Konstrukcje i przekształcenia częstotliwościowe barw harmonicznych

w utworze ***Interferencje***

na kwintet fortepianowy

i dźwięki elektroniczne *ad libitum*

KRZYSZTOF GAWLAS

Konstrukcje i przekształcenia częstotliwościowe barw harmonicznych

w utworze ***Interferencje***

na kwintet fortepianowy

i dźwięki elektroniczne *ad libitum*

Uniwersytet Śląski
Katowice
2013

Publikacja sfinansowana przez Uniwersytet Śląski w Katowicach
© 2013 Copyright by Uniwersytet Śląski w Katowicach

Autor: Krzysztof Gawlas
Recenzent naukowy: dr hab. Marcin Bortnowski
Korekta: Magdalena Legendź
Tłumaczenie abstract: David French
Ilustracje, grafiki i przykłady nutowe: Krzysztof Gawlas

Wydawca i druk:
Oficyna Drukarsko-Wydawnicza „AKANT" S. C.
ul. Kraszewskiego 9, 43-400 Cieszyn

Projekt graficzny, skład, DTP:
Hanna Gawlas

ISBN: 978-83-932942-8-2

Spis treści

Wstęp 7

1. Systemy dźwiękowe i psychoakustyka 11

1.1. Korzenie historyczne systemów tonalnych 11
1.2. Konsonans i dysonans 17
1.3. Psychoakustyka 19
1.4. Konsekwencje świadomości psychoakustycznej w rozwoju systemów tonalnych 27

2. Modele harmoniczne i przekształcenia częstotliwościowe 37

2.1. Wieloton harmoniczny 38
2.2. Widmo dźwięków instrumentalnych 41
2.3. Techniki syntezy dźwięku 52
2.4. Modele skalowe i interwałowe 56
2.5. Przekształcenia częstotliwościowe 56
2.5.1. Operacje arytmetyczne na składowych współbrzmień 57
2.5.2. Intermodulacje składników współbrzmień. 59
2.5.3. Inne przekształcenia 62
2.5.4. Mikrotony w muzyce instrumentalnej 66

3. Wprowadzenie do komputerowego wspomagania kompozycji w środowisku OpenMusic 69

4. Interferencje 75
4.1. Forma 76
4.2. Harmonia 84
4.2.1. Rozwinięcie harmoniczne 90
4.2.2. Rozwinięcie intermodulacyjne 92
4.2.3. Interpolacje 97
4.2.4. Przesunięcie częstotliwościowe 100
4.3. Rytm 103
4.4. Warstwa elektroakustyczna 106
Konkluzja 109
Abstract 111
Bibliografia 115
Spis przykładów 123
Indeks osób 127

Wstęp

Klangfarbenmelodien! Welche feinen Sinne, die hier unterscheiden,
welcher hochentwickelte Geist, der an so subtilen Dingen Vergüngen finden mag!
Wer wagt hier Theorie zu fordern![1]

Tak pisał Arnold Schönberg na zakończenie swojego podręcznika do harmonii klasycznej, pod koniec krótkiej dywagacji na temat barwy dźwięku i możliwości utworzenia czegoś, co można nazwać melodią z samych barw, których następstwo będzie oddziaływać jako pewnego rodzaju logika, adekwatna do logicznej budowy melodii. W tym samym czasie dojrzewały w nim pomysły, które ostatecznie doprowadziły do porzucenia całego dotychczasowego systemu organizacji tonalnej muzyki. Muzyka serialna poruszając się w kierunku działań kombinatoryczno-spekulatywnych doprowadziła do całkowitej utraty związku między materiałem muzycznym a możliwościami ludzkiej percepcji.

Psychofizjologia słuchu i psychoakustyka były w czasach Schönberga w tak wczesnej fazie rozwoju, że nie wydawały się mieć wpływu na oblicze muzyki. Ich szybszy rozwój nastąpił dopiero po II wojnie światowej. Dziś są to nauki o całkiem dużym dorobku teoretycznym, popartym licznymi doświadczeniami, umożliwionym poprzez rozwój wiedzy z zakresu anatomii, a także szereg metod analizy dźwięku. Coraz więcej wiemy o dźwięku, jego złożoności w wielowymiarowej przestrzeni natężenie – częstotliwość – czas. Barwa dźwięku

[1] *Melodie barw dźwiękowych! Cóż to za zmysły, które was rozróżniają, cóż za wyspecjalizowany duch, który może znajdować przyjemność w tak subtelnych rzeczach! Kto odważy się tu przedstawić teorię!* (tłum. autora), W: A. Schönberg, *Harmonielehre.* Wiedeń: Universal-Edition 1922, s. 507.

wciąż jednak pozostaje parametrem, którego opis sprowadza się w większości przypadków do etykiet porównawczych, odwołujących się do innych zmysłów (samo słowo „barwa" wiąże się przecież z kwestiami wizualnymi).

