

**Psychoakustyczne
konteksty strumieniowania
percepcyjnego w muzyce**

Adam Rosiński

Psychoakustyczne
konteksty strumieniowania
percepcyjnego w muzyce



Wydawnictwo
Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego
w Olsztynie

Kolegium Wydawnicze UWM
Przewodniczący
prof. dr hab. Zbigniew Chojnowski
Redaktor Działu
dr Ewa Gładkowska

Recenzentki
prof. dr hab. Janina Fyk
Uniwersytet Zielonogórski
Wydział Artystyczny
dr hab. Katarzyna Szymańska-Stulka, prof. UMFC
Uniwersytet Muzyczny Fryderyka Chopina
Wydział Kompozycji, Dyrygentury i Teorii Muzyki

Redakcja wydawnicza
mgr Maria Fafińska

Projekt okładki
Adam Głowacki

Skład i łamanie
Marian Rutkiewicz

ISBN 978-83-8100-119-9

© Copyright by Wydawnictwo UWM • Olsztyn 2018
© Copyright by Adam Rosiński

Wydawnictwo UWM
ul. Jana Heweliusza 14, 10-718 Olsztyn
tel. 89 523 36 61, fax 89 523 34 38
www.uwm.edu.pl/wydawnictwo/
e-mail: wydawca@uwm.edu.pl

Ark. wyd. 10,32; ark. druk. 8,75
Druk: Zakład Poligraficzny UWM w Olsztynie, zam. nr 268

SPIS TREŚCI

WPROWADZENIE	7
1. BADANIA I EKSPERYMENTY PSYCHOAKUSTYCZNE	13
1.1. Dźwięk środowiskowy w różnych ujęciach	13
1.2. Podstawy metodyki badań stosowanej w psychoakustyce	17
1.3. Pojęcie progu	18
1.4. Psychofizyka klasyczna i teoria detekcji sygnałów	20
1.5. Metody psychofizyczne stosowane w pomiarach progowych	21
1.6. Wpływ wykształcenia na wyniki eksperymentu	23
2. STRUMIENIE PERCEPCYJNE	25
2.1. Obraz słuchowy	25
2.2. Geneza pojęcia strumienia percepcyjnego	28
2.2.1. Terminologia	28
2.2.2. Teorie percepcji atomistyczne i holistyczne	34
2.2.3. Zasady organizacji percepcyjnej według koncepcji psychologii postaci	36
2.2.4. Iluzje słuchowe	38
2.2.5. Koncepcje przedstawione w pracach Bregmana	43
3. GRUPOWANIE DŹWIĘKÓW	49
3.1. Cechy brzmienia jako podstawa grupowania dźwięków w strumieniu percepcyjne	49
3.1.1. Wysokość	49
3.1.2. Rytm	56
3.1.3. Barwa	61
3.1.4. Lokalizacja dźwięku w przestrzeni	63
3.2. Obiekty słuchowe – grupowanie dźwięków współbrzmiających	64
3.2.1. Mechanizmy wyodrębniania obiektów słuchowych	64
3.2.2. Cechy brzmienia decydujące o przynależności dźwięków do wspólnego obiektu percepcyjnego	69
4. STRUMIENIE PERCEPCYJNE W MUZYCE	77
4.1. Uwarunkowania różnic w odbiorze materii dźwiękowej przez muzyków i niemuzyków	77

4.2. Analiza obrazu słuchowego w kontekście strumieniowania percepcyjnego na podstawie wybranych utworów	80
ZAKOŃCZENIE	129
BIBLIOGRAFIA	133
SPIS RYSUNKÓW I TABEL	139

WPROWADZENIE

Percepcja dźwięku jest związana z funkcjonowaniem dwojako rodzaju procesów w układzie słuchowym człowieka – sensorycznych oraz poznawczych. Procesami sensorycznymi nazywa się zespół zjawisk skorelowanych z odbiorem fal akustycznych docierających ze środowiska, przetwarzaniem w narządzie słuchu fal akustycznych na impulsy nerwowe, kodowaniem w postaci impulsów danych o cechach fizycznych odbieranych dźwięków oraz przekazywaniem impulsów nerwowych do ośrodków słuchu w korze mózgowej. Funkcjonowanie procesów sensorycznych związanych ze słyszeniem zależy od stanu fizjologicznego układu słuchowego człowieka. W pracach z dziedziny psychoakustyki, zajmującej się badaniem związków zachodzących między cechami fizycznymi dźwięku i wrażeniem słuchowym, zazwyczaj przyjmuje się, że między osobami posiadającymi słuch fizjologicznie normalny nie występują w mechanizmach tych zjawisk duże różnice.

Procesy poznawcze odnoszą się do przetwarzania przez umysł informacji docierających z narządu słuchu oraz innych zmysłów. Przetwarzanie zachodzi w ośrodkowym układzie nerwowym i polega na odbieraniu informacji z otoczenia, ich przechowywaniu i przekształcaniu oraz ponownym wprowadzaniu do otoczenia w postaci reakcji – zachowania. Do procesów poznawczych należą m.in.: uwaga, świadomość, percepcja, pamięć, myślenie oraz rozumowanie¹. Powstałe w ten sposób struktury poznawcze wykorzystywane są przez człowieka do wytworzenia obrazu mentalnego odbieranych bodźców.

Procesy poznawcze zależne są od różnorodnych czynników współbrzmiących z przeszłymi doświadczeniami osoby odbierającej bodźce zmysłowe. Z tego względu, osoby o podobnym stanie fizjologicznym narządu słuchu, mające różne doświadczenia dotyczące percepcji dźwięku, mogą różnić się np. wrażliwością na zmiany brzmienia dźwięku oraz odbierać obrazy słuchowe o innych właściwościach i strukturze, przy pobudzeniu narządu słuchu tym samym sygnałem akustycznym. Istotny wpływ na

¹ E. Nęcka, J. Orzechowski, B. Szymura, *Psychologia poznawcza*, Academica Wydawnictwo SWPS, PWN, Warszawa 2006, s. 178, 278, 320, 420.

kształtowanie się procesów poznawczych w percepcji dźwięku mają m.in. doświadczenia nabyte w toku edukacji muzycznej oraz te zdobywane w trakcie praktyki zawodowej muzyka.

W wyniku procesu słyszenia w umyśle słuchacza mogą powstawać różnorodne elementy i struktury percepcyjne. Słuchając dźwięku możemy rozpoznawać jego źródła, odkrywać właściwości akustyczne środowiska, w którym znajdują się źródła oraz różnicować dźwięki pod względem ich elementarnych cech wrażeniowych, do których zalicza się głośność, wysokość, barwę oraz postrzegany czas trwania dźwięku. W tradycyjnych badaniach nad zasadami percepcji dźwięku wykorzystuje się wyspecjalizowane metody oceny słuchowej, które pozwalają uzyskać opis zależności między cechami fizycznymi dźwięku i cechami odbieranego przez słuchacza wrażenia.

W pracach badawczych z dziedziny psychoakustyki oraz akustyki muzycznej używane jest pojęcie strumienia percepcyjnego. Strumieniem percepcyjnym (inaczej strumieniem słuchowym lub dźwiękowym) nazywa się sekwencję bądź zbiór wrażeń słuchowych uporządkowanych w taki sposób, że słuchacz postrzega dane zdarzenie akustyczne jako całość. Oznacza to, że odbiorca potrafi np. rozpoznać i rozróżnić poszczególne dźwięki jako głosy w utworach wielogłosowych lub struktury harmoniczne (rozdzielenie odmiennych strumieni percepcyjnych) dzięki umiejętności znajdowania elementów o podobnych wyróżnikach, spójności lub regularności. Istotą strumienia percepcyjnego jest wyodrębnianie z całości specyficznych cech dźwięków w celu uzyskania całościowego obrazu bądź kompletnego opisu słuchowego danego zdarzenia akustycznego.

W literaturze znajdujemy doniesienia świadczące o tym, że procesy poznawcze dotyczące percepcji dźwięku są u muzyków rozwinięte w szczególny sposób, co powoduje, że muzycy różnią się od niemuzyków w sytuacjach percepcji dźwięku, które nie są ściśle kojarzone z muzyką. W badaniach eksperymentalnych stwierdzono m.in., że muzycy lepiej rozumieją mowę maskowaną hałasem niż niemuzycy². Na podstawie wyników opublikowanych prac badawczych można wywnioskować, że wykształcenie muzyczne wpływa na odbiór dźwięku w sytuacjach, w których dominującą rolę w percepcji dźwięku odgrywają procesy poznawcze. Zjawiskiem, w których procesy poznawcze odgrywają szczególnie silną rolę jest łączenie dźwięków w strumienie percepcyjne.

Niniejsza praca powstała w wyniku zainteresowania autora tematyką percepcji dźwięku w kontekście strumieniowania percepcyjnego. Postawione pytania przez muzyków i osoby bez wykształcenia muzycznego, odno-

² A. Parbery-Clark, E. Skoe, C. Lam, N. Kraus, *Musician enhancement for speech-in-noise*, „Ear and Hearing”, 30 (6), 2009, s. 659.

szące się do różnic w przetwarzaniu dźwięków oraz wpływu cech wyróżniających różnorodne tony na konstruowanie strumieni percepcyjnych, były podstawą do napisania tej książki. Szerokie poszukiwania odpowiedzi, przeprowadzone badania własne w postaci eksperymentów, kwerenda literatury światowej dotycząca analizy obrazu słuchowego oraz percepcji dźwięków w kontekście integracji lub segregacji dźwięków w strumieniu percepcyjne wskazały, że temat jest bardzo szeroki i często niejednorodny. Owa niejednorodność legła u podstaw prowadzonych badań przez autora, który podjął się wyjaśnienia fundamentalnych zjawisk dotyczących grupowania dźwięków współbrzmiących w strumieniu percepcyjnym, a które w literaturze przedmiotu ujmowane są w zupełnie odmienny sposób. Stąd też tak ważne okazało się usystematyzowanie i określenie operatywności pozyskanej wiedzy pochodzącej z eksperymentów własnych, jak i kwerendy literatury.

Temat strumieniowania percepcyjnego w Polsce zaistniał w pracy doktorskiej Justyny Humięckiej-Jakubowskiej, również w pojedynczych artykułach można znaleźć krótkie wzmianki odnoszące się do tego obszaru³. Mimo tak niewielkiego zainteresowania tym zagadnieniem oraz niezbyt bogatej literatury z tego zakresu w Polsce, warto pamiętać, że strumieniowanie percepcyjne jest ważnym oraz kluczowym zagadnieniem dotyczącym zrozumienia charakterystyki zarządzania przez umysł ludzki dźwiękami, które nas otaczają. A co istotne, z zachodzących wokół nas zjawisk dźwiękowych często nie zdajemy sobie sprawy. Nie umiemy określić form organizacji percepcyjnej. Autor ma zatem nadzieję, że jego książka wpisuje się w tę lukę badawczą.

Adresatami niniejszej publikacji są teoretycy muzyki, kompozytorzy, reżyserzy dźwięku oraz wszyscy ci, którzy chcą poszerzyć swój warsztat pracy o psychoakustyczne konteksty strumieniowania percepcyjnego w muzyce. Wykorzystanie wiedzy psychologicznej i akustycznej w nowoczesnej analizie podejmowanej przez teoretyków muzyki niewątpliwie ubogaca ich działania o nowe elementy, które wcześniej mogłyby zostać niedostrzeżone. Kompozytorzy mogą czerpać z wiedzy na temat strumieniowania w trakcie tworzenia warstwy muzycznej muzyki elektroakustycznej, sięgając po dostępne już dziś na szeroką skalę zdobycze technologiczne i multimedialne. Natomiast reżyserzy dźwięku, pracując nad kreacją warstwy ilustracyjno-dźwiękowej utworów muzycznych, które posiadają kilka planów dźwiękowych (strumieni percepcyjnych), znajdują w tej pracy przydatne informacje. Miks i mastering, jako ostateczne etapy tworzenia nagrań dźwiękowych, mają na celu takie ukształtowanie nagrania, aby brzmiało

³ Np. zob. A. Zawadzka-Gólosz, *O komponowaniu percepcji. Casus Witolda Lutosławskiego*, „Teoria Muzyki. Studia. Interpretacje. Dokumentacje”, 3, 2013, s. 67–68.

ono zarazem spójnie oraz niepowtarzalnie, co jest wynikiem działania reżyserów dźwięku właśnie na polu pracy nad strumieniami percepcyjnymi – śladami podczas dokonywania miksu.

Praca została podzielona na cztery rozdziały. W rozdziale pierwszym omówiono podstawy dotyczące badań i eksperymentów psychoakustycznych. Przeanalizowano tu metody badawcze wykorzystywane w psychoakustyce, które dotyczą badań podstawowych. Rozdział powstał w odniesieniu do literatury, w obszarze której autorzy podejmują tylko wybrane aspekty poszczególnych eksperymentów, nie traktując problemu całościowo. Zawarte tu spostrzeżenia autorskie zostały natomiast wypracowane podczas własnych badań psychoakustycznych i noszą znamiona oryginalności. Podsumowanie niniejszego rozdziału opiera się na wprowadzeniu nowego kryterium kwalifikacyjnego dotyczącego badań psychoakustycznych. Wzmiankowany aspekt nie został dostrzeżony przez innych badaczy, który może być głównym wyznacznikiem wpływającym na odpowiedzi udzielane przez respondentów⁴.

W rozdziale drugim poruszono problematykę słuchowych strumieni percepcyjnych, podjęto analizę obrazu słuchowego oraz specjalistycznej terminologii stosowanej w pracach badawczych odnoszących się do tych zagadnień. Dogłębna analiza, zwłaszcza literatury obcojęzycznej, pozwoliła na adekwatne opisanie terminologii, nadając tym samym odpowiedni kształt i ramy omawianego nazewnictwa, zwłaszcza że w wielu publikacjach były one używane zamiennie, a często wręcz mylone. W rozdziale tym odniesiono się też do podstaw dotyczących prawideł psychologii postaci, które można zaobserwować w zadaniach spostrzeżeniowych, m.in. w odmiennej interpretacji iluzji słuchowych. Rozdział zamyka analiza koncepcji Alberta Stanleya Bregmana.

W rozdziale trzecim na podstawie literatury wskazano cechy brzmienia, będące podstawą łączenia dźwięków w strumienie percepcyjne, zwrócono również uwagę na mechanizmy i czynniki dotyczące wyodrębniania obiektów słuchowych, w tym np. na cechy brzmienia decydujące o przynależności danych dźwięków do mniejszych struktur dźwiękowych niż strumienie percepcyjne, takich jak obiekty percepcyjne.

W rozdziale czwartym dokonano analizy literatury, wskazującej na istnienie różnic w postrzeganiu dźwięków przez muzyków oraz osób bez wykształcenia muzycznego. Doniesienia te, opisujące różnice zaobserwowane w sytuacjach percepcji dźwięku niezwiązanych bezpośrednio z muzyką, dotyczące specyfiki słuchu muzyków, były podstawą odniesienia do gru-

⁴ G.A. Miller, G.A. Heise, *The thrill threshold*, „Journal of Acoustical Society of America”, 22, 1950, s. 637–638; J.I. Shonle, K.E. Horan, *Trill threshold revisited*, „Journal of Acoustical Society of America”, 59 (2), 1976, s. 469–471; A.S. Bregman, *Auditory Scene Analysis: the Perceptual Organization of Sound*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts 1990.

powania dźwięków w strumieniu percepcyjnym w muzyce (naturalnym środowisku, w jakim przebywają muzycy), podając przykłady utworów różnych kompozytorów.

W zakończeniu podniesiono istotność podjętej tematyki w szeroko prowadzonych badaniach psychoakustycznych poprzez poszerzenie eksperymentów o czynnik kwalifikacyjny dotyczący wykształcenia muzycznego bądź jego braku. Jest on główną przesłanką wpływającą na wynik odpowiedzi, w jaki sposób posiadanie bądź brak wykształcenia muzycznego i praktyki muzycznej wpływa na procesy poznawcze badanej grupy respondentów. Reasumując, należy podkreślić, że podjęta tematyka jest na tyle szeroka, wieloaspektowa i niezbadana, iż ujęcie jej w pełni, w ramach niniejszej pracy, jest niemożliwe. Wyniki uzyskane z coraz nowszych eksperymentów ukazują, jak bardzo stan wiedzy znany na dziś jest niekompletny i niepełny, co jednocześnie wskazuje, że tematyka ta nie została w pełni wyczerpana i opisana. Pracę zamyka bibliografia, która obejmuje zestaw wykorzystanej literatury, z pewnością przydatny dla tych wszystkich badaczy zajmujących się obecnie i w przyszłości tym obszarem. Całość pracy została zilustrowana materiałem graficznym o charakterze pogładowym i edukacyjnym. Zamieszczone w pracy rysunki od numeru 3 do 19 oraz od 26 do 27 zostały przygotowane przez Pana Tomasza Kowalskiego na podstawie wybranej literatury naukowej i muzycznej w celu schematycznego zobrazowania i wyjaśnienia pewnych trudnych do opisu zjawisk akustycznych i muzycznych.



Bardzo serdecznie dziękuję za wsparcie i przychylność Dziekanowi Wydziału Sztuki Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie Panu prof. zw. dr. hab. Benedyktowi Błońskiemu oraz Dyrektorowi Instytutu Muzyki, Panu dr. hab. Leszkowi Szarzyńskiemu, prof. UWM.

Szczerze podziękowania składam również na ręce kompozytorów. Dziękuję Panu ad. dr. Markowi Czerniewiczowi z Akademii Muzycznej im. Stanisława Moniuszki w Gdańsku, Pani mgr Annie Marii Huszczy z Uniwersytetu Muzycznego Fryderyka Chopina oraz Panu mgr. Jarosławowi Siwińskiemu z Uniwersytetu Muzycznego Fryderyka Chopina za udostępnienie autorskich utworów w formie nagrań audio oraz ich partytur w celu wykonania analizy psychoakustycznej.

1. BADANIA I EKSPERYMENTY PSYCHOAKUSTYCZNE ---

Zjawisko dźwięku w zależności od podejścia badacza do samego problemu jest różnie definiowane. Istnieje wiele ujęć odnoszących się zarówno do dźwięku środowiskowego i muzycznego w kontekście artystycznym, matematyczno-fizycznym, jak i filozoficznym. Termin „dźwięk środowiskowy” odnosi się do wszystkich odgłosów środowiska, w którym żyje i znajduje się człowiek. Pojęcie to nawiązuje do słyszenia codziennego, a nie do muzycznego, dzięki czemu możliwe jest uchwycenie cech i interpretacja słuchowa zachowania się obiektu dźwiękowego, które generuje wspomniane dźwięki.

1.1. Dźwięk środowiskowy w różnych ujęciach

W procesie analizy dźwięku środowiskowego można zastosować kilka perspektyw (ujęć), pozwalających określić relację między odbiorcą a akustyką środowiska.

■ **Ujęcie klasyczne** – polega na zweryfikowaniu i zbadaniu reakcji odbiorców na specjalnie przygotowane bodźce dźwiękowe w postaci szumów, szumów zmodulowanych amplitudowo lub/i częstotliwościowo oraz różnego rodzaju tonów. W niniejszym ujęciu nie uwzględnia się procesów poznawczych człowieka, dotyczących wczesnych lub późnych doświadczeń, rozumianych jako reakcje wyuczone podczas odbioru sygnałów dźwiękowych z otoczenia oraz wymiaru motywacyjnego słuchacza. Wszystkie sygnały dźwiękowe należy możliwie jak najdokładniej dobrać w celu stwierdzenia, czy istnieją jakiegokolwiek zależności między składnikami fizycznymi charakterystyki sygnału dźwiękowego a występującymi wrażeniami słuchowymi¹. Odbiorca w tym przypadku rozpoznaje świadomie zmiany w zakresie wysokości i głośności słyszanego bodźca dźwiękowego oraz na podstawie otrzymanych danych wnioskuje, lecz w ujęciu klasycz-

¹ A. Preis, *Słyszenie a słuchanie: klasyczne, ekologiczne i kognitywne podejście do słyszenia*, http://www.staff.amu.edu.pl/~apraton/AM%20_1_2014_sluchanie.pdf (dostęp: 16.06.2014).

nym nie bada się i nie bierze pod uwagę całego procesu wnioskowania oraz analizy sceny słuchowej, które dotyczą odbieranych bodźców dźwiękowych².

Eksperymenty z zakresu psychoakustyki klasycznej dostarczają informacji w zakresie reakcji badanych na proste z fizycznego punktu widzenia sygnały dźwiękowe. Proste sygnały dźwiękowe można przetworzyć do złożonych bodźców dźwiękowych, co jest metodologicznie poprawną procedurą badawczą umożliwiającą na początku zbadanie reakcji na bodźce proste, a następnie złożone. Jednakże, co jest uważane z fizycznego punktu widzenia za proste, nie musi być odbierane przez system słuchowy jako element percepcyjny, łatwy do rozpoznania. Biologiczne podstawy wskazują, że proste sygnały dźwiękowe są zupełnie odmienne od prostych z fizycznego punktu widzenia. Biologiczne – poprzez dobór naturalny – pozwalają na natychmiastowe rozpoznanie i rozpoczęcie stosownej reakcji słuchacza (np. ostrzeżenie o niebezpieczeństwie), co może oznaczać łatwość przyswajalności i przetwarzania bodźców docierających ze środowiska³.

■ **Podejście informacyjne** – ukazuje, że człowiek nabywa doświadczenia w zakresie rozpoznawania, zapamiętywania oraz przetwarzania informacji dźwiękowych dochodzących ze środowiska. W tym przypadku człowiek jest jednostką aktywną – ucząc się ciągle nabywa nowych umiejętności oraz wydobywa je z pamięci. Bardzo ważnym elementem niniejszego podejścia jest wnioskowanie, w przeciwieństwie do ujęcia klasycznego, gdzie powstawanie stosownych szablonów w umyśle słuchacza na podstawie posiadanej wiedzy nie jest badane. W wyniku tworzenia i budowania schematów oraz ich wykorzystania podczas zaistnienia dźwięków dochodzących do słuchacza, w umyśle powstaje prosty obraz świata o pewnym stopniu uporządkowania⁴.

