnienia nie występują ma miejsce, gdy oba tony są o identycznej częstotliwości. Warto jednak zaznaczyć, że rozważania o maskowaniu tonu testowego przez ton maskujący niewiele mają wspólnego z przypadkiem maskowania tonu

przez tony harmoniczne, z którymi mamy najczęściej w przypadku tonów muzycznych (patrz H. Fastl, E. Zwicker, *Psychoacoustics – Facts and Models*, 3rd Ed., Springer Vg, Berlin, 2007). Przy okazji, warto zasygnalizować, że Rys. 3.1 został niedokładnie skopiowany z cytowanej pracy E. Ozimka, oraz nie wyjaśniono dlaczego dudnienia występują również w pobliżu 2400 i 3600 Hz przy częstotliwości tonu maskującego równej 1200 Hz o poziomie 80 dB. Sposób cytowania wspomnianej pracy w niektórych miejscach rozprawy również nie jest zbyt szczęśliwy, bowiem czytelnik może niekiedy odnieść wrażenie, że wprowadzenie pojęcia maskowania czy pasma krytycznego są wynikiem badań prowadzonych przez E. Ozimka (por. ostatni akapit na stronie 52 i w kilku innych miejscach).

Na stronie 53 autor pisze, że mody drgań o dużych energiach znajdują się w różnych pasmach krytycznych odwołując się do wyników podanych w Tabeli 2.2. Tymczasem z podanych danych obserwuje się, że wiele instrumentów ma jednak mody w tym samym paśmie krytycznym, zwłaszcza w zakresie niskich częstotliwości, ale nie tylko (por. instrumenty 10, 11, 15, 18, i wiele innych).

We wnioskach dotyczących porównania ocen jurorów konkursu jakości brzmienia skrzypiec z wynikami klasyfikatora (str. 87) można by stwierdzić, że opracowany system obiektywnej oceny jakości dźwięku daje wyniki bardziej zbliżone do ocen stawianych przez Jurora III, niż Jurorów I, II i IV (o tym autor pisze na str. 90). Różnice między jurorami i klasyfikatorem nie są zbyt wielkie, ale z drugiej strony, być może Juror III lepiej różnicuje niż inni skrzypce pod względem jakości ich dźwięku. Problem doboru jurorów zawsze istnieje i pewnym rozwiązaniem jest zwiększenie ich liczby, przy jednoczesnym założeniu o odrzucaniu ocen skrajnych. Być może, wówczas wyznaczone w pracy współczynniki wag interwałów byłyby mniej wrażliwe na błędy ocen jurorów. Ale ten problem oczywiście przekracza ramy opiniowanej pracy.

Mam pewne wątpliwości co do porównywania ocen skrzypka grającego podczas sesji nagraniowej z ocenami jurorów i klasyfikatora. Zgadzam się, że skrzypek, choćby z tego względu, że jego ucho znajduje się najbliżej instrumentu jest oczywiście najbardziej predestynowany do oceniania jakości instrumentu, jednakże warto zwrócić uwagę, że poziom dźwięku przy uchu (w polu bliskim) jest rzędu 90 dB i jest poziomem, przy którym powstają zniekształcenia nieliniowe w narządzie percepcyjnym mogące wpływać nie tylko na percepcję modów, ale także na inne zjawiska, jak np. na percepcję tonów różnicowych i sumacyjnych. Bardzo znamienne jest, że w przypadku instrumentu 15 określenie skrzypka jest „struny czasami się nie odzywają”. Bezpośrednia energia promieniowana przez struny z uwagi na ich małą masę jest niewielka, a więc jurorzy znajdujący się w pewnej odległości od grającego mogą mieć istotną trudność w ocenie tej własności instrumentu. Chyba, że w określeniu skrzypka chodziło o ocenę współbrzmienia strun. Warto zwrócić uwagę, że z jednym wyjątkiem, oceny jego podane w Tabeli 5.4 są tylko w obszarze ocen negatywnych, wszystkie podane w sposób opisowy, a więc odmiennie niż to czynili jurorzy konkursu. Tak więc chyba trudno jednoznacznie odnosić wyniki obiektywnej oceny jakości dźwięku skrzypiec do ocen skrzypka.

I na zakończenie drobna uwaga z zakresu historii muzyki. Na stronie 48 autor pisze, że pierwsze konserwatorium muzyczne powstało w Paryżu, tymczasem nawet jeśli uwzględnić fakt, że Królewska Akademia Muzyki założona przez Ludwika XIV jest poprzedniczką tego konserwatorium, to jednak pierwsze konserwatoria (nazwa ma włoski rodowód) powstały w

Neapolu pod koniec XVI wieku, tworząc później tzw. szkołę neapolitańską, której wybitnymi przedstawicielami byli Alessandro Scarlatti, Giovanni Pergolesi, Francesco Mancini i wielu innych muzyków. Tzw. szkoła neapolitańska odgrywała znaczącą rolę w rozwoju muzyki aż do początku XIX wieku.

6. Podsumowanie

W konkluzji pragnąłbym podkreślić, że napisanie rozprawy poruszającej zagadnienia znajdujące się na pograniczu tak wielu dziedzin, tak jak to miało miejsce w przypadku opiniowanej rozprawy było bardzo trudnym zadaniem. Uwagi zawarte w tej recenzji w najmniejszym stopniu nie wpływają negatywnie na merytoryczną ocenę rozprawy. Autor sprawnie opracował odpowiednie algorytmy do wyznaczania modów skrzypiec w rzeczywistych warunkach ich używania i na ich podstawie zbudował oryginalny klasyfikator jakości dźwięku skrzypiec wykorzystując przy tym wiedzę z akustyki muzycznej, percepcji dźwięków muzycznych, teorii muzyki (w tym harmonii, a nawet estetyki muzycznej), a także metod statystycznych umożliwiających wyznaczenie ze zbioru ocen subiektywnych jurorów konkursu lutniczego odpowiednich parametrów klasyfikatora i dokonanie wiarygodnej weryfikacji jego efektywności.

Po zapoznaniu się z przedłożoną pracą, uważam że rozprawa doktorska mgr Piotra Wrzeciono jest napisana na bardzo wysokim poziomie naukowym i stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, którym było stworzenie sprawnie działającego systemu do obiektywnej oceny jakości dźwięku skrzypiec, o efektywności porównywalnej z ocenami subiektywnymi jurorów wspomnianego konkursu lutniczego. Istotnym postępowaniem w tej dziedzinie jest zgodność wyliczanych przez klasyfikator ocen z ocenami stawianymi przez jurorów, niezależnie od jakości skrzypiec. Opiniowana praca zawiera ważne wyniki teoretyczne, które w istotny sposób rozszerzają wiedzę o wpływie modów instrumentów muzycznych na ocenę jakości ich dźwięku. Uzyskane wyniki mogą moim zdaniem prowadzić również do bardzo ważnych zastosowań praktycznych, na przykład w dziedzinie instrumentów elektrycznych i elektronicznych (wirtualnych), których bujny rozwój obecnie obserwujemy.

Stwierdzam więc, że opiniowana rozprawa pod każdym względem spełnia wymogi stawiane przez odpowiednią ustawę o stopniach i tytułach naukowych dla prac doktorskich, a jej autor w pełni zasługuje na przyznanie mu stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie informatyka. Stawiam więc wniosek o dopuszczenie tej rozprawy do publicznej obrony.