Barwa jako terytorium nieznane a jednocześnie wiążące się z tak szerokim obszarem zmysłowym, stanowi bardzo pożądane miejsce działań kompozytorskich. Dziś wiemy na jej temat dużo więcej niż sto lat temu, mamy też sporo narzędzi, które pozwalają ją opisywać, tworzyć i kształtować.

Praca niniejsza nie może być traktowana jako szeroko ugruntowana teoria. Jest tylko wycinkiem dostępnym autorowi, pomocnym w osiąganiu pożądanych rezultatów działań kompozytorskich. Nie odkrywa w sposób pełny autorskiego systemu pracy, ponieważ jest on w formie świadomej prawdopodobnie niedostępny w pełni samemu autorowi. Jest próbą zebrania i usystematyzowania pewnych technik, które będą, być może, użyteczne dla innych, nie każąc im zaczynać od zera, pozwalając rozwijać własne działania praktyczne na ich bazie.

Pierwszy rozdział stanowi rys historyczny systemów dźwiękowych i ich rozwój z punktu widzenia wiedzy o postrzeganiu materii dźwiękowej. Wskazuje również konkretne przykłady działań kompozytorskich, czerpiących z wiedzy z zakresu psychoakustyki – w niektórych przypadkach świadomie, w niektórych intuicyjnie, choć intuicja uważana jest przez niektórych również za formę świadomości.

Drugi rozdział ma charakter techniczny. Jest próbą opisu elementów systemu dźwiękowego, wykorzystywanego prze autora, bazującego na dokonaniach kompozytorów szkoły spektralnej.

Rozdział trzeci jest krótkim przedstawieniem zorientowanego muzycznie środowiska programistycznego OpenMusic, wykorzystanego w pracy nad utworem. Wstęp ten ma za zadanie ułatwienie czytelnikowi studiowania przytoczonych w następnym rozdziale przykładów. Graficzne przedstawienie algorytmu bywa dużym ułatwieniem w zrozumieniu zasady jego funkcjonowania.

Wreszcie ostatni rozdział, czwarty, jest właściwą analizą utworu. Co prawda aspekt brzmieniowo-wysokościowy jest tutaj głównym tematem, ale w utworze nie występuje on w oderwaniu od innych elementów – formy, czy rytmiki, więc zasady rządzące ukształtowaniem tych elementów zostały tu również ujęte.

Tworzenie barw harmonicznych i ich przekształcanie jest wciąż fascynującą przygodą. Czy dalej będzie tak wciągające, jeżeli poznamy wszystkie rządzące tymi zjawiskami zasady? Być może nie, ale jest jeszcze tak wiele do odkrycia.

Konkluzja

Częstotliwościowy system organizacji wysokości dźwięków otworzył nowe perspektywy dla możliwości muzyki. Spektra, intermodulacje, przekształcenia częstotliwościowe, dudnienia to nowe słowa w teorii muzyki, ale przede wszystkim nowe środki wyrazu. Doświadczenia na gruncie psychoakustyki potwierdzają, że nie jest to po prostu inny punkt widzenia, ale system mający wiele wspólnego z mechanizmami percepcji słuchowej. Ten fakt odróżnia go od wielu systemów spekulatywnych, w których poszukiwania zależności między ukształtowaniem materii dźwiękowej a mechanizmami ich percepcji często skazane są na fiasko.

Potrafimy dość szczegółowo, jak nigdy dotąd, opisać barwę dźwięku, co pozwala w pewnym stopniu planować i przewidywać jej modyfikacje. Analiza komputerowa daje nam wgląd w mikrostrukturę dźwięku, umożliwiając studiowanie modeli brzmieniowych i ich resyntezę zarówno środkami komputerowymi, jak i czysto instrumentalnymi. Procesy przetwarzania w dziedzinie częstotliwości, trudno uchwytne dla ludzkiej intuicji są dziecinnie łatwe nawet dla mało zaawansowanego programu komputerowego.

Instrumenty, których używamy wciąż są reliktem systemu, który przechodzi powoli do historii. Trudno jednak skonstruować instrument nie określając skali, którą będzie wykorzystywał, łapiąc jednocześnie punkty wspólne z innymi instrumentami w zespole.