Złożony informacyjnie proces przetwarzania bodźców dźwiękowych oprócz analizy danych sensorycznych polega na wykorzystywaniu w procesie postrzegania schematów myślenia, wiedzy, pamięci oraz tzw. złudzeń percepcyjnych. Złudzenia powstają wskutek zauważenia związku pomiędzy fragmentami bodźca dźwiękowego w sposób niewspółgrający z realną rzeczywistością, ponieważ pewien element bodźca może uruchomić dany kontekst myślowy bądź schemat obecny w naszej pamięci

² A. Preis, *Słuchowa identyfikacja cech przedmiotu na podstawie cech fali dźwiękowej*, w: *LI Otwarte Seminarium z Akustyki – OSA, Gdańsk–Sobieszewo*, Polskie Towarzystwo Akustyczne, Gdańsk 2004, s. 89.

³ Tamże, s. 87–88.

⁴ K. Leo, *Kategoryzacja źródeł dźwięku rejestrowanych w różnych odległościach*, niepublikowana praca magisterska napisana pod kierunkiem naukowym A. Preis, Wydział Fizyki UAM, Instytut Akustyki, Poznań 2007, s. 12.

i w danym momencie. Kolejny etap przetwarzania bodźców dźwiękowych powoduje, że są one dopasowywane do danego kontekstu, zależnie od powstałej figury mentalnej w danym momencie⁵.

■ **Podejście ekologiczne** – wskazuje na prawdę oczywistą, że człowiek to aktywna jednostka, ciągle poszukująca i cały czas doświadczająca zmian w zakresie perspektywy poznawczej, przez co aktywnie zbierająca informacje dźwiękowe płynące z otoczenia. Procesy postrzegania w tym ujęciu ukazują, że człowiek niezwykle rzadko doświadcza jakichkolwiek złudzeń percepcyjnych w rzeczywistym środowisku⁶. Eksperymenty w podejściu ekologicznym skupiają się na percepcji realnych bodźców dźwiękowych otaczających człowieka w środowisku. Podejście ekologiczne łączy proces słyszenia wraz z procesami wnioskowania dotyczącymi bodźca dźwiękowego, natomiast psychoakustyka klasyczna rozdziela oba wymienione wymiary przetwarzania informacji⁷.

Słuchacz w rozumieniu akustyki ekologicznej poddaje się słyszeniu potocznemu, stąd rozpoznaje zdarzenia akustyczne źródeł dźwięku wzbo-gacone o dźwięk środowiska. Słyszenie potoczne jest odmiennym rodzajem percepcji dźwięku w porównaniu ze słyszeniem muzycznym. W słyszeniu potocznym słuchacz nie skupia się na rytmie lub melodycznym kierunku dźwięku, lecz na zdarzeniu akustycznym, które jest odpowiedzialne za powstanie fali akustycznej. Ocena dochodzącego dźwięku do słuchacza powoduje ocenę źródła dźwięku, z jakiego zostało zbudowane źródło oraz postrzeganie dźwięku w formie związku przyczynowo-skutkowego. Słyszenie potoczne umożliwia analizę dochodzących dźwięków z różnego dystansu (odległości) w przeciwności do słyszenia muzycznego, gdzie najlepiej przetwarzane są dźwięki najbliższe⁸. Wszystkie niezbędne informacje na temat źródła są zawarte w strukturze akustycznej, która tożsamość jest z układem cech złożonych sygnału akustycznego. W tym przypadku słuchanie polega na wychwyceniu przez system słuchowy korelacji dźwiękowej pomiędzy cechami sygnału a zdarzeniem akustycznym⁹.

■ **Kognitywna teoria słyszenia** – jest teorią powstałą na skutek połączenia ujęcia ekologicznego wraz z założeniami percepcji wizualnej, która

⁵ Tamże.

⁶ A. Preis, *Barwa dźwięku muzycznego i metody jej skalowania*, http://www.staff.amu.edu.pl/~apraton/AM_2_2014_barwa.pdf (dostęp: 16.06.2014).

⁷ A. Preis, *Słyszenie w środowisku. Dźwięki środowiskowe a mowa??*, http://www.staff.amu.edu.pl/~apraton/Sws_2_14.pdf (dostęp: 16.06.2014).

⁸ W.W. Gaver, *How do we hear in the World?: Explorations in Ecological Acoustics*, "Ecological Psychology", 5 (4), 1993, s. 285–307.

⁹ X. Li, R.J. Logan, R.E. Pastore, *Perception of acoustic source characteristics: walking sound*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 90, 1991, s. 3038–3045.

doczekała się analogii w postaci teorii słyszenia i odbioru dźwięku przez człowieka. W ramach tej teorii przyjmuje się, że człowiek zapamiętuje informacje ze środowiska z dostępnych własności akustycznych bodźców dźwiękowych. Dane na temat obiektów percepcyjnych otaczających człowieka są dostępne przez stymulację zmysłu słuchu za pomocą fali akustycznej. Podejście ekologiczne wskazuje, że wszystkie dane dźwiękowe zawarte w scenie słuchowej wynikają z budowy struktury akustycznej, natomiast w przypadku kognitywnej teorii słyszenia jest to specyficzna umiejętność przetwarzania danych akustycznych docierających do słuchacza¹⁰.

Analiza sceny słuchowej zachodząca w kognitywnej teorii słyszenia, w przeciwieństwie do ujęcia ekologicznego, wskazuje na etapowość działania analizy bodźców dźwiękowych. Początkowo kształtowany jest strumień słuchowy (na bazie podobieństwa: wysokości, barwy, rytmu itp.), co odpowiada etapowi słyszenia akustycznego, następnie analizowane jest położenie i odległość źródła dźwięku w postaci słyszenia przestrzennego, natomiast kończącym etapem jest rozpoznawanie ruchu przedmiotu w przestrzeni¹¹. Słuchacz podczas analizy dźwięku, wykorzystując kognitywną teorię słyszenia, często stara się szczegółowo określić parametry fizyczne źródła dźwięku ze strumienia dźwiękowego, który do niego dociera. W wyniku analizy niektórych cech fizycznych fali akustycznej można określić prędkość, rozmiar, masę oraz materiał zewnętrzny i wewnętrzny, z jakiego zbudowane jest źródło dźwięku. Odmienne informacje akustyczne powodują, że odbiorca jest w stanie określić odległość oraz scenerię towarzyszącą źródłu dźwięku (np. przestrzeń otwarta lub wewnątrz pomieszczeń)¹².

Teoria ta wskazuje na etapowość działania ludzkiego umysłu: słyszenie akustyczne, słyszenie przestrzeni oraz słyszenie przedmiotu, co odpowiada różnym poziomom przetwarzania informacji słuchowych: schematycznej struktury strumienia słuchowego, położenia i odległości źródła dźwięku oraz ruchowej charakterystyki przedmiotu. Kognitywna teoria słyszenia ukazuje, że słyszenie to wieloaspektowy oraz wielopoziomowy proces tworzenia informacji na podstawie połączeń dźwięków docierających ze źródła oraz towarzyszącemu źródle środowisku. Stąd w ramach tej teorii postuluje się zdefiniowanie fizycznych właściwości źródeł dźwięku na podstawie emitowanych przez nie fal akustycznych, dotyczących cech i zachowania się źródła dźwięku poszerzonych o aspekt brzmienia środowiska.

¹⁰ A. Klawiter, *O słyszeniu przedmiotów*, „Poznańskie Studia z Filozofii Humanistyki”, 5 (18), 1999, s. 332–335.

¹¹ A. Preis, *Sound and sound source in a natural auditory environment*, w: *17th Congress of the International Association of Empirical Aesthetics*, Japan, Takarazuka 2002, s. 344–347.

¹² A. Preis, *Słuchowa identyfikacja cech przedmiotu na podstawie cech fali dźwiękowej*, w: *LI Otwarte Seminarium z Akustyki...*, s. 89–90.

1.2. Podstawy metodyki badań stosowanej w psychoakustyce

Psychoakustyka jest pojęciem ściśle specjalistycznym o bardzo ograniczonym kontekście, ponieważ jest elementem składowym większego i szerszego pojęciowo działu, który nazywany jest akustyką. „Psychoakustyka” to termin o zakresie interdyscyplinarnym, w ramach którego metodyka psychologii (zwłaszcza eksperymentalnej) łączy się z psychofizyką oraz akustyką. Psychoakustyka charakteryzuje się wykorzystaniem takich metod badawczych, które pozwalają na wyciągnięcie konkretnych wniosków, polegających w eksperymentach psychoakustycznych na zbadaniu korelacji między bodźcem a reakcją osoby badanej poprzez powstałe wrażenie, które jest skutkiem oddziaływania wzmiankowanego bodźca akustycznego¹³.

Metodyka eksperymentów psychoakustycznych może być zależna od podjętej działalności badawczej autora eksperymentów. Inną metodykę stosuje się np. przy ocenie wyrazistości dźwięku alarmu na tle innych dźwięków maskujących w otoczeniu miejskim, gdzie celem nadrzędnym jest ostrzeganie osób za pomocą zdarzeń akustycznych przed nadchodzącym niebezpieczeństwem. Inny charakter mają np. eksperymenty dotyczące analizy obrazu słuchowego w zakresie łącznia dźwięków w strumienie percepcyjne. Przedmiotem badań psychoakustyki jest szeroko rozumiana percepcja dźwięku, związana m.in. z aspektami czysto poznawczymi, mechanizmami i czynnikami zawiadującymi organizacją percepcyjną oraz słyszeniem, fizyczną charakterystyką dźwięków (sonorystyczną), która może mieć wpływ na obrazy mentalne powstające podczas odbioru grupy dźwięków tworzących ton złożony¹⁴.

Percepcja słuchowa jest zjawiskiem polegającym na przekształcaniu docierających bodźców akustycznych ze świata przez zmysł słuchu, pozwalając na stworzenie obrazu mentalnego przez człowieka otaczającej go sfery akustycznej. Proces ten jest dwuetapowy: pierwszy z nich polega na uformowaniu obrazu w umyśle słuchacza, natomiast kolejny poziom pozwala na świadome przekształcanie obrazu w umyśle. Percepcja może też być zdefiniowana jako umiejętność pozyskiwania pewnych informacji (w tym przypadku akustycznych) ze świata zewnętrznego i takiego ich interpretowania, aby otrzymać całościowy i kompletny opis danego zjawiska (zdarzenia) akustycznego¹⁵.

Dobór metodyki badań dotyczących przetwarzania dźwięków w strumieniu percepcyjne jest jednym z elementów właściwego wykonania eks-

¹³ U. Jorasz, *Wykłady z psychoakustyki*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 1998, s. 11.

¹⁴ Tamże, s. 15.

¹⁵ Tamże, s. 14.

perymentów psychoakustycznych, kolejnymi etapami odpowiednio wykonanych badań psychoakustycznych są: właściwe dobranie sygnałów dźwiękowych, które mogą znacznie różnić się od siebie, mające związek z celem pomiaru, wysokiej jakości słuchawki lub głośniki o płaskiej charakterystyce przenoszenia. Słuchawki bądź głośniki powinny zostać skalibrowane, aby nie podbijały lub osłabiały, ani nie podbarwiały żadnej z częstotliwości, które ujęte są w badaniu. Urządzenia elektroakustyczne powinny również charakteryzować się bardzo małymi zniekształceniami nieliniowymi¹⁶.

Ogólna definicja wskazuje, że eksperymentem nazywamy tok badawczy, który zorientowany jest na dwa systemy, gdzie jeden z nich to system badający B , który zarządza działaniem kolejnego systemu – S , podczas wykonywania pomiarów. W skład systemu B każdorazowo wchodzi: określony zbiór ludzi oraz aparatura pomiarowa, która pozwoli na osiągnięcie celu badawczego (umożliwi wykonanie badań właściwych). System B może posiadać częściową wiedzę na temat badanego systemu S oraz informacje I_S , które analizuje. Współczesne badania wykorzystują systemy komputerowe oraz inne urządzenia techniki cyfrowej (w tym: elementy logiki rozmytej, przewidywania, symulacji), wykorzystując metody M i różnorodne algorytmy A . Zdobywanie informacji w taki sposób umożliwia uzyskanie wartościowych danych odnoszących się do procesów poznawczych I dotyczących badanego systemu S ¹⁷.

Proces przetwarzania informacji oznaczony literą P można zapisać w formie tzw. czwórki, gdzie $P = \langle I_p, I_S, M, A \rangle$. Zapis ten ukazuje, że uzyskane wartości w systemie B informacji poznawczych I zależą od uzyskanych przez system B informacji I_p , gdzie I_p określa informacje dotyczące wiedzy ogólnej i szczegółowej (w tym również specjalistycznej), I_S oznacza wartość informacji uzyskanych z procesów poznawczych, natomiast S wskazuje na system, z którego uzyskano informację podczas prowadzonych badań¹⁸.

1.3. Pojęcie progu

Psychologia definiuje próg jako element skrajny bądź krańcowy, gdzie różnica (np. w zakresie barwy, lokalizacji przestrzennej, wysokości dźwięku itp.) pomiędzy dwoma bodźcami jest dla słuchacza dostrzegalna lub gdy

¹⁶ E. Ozimek, *Dźwięk i jego percepcja. Aspekty fizyczne i psychoakustyczne*, PWN, Warszawa–Poznań 2002, s. 400–402.

¹⁷ S. Pabis, *Metodologia i metody nauk empirycznych*, PWN, Warszawa 1985, s. 60.

¹⁸ Tamże.

słabnąca różnica pomiędzy dwoma bodźcami jest na tyle mała, że staje się dla odbiorcy niezauważalna¹⁹.

Gustav Fechner użył pojęcia progu absolutnego na określenie bodźca o tak małej intensywności, że słuchacze potrafili zauważyć ledwo dostrzegalną różnicę natężenia od nieobecności jakiegokolwiek bodźca dźwiękowego²⁰. Absolutne progi słyszenia związane są z krzywymi izofonicznymi, które są zależne (nie są stałe) od częstotliwości dźwięku. Progi te określa się, wyznaczając częstotliwość dźwięku (wysokość) oraz najniższe ciśnienie akustyczne (głośność), które powodują powstanie wrażenia słuchowego zauważonego przez odbiorcę. Progi absolutne można wyznaczać również metodą odwrotną, która dotyczy nie tylko dolnej granicy częstotliwości i ciśnienia akustycznego dźwięku, ale również górnej granicy – w zależności od zamierzeń autora badań i obranego przez autora celu badawczego²¹.

Pojęcie progu absolutnego często jest błędnie i niewłaściwie interpretowane. Czy dany bodziec zostanie zauważony i rozpoznany przez system słuchowy człowieka zależy nie tylko od samego bodźca podstawowego, ale również od innych bodźców, które występując w tym samym czasie, mogą maskować bodziec podstawowy. Podczas odsłuchu dźwięków testowych duże znaczenie ma tło akustyczne, w którym dochodzi do odsłuchu zadań dźwiękowych²². Wrażliwość zmysłu słuchu jest zmienna i zależna jest np. od zmęczenia słuchacza lub od nastawienia osoby, która bierze udział w testach słuchowych. Wszystkie wzmiankowane elementy wskazują, jak pojęcie progu absolutnego jest trudne do zdefiniowania, ponieważ istnieje zbyt wiele zmiennych niezależnych, których nie można przewidzieć, zmierzyć, zapisać czy uchwycić (np. zmęczenie lub nastawienie słuchacza), co może wpłynąć na artefakty pojawiające się w badaniu.

W badaniach psychoakustycznych zwykło się określać, że zjawiskiem progowym nazywamy taką ilość energii akustycznej, która powoduje u słuchacza minimalne wrażenie słyszalne. Zatem próg słyszalności to minimalny poziom ciśnienia akustycznego danego dźwięku, który wywołuje u słuchacza wrażenie słuchowe, którego pomiar można wykonać na wiele różnych sposobów²³.

Wielkość progu nigdy nie jest wartością stałą ze względu na zmienność wrażliwości układu słuchowego, która związana jest z aktywnością

¹⁹ J. Renowski, *Akustyka psychofizjologiczna. Ćwiczenia laboratoryjne*, Redakcja Wydawnictw Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1974, s. 5.

²⁰ A. Rathus, *Psychologia współczesna*, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2004, s. 207.

²¹ T. Tomaszewski, *Psychologia ogólna*, PWN, Warszawa 1995, s. 65.

²² G. Mietzel, *Wprowadzenie do psychologii. Podstawowe zagadnienia*, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2000, s. 104.

²³ J. Renowski, *Akustyka psychofizjologiczna...*, s. 8–10.

układu nerwowego. Fluktuacje sensoryczne to zmienne niezależne, których nie można przewidzieć ani obliczyć, stąd wrażliwość układu słuchowego człowieka zmienia się co chwilę. Próg bodźca, który rozróżniamy jako podobieństwo bądź różnicę, powinien być badany wielokrotnie, ponieważ jednokrotne zbadanie progu może charakteryzować się zaburzeniami i pojawieniem się rozlicznych artefaktów w badaniu. Wielokrotny pomiar i wyciągnięcie średniej ukazuje, że próg jest zawsze wielkością statystyczną, dzięki czemu realnie jest to specyficzny rozkład wielkości różnych progów – chwilowych²⁴.

1.4. Psychofizyka klasyczna i teoria detekcji sygnałów

W dziedzinie psychofizyki bardzo dokładne i skrupulatne badania zainicjował wspomniany tu niemiecki fizyk G. Fechner (1860). Jego metody są po dziś dzień wykorzystywane w badaniach psychoakustycznych. Niemal każdy w obrębie badań dotyczących procesów zmysłowych odwołuje się do Fechnerowskich eksploracji naukowych. Jeden z progów to próg bodźca, który jest najmniejszym zauważalnym i jest nazywany również progiem dolnym, gdzie bodziec jest dostrzegalny przez człowieka przy najmniejszej jego możliwej wielkości. Drugi próg jest progiem różnicy i dotyczy co najmniej dwóch bodźców, w obszarze których człowiek dostrzega najmniejszą różnicę między tymi bodźcami²⁵. Wielkość intensywności progu związana jest z częstotliwością dźwięku, ponieważ przy wzroście ciśnienia akustycznego dźwięku o stałej częstotliwości, rozróżnianie bodźców staje się lepsze (łatwiejsze dla człowieka), dzięki czemu jesteśmy w stanie zauważyć coraz mniejszą różnicę ciśnienia akustycznego między dwoma bodźcami²⁶.

Klasyczna psychofizyka zakłada bardzo proste funkcjonowanie mechanizmów percepcyjnych. W tym przypadku występują wyłącznie dwa stany układu sensorycznego dotyczące najprostszej zależności wrażeniowej. Bodziec lub różnica między bodźcami, które są odtwarzane osobie badanej nazywane są sygnałem wtedy, gdy występuje wrażenie sygnału u słuchacza, natomiast brak wystąpienia wrażenia sygnału interpretowane jest jako niedostrzeżenie przez osobę badaną sygnału akustycznego (mimo że może on być realnie odtwarzany)²⁷.

²⁴ J. Strelau, *Psychologia. Podręcznik akademicki, Psychologia ogólna*, t. 2, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2006, s. 27.

²⁵ Tamże.

²⁶ T. Tomaszewski, *Psychologia ogólna*, PWN, Warszawa 1995, s. 65–66.

²⁷ J. Strelau, D. Doliński, *Psychologia. Podręcznik akademicki*, t. 1, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2008, s. 348.

Istnieją również teorie akustyczne innych naukowców, które warto przytoczyć, ponieważ rzucają nieco odmienne światło na aspekt dotyczący percepcji bodźców dźwiękowych. Według Gerda Mietzela teoria wykrywania sygnałów wskazuje, że spostrzeganie bodźców jest implifikacją nakładających się na siebie oddziaływań, na które to wpływają czynniki fizyczne, biologiczne i psychologiczne, stąd sygnałem nazywamy najważniejszy bodziec, który wyodrębnia się spośród innych bodźców, które tworzą tło (np. akustyczne)²⁸. Według Spencera A. Rathusa teoria detekcji sygnałów zakłada, że w pierwszym polu spostrzeniowym znajduje się natężenie bodźca (w tym przypadku natężenie akustyczne – głośność), które jest wyłącznie jednym z wielu aspektów rozstrzygających tworzenie wrażeń zmysłowych oraz zaobserwowanych odmienności między nimi. Drugim obszarem, na którym człowiek skupia swoją uwagę jest szum tła w polu dźwiękowym – tam występuje bodziec oraz można określić poziom odseparowania szumu od bodźca (tła od dźwięku)²⁹. Szum neuronalny może również powodować zmiany podczas prezentacji dźwiękowych, wywołując – jak wskazano wcześniej – zmiany w zakresie występowania poszczególnych progów, które są wartościami zmiennymi³⁰.

Teoria detekcji sygnałów rozwija badania psychofizyczne o aspekty teorii decyzji, co umożliwiła rozpatrywanie zachowania osoby badanej, tym samym można stwierdzić, czy odbiorca słyszy sygnał bądź nie w zakresie prawidłowych i niepoprawnych decyzji podejmowanych przez słuchacza. Elementy decyzji wskazują na zadziałanie wyłącznie samego procesu sensorycznego w odróżnieniu od zmiennych mogących wpływać na kształt badań, które realnie są działaniami pozasensorycznymi³¹. Według Jana Strelaua i Dariusza Dolińskiego teoria detekcji sygnałów pozwala na kontrolowanie podejścia odbiorcy do prezentowanego materiału i oddziela to spojrzenie od czystej wrażliwości sensorycznej. Teoria ta charakteryzuje się mnogością progów decyzyjnych w porównaniu do ustaleń Fechnera, który zakłada istnienie jednego progu zmysłowego³².

1.5. Metody psychofizyczne stosowane w pomiarach progowych

Do pomiaru progu wykorzystuje się trzy standardowe i zarazem podstawowe metody psychofizyczne. Dzięki tym metodom pomiarowym istnieje

²⁸ G. Mietzel, *Wprowadzenie do psychologii. Podstawowe zagadnienia*, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2000, s. 104.

²⁹ A. Rathus, *Psychologia współczesna*, s. 209.

³⁰ J. Strelau, D. Doliński, *Psychologia. Podręcznik akademicki*, s. 348.