Wydaje się, że jesteśmy na samym początku drogi. W porównaniu z systemem harmonii funkcyjnej mamy tylko podstawowy zestaw współbrzmień i kilka niespójnych zasad. Jesteśmy ciągle przed sformułowaniem pierwszych melodii.

Abstract

Arnold Schönberg, at the end of his textbook about classical harmony, devotes a great deal of time to the issue of the "colour" of sound. He reflects on the possibility of creating something which might be called a melody constructed purely of timbre structures, the results of which would represent a certain kind of logic, appropriate for the logical construction of a melody. At that time, ideas were maturing in him which ultimately led to the rejection of the entire hitherto system of the organisation of tonal music. Serial music moving towards combinatorial-speculative activities had led to the complete loss of the relationship between musical material and the capabilities of human perception.

The psychophysiology of hearing and psychoacoustics were at such an early stage of development in Schönberg's times that they seemed not to influence the face of music. They only began to develop more quickly after the Second World War. Today they are sciences with a considerable theoretical base, supported by numerous experiments, made possible by the growth in knowledge from the field of anatomy, and also by a host of methods for analysing sound. We know more and more about sound and its complexity in the multi-dimensional space of: intensity – frequency – time. The timbre of sound continues to remain a parameter the description of which leads in most cases to comparable labels, referring to other senses (the words "colour" and "shade" – drawn from visual perception – are often used to describe sound).

Timbre, as an unknown territory and simultaneously linked to such a broad perceptual domain, represents a very desirable place for compositorial activities.

Today we know much more about it than a century ago; we also have plenty of tools which enable it to be described, created and shaped.

The current thesis cannot be treated as a thoroughly comprehensive theory. It is only a fragment available to the author, which is helpful in achieving the desired results in the area of compositorial activities. It does not fully reveal an original system of work, because it is probably not totally consciously available to the author himself. It is an attempt to gather and systematise certain techniques, which perhaps will be useful to others, not forcing them to reinvent the wheel, permitting them to develop their own practical activities using it as a base.

Chapter One is a historical outline of sound systems and their development from the point of view of knowledge of the perception of sound matter. It also presents specific examples of compositorial activities, drawing from knowledge from psychoacoustics – in some cases consciously, in some intuitively, although intuition is also considered by some people to be a form of consciousness.

Chapter Two has a technical character. It is an attempt to describe elements of the system of sound used by the author, based on compositorial accomplishments of the spectral school.

Chapter Three is a short presentation of OpenMusic, the object-oriented visual programming environment for musical composition, used in work on the composition. This introduction is intended to ease the process of studying the examples given in the following chapter for the reader. A graphic presentation of an algorithm is often a great help in understanding the principles of its functioning.

Chapter Four, the final one, is the actual analysis of the work. Although the sound-pitch aspect is the main subject here, it does not occur in the work in isolation from the other elements – such as form or rhythm – so the principles governing the shape of these elements has also been included.

The creation of harmonic timbres and their transformation continues to be a fascinating adventure. Will it still be so attractive if we become familiar with all the principles governing these phenomena? Perhaps not, but there is still a great deal to be discovered.

Spis przykładów

2.1. Pierwszych 16 składowych wielodźwięku harmonicznego o podstawie C_1, w notacji ćwierćtonowej z podanym odchyleniem od stroju temperowanego w centach. 38

2.2. Spektrogramy 3 harmonicznych wielodźwięków syntetycznych, wszystkie o częstotliwości podstawowej 220 Hz. Pierwszy zawiera wszystkie składowe (przebieg piłokształtny), drugi o barwie dźwięku zmodyfikowanej przez filtr rezonansowy, dolnoprzepustowy o częstotliwości granicznej zmieniającej się płynnie od 5000 do 200 Hz; trzeci to przebieg prostokątny, zawierający tylko nieparzyste harmoniczne. 39

2.3. Wpływ współczynnika zniekształcenia d na spektrum harmoniczne. 40

2.4. Spektrogramy dźwięków a^1 granych na różnych instrumentach muzycznych – fortepianie, skrzypcach, trąbce, flecie, klarnecie. 41

2.5. Spektrogram głosu z widocznymi zmianami wysokości dźwięków i pasm formantowych. 44

2.6. Dźwięk H_2 fortepianu i następujący po nim wieloton harmoniczny o podstawie H_2. 45

2.7. Spektrogram najmniejszego z trzech dzwonów kościoła ewangelickiego w Cieszynie. 46

2.8. Transkrypcja spektrum dzwonu z przykładu 2.7. z dokładnością do ¼ tonu. 47

2.9. Spektrogram dźwięku multifonicznego na saksofonie altowym. 48

2.10. Spektrogram dźwięku multifonicznego na flecie. 49

2.11. Dźwięk subharmoniczny G na pustej strunie g skrzypiec. 50

2.12. Schemat blokowy syntezy addytywnej. 52

2.13. Modulacja amplitudy (a) i modulacja kołowa (b). 54

2.14. Modulacja kołowa w zapisie nutowym (aproksymacja ćwierćtonowa). 54

2.15. Schemat modulacji częstotliwości. 55

2.16. Modulacja częstotliwości w zapisie nutowym (aproksymacja ćwierćtonowa). 55

2.17. Przewroty akordu majorowego (a) i kwartowego (b). 57

2.18. Wielodźwięk harmoniczny przesuwany przez dodanie do jego składników częstotliwości $f^* k$, . 58

2.19. Ciąg trójdźwięków diatonicznych przekształcony przez odjęcie od częstotliwości poszczególnych składników wartości 261.62555Hz, odpowiadającej dźwiękowi c^1. 58

2.20. Stopniowe zagęszczanie współbrzmień. 59

2.21. Wykorzystanie efektu ring modulator jako generatora sekwencji współbrzmień. 60

2.22. Zagęszczanie współbrzmień interwałowych przez modulację częstotliwości. 61

2.23. Odbicie lustrzane w wersji interwałowej (a) i częstotliwościowej (b) względem punktu symetrii odpowiadającego kolejnym wysokościom dźwięku akordu wyjściowego. 63

2.24. Autotranspozycja. Wspólnym dźwiękiem dla wszystkich akordów w przykładzie jest *ais*, najniższy dźwięk pierwszego akordu. 64

2.25. Sekwencja harmoniczna utworzone przez mutację akordów z przykładu 2.21. 64

2.26. Pięć akordów, utworzonych przez modulację FM, o przypadkowych parametrach (a) i ich uporządkowanie przez funkcję [best-transpose] (b). 65

2.27. Interpolacja pomiędzy akordami oznaczonymi jako półnuty – 9 akordów przejściowych. 65

3.1. Najprostszy program w OpenMusic – transpozycja akordu. Składa się z 2 obiektów „chord", funkcji „+" i liczby 300. Górny obiekt „chord", zabezpieczony przed modyfikacją (x w lewym górnym rogu) zawiera dane wyjściowe. Na drugim wyjściu (na dole od lewej strony) mamy dostęp do wysokości dźwięków akordu, wyrażonych w OpenMusic w midicentach (kod MIDI * 100 centów). Do tych wysokości dodana jest liczba 300, co powoduje transpozycję akordu o tercję małą w górę. Wynik wyświetla dolny obiekt „chord". 71

3.2. Wykorzystanie abstrakcji do uproszczenia widoku algorytmu – abstrakcja densifier i otwarte okno z jej zawartością. 72