³¹ Tamże.

³² Tamże, s. 350.

je możliwość statystycznego opracowania uzyskanych tą drogą wyników. Są to metody:

- granic,
- średnich błędów,
- częstości trafnych ocen.

Wspólnym przymiotem wzmiankowanych trzech metod jest zaistnienie stałego, modelowego wzorca dźwiękowego, który musi być porównywany przez słuchaczy z komparatywnym i zarazem zmiennym bodźcem. Zadaniem badanych jest wskazanie i porównanie różnic między dwoma występującymi bodźcami (dźwiękiem wzorcowym oraz porównawczym) lub stwierdzenie zaistnienia bodźca porównawczego, gdy bodziec wzorcowy jest równy zeru. W toku badań dotyczących progów słyszalności przyjmuje się, że bodziec modelowy zawsze jest równy zeru³³.

Metoda granic umożliwia bezpośrednio określenie progu słyszalności. Jest to podejście, w którym wartość bodźca porównawczego jest istotnie odmienna od bodźca wzorcowego. Modyfikowanie bodźca porównawczego w kierunku bodźca wzorcowego, delikatnymi skokami w zakresie przyrostu finalizując przy takiej wartości, w której osoba badana zareagowała. Pomiary przeprowadza się w kilku seriach, modyfikując wartość początkową bodźca porównawczego w taki sposób, żeby wykluczyć przyzwyczajenie osoby badanej, gdzie dozwolone jest przekształcenie kierunku zmian – seria wstępująca i zstępująca³⁴.

Wyznaczanie średniej wartości bodźca progowego zawsze podlega obliczeniom matematycznym zgodnie z wymaganiami statystycznym, które przeprowadza się na podstawie otrzymanych wyników z badań, co wskazuje, że eksperymenty są wielokrotnie powtarzane w celu otrzymania miarodajnych wyników. Obliczanie średniej wartości progu można przeprowadzić na trzy sposoby przez:

- obliczenie średniej arytmetycznej wszystkich serii występujących w eksperymencie,
- odrębne obliczenie średnich arytmetycznych serii wstępujących (rosnących wybranych wartości dźwięku) i zstępujących (malejących wybranych wartości dźwięku), a potem obliczenie średniej arytmetycznej wzmiankowanych średnich,
- obliczenie średnich arytmetycznych dla każdej z par serii (wstępującej i zstępującej), a w dalszym ciągu obliczenie średniej dotyczącej wszystkich par.

Wymienione trzy sposoby obliczania średniej wartości progu dają ten sam wynik, jednak zmienne jest w tym przypadku odchylenie standardo-

³³ J. Renowski, *Akustyka psychofizjologiczna...*, s. 5.

³⁴ Tamże, s. 5–6.

we, które zostaje obliczone, aby otrzymać stopień wiarygodności otrzymanych wyników³⁵.

W pomiarach progu słyszalności perceptor może zostać różnie ustawiony względem źródła dźwięku, czyli pola akustycznego wywołanego przez źródło, co może mieć negatywne skutki w postaci zafalszowania badań. Perceptor powinien otrzymywać dźwięk o kierunku rozchodzenia się fali, który pokrywa się z linią łączącą obie błony bębenkowe, co ma miejsce w przypadku badań z wykorzystaniem słuchawek nausznych. Odbiorcy należy podać falę płaską, którą opisują proste zależności dotyczące takich wielkości, jak ciśnienie akustyczne i prędkość cząstki. Ważnym elementem niniejszego badania jest dokładna kalibracja generatora oraz całego sprzętu audio, aby nie zaburzać badania zbędnymi artefaktami³⁶.

Należy pamiętać, że wrażenia związane z progami mogą być zależne od sposobu prezentacji bodźców dźwiękowych słuchaczom. Zupełnie odmiennie wrażenia progu można odnotować przy tonie ciągłym w porównaniu do impulsu. Ważne jest, aby włączanie tonu odbywało się w sposób łagodny, a nie nagły. Przy nagłym, niczym niepoprzedzonym włączeniem bodźca powstaje w umyśle słuchacza efekt impulsu, który charakteryzuje się szeroko rozciągniętym widmem. Nie dotyczy to wyłącznie tonu podstawowego, ale również wszystkich innych tonów składowych harmonicznym lub nieharmonicznym. Podając dźwięki słuchaczowi, należy powoli zmieniać natężenie bodźców. Natomiast wtedy, gdy słuchacz sygnalizuje, że przestał słyszeć dźwięk, jest to wskazanie, że w tym momencie natężenie bodźca przechodzi przez wartość progową³⁷. W zależności od rozkładu natężeń, wzrastających bądź malejących, możemy określać otrzymane dane progami dla natężeń wzrastających lub malejących.

1.6. Wpływ wykształcenia na wyniki eksperymentu

Ważnym elementem całkowicie pomijanym podczas badań psychoakustycznych przeprowadzonych przez różnych badaczy jest uwzględnienie wykształcenia muzycznego bądź jego braku jako kryterium kwalifikacyjnego dotyczącego eksperymentów psychoakustycznych. Szerokie badania wykonane w tym zakresie przez autora niniejszej pracy³⁸ udowodniły, że fakt posiadania wykształcenia muzycznego bądź jego brak znaczą-

³⁵ Tamże, s. 6.

³⁶ Tamże, s. 9–10.

³⁷ Tamże, s. 10–12.

³⁸ A. Rosiński, *Łączenie dźwięków w strumieniu percepcyjnym: badanie porównawcze muzyków i osób niebędących muzykami*, nieopublikowana praca doktorska, Wydział Kompozycji, Dyrygentury i Teorii Muzyki, Warszawa 2016.

co wpływa na odpowiedzi udzielane przez respondentów w eksperymentach psychoakustycznych, ponieważ każda z grup cechuje się odmienną charakterystyką dotyczącą grupowania dźwięków w strumieniu percepcyjnym. Różnice wyników w grupie muzyków i niemuzyków były w większości przypadków znaczne i charakteryzowały się wysokim poziomem istotności statystycznej. Była to pierwsza praca, w której dokonano porównania – w identycznych eksperymentach psychoakustycznych – dwóch grup badanych: muzyków i niemuzyków³⁹.

Rutynowe badania audiometryczne dotyczące rekrutacji słuchaczy uczestniczących w badaniach psychoakustycznych powinny zostać rozszerzone o kryteria kwalifikacyjne dotyczące właśnie wykształcenia muzycznego. Fakt, że wykształcenie i praktyka muzyczna wpływają na procesy poznawcze w percepcji dźwięku należy brać pod uwagę przy rekrutacji słuchaczy do badań psychoakustycznych. W wielu przypadkach może być to czynnik istotnie wpływający na interpretację wyników eksperymentów oraz na wyciągnięcie odpowiednich i właściwych wniosków, które nie będą charakteryzowały się artefaktami⁴⁰. Obszerniejszy opis różnic w odbiorze materii dźwiękowej dokonywanej przez muzyków i niemuzyków znajduje się w podrozdziale 4.1.

³⁹ Tamże.

⁴⁰ Tamże.

2. STRUMIENIE PERCEPCYJNE

2.1. Obraz słuchowy

Łączenie bodźców słuchowych w strumienie percepcyjne związane jest z zagadnieniami analizy obrazu słuchowego. Na podstawie definicji sformułowanej przez Tomasza Łętowskiego obraz słuchowy jest odwzorowaniem w świadomości człowieka sumy bodźców dźwiękowych docierających do jego receptorów słuchowych w określonym przedziale czasu¹. Podczas analizy obrazu słuchowego odbiorca skupia uwagę na cechach wrażeń dźwięku, takich jak wysokość, głośność czy też wymiary barwy, a także na różnorodnych podobieństwach brzmienia, które mogą być podstawą wyodrębniania w obrazie słuchowym pewnych struktur. W dalszym procesie przetwarzania bodźce dźwiękowe w zależności od interpretacji zostają zespolone w jeden strumień percepcyjny lub odbierane są jako oddzielne strumienie, albo elementy obrazu. Integracja i łączenie we wspólną strukturę mogą nastąpić zarówno w sekwencjach dźwięków, jak i w przypadku, gdy dźwięki brzmią jednocześnie².

W pracach naukowych z psychoakustyki, mających na celu analizę mechanizmów słyszenia, opisywane są rezultaty badań³, których zakres odnosi się przede wszystkim do fizjologicznych (sensorycznych) mechanizmów przetwarzania sygnałów akustycznych w narządzie słuchu. W przypadku, gdy badania dotyczą zjawisk odnoszących się do odbioru dźwięków muzyki należy w nich również uwzględnić wpływ procesów poznawczych, które stanowią o istocie percepcji dźwięku jako tworzywa utworów muzycznych.

¹ T. Łętowski, *Słuchowa ocena sygnałów i urządzeń*, Akademia Muzyczna im. Fryderyka Chopina w Warszawie, Warszawa 1984, s. 31–32.

² A.S. Bregman, *Auditory scene analysis*, w: A.I. Basbaum, A. Koneko, G.M. Shepherd, G. Westheimer (red.), *The senses: a comprehensive reference*, Vol. 3, Audition, P. Dallos, D. Oertel (red. tomu), Academic Press, San Diego 2008, s. 861.

³ A. Preis, *Słuchowa identyfikacja cech przedmiotu na podstawie cech fali dźwiękowej*, w: *LI Otwarte Seminarium z Akustyki – OSA, Gdańsk–Sobieszewo*, Polskie Towarzystwo Akustyczne, Gdańsk 2004, s. 89–90; G.A. Miller, G.A. Heise, *The thrill threshold*, „Journal of Acoustical Society of America”, 22, 1950, s. 637–638; J.I. Shonle, K.E. Horan, *Trill threshold revisited*, „Journal of Acoustical Society of America”, 59 (2), 1976, s. 469–471.

Rozważania naukowe odnoszące się do procesów poznawczych zostały zainicjowane na przełomie XIX i XX w. przez badaczy, którzy stworzyli jeden z kierunków w psychologii określany mianem psychologii postaci, inaczej definiowanym jako gestaltizm (niem. *Gestalt* – postać, kształt, forma, figura). Przedstawiciele tego kierunku badali zasady organizacji percepcyjnej odbioru informacji w umyśle odbiorcy. W pracach badawczych podejmowano problematykę oddziaływania części na całość percypowanego obiektu oraz oddziaływania całości na odbiór poszczególnych jego części (obszerniejszy opis w podrozdziale 2.2.2.).

W początkowym okresie rozwoju psychologii postaci procesy postrzegania rozpatrywano jako ogólny system organizacji percypowanych przedmiotów. W późniejszych badaniach, prowadzonych w drugiej połowie XX w. wykazano, że w analizie obrazu słuchowego bardzo istotne znaczenie ma również wpływ środowiska, w jakim odbierane są bodźce. Procesy grupowania bodźców słuchowych zależą od szczegółowej sytuacji, w jakiej dana osoba odbiera obraz otaczającego środowiska na podstawie bodźców słuchowych⁴.

W psychologii postaci zwraca się szczególną uwagę na ukazanie odbieranych bodźców w stadium całości, wynikającej z dotychczasowej praktyki w percepcji dźwięków, którą posiada dana osoba. Powtarzające się wielokrotnie doświadczenia sprzyjają wypracowaniu pewnych podobnych mechanizmów przetwarzania bodźców, zwłaszcza w przypadku odbioru spójnych i podobnych treści o pokrewnych elementach⁵. Warto zwrócić uwagę, że podejście to powiązane jest z przeświadczeniem o istnieniu w umyśle odbiorcy organizacji tworzących większą – znaczeniową część w doświadczeniach percepcyjnych. W układzie słuchowym, podobnie jak wzrokowym, analizowane są różne warianty i możliwości rozwiązania danej organizacji percepcyjnej, lecz ciągle zachowywana jest jedna wersja sprostżeńiowa jako główna⁶.

Dźwięki docierające w danym momencie do słuchacza mogą pochodzić z różnych źródeł, ale pobudzając błonę bębenkową ucha stają się wspólnym zbiorem dźwiękowym. Zbiór ten często pokrywa się w zakresie niektórych cech brzmienia dźwięku: wysokości i barwy oraz struktur rytmicznych i artykulacyjnych. Analiza obrazu słuchowego jest procesem,

⁴ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts 1990, s. 28–29.

⁵ G. Lakoff, M. Johnson, *Metamorfozy w naszym życiu*, Aletheia, Warszawa 1988, s. 144, za: I. Nowakowska-Kempna, *Aproksymacja semantycznego continuum*, w: taż (red.), *Podstawy metodologiczne semantyki współczesnej*, t. 8, „Język a kultura”, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 1992, s. 145–146.

⁶ J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki dwudziestowiecznej*, Rhythmos, Poznań 2006, s. 85–86.

w którym następuje rozdzielenie poszczególnych dźwięków odbieranych przez słuchacza w tym samym czasie, która występuje również w codziennych sytuacjach i czynnościach słuchowych. Analiza taka jest procesem bardzo złożonym, ponieważ fala ciśnienia akustycznego, analizowana i przetwarzana w umyśle słuchacza, jest sumą fal wytworzonych przez różne źródła dźwięku⁷.

Konstruowanie oddzielnego opisu każdego z percypowanych źródeł dźwięku polega na analizowaniu sygnału wejściowego w złożonym procesie heurystycznym. Tworzone w ten sposób informacje dźwiękowe, oparte na strukturze dźwięku oddziałującego na słuchacza, wynikają z faktu, że do ucha ludzkiego dociera realnie zespół dźwięków, a więc suma dźwięków podstawowych⁸. Opis zasad analizy obrazu słuchowego ukazuje, w jaki sposób układ słuchowy sortuje i konstruuje scenę słuchową na podstawie złożonych danych w formie nakładających się na siebie bodźców. Umysł, poddając dane analizie, może zakwalifikować bodźce do wspólnego strumienia dźwiękowego (proces integracji) bądź potraktować je oddzielnie jako przypisane do różnych strumieni (proces segregacji)⁹.

Jeżeli np. do słuchacza dociera dźwięk złożony z wielu tonów o różnej częstotliwości, które powstały synchronicznie, to odmienne składowe zostaną zinterpretowane w umyśle jako należące do tego samego dźwięku. Jeżeli natomiast część składowych zostanie opóźniona względem pozostałych, to opóźnione tony składowe będą odebrane jako składniki odrębnego dźwięku¹⁰. Można zatem powiedzieć, że składowe, które tworzą wspólny dźwięk złożony (wieloton) powstają przeważnie synchronicznie. Istnieją odmienne analizy heurystyczne oparte na zupełnie innych aspektach dotyczących sposobu powstawania i tworzenia dźwięku, prowadząc do formułowania odmiennych struktur dźwiękowych. Odmienne grupowanie składników dźwięków powstaje również na podstawie różnic w zakresie wysokości, głośności, barwy oraz położenia tych składników w przestrzeni¹¹.

⁷ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: listening in complex environments*, w: S.E. McAdams, E. Bigand (red.), *Thinking in sound*, Oxford University Press, London 1993, s. 10–11.

⁸ A.S. Bregman, W. Woszczyk, *Controlling the perceptual organization of sound: guidelines derived from principles of auditory scene analysis*, w: K. Greenebaum, R. Barzel (red.), *Audio anecdotes: tools, tips and techniques for digital audio*, Vol. 1, A.K. Peters, Natick, MA 2004, s. 34.

⁹ W. Woszczyk, A.S. Bregman, *Creating mixtures: the application of auditory scene analysis (ASA) to audio recording*, w: K. Greenebaum, R. Barzel (red.), *Audio anecdotes III: tools, tips and techniques for digital audio*, A.K. Peters, Natick, MA 2005, s. 13–14.

¹⁰ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis*, w: N.J. Smelzer, P.B. Baltes (red.), *International encyclopedia of the social and behavioral sciences*, Pergamon/Elsevier, Amsterdam 2004, s. 940–942.

¹¹ Tamże.

Bodźce dźwiękowe dochodzące do słuchacza mogą być badane przy różnych założeniach odnoszących się do analizy obrazu słuchowego. Eksploracja ta dotyczyć może odrębnych bodźców akustycznych odbieranych w warunkach odseparowania od innych zdarzeń dźwiękowych bądź w warunkach, gdy dany strumień dźwiękowy wchodzi w skład większego układu, tworząc podczas segregacji zupełnie inną, nową całość brzmieniową¹².

2.2. Geneza pojęcia strumienia percepcyjnego

2.2.1. Terminologia

Precyzyjne określenie pojęć używanych w pracach badawczych, odnoszących się do analizy obrazu słuchowego, ma podstawowe znaczenie w opisie zasad przetwarzania bodźców dźwiękowych w umyśle słuchacza. W niniejszym podrozdziale zebrano z literatury przedmiotu definicje tych pojęć, w celu usystematyzowania informacji przedstawionych w różnych źródłach, które obejmują swoim zakresem tematycznym percepcję muzyki przy udziale procesów przetwarzania strumieni dźwiękowych w umyśle odbiorcy. Wiele z omówionych poniżej pojęć zostało wprowadzonych i opublikowanych przez Alberta Stanleya Bregmana, kanadyjskiego psychologa, który rozwinął założenia badawcze psychologii postaci oraz psychologii poznawczej na gruncie psychoakustyki. Na podstawie wyników obszernych badań eksperymentalnych, które przeprowadził z zespołem współpracowników, A.S. Bregman stworzył całościowy opis mechanizmów powstawania strumieni percepcyjnych w umyśle słuchaczy, będący podstawą teoretyczną analizy słuchowej. Teoria Bregmana została opisana w obszernej monografii *Auditory Scene Analysis*¹³, a jej poszczególne elementy były uzupełniane i weryfikowane w licznych późniejszych pracach jego zespołu badawczego, jak również w pracach autorów z innych ośrodków badawczych, takich jak: Uniwersytet w Kalifornii, w Birmingham, Uniwersytet St. Francis Xaviera, College Medyczny Alberta Einsteina, College Layolla.

Całokształt informacji odbieranych przez słuchacza w trakcie analizy obrazu słuchowego podlega przetwarzaniu oraz organizowaniu otrzymanego zbioru informacji dźwiękowych w procesie strumieniowania. Pełni ono bardzo istotną funkcję podczas analizy obrazu słuchowego, ponieważ jest jedną z podstaw powstawania całościowych struktur dźwiękowych w umyśle słuchacza. Struktury dźwiękowe mogą być wyodrębniane zarów-

¹² A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound...*, s. 326.

¹³ Tamże, *passim*.

no w bodźcach odbieranych jednocześnie, jak i w następstwach bodźców, czyli sekwencjach.

■ **Strumieniowanie** (ang. *streaming*) – to proces wyodrębniania w zbiorze docierających do słuchacza dźwięków z mniejszych podzbiorów (sekwencji), które odbierane są jako całościowe struktury percepcyjne (strumienie). W wyniku tego procesu może utworzyć się jeden strumień percepcyjny bądź większa liczba strumieni. Istotą strumieniowania jest istnienie określonego układu i reguł percepcyjnych, które prowadzą do uformowania strumienia dźwiękowego¹⁴. Proces strumieniowania słuchowego może zachodzić zarówno podczas percepcji muzyki, jak i innych struktur dźwiękowych. Jest on związany z selekcyjną funkcją uwagi słuchacza, która może być przez niego w różny sposób ukierunkowywana, w zależności od przyjętych założeń¹⁵.

■ **Strumień słuchowy** (ang. *auditory stream*) – jest podstawowym pojęciem teorii analizy obrazu słuchowego. Wszystkie dochodzące do człowieka informacje akustyczne niosą dane na temat zdarzeń fizycznych związanych z dźwiękiem, dzięki czemu w warstwie psychicznej opisu otrzymujemy osobną reprezentację odnoszącą się do poszczególnych zdarzeń. Powstający obraz percepcyjny można porównać do tworzonego schematu, ponieważ informacje przetwarzane są wcześniej przez system nerwowy człowieka, który porządkuje i grupuje dane docierające z narządów zmysłu¹⁶.

Proces grupowania ukierunkowany jest na znajdowanie elementów, które charakteryzują się podobnym rodzajem spójności lub podobną regularnością, np. regularnością rytmiczną. Elementy mogą być fragmentem większego obiektu, dopasowanego pod względem struktury do danego strumienia, dzięki czemu mogą być zgrupowane razem bądź rozdzielnie. Strumień słuchowy to pewien obiekt, ukazujący pojedyncze wydarzenie akustyczne¹⁷.

Strumień jest pojęciem bardzo konkretnie określonym w rozumieniu teoretycznym percepcji dźwiękowej, w przeciwieństwie do pojęć, takich jak: „zdarzenie akustyczne” (ang. *acoustic event*) oraz „dźwięk” (ang. *sound*), które dotyczą realnie istniejących bodźców fizycznych, a te są

¹⁴ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis*, w: N.J. Smelzer, P.B. Baltes (red.), *International encyclopedia...*, s. 940–942.

¹⁵ H. Steiger, A.S. Bregman, *Negating the effects of binaural cues: competition between auditory streaming and contralateral induction*, „Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance”, 8, 1982, s. 602.

¹⁶ J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki...*, s. 85.

¹⁷ A.S. Bregman, C. Colantonio, P.A. Ahad, *Is a common grouping mechanism involved in the phenomena of illusory continuity and stream segregation?*, „Perception & Psychophysics”, 61 (2), 1999, s. 195.

przyczyną powstania reprezentacji percepcyjnej, będąc realnie zróżnicowanym i niejednorodnym zbiorem dźwięków. Zakres znaczeniowy strumienia sytuuje się w stosunku do całego zdarzenia fizycznego, które można odnieść nawet do kilku brzmień wraz z konstruowaniem danej reprezentacji w umyśle odbiorcy¹⁸.

Istotą strumienia słuchowego w analizie obrazu słuchowego jest wyodrębnienie pewnych cech fizycznych dźwięków i takie ich przetworzenie, aby można było uzyskać kompletny opis słuchowy danego zdarzenia. Jego istotą jest również przechowywanie powiązanych ze sobą cech świadczących o przynależności elementu do danego obiektu słuchowego, co wpływa również na powstawanie tzw. iluzji słuchowych¹⁹ (zjawisko omówione w podrozdziale 2.2.4). Podczas odbioru informacji dźwiękowych w umyśle słuchacza ma miejsce organizacja strumieni, która decyduje o przynależności danych dźwięków do poszczególnych strumieni dźwiękowych. Dzięki takiemu działaniu tego mechanizmu możliwe jest rozdzielanie informacji należących do różnych strumieni.