4.1. Algorytm wyznaczający czasy trwania poszczególnych 44 odcinków cz. 1 w poszczególnych partiach. 76

4.2. Przekształcenie odcinków czasowych w wartości rytmiczne i przyporządkowanie im akordów. 77

4.3. Algorytm wyznaczający ilość dźwięków w poszczególnych akordach. 79

4.4. Funkcja tworząca fraktal o proporcjach zaczerpniętych z ciągu Fibonacciego. 80

4.5. Algorytm wyznaczający strukturę makrorytmiczną interludium i części IIa. 83

4.6. Bazowy akord dwunastodźwiękowy z zaznaczonymi interwałami pomiędzy kolejnymi składnikami (liczba półtonów). 85

4.7. Podzbiory akordu bazowego. 85

4.8. Algorytm wybierający ilość dźwięków w poszczególnych współbrzmieniach. 86

4.9: Algorytm wyboru kolejnych współbrzmień cz. 1. 87

4.10. Struktura wewnętrzna pętli [choose-chrds]. 88

4.11. Sekwencja współbrzmień w cz. 1. 89

4.12. Partia fortepianu, t. 2-7. 90

4.13. Algorytm wykorzystany do wygenerowania sekwencji partii fortepianu. 91

4.14. Kalkulator rozwinięć harmonicznych. 92

4.15. Kalkulator rozwinięć intermodulacyjnych. 93

4.16. Akord FM w odcinku 19, I części – algorytm. 94

4.17. Akord FM w odcinku 19, I części (oznaczony strzałkami między liniami przerywanymi) – partytura, t. 71-76. 96

4.18. Część IIb – akordy FM. 96

4.19. Interpolacje w cz. I utworu (t. 38-54). Liczby w ramkach oznaczają numery odcinków. 97

4.20. Stopniowa interpolacja między współbrzmieniami nr 20 i 21. 98

4.21. Interpolacja wyznaczająca strukturę harmoniczną końcowej części utworu. 99

4.22. Algorytm przesunięcia częstotliwościowego. 101

4.23. Struktura wewnętrzna pętli [make-gliss] 102

4.24. Kalkulator do obliczania przyspieszeń i zwolnień. 104

4.25. Superpozycja i ukształtowanie rytmiczne odcinków 13-16 (t. 50-67). 105

4.26. Interfejs obsługi programu do odtwarzania plików dźwiękowych podczas wykonania utworu *Interferencje*. 106

Indeks osób

A

Abram Dave, 11, 115
Adorno Theodor, 27
Agon Carlos, 70, 115
Assayag Gérard, 70, 115

B

Babbitt Milton, 27
Bachem Albert, 21, 115
Benson David J., 18, 115
Biles John Al, 118
Boulez Pierre, 27
Boëthius Anicius M.S. (Boecjusz), 14
Bresson Jean, 70, 115
Broughton Simon, 11, 115
Brown Steven, 11, 121

C

Cage John, 51
Calter Paul, 14, 115
Carlos Wendy, 31
Chodkowski Andrzej, 21, 115
Chowning John, 30, 118
Christensen Thomas, 16, 20, 115
Corey Charles Robert, 33, 115
Corti Alfonso G.G., 18
Cowell Henry, 30, 31, 115
Czekanowska Anna, 115

D

Dalbavie Marc-André, 119
David Edward E. 119
Deutsch Diana, 22, 26, 116
Dimkaroski Ljuben, 121
Dodge Charles, 53, 116
Drobner Mieczysław, 116
Duane Orla, 11, 115
Duffin Ross W., 116
Dufourt Hugues, 33, 116

E

Eimert Herbert, 27
Ellingham Mark, 11, 115
Erickson Robert, 116

F

Falkenhausen Lothar von, 12, 43, 116
Farthofer Lisa, 35, 116
Fastl Hugo, 22, 116
Fay Richard R., 119
Ferneyhough Brian, 73
Fibonacci Leonardo, 78, 80, 124
Fineberg Joshua, 57, 117, 118, 119
Fisher Fred, 12, 116
Fletcher Harvey, 23, 116
Fletcher, Neville H., 116
Fokker Adriaan, 29, 66

Forte Allan, 27
Fourier Jean-Baptiste J., 15, 18
Fyk Joanna, 116

G

Gann Kyle, 32, 116
Ghyka Matila C., 14, 116
Gilmore Bob, 32, 73, 116
Glarean, 16
Gossett Philip, 15, 119
Grisey Gérard, 33, 34, 57, 60, 63, 117 120, 121

H

Haas Georg Friedrich, 28, 30, 34, 35, 67, 68, 116, 117
Haase Rudolf, 14, 117
Hába Alois, 28, 29, 117
Harrison Lou, 31
Harvey Jonathan, 30, 33, 117
Helmholtz Hermann von, 18, 19, 20, 23, 27, 31, 32, 117
Hickman Hans, 117
Hindemith Paul, 24, 30, 31, 117
Hirsh I. J., 119
Huang-Di, 12
Hucbald z Saint-Amand, 14
Hurel Philippe, 119
Hyacinthe Ronan, 119

J

Jarrell Michael, 73
Järveläinen Hanna, 42, 117
Jerse Thomas A., 53, 116
Johnston Ben, 31, 32, 116
Jorasz Urszula, 117

K

Karjalainen Matti, 42, 117
Kilmer Anne D., 117
Kimura Mari, 51, 117
Kleczkowski Piotr, 117
Kotoński Włodzimierz, 117
Krupowicz Stanisław, 84, 119

L

Levelt Willem JM, 18, 119
Lévinas Michaël, 33
Liang Mingyue, 13, 118
Ligeti György, 33, 35, 115
Lindberg Magnus, 73
Lindstedt Iwona, 40, 118
Ling Lun, 12
Loy Gareth, 14, 23, 118
Lutosławski Witold, 56, 84, 119

M

Marszałkiewicz Mariusz, 120
Massey Janila, 13, 118
Massey Reginald, 13, 118
Martenot Maurice, 29
Mathieu William Allaudin, 118
May Elisabeth, 12, 118
McClain Ernest G., 118
McConnachie James, 11, 115
McPherson Gary, 22, 119
Meer Wim van der,, 120
Meneghini Matteo, 30, 118
Merker Björn, 11, 121
Messiaen Olivier, 28, 31, 56, 118
Miller George, 118
Miranda Eduardo Reck, 118
Miśkiewicz Andrzej, 66, 118
Mithen Steven, 118
Moore Brian C.J.,, 120
Murail Tristan, 33, 34, 60, 73, 118

N

Neidhardt Johann G., 17

O

Ohm Georg, 18
Oliveros Pauline, 31
Oxenham Andrew J., 119
Ozimek Edward, 118

P

Parncutt Richard, 21, 22, 24, 25, 26, 119
Partch Harry, 31, 32, 116, 119
Penderecki Krzysztof, 28
Pierce John R., 119
Pitagoras, 13, 14
Plack Christopher J., 119
Platon, 14
Plomp Reinier, 18, 119
Popper Arthur N., 119
Pousset Damien, 119

R

Rae Charles Bodman, 84, 119
Reich Steve, 34
Rakowski Andrzej, 21, 22, 119
Rameau, Jean-Philippe, 15, 16, 24, 115, 119
Rao Suvarnalata, 120
Roads Curtis, 33, 53, 120
Rossing Thomas, 43, 120

S

Saariaho Kaija, 33, 119
Salinas, 16
Sarangadeva, 13
Scelsi Giacinto, 34, 35
Schaeffer Pierre, 120
Schafer Raymond Murray, 120
Schlick Arnolt, 17
Schönberg Arnold, 7, 27, 65, 111, 120
Schreiber Ewa, 120
Sethares William A., 32, 120
Sęk Aleksander, 120
Shepard Roger N., 25, 26, 120
Sitsky Larry, 29, 120
Skrodzka Ewa, 120
Smalley Denis, 120
Stevin Simon, 17
Stockhausen Karlheinz, 27, 30, 117
Strasburger Hans, 26, 119
Stumpf Carl, 19, 20, 120

Ś

Świder Józef, 31, 118

T

Tenney James, 17, 31, 32, 116, 120
Terhardt Ernst, 23, 24, 25, 120
Tessier Roger, 33
Tongeren Mark C. van, 14, 121
Topolski Jan, 121
Toškan Borut, 121
Touretzky David S., 121
Trippett David, 120
Turk Matija, 121

V

Välimäki Vesa, 42, 117

W

Wallin Nils L., 11, 121
Webern Anton, 27
Wyschnegradski Ivan, 29, 35, 68

X

Xenakis Iannis, 28

Y

Young La Monte, 31, 32, 116

Z

Zarlino Gioseffo, 14
Zwicker Eberhard, 22, 116
Zwislocki Jozef J., 121

Koncepcja organizacji materiału dźwiękowego zaproponowana przez Krzysztofa Gawlasa polega na stworzeniu spójnego systemu harmonicznego w oparciu o wieloton harmoniczny oraz jego przekształcenia, u podstaw których leżą zarówno naturalne zjawiska akustyczne, jak i te znane jedynie ze studia muzyki elektroakustycznej. Do tworzenia opisanych w pracy konstrukcji harmonicznych wykorzystane zostało środowisko programistyczne OpenMusic. Przedstawione przykłady algorytmów stworzonych w tym środowisku w sposób doskonały obrazują metody wspomagania komputerowego procesów kompozytorskich.

Dodatkowy walor pracy stanowi praktyczne zastosowanie opisanych w niej modeli harmonicznych i ich przekształceń częstotliwościowych. W znacznym stopniu uwiarygadnia to przedstawioną w niej teorię. Podjęcie przez Autora próby stworzenia bardziej ogólnego (a nie indywidualnego) systemu harmonicznego, spowodować może iż praca wykorzystana zostanie do dalszych badań i wykładów w wyższych uczelniach muzycznych. Daje też nadzieję, że przytoczona przez Autora na samym początku pracy koncepcja Klangfarbenmelodie Arnolda Schönberga i jego zawołanie: „Któż ośmieli się tworzyć teorię!" mają szansę – po ponad stu latach – na pełną realizację.

Dr hab. Marcin Bortnowski

Uniwersytet Śląski
Katowice
2013
ISBN: 978-83-932942-8-2