Zdarzają się jednakże przypadki, że dźwięki są nieprawidłowo rozpoznawane w zakresie strumieni percepcyjnych, stąd niekiedy mogą zostać niewłaściwie złożone w reprezentację percepcyjną²⁰. Przy współistnieniu kilku strumieni słuchowych następuje konfrontowanie i porównywanie docierających do odbiorcy informacji sensorycznych. Gdy w umyśle odbiorcy powstaje reprezentacja bodźca dźwiękowego, wykorzystywane są pewne reguły, które obrazują, jaki element wrażenia słuchowego powiązany jest z daną reprezentacją.

W ramach obszernych badań nad zagadnieniem łączenia dźwięków w strumienie percepcyjne Bregman prowadził eksperymenty odnoszące się do zjawisk fuzji (ang. *fusion*) i strumieniowania (ang. *streaming*) percepcyjnego oraz zasad nadawania prymatu każdemu z tych zjawisk w uwadze słuchacza. Fuzja polega na złożeniu w całość wyróżniających się fragmentów bodźców tworzących jeden strumień dźwiękowy. Strumieniowanie natomiast dotyczy koncentrowania uwagi i selektywnego ukierunkowania zmian w zakresie działania uwagi, w zależności od zamierzeń słuchacza. Intencją słuchacza jest takie działanie, które pozwoli na stworzenie schematu zasad i reguł rządzących bodźcami dźwiękowymi, powodując postrzeganie ich jako przedmiotów akustycznych, umożliwiających scalenie ich w jeden strumień percepcyjny²¹.

¹⁸ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound...*, s. 10.

¹⁹ Y. Tougas, A.S. Bregman, *Auditory streaming and the continuity illusion*, „Perception & Psychophysics”, 47, 1990, s. 121.

²⁰ J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki...*, s. 86.

²¹ Tamże, s. 88.

W literaturze przedstawiono różne hipotezy odnoszące się do zasad funkcjonowania mechanizmu segregacji bodźców dźwiękowych w strumieniu percepcyjnym i roli, jaką pełni w tym mechanizmie uwaga. Różnorodność hipotez powoduje, że badacze nie wypracowali jednolitej definicji terminu segregacji w strumieniu. Według Donalda A. Normana strumienie powstają dlatego, że mechanizm uwagi nie jest na tyle szybki, by dostatecznie reagował na dużą liczbę zróżnicowanych i szybko zmieniających się bodźców dźwiękowych tworzących strumienie²². Natomiast Mari R. Jones wyjaśnia powstawanie segregacji brakiem zdolności mechanizmu uwagi do szybkiego przetwarzania informacji w wieloaspektowej przestrzeni dźwiękowej, w wyniku czego nie zostają uchwycone dźwięki dezorganizujące, tzw. kanon trafnej sekwencji (ang. *good sequence*)²³. Kanonem trafnej sekwencji nazywamy tendencję do tworzenia struktur ciągłych przez umysł ludzki poprzez uzupełnianie struktur nieciągłych w taki sposób, by otrzymany kompletny i całościowy opis danego obiektu lub zdarzenia (słuchowego lub wzrokowego) był zgodny z wcześniej poznanym i zapamiętanym modelem lub wzorcem.



Rys. 1. Przykład trafnej sekwencji (uzupełniania formy) w sztukach wizualnych to tendencja do tworzenia struktur ciągłych przez umysł ludzki poprzez uzupełnianie struktur nieciągłych w taki sposób, aby otrzymać kompletny i całościowy opis danego obiektu percepcyjnego

Źródło: opracowanie własne.

Według Bregmana segregacja w strumieniu odbywa się przy udziale mechanizmu przetwarzania mimowolnego (ang. *preattentive processing*). Przetwarzanie mimowolne zachodzi bezpośrednio po dotarciu danych sensorycznych z obwodowego układu słuchowego do mózgu, zanim zostaną poddane one przetwarzaniu w procesach związanych z uwagą. Bodźce dźwiękowe ułożone w sekwencje, na które słuchacz nie zwraca uwagi, są w stanie oddziaływać na dźwięki będące w polu spostrzeżeń odbiorcy. Oddziaływanie to jest niezmiernie istotne, ponieważ jest ono przyczynkiem do wytworzenia się elementu organizowanego percepcyjnie, co oznacza, że drugi strumień dźwiękowy może istnieć również wtedy, gdy nie jest na nim skupiona uwaga słuchacza²⁴. Uwaga działa jako istotny mechanizm w za-

²² A.D. Norman, *Rhythmic fission: observations on attention, temporal judgments and critical band*, materiały nieopublikowane, Harvard 1966, s. 6.

²³ R.M. Jones, *Time, our lost dimension: toward a new theory of perception attention and memory*, „Psychological Review”, 83 (5), 1976, s. 324–325.

²⁴ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound...*, s. 206.

kresie przetwarzania informacji dźwiękowych, ponieważ umożliwia skupienie się na jednym przedmiocie dźwiękowym, a pozostałe może traktować jako tło. Dzięki takiemu działaniu tego mechanizmu zostaje przeanalizowany materiał dźwiękowy będący w pierwotnym polu uwagi. Odbiorca skupia swoją uwagę na danym problemie dźwiękowym, ale potrafi również cofnąć się do zdarzeń minionych, jak i w danym momencie skoncentrować się jedynie na aktualnym problemie.

Procesy mentalne, odnoszące się do odbioru zjawisk akustycznych, mogą organizować spójne dane akustyczne, jak i również selekcjonować je przed dalszym, istotniejszym etapem przetwarzania. Tworzenie strumieni polega na grupowaniu dźwięków o pewnych podobieństwach lub pochodzących z jednego źródła, natomiast uwaga selekcjonuje wyróżniające się cechy do analizy na wyższym poziomie poznawczym²⁵.

Istnieje jeszcze jedna teoria zaliczana do funkcjonalnych, której celem jest wyjaśnienie problematyki słuchowej organizacji i częściowo percepcji, ukazując praktyczne podejście odbiorcy do danych kwestii akustycznych. Jest to koncepcja teleologiczna, znana od czasów Arystotelesa, która traktuje o zamiarach i intencjach, na które skierowany jest naturalny proces. W ramach słuszności owego podejścia przyjmuje się, że dany układ działa w sposób ukierunkowany na osiągnięcie określonego punktu końcowego. Odnosząc takie założenia do analizy obrazu słuchowego, nie traktuje się organizacji percepcyjnej bodźców dźwiękowych jako oddzielnej i specyficznej wrażliwości systemu słuchowego człowieka, lecz jako proces uwarunkowany zamiarem i celem działania słuchacza²⁶.

Stosowanie jednocześnie wielu reguł podczas oceny dźwięku przez perceptora prowadzi go do podjęcia ostatecznej decyzji, jaką odpowiedź ma wybrać (dotyczy to przynależności np. czy usłyszane dźwięki należą do jednego czy drugiego strumienia). Otrzymanie kilku lub kilkunastu wskazań w wyniku podejmowanych przez słuchacza analiz ukazuje, że podczas grupowania dźwięków współuczestniczą różne procesy zachodzące w jego umyśle. Oznacza to, że odbiorca na podstawie przeprowadzonych analiz słuchowych potwierdza lub wyklucza przynależność dźwięków do danych strumieni dźwiękowych. Podjęte różnego rodzaju analizy są pewnego rodzaju istotnymi podpowiedziami, które naprowadzają słuchacza na umieszczenie dźwięków w odpowiednim strumieniu percepcyjnym.

Wyodrębnianie strumieni percepcyjnych staje się silniejsze, gdy materiał dźwiękowy jest wielokrotnie powtarzany odbiorcom, ponieważ detektor w tym przypadku adaptują się do zmian. Segregacja w strumieniu

²⁵ J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki...*, s. 115, 135.

²⁶ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound...*, s. 209–210.

dźwiękowe nasila się wraz z liczbą powtórzeń przy każdym odbiorze bodźców w postaci sekwencji dźwiękowej. Porządek występowania dźwięków może zostać zaburzony, ponieważ funkcjonujący mechanizm segregacji może działać na rzecz większego układu lub struktury.

Różnorodne mechanizmy fizjologiczne człowieka zostały ukształtowane i rozwinięte w procesie selekcji naturalnej. Działanie mechanizmu percepcji słuchowej zależne jest od indywidualnych cech odbiorcy, który przetwarza dochodzące dane ze znacznie większego systemu otaczającego człowieka – środowiska. Oznacza to, że wyizolowane przetwarzanie bodźców nie zawsze jest istotne i w tej analizie otrzymane dane słuchowe mogą zawierać różnego rodzaju artefakty. Działania osobniczego mechanizmu fizjologicznego, rozpatrywane z poziomu pojedynczego zachowania, często mogą być rozumiane jako zaburzenie bądź defekt. Warto jednak pamiętać, że mechanizm ten przyczynia się do wypracowania możliwości funkcjonowania większego systemu, działającego na wyższym poziomie poznawczym, ponieważ działanie mechanizmu fizjologicznego jest wyłącznie podstawą dalszej, głębszej analizy akustycznej, która dokonuje się w umyśle słuchacza²⁷.

Jak każdy inny podukład, wyodrębnianie strumieni percepcyjnych podlega pewnym ograniczeniom. Muszą być one brane pod uwagę, np. w analizie percepcji porządku czasowego odbieranych bodźców²⁸. Zasady powstawania strumieni percepcyjnych zostały szczegółowo omówione w rozdziale 2.2.5 w odniesieniu do eksperymentów przeprowadzonych przez zespół badaczy pod kierunkiem Bregmana.

Ostatni element odnoszący się do percepcji słuchowej – grupowanie, umożliwia powstawanie figur mentalnych. Polega on na wyszukaniu między segregowanymi strumieniami percepcyjnymi pewnych podobieństw lub różnic. Element ten ułatwia zatem grupowanie strumieni według różnych przesłanek akustycznych.

■ **Grupowanie** (ang. *grouping*) – to termin na określenie procesów percepcyjnych, których głównym celem jest odnalezienie zakresów scen słuchowych, a te najczęściej łączone są na zasadzie podobnego rodzaju integracji. Grupowanie może dokonywać się w dwóch aspektach, jako: grupowanie sekwencyjne (ang. *sequential grouping*) oraz grupowanie równoczesne (ang. *simultaneous grouping*), jeżeli w granicach danego rodzaju grupowania występuje regularność lub regularności²⁹. Grupowanie równoczesne umożliwia np. wyodrębnienie dwóch odmiennych barw

²⁷ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound...*, s. 35.

²⁸ J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki...*, s. 103, 108, 111.

²⁹ Por. tamże, s. 85.

z pojedynczego sygnału dźwiękowego. Całościowe ujęcie elementów, które ukazują się w tym samym czasie w odmiennych zakresach widma dźwięku świadczy, że grupowanie równoczesne odpowiada za harmonię³⁰. Natomiast grupowanie sekwencyjne odpowiada za sekwencje dźwiękowe, a więc również słyszenie interwałów i melodii.

Pojęcie grupowania elementów zostało wyprowadzone z terminologii stosowanej w psychologii postaci, z zasady bliskości (niem. *Gesetz der Nähe*, ang. *law of proximity*). Zasada ta wskazuje, że odbiorca ma skłonność do grupowania elementów położonych blisko siebie w polu spostrzeżeniowym, pomijając bardziej oddalone elementy.



Rys. 2. Przykład skłonności grupowania do jednego obrazu elementów położonych blisko siebie w polu spostrzeżeniowym, pomijając bardziej oddalone elementy, w odniesieniu do sztuk wizualnych

Źródło: opracowanie własne.

2.2.2. Teorie percepcji atomistyczne i holistyczne

W pracach z dziedziny psychologii poświęcono wiele uwagi zagadnieniom zależności między odbieranymi wrażeniami elementarnymi i spostrzeżeniami całości percypowanego obiektu. W literaturze toczył się spór na temat tego, czy całościowy obraz percypowanego obiektu wpływa na analizę części składowych, z którego zbudowana jest całość, czy jest wręcz przeciwnie i odbiorca najpierw rozpoznaje części, z których następnie zostaje złożona całość przedstawienia mentalnego³¹. Badacze reprezentowali dwa przeciwstawne podejścia do tego zagadnienia, zwane atomizmem percepcyjnym oraz strukturalizmem.

Atomizm percepcyjny (inaczej asocjacionizm) pojawił się w wieku XIX, wyrastając z naturalistycznego kierunku ówczesnej psychologii. Głównymi przedstawicielami tego kierunku byli m.in. twórca dziedziny psychologii eksperymentalnej Wilhelm Wundt oraz jego wybitny uczeń – Edward B. Titchener. Atomistyczne (izolacyjne) ujęcie postrzegania nie odnosi się do faktu, że percepcja oddziałuje całościowo. Wszystkie części znajdujące się w danym polu percepcyjnym są jednakowo ważne, stąd stanowisko to ukazuje dominację części nad całością.

Początek i kierunek strukturalizmowi nadała praca *Über Gestaltqualitäten* opublikowana w roku 1890 przez austriackiego filozofa Christiana

³⁰ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound...*, s. 31.

³¹ T. Maruszewski, *Psychologia poznania. Umysł i świat*, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2011, s. 53.

von Ehrenfelsa. Z nurtu zapoczątkowanego przez von Ehrenfelsa, potocznie zwanego gestaltryzmem, wywodzą się teoria percepcji *Gestalt* (niem. postać, kształt, forma, figura) oraz nurt psychologii zwany psychologią postaci. Teoria psychologii postaci charakteryzuje się podejściem holistycznym do zagadnień percepcji bodźców sensorycznych. W teorii tej zakłada się, że osoba odbierająca bodźce najpierw postrzega całość percypowanego obiektu, natomiast spostrzeżenie jego elementów składowych następuje w dalszej kolejności. Najwybitniejszymi przedstawicielami tego nurtu, który rozwinął się w latach dwudziestych XX w., byli m.in. Max Wertheimer, Kurt Koffka oraz Wolfgang Köhler³². Główne założenia obu teorii spostrzegania – asocjacionizmu i strukturalizmu oraz podstawowe problemy związane z zastosowaniem tych teorii zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Porównanie założeń asocjacionizmu i strukturalizmu według Maruszewskiego³³

Asocjacionizm (atomizm)	Strukturalizm (psychologia postaci)
Prymat części nad całością.	Prymat całości nad częściami. Całość albo postać określa właściwości elementów, które wchodzą w jej skład.
Wrażenia są pierwotne, a spostrzeżenia wtórne.	Spostrzeżenia są pierwotne, a wrażenia można poznać dopiero na podstawie analizy spostrzeżeń.
Łączenie wrażeń w spostrzeżenia następuje na podstawie czterech praw kojarzenia sformułowanych przez Arystotelesa: przez styczność w czasie, styczność w przestrzeni, przez podobieństwo oraz przez kontrast.	Wyodrębnianie całości następuje w procesie kojarzenia na podstawie zbioru zasad opisanych przez Wertheimera. Zasady te mają charakter wrodzony.
Wszystkie części w polu percepcyjnym są jednakowo ważne.	W polu percepcyjnym można wyodrębnić figurę (część ważniejszą) oraz tło (część mniej ważną).
Problem: nie są znane fizjologiczne podstawy wrażeń subiektywnie pierwotnych.	Problem: nie są znane fizjologiczne podstawy spostrzeżeń oraz ich spoiwa. Nie wiadomo, jakie mechanizmy fizjologiczne sprawiają, że różne właściwości przypisywane są jednemu przedmiotowi.
Problem: w przypadku bodźców o dużej złożoności trudno jest podać pełną listę wrażeń, które są sumowane i wskazać, które wrażenia stanowią konstytutywną część spostrzeżenia.	Problem: izomorfizm, czyli powstawanie obrazów nerwowych w mózgu. Przeciwno założeniom strukturalizmu przemawia fakt, że kształty konfiguracji pól bioelektrycznych powstałych przy widzeniu przedmiotów nie są identyczne z rzeczywistymi kształtami tych przedmiotów.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: T. Maruszewski, *Psychologia poznania. Sposoby rozumienia siebie i świata*, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2001, s. 42 (tabela 2.1, Porównanie asocjacionizmu i strukturalizmu (psychologii postaci)).

³² A. Awtuch, *Percepcja przestrzeni*, http://www.pg.gda.pl/architektura/userfiles/file/percepcja_1+2+3.pdf (dostęp: 3.05.2017).

³³ T. Maruszewski, *Psychologia poznania...*, s. 42.

2.2.3. Zasady organizacji percepcyjnej według koncepcji psychologii postaci

Psychologia postaci miała początkowo niewiele odniesień do muzyki i formułowana była na podstawie obserwacji zjawisk odnoszących się w większości do percepcji wzrokowej, lecz zasady organizacji percepcyjnej opisane na podstawie doświadczeń dotyczących zmysłu wzroku występują również w percepcji dźwięków. Według założeń psychologii postaci bodźce zmysłowe łączone są w całość poprzez oddziaływanie elementów składowych, ale również poprzez cechy elementów składowych rozpoznawane są na podstawie charakteru całości. Jednostki rozumiane są w tej teorii jako elementy składowe wpływające na odbiór całości, przy czym odbiór ten sterowany jest przez wewnętrzne procesy strukturalne.

Psychologia postaci odnosi się również do zagadnień transformacji umysłowych dotyczących spostrzeżeń słuchacza, który identyczne dane dźwiękowe i wzrokowe może rozpatrywać w odmienny sposób, w zależności od powstałej w danym momencie reprezentacji figury mentalnej. Charakter badań psychologii postaci przyjmuje metodologię empiryczną, która polega na wybraniu do badań fragmentów rzeczywistości, w której znajdują się przedmioty w postaci zjawiska obserwowalnego, np. czas i przebieg utworu muzycznego, obiekty dźwiękowe, jak również niedostępne podczas zwyczajnej obserwacji reprezentacje mentalne powstałe w wyniku oddziaływań bodźców na receptory zmysłowe.

W psychologii postaci przyjmuje się, że jednostka, której elementy pojedyncze i części grupowane są w większe całości na podstawie praw wewnętrznych, mogą być interpretowane w umyśle odbiorcy jako struktura wyższego poziomu – w danej całości. Różne oddziaływanie wewnętrznych części oraz odmienny ich odbiór powodują powstawanie różnych figur mentalnych, co wskazuje, że grupowanie cech elementów zależne jest od zaistniałej konfiguracji decydującej o łączeniu tych elementów w różnego rodzaju całości³⁴. Rozłożenie danej całości na poszczególne elementy składowe nie pomaga w zrozumieniu natury analizowanej całości. Właściwy rozkład musi opierać się na podstawie szczegółowej analizy mechanizmów grupowania. Jest to niezwykle istotne, ponieważ opis taki dotyczy wszystkich części, procesów częściowych oraz percepcyjnych cech składowych całości. Analiza taka pozwala uformować nowe całości i odmienne powiązania między elementami, wcześniej niezauważane, które mogą być przyczynkiem do powstania odrębnej całości³⁵.

³⁴ M. Wertheimer, *Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt*, „Psychologische Forschung”, 4 (1), 1924, s. 308.

³⁵ W. Metzger, *Certain implications in the concept of Gestalt*, „American Journal of Psychology”, 40, 1928, s. 163–165.

Badania i analiza obrazu słuchowego związane z koncepcją strumieniowania słuchowego wynikały z doświadczeń przeprowadzonych przez specjalistów z zakresu psychoakustyki. Wykazali oni, że w percepcji dźwięku objawia się wpływ zasad i praw psychologii postaci opisanych wcześniej w odniesieniu do percepcji wzrokowej. Uczenie się, zapamiętywanie oraz umiejętność odmiennego przetwarzania informacji powoduje, że człowiek rozwija się w zakresie przetwarzania mentalnego oraz interpretacji docierających do niego bodźców³⁶.

Według Justyny Humięckiej-Jakubowskiej postrzeganie słuchowe wynika z działań dotyczących procesów heurystycznych, które poddają analizie części składające się na całość odbioru mentalnego. Oddzielenie części od całości mentalnej powoduje powstanie pewnego rodzaju struktury dźwiękowej podobnej do sekwencjonowania brzmienia, stąd percepcja nie powinna zmierzać do opisu strukturalnego. Istotnym elementem jest uwzględnienie oddziaływań części składowych między sobą, dzięki czemu odpowiednie jest rozpatrywanie akustycznych zdarzeń jako scen słuchowych, mających na siebie wpływ, a nie ich izolowanie³⁷.

Warto wskazać na niemiecki termin *Prägnanz* wprowadzony przez Maxa Wertheimera³⁸, bezpośrednio związany z podstawowymi zasadami grupowania, odnoszący się do dopełniania oraz domykania braków ciągłości w strukturach niekompletnych. Termin *Prägnanz* nie ma dokładnego odpowiednika w języku polskim. Niektórzy autorzy używają terminu „zasada pregnancji”³⁹.

Analiza obrazu słuchowego polega na badaniu powiązań między właściwościami akustycznymi dźwięków a regułami dotyczącymi grupowania dźwięków we wspólne strumienie percepcyjne. Wśród mechanizmów, będących podstawą takiego grupowania, psychologia postaci wyodrębnia następujące kategorie: podobieństwo (ang. *similarity*), bliskość (ang. *proximity*), wspólny los (ang. *common fate*), domknięcie (ang. *closure*) oraz trafna kontynuacja (ang. *good continuation*) – szerszy opis w podrozdziale 3.2.2 niniejszej pracy. Termin *Prägnanz* dotyczy podstawowego założenia, które polega na odbieraniu dźwięków i przetwarzaniu ich przez umysł w taki sposób, aby zmierzały do największej prostoty i równowagi oraz konstruowania tzw. trafnej formy (ang. *good form*)⁴⁰.

³⁶ H. Kardela, *Gramatyka kognitywna jako globalna teoria języka*, w: I. Nowakowska-Kempna (red.), I. Nowakowska-Kempna *Podstawy metodologiczne semantyki współczesnej*, t. 8, s. 15.

³⁷ J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki...*, s. 78–79.

³⁸ M. Wertheimer, *Untersuchungen zur Lehre...*, s. 318, 319, 324, 335.

³⁹ T. Tomaszewski, *Główne idee współczesnej psychologii*, wyd. III popr., Wydawnictwo Akademickie ŻAK, Warszawa 1998, s. 100; E. Nęcka, J. Orzechowski, B. Szymura, *Psychologia poznawcza*, Academica Wydawnictwo SWPS, PWN, Warszawa 2006, s. 302; P.G. Zimbardo, *Psychologia i życie*, PWN, Warszawa 1999, s. 290.

⁴⁰ Tamże, s. 288–290; E. Nęcka, J. Orzechowski, B. Szymura, *Psychologia poznawcza*, s. 301–303.

2.2.4. Iluzje słuchowe

Znaczna część zjawisk związanych z grupowaniem dźwięków w strumieniu percepcyjnym związana jest z tzw. iluzjami słuchowymi. Powstawanie obrazów słuchowych znacznie różniących się od tego, czego oczekiwaliśmy na podstawie znajomości cech fizycznych docierających do słuchacza dźwięków określa się właśnie iluzjami słuchowymi. Iluzje występują u osób posiadających słuch otologicznie normalny i nie są symptomem wskazującym na jakiegokolwiek nieprawidłowości. Iluzje występują również w przypadku odbioru bodźców przez narządy innych zmysłów – wzroku, dotyku, smaku oraz węchu. Złudzenia wzrokowe są najlepiej dziś poznanymi rodzajami iluzji, co wynika z faktu, że wzrok dominuje nad innymi zmysłami⁴¹.

Zbiór bodźców docierających do człowieka z otoczenia zawsze pozostaje w interakcji z pozostałymi bodźcami, stąd poziom odseparowania oraz położenia pewnych obszarów pozwalających na interpretację powoduje, że możemy otrzymać iluzję w zależności od tego, jaki element zostanie rozpoznany jako wzorzec główny. Ponadto w pewnych sytuacjach dość łatwo jest zmienić znaczenie figur iluzji, które tworzą konfigurację zasadniczą, w inną figurę umożliwiającą ukazanie kolejnej iluzji⁴².

Badania naukowe nad szeroko pojętymi iluzjami słuchowymi prowadziła Diana Deutsch. W jednej z prac zajęła się zagadnieniem przestrzennego odbioru dźwięków związanych z lateralizacją bodźców dźwiękowych. Lateralizacja oznacza w tym przypadku lokalizację dźwięku po jednej ze stron głowy przy odbiorze dźwięków przez słuchawki.

Na rysunku 3 zaprezentowano sekwencję dźwięków odtwarzanych przez słuchawki w eksperymencie, który dotyczył iluzji melodycznej. Na dwóch górnych pięcioliniach przedstawiony jest zapis nutowy sekwencji dźwięków odtwarzanych przez słuchawkę umieszczoną na uchu prawym (P) oraz słuchawkę na uchu lewym (L). Na dolnych pięcioliniach podany jest zapis sekwencji dźwiękowych odbieranych przez słuchaczy w uchu prawym i lewym, które różniły się od sekwencji odtwarzanych przez każdą ze słuchawek. Dźwięki odbieranej sekwencji nawiązywały melodycznie do sekwencji złożonej z dźwięków gamy C-dur wznosząco-opadającej odbieranej w uchu lewym, natomiast opadająco-wznoszącej w prawym⁴³. W wyniku powstania w umyśle słuchaczy iluzji słuchowej, badani w zdecy-

⁴¹ H. McGurk, J. MacDonald, *Hearing lips and seeing voices*, „Nature”, 264, 1976, s. 746–748.

⁴² J.O. Robinson, *The psychology of visual illusion*, Dover Publications Inc., Mineola, N.Y. 1998, s. 19–20.

⁴³ D. Deutsch, *Two channel listening to musical scales*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 57, 1975, s. 1156–1157.

dowanej większości wskazywali, że słyszeli odtwarzany przykład jako dwa głosy – wyższy i niższy, zlokalizowane osobno – w uchu prawym i lewym⁴⁴. Eksperyment wykazał, że powstające w umyśle słuchaczy iluzje dźwiękowe zależne są u wielu słuchaczy od asymetrii czynnościowej prawej i lewej strony ludzkiego ciała. Większość osób praworęcznych słyszała wyższy głos w prawym uchu, natomiast głos niższy w uchu lewym. Osoby leworęczne odbierały obraz dźwiękowy odwrócony symetrycznie: głos wyższy zazwyczaj w lewym uchu, a głos niższy w uchu prawym. Percepcja sekwencji dźwięków tworzących iluzje może być odzwierciedleniem tzw. stronności czynnościowej parzystych narządów człowieka⁴⁵.



Rys. 3. Przykład iluzji słuchowej powstałej podczas odbioru sekwencji dźwięków. Na górnych pięcioliniach przedstawiony jest zapis sekwencji dźwięków zgodny ze sposobem ich odtwarzania, a na pięcioliniach dolnych zapis sekwencji percypowanych przez słuchaczy. Literą P oznaczono dźwięki odtwarzane do ucha lub odbierane przez ucho prawe, natomiast literą L – ucho lewe

Źródło: rysunek przygotowany w celu schematycznego wyjaśnienia zjawisk akustyczno-muzycznych na podstawie: D. Deutsch, *Grouping mechanisms in music*, w: *The psychology of music*, third edition, Academic Press/Elsevier, London 2013, s. 214.

Na rysunku 4, na dwóch górnych pięcioliniach, przedstawiono zapis sekwencji dźwięków odtwarzanych słuchaczom w innym eksperymencie D. Deutsch. Kolejne dźwięki gamy chromatycznej odtwarzane były naprzemiennie w słuchawce lewej i prawej⁴⁶. Wyniki badań ukazały, że skrzyżowane gamy chromatyczne bardzo rzadko były odbierane przez słuchaczy w sposób zgodny ze sposobem ich prezentacji. Większość słuchaczy

⁴⁴ D. Deutsch, *Ear dominance and sequential interactions*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 67, 1980, s. 225–227.

⁴⁵ D. Deutsch, *The octave illusion in relation to handedness and familial handedness background*, „Neuropsychologia”, 21 (3), 1983, s. 290–292.

⁴⁶ D. Deutsch, *Auditory illusions, handedness, and the spatial environment*, „Journal of the Audio Engineering Society”, 31, 1983, s. 610–612.

odbierała te dźwięki w sposób przedstawiony na dolnych pięcioliniach rysunku 4, gamy nie krzyżowały się i jedna z nich słyszana była w uchu lewym, a druga w prawym⁴⁷.

Dźwięki odtwarzane

Dźwięki odbierane

Rys. 4. Przykład iluzji słuchowej powstałej podczas odbioru skrzyżowanych gam chromatycznych, których kolejne dźwięki odtwarzane były na przemian w uchu lewym i prawym. Na górnych pięcioliniach przedstawiony jest zapis sekwencji dźwięków zgodny ze sposobem ich odtwarzania, a na pięcioliniach dolnych zapis sekwencji percypowanych przez słuchaczy. Literą P oznaczono dźwięki odtwarzane do ucha lub odbierane przez ucho prawe, natomiast literą L – ucho lewe

Źródło: rysunek przygotowany w celu schematycznego wyjaśnienia zjawisk akustyczno-muzycznych na podstawie: D. Deutsch, *Grouping mechanisms in music*, w: taż (red.), *The psychology of music*, third edition, Academic Press/Elsevier, London 2013, s. 215.

Kolejną iluzję słuchową Deutsch zaobserwowała przy naprzemiennym odtwarzaniu w uchu lewym i prawym dźwięków odległych od siebie o interwał oktawy⁴⁸. Sekwencja odtwarzana była w sposób ciągły do obu uszu według zasady przedstawionej na górnej pięciolinii (na rys. 5), jeżeli w jednej słuchawce podawany był ton niższy, to w drugiej podawano jednocześnie dźwięk wyższy i odwrotnie⁴⁹. Zadaniem uczestników eksperymentu było zaznaczenie na schemacie, gdzie zlokalizowane były słyszane dźwięki: wysoki oraz niski, na obszarze pomiędzy prawym i lewym

⁴⁷ D. Deutsch, *Reply to "Reconsidering evidence for the suppression model of the octave illusion,"* by C.D. Chambers, J.B. Mattingley, and S.A. Moss, „Psychonomic Bulletin & Review” 11 (4), 2004, s. 671–672; D. Deutsch, *An auditory illusion*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 55, S18–S19, 1974.

⁴⁸ D. Deutsch, *The octave illusion revisited again*, „Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance”, 30, 2004, s. 359–363.

⁴⁹ D. Deutsch, *Illusions for stereo headphones*, „Audio Magazine”, March, 1987, s. 43–45.

uchem⁵⁰. Większość słuchaczy odbierała sekwencję dźwięków w sposób przedstawiony na dolnej pięciolinii (rys. 5), co było niezgodne z rzeczywistą sekwencją odtwarzaną ze słuchawek⁵¹.



Rys. 5. Iluzja słuchowa powstała podczas odbioru dźwięków tworzących interwał oktawy. Dźwięki odbierane są w sposób odmienny (dolna pięciolinia) w porównaniu do bodźców odtwarzanych (górna pięciolinia). Literą P oznaczono dźwięk odtwarzany do ucha lub odbierany przez ucho prawe, natomiast literą L – lewe

Źródło: rysunek przygotowany w celu schematycznego wyjaśnienia zjawisk akustyczno-muzycznych na podstawie: D. Deutsch, *Grouping mechanisms in music*, w: taż (red.), *The psychology of music*, third edition, Academic Press/Elsevier, London 2013, s. 225.

Dalsze badania wykazały, że wysokość dźwięku oraz rozmiar interwału są podstawowymi cechami odbieranego wrażenia słuchowego, na podstawie których dźwięki są przyporządkowywane do wspólnego bądź oddzielnych strumieni percepcyjnych oraz lokalizowane w przestrzeni. Decyzje słuchacza odnoszące się do kategoryzacji czy też podobieństwa brzmieniowego dźwięków Deutsch określiła ogólnie pytaniem „co?”, a decyzje dotyczące lokalizacji w przestrzeni pytaniem „gdzie?”. Mechanizm decyzyjny reprezentowany przez pytania „co” i „gdzie” ma znaczący udział w porządkowaniu dźwięków w umyśle oraz tworzeniu iluzji dźwiękowych⁵².

W dalszych publikacjach Deutsch opisała badania, które miały na celu weryfikację obserwacji dotyczących lateralizacji i łączenia dźwięków we wspólny strumień percepcyjny w warunkach powstawania iluzji oktaawowej.

⁵⁰ D. Deutsch, *The octave illusion and the what-where connection*, w: R.S. Nickerson, R.W. Pew (red.), *Attention and performance*, Hillsdale, NJ: Erlbaum 1980, s. 578–580; D. Deutsch, *Musical illusions*, „Scientific American”, 233 (4), 1975, s. 93–95.

⁵¹ D. Deutsch, *An auditory illusion*, „Nature”, 251, 1974, s. 307–309.

⁵² D. Deutsch, *The octave illusion and auditory perceptual integration*, w: E.D. Schubert (red.), *Hearing research and theory*, J.V. Tobias, Vol. 1, Academic Press, New York 1981, s. 100–107, 140–141; D. Deutsch, P.L. Roll, *Separate “What” and “Where” decision mechanisms in processing a dichotic tonal sequence*, „Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance”, 2 (1), 1976, s. 23–25.

Nowe badania, przeprowadzone z zastosowaniem dźwięków o poszerzonym zbiorze wysokości i głośności, potwierdziły wcześniejsze ustalenia⁵³.

Opisane przez Deutsch obserwacje świadczące o różnicach w percepcji sekwencji dźwięków tworzących iluzję przez osoby praworęczne i leworęczne rozszerzył Bartosz Szkiełkowski w eksperymencie, w którym badał wpływ na obraz słuchowy lateralizacji funkcjonalnej różnych narządów ruchu (lewonożność, prawonożność, leworęczność oraz praworęczność) oraz lateralizacji narządów wzroku i słuchu na lokalizację przez muzyków dźwięków w przestrzeni, w sekwencjach tworzących iluzje słuchowe⁵⁴. W eksperymencie uczestniczyli studenci Wydziału Reżyserii Dźwięku Uniwersytetu Muzycznego Fryderyka Chopina. Studentów przebadano specjalistycznymi testami stosowanymi w diagnostyce neurologicznej i podzielono na trzy grupy pod względem rodzaju lateralizacji funkcjonalnej:

- osób o lateralizacji jednostronnej, u których we wszystkich badanych narządach dominowała ta sama strona ciała,
- osób o lateralizacji skrzyżowanej, u których nie było zgodnej dominacji tej samej strony ciała w testach odnoszących się do wszystkich narządów,
- osób o lateralizacji nieustalonej.

Po przeprowadzeniu testów wstępnych, które miały na celu rozpoznanie rodzaju lateralizacji występującej u każdego słuchacza, wszyscy uczestnicy eksperymentu wzięli udział w badaniach, w których opisywali percypowane obrazy słuchowe wytworzone podczas odbioru sekwencji dźwięków testowych wywołujących iluzje słuchowe.

Eksperyment B. Szkiełkowskiego potwierdził, że podczas powstawania iluzji słuchowych bardzo ważnym czynnikiem, obok wysokości dźwięku, jest również jego barwa⁵⁵. Szkiełkowski zaobserwował również, że muzycy, u których występuje skrzyżowana lateralizacja czynnościowa narządów mają problemy z koncentracją i skupieniem uwagi na poszczególnych elementach obrazu dźwiękowego. Niektórzy z takich muzyków twierdzili również, że mają trudność w uzyskaniu dużej precyzji gry na instrumencie⁵⁶.

Omówione powyżej obserwacje dokonane przez Szkiełkowskiego wskazują, że różnice między słuchaczami pod względem rodzaju lateralizacji czynnościowej narządów mogą być przyczyną występowania różnic międzyosobniczych w badaniach odnoszących się do procesów poznaw-

⁵³ D. Deutsch, *Lateralization and sequential relationships in the octave illusion*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 83, 1988, s. 365–366; D. Deutsch, *Lateralization by frequency for repeating sequences of dichotic 400-Hz and 800-Hz tones*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 63, 1978, s.183–186.

⁵⁴ B. Szkiełkowski, *Badanie wpływu lateralizacji funkcjonalnej na lokalizację dźwięku*, nieopublikowana praca magisterska, Wydział Reżyserii Dźwięku UMFC, Warszawa 2012, s. 43.

⁵⁵ Tamże, s. 44.

⁵⁶ Tamże.

czych w percepcji dźwięku. W świetle tych obserwacji duże znaczenie ma rejestrowanie danych o lateralizacji funkcjonalnej słuchaczy uczestniczących w eksperymentach jako bardzo istotnego czynnika wpływającego na proces grupowania dźwięków.

D. Deutsch badała również iluzje słuchowe, które nazwała paradokсами muzycznej wysokości dźwięku. Jednym z takich paradoksów jest sekwencja, w której wysokość dźwięków ma nieustannie kierunek opadający lub wzrastający. Ponadto wykazała również, że paradoks muzycznej wysokości może występować w ocenie interwałów muzycznych. Najbardziej znanym przykładem takiego zjawiska jest tzw. paradoks trytonu: jeżeli oktawa, w której intonowane są dźwięki nie jest jednoznacznie rozpoznawana, niektórzy muzycy odbierają tryton jako interwał wznoszący, a inni oceniają tę samą sekwencję dźwięków jako interwał opadający⁵⁷. Deutsch stwierdziła, że tendencja do oceniania w takich sytuacjach interwału, jako wznoszącego lub opadającego, zależy w znacznym stopniu od regionu świata, w jakim wychowała się dana osoba. Istotne różnice wystąpiły w eksperymencie między słuchaczami pochodzącymi z Kalifornii i z Anglii.

W swoich eksperymentach Deutsch badała także iluzje dźwiękowe przejawiające się przekształceniem wypowiedzianych słów w melodię. Eksperyment polegał na wielokrotnym odtwarzaniu wypowiedzianych słów (zdania) w pętli. Po wysłuchaniu określonej liczby powtórzeń, słuchacze oceniali frazy na pięciopunktowej skali, czy fraza brzmi jak wypowiedziane słowa, czy jak zaśpiewana melodia. Eksperyment ten ukazał, że mechanizmy przetwarzania w mózgu, odpowiadające za analizowanie bodźców dźwiękowych, zostały zaangażowane do powstania w umyśle słuchacza iluzji dźwiękowej⁵⁸.

2.2.5. Koncepcje przedstawione w pracach Bregmana

W latach siedemdziesiątych XX w. w badaniach nad słyszeniem pojawił się nowy nurt zajmujący się percepcyjnymi mechanizmami grupowania pojedynczych dźwięków w złożone struktury. Prace odnoszące się do tej tematyki dotyczą m.in. zasad wyodrębniania w złożonym obrazie dźwiękowym poszczególnych jego elementów, takich jak dźwięki przypisane do tego samego źródła, dźwięki stanowiące wspólny głos czy też innego typu struktury⁵⁹. Zasady te, poznane w pracach eksperymentalnych przeprowa-

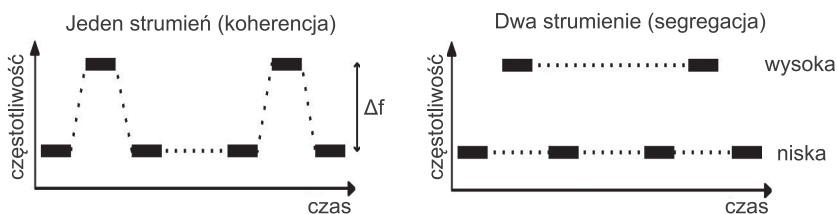
⁵⁷ D. Deutsch, *Paradoxes of musical pitch*, „Scientific American”, August, 1992, s. 88, 90.

⁵⁸ D. Deutsch, *The speech-to-song illusion*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 129 (4), 2011, s. 2245–2252.

⁵⁹ L.P.A.S. van Noorden, *Temporal coherence in the perception of tones sequences*, nieopublikowana praca doktorska, Technical University Eindhoven, Eindhoven 1975, s. 1–8; L.P.A.S. van Noorden, *Minimum differences of level and frequency for perceptual fission of tone sequences ABAB*, „Journal of Acoustical Society of America”, 61 (4), 1977, s. 1041–1045.

dzonych w okresie do końca lat osiemdziesiątych XX w., zostały zebrane i omówione we wspomnianej wcześniej obszernej monografii Alberta Stanleya Bregmana⁶⁰. Podstawowym pojęciem w pracach dotyczących grupowania są strumienie percepcyjne – ciągi dźwięków stanowiące pewien odrębny element obrazu słuchowego.

Istotę pojęcia strumienia percepcyjnego wyjaśniono na przykładzie zobrazowanym na rysunku 6. Na wykresach ukazano schematycznie dwa ciągi dźwięków różniących się częstotliwością i tworzących pewien interwał. Dźwięki takie mogą być odbierane przez słuchacza jako wspólny strumień (lewy wykres) bądź jako dwa strumienie (głosy), na które zostają rozdzielone sekwencje dźwięku wyższego i niższego (prawy wykres). O tym, czy dźwięki odbierane są jako wspólny strumień, czy jako oddzielne strumienie decydują różne ich cechy, m.in. odległość na skali wysokości i podobieństwo barwy.



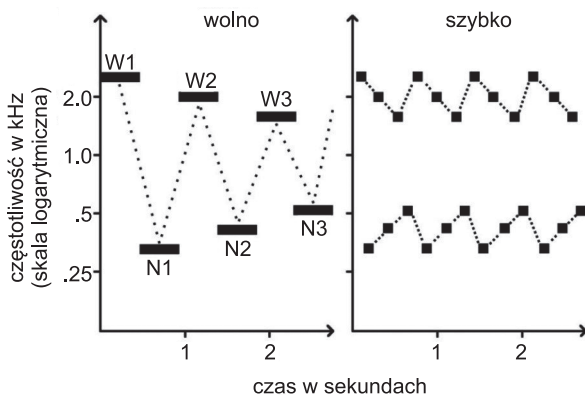
Rys. 6. Schematyczne przedstawienie odbioru sekwencji dwóch dźwięków różniących się częstotliwością jako wspólnego strumienia (koherencja) lub dwóch oddzielnych strumieni (segregacja)

Źródło: rysunek przygotowany w celu schematycznego wyjaśnienia zjawisk akustyczno-muzycznych na podstawie: <http://acoustics.org/pressroom/httpdocs/155th/kashino.htm> (dostęp: 29.10.2017).

W badaniach nad percepcją dźwięku, które były prowadzone pod kierunkiem A.S. Bregmana potwierdzono, że cechami dźwięków decydującymi o ich przynależności do wspólnego strumienia percepcyjnego są m.in. podobieństwo barwy, odległość na skali wysokości oraz kierunek, z jakiego dźwięk dochodzi do słuchacza w przestrzeni, na tle innych dźwięków. Według koncepcji Bregmana zasadniczym elementem percepcyjnym nie jest pojedynczy dźwięk, lecz strumień słuchowy zbudowany z różnych dźwięków, wyodrębniony w umyśle słuchacza. Ujęcie takie ukazuje, że przedmiotem słyszenia jest materiał dźwiękowy stanowiący pewną scenę słuchową, którego organizacja jest znacznie bardziej złożona niż zakładano w klasycznych pracach, w których analizowano proste zależności między cechami fizycznymi bodźca i elementarnymi cechami wrażenia słuchowego⁶¹.

⁶⁰ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound...*, s. 1–3.
⁶¹ <http://webpages.mcgill.ca/staff/Group2/abregm1/web/downloadstoc.htm> (dostęp: 2.05.2017).

Istotę percypowania dźwięków w strumieniach percepcyjnych ukazano na schemacie przedstawionym na rysunku 7. Przedstawiona na wykresach sekwencja składa się z cyklu naprzemiennie ułożonych trzech niskich i trzech wysokich dźwięków, tworzących powtarzalny, sześciodźwiękowy cykl. Odtwarzając wolno dźwięki słyszymy każdy z nich naprzemiennie jako dźwięki osobne, niepowiązane ze sobą. Szybkie odtworzenie materiału powoduje natomiast, że odbieramy dwa strumienie percepcyjne: jeden złożony z dźwięków niskich, drugi zaś z wysokich⁶². Podczas szybkiego odtwarzania każdy ze strumieni odbierany jest jako sekwencja melodyczna w podobny sposób niczym dwa instrumenty dialogujące ze sobą. Oznacza to, że segregacja w strumieniu percepcyjnym wpływa na postrzeganie melodii.



Rys. 7. Segregacja w strumieniu dźwiękowe powtarzającej się sekwencji sześciu tonów

Źródło: rysunek przygotowany w celu schematycznego wyjaśnienia zjawisk akustyczno-muzycznych na podstawie: Al Bregman, *Auditory Scene Analysis*, <http://webpages.mcgill.ca/staff/Group2/abregm1/web/downloadstoc.htm> (dostęp: 29.10.2017).

Według Bregmana pojęcie grupowania odnosi się do procesów percepcyjnych, których istotą jest odnalezienie elementów scen słuchowych, które łączone są ze sobą na zasadzie podobnego rodzaju integralności. Grupowanie może dokonywać się w dwóch aspektach – omówionych wcześniej – jako grupowanie sekwencyjne oraz grupowanie równoczesne, jeżeli w granicach takiego grupowania występują podobieństwa lub regularności⁶³.

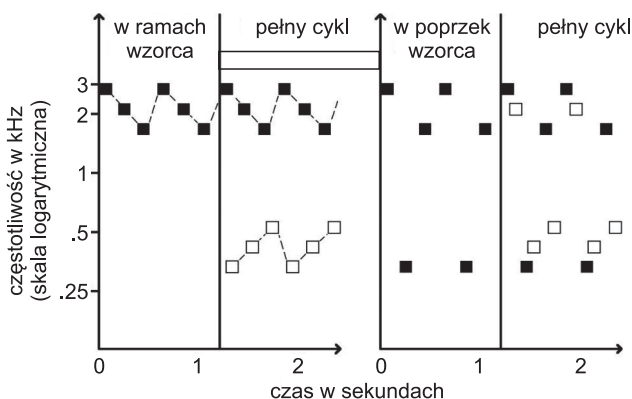
Na rysunku 8 przedstawiono cykl sześciu tonów, który powoduje odmiennie rozpoznanie wzorców dźwiękowych podczas analizy strumieni dźwiękowych niż przedstawiony na rysunku 7. Sam cykl sześciu tonów został tak skonstruowany, że uwaga słuchacza jest skierowana na dźwięki

⁶² Tamże.

⁶³ J. Humiecka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki...*, s. 85.

najwyższe oraz najniższe, co oznacza trudność w jednoczesnym percypowaniu innych odległości między dźwiękami.

Wielokrotne odtwarzanie materiału dźwiękowego powoduje powstanie nowego podzbioru, który w pełnym cyklu sześciu tonów przybiera nową postać – dwóch strumieni złożonych z trzech dźwięków. Wyraźnie odbierane dźwięki niskie w strumieniach świadczą o występującej odrębnej części w pełnym cyklu. Jednakże, gdy cykl zostanie przełamany na dwa strumienie, to dwie nuty zostaną przypisane do jednego strumienia zaś pozostałe cztery do drugiego. Ten typ działania, nazwany „działaniem w poprzek wzorca”, jest niezmiernie trudny do wykrycia w cyklu powtarzalności sześciu tonów. Doświadczenie to ukazało, że organizacja percepcyjna zazwyczaj pomaga w rozpoznaniu wzorców dźwiękowych, grupując te elementy, które mogą być częścią tego samego wzorca akustycznego. Istnieje pojawiający się w tym przypadku tzw. kamuflaż, który pozwala na złamanie zasady przynależności dźwięków do danych wzorców akustycznych, umożliwiając percypowanie dźwięków w odmienny sposób, przyporządkowując je do innych strumieni⁶⁴.



Rys. 8. Rozpoznawanie wzorców dźwiękowych w obrębie poszczególnych strumieni percepcyjnych

Źródło: rysunek przygotowany w celu schematycznego wyjaśnienia zjawisk akustyczno-muzycznych na podstawie: Al Bregman, *Auditory Scene Analysis*, <http://webpages.mcgill.ca/staff/Group2/abregm1/web/downloadstoc.htm> (dostęp: 29.10.2017).

Podczas słuchania utworu muzycznego w umyśle odbiorcy powstaje pewien obraz, czyli reprezentacja odpowiadająca dźwiękom, nawet jeśli utwór składa się z części. Dzięki temu dowiadujemy się, że istnieje dostępna wskazówka, która powoduje powstanie u słuchacza zarówno obrazu percepcyjnego całości, jak i poszczególnych części odpowiadających da-

⁶⁴ <http://webpages.mcgill.ca/staff/Group2/abregm1/web/downloadstoc.htm> (dostęp: 10.05.2017).

nemu utworowi muzycznemu. Jeżeli zdarzenie dźwiękowe odbierane jest jako całość, która złożona jest z części, to wówczas utwór jest strukturyzowany hierarchicznie. Percepcja ma charakter systemu opisowo-formującego, który dostarcza interpretacji potwierdzającej, że zbiór dźwięków osiągnął pewne znaczenie i został uformowany jako obiekt percepcyjny⁶⁵. Omawiane powyżej dane dźwiękowe wykorzystuje się do tworzenia obrazów percepcyjnych zwłaszcza w muzyce polifonicznej, gdzie wiele głosów prowadzonych jednocześnie i zarazem niezależnie może skutkować różnymi reprezentacjami mentalnymi, a przez to różną interpretacją oraz przypisywaniem odmiennych znaczeń dla poszczególnych strumieni dźwiękowych dochodzących do odbiorcy w zależności od tego, na jakim elemencie percepcyjnym słuchacz skupi swoją uwagę.

⁶⁵ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound...*, s. 165.

3. GRUPOWANIE DŹWIĘKÓW

3.1. Cechy brzmienia jako podstawa grupowania dźwięków w strumieniu percepcyjnym

3.1.1. Wysokość

Wysokość dźwięku jest jednym z elementów, który najbardziej stymuluje system przetwarzania bodźców słuchowych. Jest ona podstawowym składnikiem wczesnego grupowania w strumieniu percepcyjnym, ponieważ częstotliwości bodźców są odwzorowane na wszystkich poziomach przetwarzania w układzie słuchowym człowieka¹. Wysokość tonów i dźwięków złożonych jest dominującym zjawiskiem w zakresie przetwarzania obiektów dźwiękowych, dlatego możliwość przetwarzania wysokości dźwięku ma fundamentalne znaczenie w organizowaniu dźwięków w strumieniu percepcyjnym².

Struktury dźwiękowe, tworząc melodię są elementami, które najłatwiej zapamiętać, dlatego stanowią one ważną wskazówkę do rozpoznania linii melodycznej w zakresie przetwarzania i grupowania dźwięków w strumieniu percepcyjnym. Łatwiej jest odtworzyć w umyśle informację dotyczącą melodii niż jej tonację oraz rozpoznać rodzaj i tryb akordu niż jego poszczególne dźwięki składowe³.

Mniejsze odległości w zakresie wysokości pomiędzy dźwiękami wpływają na ich spójność i tworzenie jednego strumienia percepcyjnego. Znaczne odległości w zakresie wysokości pomiędzy bodźcami prowadzą natomiast do segregacji materiału dźwiękowego⁴. Duża separacja częstotliwości pomiędzy poszczególnymi dźwiękami wewnątrz melodii wpływa na

¹ N.M. Weinberger, *Music and the auditory system*, w: D. Deutsch (red.), *The psychology of music*, second edition, Academic Press, London 1999, s. 61–62.

² R. Rasch, R. Plomp, *The perception of musical tones*, w: D. Deutsch (red.), *The psychology of music*, s. 89.

³ D. Deutsch, *The organization of short-term memory for a single acoustic attribute*, w: *taż* (red.), *Short term memory* Academic Press, New York 1975, s. 120–122.

⁴ R. Cusack, R.P. Carlyon, *Auditory perceptual organization inside and outside the laboratory*, w: J.G. Neuhoff (red.), *Ecological psychoacoustics*, Academic Press, London 2004, s. 24.

zmiany w zakresie grupowania, a więc na zmianę interpretacji melodii. Przedziały czasowe, w tym również czas trwania pauz pomiędzy dźwiękami utworu oraz tempo wykonania wpływają na grupowanie melodii⁵. Strumienie percepcyjne mają wpływ na grupowanie oraz przetwarzanie melodii przez słuchaczy⁶. Wiele strumieni dźwiękowych, docierających do słuchacza w jednym momencie, może powodować wrażenie dialogowania instrumentów w materiale muzycznym, lecz jeżeli uwaga słuchacza zostanie skupiona na jednym elemencie utworu muzycznego, może dojść do zbitki dźwiękowej w jeden strumień percepcyjny i wówczas analiza reszty obrazu słuchowego nie będzie możliwa. Na podstawie omówionych wyżej zależności można wykazać jednoznacznie, że wysokość dźwięku jest podstawową wskazówką dla słuchacza w kwestii rozróżniania i grupowania strumieni dźwiękowych.

George A. Miller i George A. Heise⁷ w przeprowadzonym eksperymencie wykazali, że niewielkie odstrojenie częstotliwości i zarazem mała różnica w zakresie wysokości dźwięków testowych powodowały scalenie ich we wspólny strumień, wskutek czego słuchacze odbierali sekwencję następujących po sobie tonów A i B jako tryl. Zadaniem słuchaczy było odstrojenie częstotliwości jednego z tonów do chwili, gdy zauważyli, że tony nie tworzą trylu, lecz są odbierane jako dwa odrębne strumienie dźwiękowe, z których jeden zbudowany jest z sekwencji tonu A, drugi zaś z sekwencji tonu B. Najmniejszą różnicę częstotliwości, przy której odstrojenie powodowało, że tryl przekształcał się w oddzielne strumienie G.A. Miller i G.A. Heise nazwali progiem postrzegania trylu (ang. *thrill threshold*)⁸. Próg postrzegania trylu autorzy wyznaczyli w dwóch wariantach: przy częstotliwości tonu zmiennego znajdującego się poniżej i powyżej stałej częstotliwości odniesienia.

Wyniki eksperymentu dotyczącego progu postrzegania trylu przedstawione są na rysunku 9. Na wykresie widoczne jest, że w zakresie częstotliwości odniesienia od 100 do 1000 Hz próg różnicy trylu występował przy podobnym rozmiarze interwału tworzonego przez dwa tony, wynoszącym około 240 centów, natomiast przy częstotliwości powyżej 1000 Hz interwał ten był większy⁹.

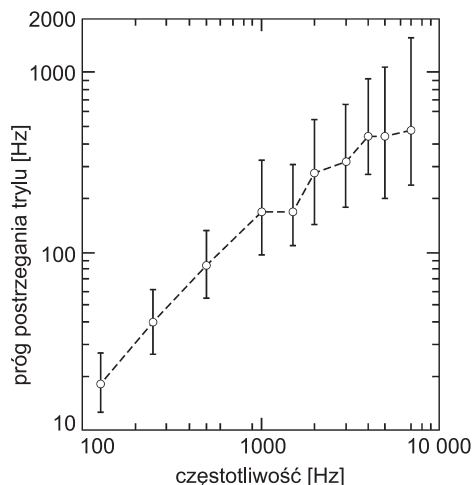
⁵ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, s. 462.

⁶ Tamże, s. 461–462.

⁷ G.A. Miller, G.A. Heise, *The thrill threshold*, „Journal of Acoustical Society of America”, 22, 1950, s. 637–638.

⁸ Tamże.

⁹ Tamże.



Rys. 9. Próg postrzegania trylu – graniczna różnica częstotliwości, przy której powtarzająca się sekwencja tonów odbierana jest jako tryl

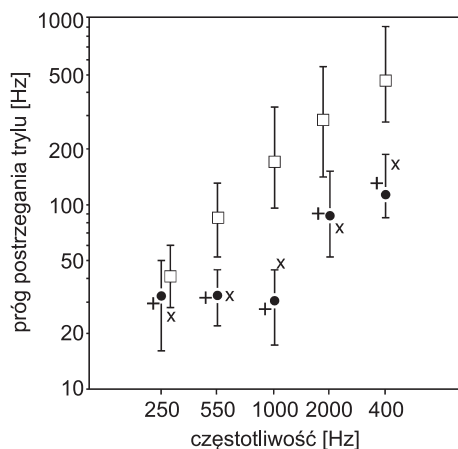
Źródło: rysunek przygotowany w celu schematycznego wyjaśnienia zjawisk akustyczno-muzycznych na podstawie: G.A. Miller, G.A. Heise, *The thrill threshold*, „Journal of Acoustical Society of America”, 22, 1950, s. 638, © Acoustical Society of America.

Podobny eksperyment przeprowadzili John I. Shonle i Kathryn E. Horan w celu weryfikacji wcześniejszych danych odnoszących się do progu postrzegania trylu¹⁰. Na podstawie wyników uzyskanych z tego eksperymentu (rys. 10) można wykazać, że próg postrzegania trylu występuje przy mniejszym odstrojeniu częstotliwości w porównaniu z danymi opublikowanymi przez Millera i Heisego. Możliwą przyczyną rozbieżności między wynikami obu eksperymentów J.I. Shonle i K.E. Horan mogła być różnica w obwiedni amplitudy dźwięków. Miller i Heise użyli w eksperymencie tonów o znacznie dłuższym narastaniu i zanikaniu niż Shonle i Horan. Nie można wykluczyć, że przyczyną braku zgodności wyników obu eksperymentów były także różnice osobnicze uczestników badań w postrzeganiu strumieni percepcyjnych, lecz zagadnienie to nie było przez wymienionych tu autorów analizowane.

W swojej pracy Shonle i Horan odnieśli się do związku progów postrzegania trylu z szerokością pasma filtra słuchowego, odwzorowaną w postaci pasm krytycznych. Model zespołu pasm filtra słuchowego stosowany jest w psychoakustyce do opisu mechanizmów fizjologicznych różnych zjawisk percepcyjnych, m.in. rozdzielczości słuchu w zakresie częstotliwości dźwięku. Różnica częstotliwości tonów przy progu postrzegania trylu, w zakresie częstotliwości odniesienia do 1000 Hz, była w eksperymencie Shonle’a i Horan bliska 1/4 szerokości pasma filtra słuchowego¹¹.

¹⁰ J.I. Shonle, K.E. Horan, *Trill threshold revisited*, „Journal of Acoustical Society of America”, 59 (2), 1976, s. 469–471.

¹¹ Tamże, s. 471.



Rys. 10. Próg postrzegania trylu – graniczna różnica częstotliwości, przy której powtarzająca się sekwencja tonów odbierana jest jako tryl. Dane z pracy J.I. Shonle'a i K.E. Horan porównane z wynikami wcześniejszej pracy G.A. Millera i G.A. Heisego

Źródło: rysunek przygotowany w celu schematycznego wyjaśnienia zjawisk akustyczno-muzycznych na podstawie: J.I. Shonle, K.E. Horan, *Trill threshold revisited*, „Journal of Acoustical Society of America”, 59 (2), 1976, s. 471, © Acoustical Society of America.

Joanna Kamińska rozszerzyła zakres badań nad progiem postrzegania trylu, wykorzystując w podjętych badaniach sekwencje szumów różniących się częstotliwością formantu. W eksperymencie wzięła udział grupa 20 muzyków – studentów Wydziału Reżyserii Dźwięku Uniwersytetu Muzycznego Fryderyka Chopina. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że podstawą grupowania dźwięków w strumieniu percepcyjnym może być również różnica częstotliwości formantu, przejawiająca się zmianą barwy szumu¹². Odstrojenie częstotliwości formantu, przy którym następował podział na dwie sekwencje wynosiło w większości przypadków około 1000 centów i było o wiele większe niż wartości progu postrzegania trylu uzyskane we wcześniejszych badaniach, z zastosowaniem tonów¹³.

Badanie kontrolne z użyciem tonów przeprowadziła również J. Kamińska w celu porównania odpowiedzi słuchaczy uczestniczących w jej eksperymencie z wynikami zamieszczonymi w opublikowanych pracach, które dotyczyły percepcji tonów. W badaniu tym ujawnił się silny wpływ kierunku odstrajania częstotliwości na próg postrzegania trylu. Przy odstrajaniu w górę, próg postrzegania trylu zmierzony przy różnych częstotliwościach odniesienia, w zakresie od 250 do 4000 Hz wynosił od 27 centów ($f = 4000$ Hz) i wzrastał do 135 centów ($f = 250$ Hz), co jest wynikiem

¹² J. Kamińska, *Rola formantów w grupowaniu dźwięków w strumieniu percepcyjnym*, nieopublikowana praca magisterska, Wydział Reżyserii Dźwięku UMFC, Warszawa 2012, s. 28, 41.

¹³ Tamże, s. 37.

w przybliżeniu zgodnym z danymi uzyskanymi przez J.I. Shonle'a i K.E. Horan. Przy odstrajaniu częstotliwości tonu w dół, wartości progu postrzegania trylu były znacznie większe i wynosiły od 73 centów ($f = 4000$ Hz) i wzrastały do 1725 centów ($f = 2000$ Hz). W eksperymencie G.A. Millera i G.A. Heisego próg postrzegania trylu w sekwencji tonów zaczynał się od 200 i wzrastał do 280 centów¹⁴.

Ze względu na różnice procedur stosowanych w różnych pracach, porównanie wyników pomiaru postrzegania trylu nie jest miarodajne. Na uwagę zasługuje jednak fakt, że w grupie muzyków wystąpiły znaczne różnice zmierzonych wartości progu przy odstrajaniu częstotliwości w górę i w dół od dźwięku odniesienia, czego nie zaobserwowali autorzy eksperymentów przeprowadzonych przy udziale słuchaczy, którzy nie byli muzykami.

Walter J. Dowling odtwarzał słuchaczom w eksperymencie sekwencje dźwiękowe w tempie 10 dźwięków na sekundę. Sekwencje odbierane były przez słuchaczy w różny sposób, w zależności od rozmiaru interwału między dźwiękami. Przy małych interwałach sekwencje tworzyły jeden strumień percepcyjny, natomiast większe interwały powodowały, że sekwencja rozdzielała się na dwa strumienie odbierane jako oddzielne przebiegi melodyczne. W.J. Dowling nazwał powstający efekt rytmicznym rozszczepieniem¹⁵. Na rozdzielenie w dwa strumienie wpływały również różnice głośności i różnice dotyczące lokalizacji dźwięków. Słuchacze wykazywali tendencję do łączenia dźwięków we wspólny strumień percepcyjny na bazie tonów o tej samej głośności lub lokalizowanych w tym samym miejscu w przestrzeni. Przy skupieniu uwagi na dźwiękach stanowiących wspólny strumień pozostałe dźwięki traktowane były jako tło¹⁶.

Leo P.A.S. van Noorden¹⁷ przeprowadził serię eksperymentów, w których badał grupowanie tonów w strumieniu percepcyjnym. W jednym z nich¹⁸ użył szybkich sekwencji tonów sinusoidalnych o zmiennej szybkości odtwarzania. Sekwencje składały się z dźwięku wzorcowego o stałej częstotliwości F wynoszącej 1000 Hz oraz dźwięku o częstotliwości zmiennej V . Dźwięki odtwarzane były według schematu VFV-VFV- (dywiz oznacza ciszę o czasie trwania równym pojedynczemu dźwiękowi). W przypadku, gdy in-

¹⁴ Tamże, s. 38.

¹⁵ W.J. Dowling, *Rhythmic fission and perceptual organization*, „Journal of Acoustical Society of America”, 44, 1968, s. 369.

¹⁶ Tamże.

¹⁷ L.P.A.S. van Noorden, *Minimum differences of level and frequency for perceptual fission of tone sequences ABAB*, „Journal of Acoustical Society of America”, 61 (4), 1977, s. 1041–1045; tenże, *Temporal coherence in the perception of tones sequences*, nieopublikowana praca doktorska, Technical University Eindhoven, Eindhoven 1975, s. 1–4, 7–10, 18–20, 28–32.

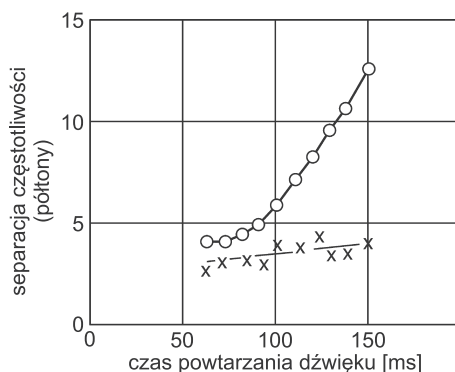
¹⁸ L.P.A.S. van Noorden, *Temporal coherence in the perception of tones sequences...*, s. 10–13.

terwał między dźwiękami F i V był mały, dźwięki te odbierane były jako wspólny strumień o rytmie galopującym. Przy większych interwałach dźwięki podzielone były na dwa oddzielne strumienie.

Eksperyment przeprowadzony został w dwóch wariantach. W pierwszym wariacie wysokość dźwięku zmiennego oddalała się od wzorca i badani mieli wskazać, przy jak dużym interwale są w stanie utrzymać odbiór dźwięków w pojedynczym strumieniu. Wynik uzyskany w tym wariacie autor nazwał granicą spójności dźwięków. W drugim wariacie, będącym oszacowaniem granicy rozszczepienia dźwięków, eksperymen rozpoczął się od dużego interwału i badani wskazywali granicę, przy której rozszczepienie na dwa strumienie zanikało.

Wyniki uzyskane przez L.P.A.S. van Noordena przedstawiono na rysunku 11. Na osi odciętych oznaczona jest szybkość odtwarzania sekwencji, wyrażona jako czas między początkiem kolejnych dźwięków, natomiast oś rzędnych przedstawia interwał w półtonach między dwoma dźwiękami. Dwie serie danych na wykresie oznaczają odpowiednio granicę spójności (kółka) i granicę rozszczepienia (krzyżyki).

Na podstawie danych na rysunku 11 można wykazać, że odbiór dźwięków w postaci pojedynczego strumienia bądź oddzielnych strumieni zależał od trzech czynników: interwału między dźwiękami, szybkości prezentacji sekwencji oraz nastawienia słuchaczy na ocenę granicy rozszczepienia bądź granicy spójności dźwięków. Na wykresie widoczne jest, że interwał odpowiadający granicy spójności był większy niż interwał na granicy rozszczepienia. Interwały odpowiadające granicy rozszczepienia i granicy spójności zwiększały się ze wzrostem tempa prezentacji, przy czym wzrost ten był znacznie większy w przypadku oszacowania granicy spójności.



Rys. 11. Granica spójności oraz granica rozszczepienia sekwencji dźwięków na dwa strumienie percepcyjne (eksperyment L.P.A.S. van Noordena)

Źródło: rysunek przygotowany w celu schematycznego wyjaśnienia zjawisk akustyczno-muzycznych na podstawie: L.P.A.S. van Noorden, *Temporal coherence in the perception of tones sequences*, nieopublikowana praca doktorska, Technical University Eindhoven, Eindhoven 1975, s. 13.

A.S. Bregman badał również efekt separacji częstotliwości i tempa odtwarzania bodźców. Eksperyment polegał na percepcyjnej izolacji melodii powstałej przy słuchaniu sekwencji tonów odtwarzanych razem z dystraktorem, czyli bodźcem dźwiękowym rozpraszającym uwagę słuchacza. Dźwięki sekwencji oraz dystraktory były przeplatane w czasie. Takie zróżnicowanie dźwięków powodowało separację częstotliwości. Sekwencje tonów przedstawiono na rysunku 12; sekwencja nr 1 na górnej części rysunku, natomiast sekwencja nr 2 w dolnej części. Dźwięki tworzące melodię podstawową oznaczono wypelnionymi kółkami, natomiast dystraktory to kółka niewypelnione wraz z liniami przerywanymi tworzącymi odmienny rodzaj melodii – C. Podstawowym cyklem dźwiękowym w sekwencji pierwszej (górnej) jest melodia A, natomiast w drugiej (dolnej) melodia B. Oba wykresy ukazują takie samo ułożenie dźwięków w dwóch sekwencjach różniących się częstotliwością. H-M-L---H-M-L---L-H-M---L-H-M---, gdzie H oznacza dźwięk wysoki, M – dźwięk o średniej częstotliwości, L – dźwięk niski, natomiast dywizy wskazują obecność dystraktorów¹⁹.

Melodia A odtwarzana była w zakresie częstotliwości od 1389 Hz do 1841 Hz, natomiast bodźce rozpraszające uwagę słuchacza odtwarzano w zakresie od 794 Hz do 1207 Hz. Podobnie ułożoną melodię B odtwarzano w zakresie częstotliwości od 913 Hz do 1600 Hz, a dystraktory były odtwarzane w częstotliwości równorzędnej dla melodii B oraz powyżej i poniżej podanej skali częstotliwości. Sekwencja dźwięków dla melodii A i B była równomiernie uszeregowana w skali częstotliwości z zastrzeżeniem, że odległości częstotliwości dźwięków sąsiadujących w melodii B były dwukrotnie większe w stosunku do melodii A. Obie sekwencje nie przedstawiały melodii brzmiącej diatonicznie. Dystraktory w obu melodiach zostały ustawione w tej samej pozycji czasowej. Wszystkie dźwięki w eksperymencie były tonami (sygnałami) sinusoidalnymi²⁰.

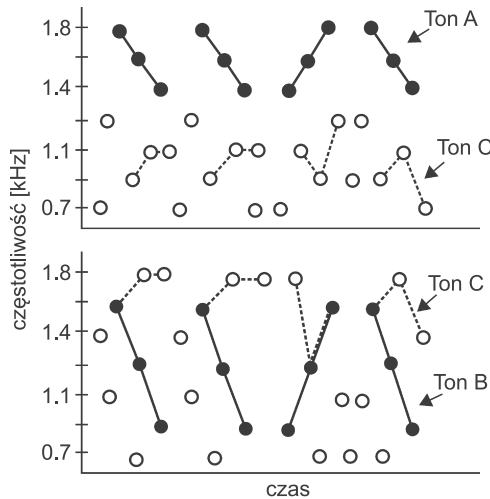
Ze względu na duże różnice częstotliwości między dźwiękami melodii A oraz dystraktorami, melodia A tworzyła jednolity strumień dźwiękowy oddzielny od dystraktorów. Większy ambitus melodii B spowodował, że wysokie tony zostały odseparowane od niższych częstotliwości głównej melodii B i połączyły się z dystraktorami o podobnej częstotliwości, tworząc nową melodię – C. Pierwotny przebieg melodii B zanikał i sprzyjał rozdzieleniu dźwięków, wpływając na fuzję (połączenie) dystraktorów. Warianty badania polegały na:

- uniknięciu sytuacji, że melodia B nie będzie słyszalna – osłabiono natężenie dystraktorów o 15, 30 dB w porównaniu do melodii głównej;

¹⁹ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, s. 61–63.

²⁰ Tamże.

- powtarzaniu sekwencji dźwięków: 1.4, 2.7, 5.3, 6.7, 10.2, 14.3 oraz 20 tonów na sekundę;
- odtwarzaniu bodźców od tempa wolnego do szybkiego do połowy czasu trwania całego badania, następnie od połowy od tempa szybkiego do wolnego w celu zbadania szybkości przyswajania przez słuchaczy zmian próbek w sekwencji²¹.



Rys. 12. Wyniki badań dla eksperymentu przeprowadzonego przez Bregmana

Źródło: rysunek przygotowany w celu schematycznego wyjaśnienia zjawisk akustyczno-muzycznych na podstawie: A. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of Sound*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts 1990, s. 62.

3.1.2. Rytm

Znaczny wpływ na segregowanie bądź fuzję strumieni dźwiękowych mają: metrum, siła akcentowania, czas trwania akcentu, różnica interwałów oraz różnica wysokości dźwięków tworzących dany kontekst dźwiękowy²². Dźwięki występujące w tym samym czasie w bardzo różnych sekwencjach mogą być grupowane jako jeden strumień dźwiękowy²³. Sekwencje oparte na odmiennym schemacie rytmicznym mogą natomiast modyfikować dotychczasowy obraz tła dźwiękowego, jak i być rozpoznawane jako drugi strumień dźwiękowy. Sekwencje przeplatające się wzajemnie, w zależności od uwagi słuchacza oraz takich cech, jak barwa i wysokość dźwięku, mogą

²¹ Tamże, s. 63.

²² J. Fyk, *Perception of some intonational deviations in melodies*, „Archives of Acoustics”, 19 (3), 1994, s. 330.

²³ E.F. Clarke, *Rhythm and timing in music*, w: D. Deutsch (red.), *The psychology of music*, s. 482–483.

być interpretowane jako melodia – jeden strumień dźwiękowy bądź jako dialogujące dwa tematy muzyczne – dwa strumienie dźwiękowe²⁴.

Tempo sekwencji muzycznych rzutuje na odbiór schematu rytmicznego. Oznacza to, że jeżeli sekwencja dźwięków jest prezentowana w szybkim tempie, a dźwięki pochodzą z różnych zakresów częstotliwości, to słuchacz będzie odbierał bodźce dźwiękowe jako jeden strumień percepcyjny²⁵.

Schemat rytmiczny (sekwencję) można zamaskować przez przeplatanie podobnych schematów rytmicznych w nieregularnych odstępach czasowych, które spowodują rozproszenie uwagi słuchacza. Rytm może zostać zamaskowany przez nakładanie się innego schematu, jeżeli element rozpraszający uwagę przypisany jest do oddzielnego strumienia dźwiękowego. Integracja czasowa częściowo nakładających się dźwięków (różnych schematów rytmicznych) spowoduje zmianę figury mentalnej w obrazie słuchacza, a więc zmianę struktury i budowy bodźca dźwiękowego (iluzja harmoniczna). Zakres zmian w strumieniach dźwiękowych może być spowodowany głównie asynchronizacją drugiego wzorca dźwiękowego oraz możliwością skupienia uwagi na przeplatających się schematach rytmicznych, które mogą być odbierane w różnorodny sposób (zamiana tła z figurą i odwrotnie)²⁶.

Czasowe rozlokowanie fragmentów dźwiękowych w danej sekwencji jest ważniejsze w ocenie rytmu niż przebiegi czasowe tych elementów. Jeśli jedna sekwencja jest odbierana jako jednolita całość, wtedy mówimy o fuzji. Natomiast, jeżeli schematy rytmiczne tworzą kilka oddzielnych przebiegów rytmicznych to uzyskujemy podział – segregację strumienia dźwiękowego²⁷.

Schematy rytmiczne odtwarzane ciągle (wrażenie odtwarzania w pętli) mogą mieć wpływ na organizowanie wewnętrznych elementów dźwiękowych tworzących sekwencje²⁸. Podczas percepcji sekwencji tonów istotnym aspektem jest ocena porządku czasowego dźwięków. Ocena dotyczy konstrukcji widmowej oraz konstrukcji czasowej dźwięków, co umożliwi słuchaczowi rozróżnienie czy elementy składowe tworzą jeden bądź dwa

²⁴ S. Handel, *Listening. An introduction to the perception of auditory events*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London 1993, s. 392–405.

²⁵ D. Deutsch, *Grouping mechanisms in music*, w: taż (red.), *The psychology of music*, s. 313–314.

²⁶ M. Turgeon, B. Roberts, A.S. Bregman, *Rhythmic masking release: effects of asynchrony, temporal overlap, harmonic relations, and source separation on cross-spectral grouping*, „Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance”, 31 (5), 2005, s. 939–942.

²⁷ N.M. Weinberger, *Music and the auditory system*, w: D. Deutsch (red.), *The psychology of music*, s. 75–77.

²⁸ E.C. Carterette, R.A. Kendall, *Comparative music perception and cognition*, w: D. Deutsch (red.), *The psychology of music*, s. 774–775.

strumieniu²⁹. Wprowadzenie łagodnych zmian częstotliwości pomiędzy dźwiękami wysokimi i niskimi w sekwencji dźwiękowej powoduje, że zmniejsza się tendencję do rozdzielania strumieni percepcyjnych³⁰, co jest bezpośrednio związane z zagadnieniem intonacji. Określenie spójności czasowej w zakresie odstępu wysokości dźwięku w funkcji tempa wskazało, że jeżeli chcemy utrzymać wrażenie połączonych szeregowo dźwięków, przy coraz to większych różnicach wysokości, to należy zwiększyć tempo ich prezentacji³¹.

W licznych badaniach³² wykazano, że zjawisko łączenia dźwięków w strumienie percepcyjne staje się silniejsze, gdy tempo odtwarzania dźwięków się zwiększa. Jednak nie ma pewności, co do tego, który z przedziałów czasowych ma największe znaczenie przy tworzeniu strumieni percepcyjnych. Na rysunku 13 przedstawiono ujęty schematycznie układ przedziałów czasowych w eksperymencie dotyczącym łączenia odmiennych dźwięków w jeden strumień dźwiękowy. Ukazane relacje czasowe to:

- A – początek jednego dźwięku do początku czasu trwania dźwięku sąsiedniego,
- B – przesunięcie między dźwiękami od końca jednego do początku dźwięku sąsiedniego,
- C – początek dźwięku do początku dźwięku o podobnym zakresie częstotliwości,
- D – koniec dźwięku do początku czasu trwania dźwięku w podobnym zakresie częstotliwości. Dalsze omówienie omawianej problematyki w podrozdziale 3.2.2 niniejszej pracy.

Z opublikowanych eksperymentów nie wynika jednoznacznie, który przedział w zakresie czasu daje pełnowartościową wskazówkę do grupowania dźwięków w strumienie percepcyjne³³.

Z punktu widzenia psychologii postaci (*Gestalt*), bliskość dźwięków na osi czasu powoduje, że ważnym czynnikiem pozwalającym integrować bądź grupować dźwięki w strumienie percepcyjne jest cisza, ponieważ roz-

²⁹ B.N. Walker, G. Kramer, *Ecological psychoacoustics and auditory displays*, w: J.G. Neuhoff (red.), *Ecological psychoacoustics*, Academic Press, London 2004, s. 159.

³⁰ E. Ozimek, *Dźwięk i jego percepcja. Aspekty fizyczne i psychoakustyczne*, PWN, Warszawa-Poznań 2002, s. 339-340.

³¹ D. Deutsch, *Grouping mechanisms in music*, w: taż (red.), *The psychology of music*, s. 314-315.

³² L.P.A.S. van Noorden, *Temporal coherence in the perception of tones sequences...*, s. 53, 56; M.R. Jones, *Time, our lost dimension: toward a new theory of perception, attention, and memory*, „Psychological Review” 85 (5), 1976, s. 343-351; A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, s. 64-67; G.L. Dannenbring, A.S. Bregman, *Effect of silence between tones on auditory stream segregation*, „Journal of Acoustical Society of America”, 59 (4), 1976, s. 987-988.

³³ D. Deutsch, *Grouping mechanisms in music*, w: taż (red.), *The psychology of music*, s. 314-315.

dziela ona bądź zbliża do siebie tony. Cisza między dźwiękami określa ich bliskość czasową, stąd czas przedziału D od końca dźwięku do początku dźwięku następnego jest najważniejszy. Natomiast wpływ na grupowanie przedziału czasowego C oznacza, że system słuchowy wykorzystuje rytm podczas przydzielania dźwięków do poszczególnych strumieni percepcyjnych. Jest to zgodne z teorią zakładającą, że układ słuchowy człowieka preferuje dźwięki, które tworzą regularne grupy, czyli wzorzec rytmiczny rozłożony w czasie o niewielkich zmianach w zakresie częstotliwości dźwięku³⁴.

Eksperymenty przeprowadzone przez van Noordena³⁵ ukazały, że skrócenie przedziałów czasowych B oraz D powoduje zwiększenie segregacji strumienia. Jego interpretacja wyników ukazuje, że przedział czasowy D jest najistotniejszy, lecz wnioski były oparte na wynikach eksperymentów, na który składał się tylko jeden przedmiot badań³⁶.

Badania podjęte przez Garego L. Dannenbringa i Alberta S. Bregmana³⁷ zostały przeprowadzone z zastosowaniem innej metody, co przelożyło się na uzyskanie odmiennych wyników. Regulowano czas trwania przedziału czasowego B w zakresie między 0 a 100 ms. Próbowano wyznaczyć czas trwania przedziału między dźwiękami, będący progim, przy którym sekwencja dźwięków dzieli się na dwa strumienie percepcyjne. Prowadzący eksperyment wydłużali ciszę między dźwiękami, natomiast badani skracali ton w celu kompensacji zmiany, w wyniku czego czas trwania przedziału A utrzymywany był na podobnym poziomie 200 ms. Następne eksperymenty G.L. Dannenbringa i A.S. Bregmana ukazały, że bardzo istotnym przedziałem czasowym, biorącym udział w integrowaniu lub segregowaniu dźwięków do danego strumienia percepcyjnego złożonego z sekwencji dźwięków ułożonych na przemian jest odległość C. Otrzymane dane sugerują, że system słuchowy człowieka w niektórych przypadkach skierowany jest na początek zdarzeń akustycznych (tzw. atak dźwięku występujący podczas gry, np. na instrumentach smyczkowych lub na fortepianie), jest to skupienie uwagi potrzebne podczas gry synchronicznej w grupie instrumentalistów. Atak ma mniejsze znaczenie podczas odbioru dźwięków przyrody (szum liści – powolny wzrost i opadanie natężenia dźwięku), gdzie nie ma wygenerowanej w sposób nagły energii. Powolne wybrzmiewanie dźwięków może spowodować przesunięcie interpretacji dźwięków przez

³⁴ M.R. Jones, *Time, our lost dimension: toward a new theory of perception, attention, and memory...*, s. 343–351.

³⁵ L.P.A.S. van Noorden, *Temporal coherence in the perception of tones sequences...*, s. 53.

³⁶ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, s. 66.

³⁷ G.L. Dannenbring, A.S. Bregman, *Effect of silence between tones on auditory stream segregation...*, s. 987–989.

system słuchowy człowieka na czas początku dźwięku, czyli zaistnienie relacji czasowych B lub D³⁸.

W jednym z eksperymentów przeprowadzonych przez van Noordena³⁹ badano wzmiankowane wyżej zagadnienie. Użył on na przemian sekwencji złożonej z dźwięków wysokich i niskich, gdzie dźwięki w odmiennym przedziale częstotliwości interpretowane jako odrębne utrzymywały regularne odstępy czasowe. Słuchacze zamiast słyszeć dwa oddzielne strumienie – każdy z własnym rytmem, słyszeli pary wysokich i niskich tonów, które znajdowały się blisko siebie na osi czasu. Dane uzyskane przez van Noordena na podstawie tego eksperymentu wskazują, że przedziały czasowe C i D nie są bardzo istotne, co również nie oznacza, że system słuchowy człowieka nie wykorzystuje przedziałów czasowych C i D przy analizie całościowej podczas tworzenia strumieni percepcyjnych⁴⁰.

Druga część na rysunku 13 (po prawej stronie) wskazuje, że nie tylko przedziały czasowe A i B zmieniły się w wyniku regulacji sekwencji czasowych w eksperymencie van Noordena, lecz dzięki temu zmienił się stosunek innych przedziałów czasowych – C i D. Manipulowanie przedziałem czasowym B może w pośredni sposób modyfikować innymi relacjami czasowymi powstającymi w danej sekwencji dźwiękowej, które mogą mieć związek z przedziałami czasowymi A, C oraz D⁴¹.

Długie przerwy pomiędzy sekwencjami dźwiękowymi pozwalają na łatwe ich grupowanie. Jeżeli przerwy są krótkie, bądź oddzielają poszczególne dźwięki, powodują powstanie w umyśle słuchacza nowych wzorców mentalnych, a przez to zmianę interpretacji rytmu i melodii danej sekwencji dźwiękowej. Ponadto łączenie dźwięków w jeden strumień na podstawie bliskości czasowej może mieć wpływ na przetwarzanie skoku wysokościowego pomiędzy poszczególnymi dźwiękami⁴².

Zasady preferencji grupowania w zakresie rytmu określają kilka (kilka-naście) możliwych hierarchicznych segmentacji dowolnego fragmentu muzyki, które mogą być różnorodnie odbierane przez słuchaczy. Zasady preferencji nie mają sztywno określonych reguł, lecz wyznaczają różne działania mentalne, które mogą w wyniku ich aktywności wzajemnie się wzmacniać bądź rywalizować. Uwaga każdego z odbiorców może być skierowana na inny element symetrii schematu rytmicznego, stąd interpretacja otrzy-

³⁸ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, s. 66–67.

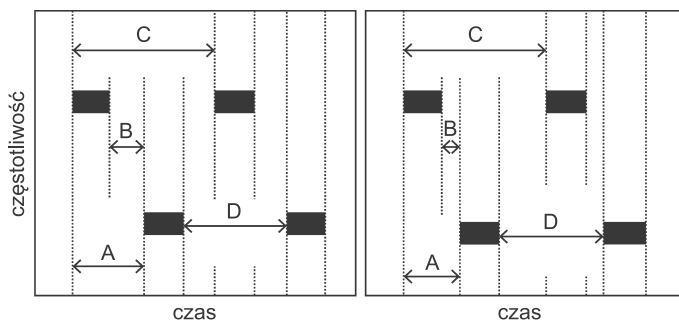
³⁹ L.P.A.S. van Noorden, *Temporal coherence in the perception of tones sequences...*, s. 55–56.

⁴⁰ Tamże.

⁴¹ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, s. 67.

⁴² D. Deutsch, *Grouping mechanisms in music*, w: taż (red.) *The psychology of music*, s. 319–320.

manych danych może przybrać odmienne figury mentalne⁴³. Eksperymenty dotyczące separacji czasowej dźwięków, które są łączone w jeden strumień percepcyjny mogą prowadzić do odmiennych wyników, w zależności od zastosowanej metody⁴⁴.



Rys. 13. Wpływ różnych odległości czasowych na łączenie dźwięków w strumieniu percepcyjnym

Źródło: rysunek przygotowany w celu schematycznego wyjaśnienia zjawisk akustyczno-muzycznych, na podstawie: A. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts 1990, s. 65.

3.1.3. Barwa

Istnieje pewna złożoność percepcyjna dotycząca grupowania na podstawie barwy dźwięku, gdyż zawiera ona wiele elementów zmiennych⁴⁵. Grupowanie percepcyjne charakteryzuje się wysoce zróżnicowaną wielowymiarowością, dotyczącą złożonych relacji bodźców na poziomie percepcyjnym, które w niektórych przypadkach traktuje się jako paradoksalne⁴⁶. Nawarstwienie wielu dźwięków oraz nałożenie się odmiennych czynności percepcyjnych dokonywanych przez słuchacza może powodować błędną ocenę (poprzez wyciągnięcie podczas analizy percepcyjnej sprzecznych wniosków przez perceptora), np. nieprawidłową interpretację kierunku pochodzenia interwału muzycznego niż zaprezentowanego rzeczywiście, co jest nazywane w literaturze paradoksem⁴⁷.

Podobieństwa w zakresie barwy dźwięku w utworze muzycznym często pomagają w zdefiniowaniu struktury melodii, która będzie przetwarzana

⁴³ E.F. Clarke, *Rhythm and timing in music*, w: D. Deutsch (red.), *The psychology of music*, s. 479.

⁴⁴ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, s. 67.

⁴⁵ R. Rasch, R. Plomp, *The perception of musical tones*, w: D. Deutsch (red.), *The psychology of music*, s. 101.

⁴⁶ D. Deutsch, *The organization of short-term memory for a single acoustic attribute*, w: taż (red.), *Short term memory*, Academic Press, New York 1975, s. 120–122.

⁴⁷ D. Deutsch, *Paradoxes of musical pitch*, „Scientific American”, August, 1992, s. 88–90.

przez system słuchowy odbiorcy. Segregacja w zakresie barwy dźwięku muzyki nie zawsze jest tak silna jak w przypadku dźwięków testowych odtwarzanych w eksperymentach, ponieważ tempo muzyki jest zwykle wolniejsze niż tempo dźwięków odtwarzanych w badaniach dotyczących zjawiska segregacji. Jednakże przy wolniejszym tempie muzyki może również w pewnych sytuacjach wystąpić grupowanie w zakresie barwy. Grupowanie to jednakże występuje najczęściej w przypadku szybkich sekwencji muzycznych, gdzie dźwięki przyległe do sąsiednich tonów niejednokrotnie tworzą uprzywilejowane brzmieniowo grupy względem innych⁴⁸.

Częstotliwość, skorelowana z wrażeniem wysokości, jest głównym elementem wpływającym na grupowanie dźwięków w strumieniu percepcyjnym. Natomiast formant może powodować rozseparowanie dźwięków na różne strumienie percepcyjne. Formantami nazywamy zakresy obwiedni widma dźwięku, gdzie składowe mają pewne pasma częstotliwości uwypuklone, poprzez większe natężenie składowych, w porównaniu do innych pasm⁴⁹. W cyklu postrzegania czterech dźwięków istnieje niższy poziom przetwarzania – pierwotnej segregacji⁵⁰. Oznacza to, że instrumenty o podobnej charakterystyce widmowej (barwie) grające w tym samym czasie tworzą jeden strumień dźwiękowy, który w pewnych przypadkach może mieć wpływ na interpretację wysokości dźwięku przez odbiorcę. Natomiast instrumenty o różnej charakterystyce widmowej pozwalają na wytworzenie wielu strumieni percepcyjnych⁵¹.

Relacje między komponentami widma dźwięku wpływają na grupowanie dźwięków we wspólny strumień percepcyjny. Harmoniczność i podobieństwa w zakresie harmonicznym dźwięków podstawowych (np. wielokrotności w zakresie harmonicznym, parzyste bądź nieparzyste harmoniczne) powodują, że dźwięki grupujemy do jednego strumienia, natomiast duże odstępstwa są przyczyną rozdzielenia na dwa bądź więcej strumieni percepcyjnych⁵². Synchroniczność występowania harmonicznym bądź asynchroniczność może wpływać na odbiór barwy dźwięku, a więc jednocześnie oddziałuje na grupowanie⁵³.

⁴⁸ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, s. 478–479.

⁴⁹ E. Ozimek, *Dźwięk i jego percepcja. Aspekty fizyczne i psychoakustyczne*, PWN, Warszawa–Poznań 2002, s. 321.

⁵⁰ A.S. Bregman, Ch. Liao, R. Levitan, *Auditory grouping based on fundamental frequency and formant peak frequency*, „Canadian Journal of Psychology”, 44 (3), 1990, s. 400–402.

⁵¹ D. Deutsch, *Grouping mechanisms in music*, w: taż (red.), *The psychology of music*, s. 318.

⁵² C.J. Darwin, R.P. Carlyon, *Auditory grouping*, w: B.C.J. Moore (red.), *Hearing*, Academic Press, London 1995, s. 390–391.

⁵³ D. Deutsch, *Grouping mechanisms in music*, w: taż (red.), *The psychology of music*, s. 305–306.

Częstotliwość modulacji i jej amplituda w przypadku instrumentów tradycyjnych oraz dźwięków generowanych sztucznie wpływa na proces grupowania. Występowanie podobnych fluktuacji w instrumentach powoduje spoiwość sonorystyczną, czyli możliwość grupowania dźwięków do jednego strumienia dźwiękowego, natomiast różnice w zakresie fluktuacji powodują rozdzielenie strumienia percepcyjnego⁵⁴. Fluktuacje to zmienne przypadkowe, niedające się przewidzieć, mające wpływ na barwę dźwięku. Zmienność ta wynika przede wszystkim z techniki gry na instrumencie, jak również z właściwości danego instrumentu. Grając na skrzypcach wolne wibrato, otrzymujemy dźwięk o specyficznej barwie brzmienia, która jest spoiwem dla wspólnej klasy barwy danego instrumentu, co wskazuje, że istnieje wiele zmiennych mających wpływ na proces grupowania⁵⁵.

Zjawisko segregacji bądź integracji dźwiękowej wynika również z różnic w zakresie widma szumów. W przypadku szumów, jak również tonów istnieją takie same podstawy segregacji dźwiękowej pozwalające na grupowanie szumów w strumieniu. Jeżeli widmo szumów jest podobne oraz odległość czasowa przerw między próbkami jest mała, można uzyskać efekt iluzji dźwiękowej przejawiający się ciągłością odbieranego strumienia dźwiękowego, który realnie nie istnieje⁵⁶.

3.1.4. Lokalizacja dźwięku w przestrzeni

Wiele strumieni dźwiękowych, docierających do słuchacza w tym samym czasie, pozwala na utworzenie w umyśle przestrzeni dźwiękowej. Zagadnienie lokalizacji przestrzennej strumieni charakteryzuje się dużą złożonością, ponieważ na lokalizację wpływają: barwa, przestrzeń dochodzenia dźwięku, wysokość dźwięku oraz jego amplituda. Niewielkie zmiany w poszczególnych strumieniach dźwiękowych rzutują na interpretację ich położenia w przestrzeni, co w określonych warunkach może prowadzić do powstawania iluzji przestrzennych. Każdy dźwięk może zostać opisany przez słuchacza z zastosowaniem znanych mu wcześniej atrybutów, czyli cech wrażeniowych dźwięku. Następnie dźwięki analizujemy wertykalnie bądź horyzontalnie, w zależności od charakteru strumienia. Uzyskane tą drogą dane pozwalają na stworzenie rekombinacji, czyli rozbicia lub po-

⁵⁴ R. Cusack, R.P. Carlyon, *Auditory perceptual organization inside and outside the laboratory*, w: J.G. Neuhoff (red.), *Ecological psychoacoustics*, Academic Press, London 2004, s. 23–24.

⁵⁵ D. Deutsch, *Grouping mechanisms in music*, w: taż (red.), *The psychology of music*, s. 310–312.

⁵⁶ A.S. Bregman, C. Colantonio, P.A. Ahad, *Is a common grouping mechanism involved in the phenomena of illusory continuity and stream segregation?*, „Perception & Psychophysics”, 61 (2), 1999, s. 195–196.

łączenia pewnych cech akustycznych spośród wielu informacji, dzięki którym możliwe jest utworzenie w umyśle słuchacza iluzji słuchowej dotyczącej lokalizacji przestrzennej⁵⁷.

Lokalizacja przestrzenna zależy również od dźwięku bezpośredniego i dźwięków odbitych oraz opóźnień wynikających z dojścia dźwięków do słuchacza. Różnice fazowe, czas dojścia oraz kąt padania fali dźwiękowej względem słuchacza powodują powstanie w umyśle lokalizacji przestrzennej, która w zależności od występowania kolejnych czynników (takich jak np.: kubatura pomieszczenia, kształt i materiał, z jakiego wykonano ściany i sufit oraz elementy wyposażenia pomieszczenia) może podlegać grupowaniu⁵⁸.

Lokalizacja przestrzenna i łączenie dźwięków w strumieniu percepcyjnym mają silny związek z lateralizacją czynnościową narządów słuchacza. Osoby z asymetrią czynnościową prawej bądź lewej strony mogą odmienianie tworzyć figury mentalne podczas przetwarzania i grupowania informacji dźwiękowych dochodzących z różnych stron⁵⁹.

Występowanie synchroniczności i asynchroniczności podczas prezentacji bodźców wpływa na lokalizację przestrzenną dźwięku. Czasowe wahania elementów poszczególnych dźwięków, np. składowych harmonicznym powodują, że dźwięki odbierane są jako dochodzące z różnych źródeł. Jeżeli wszystkie elementy dźwięków zaczynają brzmieć w tym samym momencie, to interpretujemy takie dźwięki jako pochodzące z tego samego źródła. Wprowadzanie opóźnień między składowymi harmonicznymi może skutkować uzyskaniem wrażenia zmiennej lokalizacji przestrzennej⁶⁰. Szersze przedstawienie omawianej problematyki w podrozdziale 3.2.2.

3.2. Obiekty słuchowe – grupowanie dźwięków współbrzmiących

3.2.1. Mechanizmy wyodrębniania obiektów słuchowych

Proces formotwórczy strumienia percepcyjnego polega na grupowaniu pewnych cech akustycznych oraz jego organizacji. Strumień może być traktowany jako obiekt percepcji wtedy, gdy ze zbioru wszystkich cech aku-

⁵⁷ D. Deutsch, *Grouping mechanisms in music*, w: taż (red.), *The psychology of music*, s. 321.

⁵⁸ S. Handel, *Listening. An introduction to the perception of auditory events*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London 1993, s. 99.

⁵⁹ D. Deutsch, *Auditory illusions, handedness, and the spatial environment*, „Journal of the Audio Engineering Society”, 31, 1983, s. 611.

⁶⁰ D. Deutsch, *Grouping mechanisms in music*, w: taż (red.), *The psychology of music*, s. 301–302.

stycznych, mentalnie zostaną wybrane te, które posiadają podstawowe podobieństwa między sobą, powodując łączenie dźwięków w strumień percepcyjny. Poniżej przedstawiono mechanizmy wyodrębniania obiektów słuchowych (struktur dźwiękowych), które polegają na grupowaniu bądź segregacji dźwięków poprzez występowanie pewnych podobieństw bądź różnic w dźwiękach, dzięki czemu sekwencje te mogą być interpretowane w umyśle słuchaczy w pewien określony sposób. Grupowanie dźwięków w kontekście poszczególnych mechanizmów percepcyjnych powoduje, że dźwięki te mogą być traktowane jako podstawowy element powstawania jednego bądź wielu strumieni percepcyjnych.

■ **Cechy globalne** (ang. *emergent features*) – wytwarzają się na wyższym poziomie percepcyjnym wtedy, gdy informacje na niższym poziomie zostały pogrupowane. Cały strumień percepcyjny jest już złożony w całość w umyśle słuchacza z części składowych, które zostały zinterpretowane w zamkniętą formę. Barwa dźwięku w tym przypadku jest sumą wszystkich składowych, które są obecne w danym obiekcie percepcyjnym, a nie zaistniałego podukładu. W umyśle nie analizuje się wszystkich składowych osobno, lecz traktuje się je jako całość. System słuchowy wykorzystuje przeważnie informacje, które znajdują się wewnątrz strumienia w celu określenia wyselekcjonowanych właściwości strumienia dźwiękowego⁶¹.

■ **Zasada wyłącznego przydziału** (ang. *exclusive allocation*) – występuje wtedy, gdy zachodzi współzawodnictwo pomiędzy odmiennymi organizacjami percepcyjnymi. Jeżeli słyszymy przeplatające się sekwencje dźwiękowe (np. dwa głosy w muzyce polifonicznej), to są one doświadczane jako dwa strumienie. System analizy obrazu słuchowego prowadzi w tym przypadku do selektywnego umieszczenia pewnego pojedynczego dźwięku tylko w jednym ze słyszanych strumieni, ale nigdy nie do obu strumieni jednocześnie, nie zaburzając interpretacji głosów przez system słuchowy człowieka⁶².

■ **Przynależność do jakiegoś dźwięku** (ang. *belongingness*) – występuje dopiero wtedy, gdy rywalizują ze sobą dwa strumienie. Przynależność danego elementu lub elementów do konkretnego strumienia może zmieniać się co chwilę, ale musi być łatwa do określenia. Przynależność jest bardzo ważnym aspektem, ponieważ każdy bodziec dźwiękowy jest powiązany z konkretnym źródłem, a jego niewłaściwe przypisanie do innego

⁶¹ J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki dwudziestowiecznej*, Rhythmos, Poznań 2006, s. 121.

⁶² Tamże, s. 122.

strumienia percepcyjnego może wpłynąć na zmianę interpretacji melodyki danego głosu⁶³.

■ **Zasada przydziału wszystko lub nic** (ang. *all-or-nothing allocation*) – oznacza, że niektóre cechy brzmienia odgrywają podwójną rolę. Pewne właściwości sonorystyczne mogą wpływać na opis brzmienia, nad którym skupiamy uwagę w danej chwili, lecz mogą również opisywać całą pozostałą część, jeśli w odpowiednim momencie słuchacz skupi swoją uwagę na odpowiednim materiale dźwiękowym. Oznacza to, że zasada wyłącznego przydziału nie zawsze ma zastosowanie i nie zawsze działa ściśle w danym układzie dźwięków⁶⁴.

■ **Podwójna percepcja** (ang. *duplex perception*) – wynika z braku zasady przydziału wszystko lub nic. W tym przypadku bodziec dźwiękowy jest odbierany jako dwa różne obiekty percepcyjne. Natomiast ocena porządku czasowego występuje, gdy słuchacz usłyszy pewną sekwencję bądź grupę dźwięków (np. w postaci pochodu) w formie jednej grupy, lecz takie przyporządkowanie staje się niemożliwe, gdy składniki pochodu dźwiękowego występują w dwóch różnych strumieniach dźwiękowych⁶⁵.

■ **Koherencja czasowa i rozszczepienie** (ang. *fission*) – związane są z prezentacją sekwencji, która składa się z dźwięków o różnej wysokości. Powstają wtedy dwa strumienie dźwiękowe powiązane z dźwiękami składowymi danej sekwencji. Granica czasowej spójności (ang. *temporal coherence boundary* – TCB) to inaczej punkt, w którym słuch człowieka funkcjonuje w sposób narzucony przez elementarne procesy organizacji sygnału akustycznego, rozpoznając dwa strumienie percepcyjne. Granica rozszczepienia (ang. *fission boundary* – FB) to punkt, w którym różnica dwóch wysokości dźwięków pozwala na oddzielenie się dwóch strumieni percepcyjnych⁶⁶. W tym przypadku należy zwrócić szczególną uwagę na tempo prezentacji sekwencji i separację wysokościową. Zjawisko czasowej spójności i rozszczepienia zależne są od interwału muzycznego pomiędzy badanymi dźwiękami w sekwencjach oraz tempa odtwarzania sekwencji, przy czym nie zawsze związane są z kierunkiem zmian wysokości⁶⁷. Niekiedy

⁶³ A.S. Bregman, *Asking the „what for” question in auditory perception*, w: J.R. Pomerantz (red.), *Perceptual Organization*, M. Kubovy, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New York 1981, s. 101–116.

⁶⁴ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, s. 331–332.

⁶⁵ Tamże.

⁶⁶ Tamże, s. 59–60.

⁶⁷ S. McAdams, A.S. Bregman, *Hearing musical streams*, „Computer Music Journal”, 3, 1979, s. 29–30.

współzawodnictwo występuje pomiędzy innymi cechami grupowania niż tylko bliskość wysokości czy czasowa integracja. Najlepszym kryterium w tym przypadku według kolejności są: bliskość wysokości, barwa, lokalizacja przestrzenna oraz trajektoria zmian (np. czy dany pochod dźwięków jest wznoszący czy opadający)⁶⁸.

■ **Proces zerkania** (ang. *peek-using process*) – zachodzi wtedy, gdy naprzemiennie zmieniają się dwa dźwięki o różnych wysokościach. Strumień dźwiękowy w tym przypadku może grupować dźwięki wcześniejsze, ale niepoprzedzające je. Proces ten ma możliwość utrzymywania reprezentacji słuchowych nie tylko dla ostatniego brzmienia, ale również dla brzmienia występującego wcześniej⁶⁹.

■ **Zgodność** (ang. *consistency*) – zależna jest od porządku sekwencji dźwięków w danym strumieniu. Połączenie razem występujących dźwięków o różnych ich wysokościach może rywalizować ze strumieniową organizacją dźwięków, które są komponentami danego ciągu muzycznego. System słuchowy działa w taki sposób, że dane brzmienie nie może istnieć jako uprzywilejowane z własnymi cechami i w tym samym czasie nie może rozdzielać większej organizacji percepcyjnej, która na tym etapie jest tworzona⁷⁰.

■ **Zasada braku nieciągłości** (ang. *no discontinuity*) – uwidocznia ciągłość wtedy, kiedy system słuchowy rozpoznaje obniżenia głośności (natężenia dźwięku) w takim momencie, gdy dane zdarzenie akustyczne zanika lub kiedy system słuchowy nie może przetworzyć wzrostu głośności (natężenia) danego zdarzenia akustycznego. Przeważnie nieciągłość wyznaczana jest względem głośniejszego brzmienia, lecz gdy cichsze brzmienie zaczyna ulegać zmianom, to nieciągłość może być wyznaczona względem cichszego brzmienia. Opisana zasada jest niezwykle istotna, ponieważ mówi o efekcie organizacji percepcyjnej, która odnosi się do wzajemnych relacji czasowych między sekwencją brzmień o zmieniających się natężeniach dźwięków⁷¹.

■ **Zasada dostateczności znaku** (ang. *sufficiency of evidence*) – ukazuje, że w sekwencji tonów A i B, podczas gdy przerywano dźwięk B, system słuchowy działał tak samo, gdyby przerywanie dźwięku A było kontynuowa-

⁶⁸ J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki...*, s. 123.

⁶⁹ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound...*, s. 284–285.

⁷⁰ J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki...*, s. 127.

⁷¹ Tamże, s. 129; A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, s. 350.

ne po dźwięku B. Oznacza to, że występowanie zasady dostateczności znaku zależne jest od kontekstu brzmieniowego (dźwiękowego) danego materiału muzycznego. Występująca wskazówka percepcyjna może spowodować uzupełnienie przerywanego wzoru dźwiękowego. Przykładowo dźwięk, który jest niesłyszalny lub zbyt cichy do właściwego odbioru przez słuchacza, może być interpretowany przez system słuchowy człowieka jako dźwięk o właściwej głośności, jakby rzeczywiście istniał w danym wzorze dźwiękowym⁷².

■ **Grupowanie A1-A2** (ang. *A1-A2 grouping*) – zasada ta odnosi się do przerywanego dźwięku A. Brzmienie A1 oraz kolejny jego fragment A2 będą rozpatrywane przez system słuchowy człowieka jako elementy tego samego brzmienia A tylko wtedy, jeżeli reguły sekwencyjnej integracji spowodują, że oba fragmenty będą grupowane jako elementy tego samego strumienia dźwiękowego. Ukazane informacje wskazują, że komponenty brzmienia A1 i A2 nadal będą grupowane jako jeden strumień dźwiękowy nawet wtedy, gdy nie pojawi się żadne brzmienie przerywające typu B⁷³.

■ **Zasada brzmienie A nie jest brzmieniem B** (ang. *A is not B*) – w tym przypadku brzmienie B, które przerywa ciąg sekwencji dźwięków A, nie jest interpretowane jako fragment tego samego brzmienia, z którego pochodzą A1 i A2, dzięki czemu odmiennie percypujemy brzmienie A1 zmieniające się w B oraz następnie B przemieniające się w A2⁷⁴.

■ **Heurystyka stare plus nowe** (ang. *old-plus-new heuristic*) – opiera się na tworzeniu pozostałości percepcyjnej wraz ze swoistymi cechami, które ukazywane są wyłącznie wtedy, gdy zbiór dźwięków zostaje zaburzony poprzez funkcjonowanie elementarnego procesu analizy dźwiękowej. Procesy elementarne rozumiane są jako bazujące na wrodzonych cechach percepcyjnych słuchacza, a niewyuczonych (procesach poznawczych)⁷⁵.

■ **Homofoniczna ciągłość** (ang. *homophonic continuity*) – występuje wtedy, gdy dwa brzmienia lub dźwięki o różnej głośności z takimi samymi składnikami dźwiękowymi (składowe częstotliwości) są prezentowane na przemian. W tym przypadku brzmienie cichsze (słabsze) zdaje się być ciągle istniejące i kontynuowane przez dźwięk głośniejszy⁷⁶.

⁷² J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki...*, s. 129.

⁷³ Tamże, s. 130.

⁷⁴ Tamże, s. 131.

⁷⁵ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, s. 371.

⁷⁶ J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki...*, s. 131; A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, s. 372–373.

■ **Zasada replikacji** (ang. *the „roll” effect*) – ma zastosowanie wtedy, gdy odtwarzane są dwa naprzemienne brzmienia – cichy i głośny wraz z występowaniem pomiędzy dwoma dźwiękami odstępu ciszy. Otrzymany efekt brzmienia pulsującego zamiast cichego nieprzerwanego dźwięku, nazywamy iluzją. Należy pamiętać, że wspomniana iluzja i występowanie jej różnych rodzajów pociąga za sobą zmianę interpretacji dźwięku drugiego⁷⁷.

■ **Zasada holistycznego rozpoznawania wzorca percepcyjnego** (ang. *holistic pattern recognition*) – występuje wtedy, gdy w szybkich sekwencjach dźwiękowych nie jest możliwa dokładna analiza wzorca dźwiękowego pod względem rozróżnienia składników sekwencji i porządku ich występowania. Wzorzec taki można odbierać wyłącznie całościowo⁷⁸. Przykładem występowania wzmiankowanej zasady jest powstanie w umyśle słuchacza iluzji wysokościowej podczas szybkiego wykonywania pasaży dźwiękowych.

■ **Efekt rozpoznania wstecznego maskowania**⁷⁹ (ang. *backward recognition masking*) – efekt rozpoznania (ang. *recognition*) i efekt pustki sekwencyjnej (ang. *sequential blanking*) – przeważnie powstają już wewnątrz strumienia i formują figury słuchowe (swoistego rodzaju wzór). Należy pamiętać, że jeżeli masker ciągle oddziałuje w prezentacji dźwiękowej, a obiekt percypowany pojawia się po pewnym czasie, to maskowanie jest bardzo utrudnione⁸⁰. Maskowanie jest o wiele prostsze, gdy zarówno masker i dźwięk maskowany pojawiają się w tym samym czasie. Istnieje również możliwość występowania wzajemnej segregacji percepcyjnej w efekcie zmian głośności przy różnych wysokościach dźwięków lub w przypadku niezgodności w amplitudzie głośności poszczególnych dźwięków⁸¹.

3.2.2. Cechy brzmienia decydujące o przynależności dźwięków do wspólnego obiektu percepcyjnego

Opisane poniżej cechy brzmienia decydujące o przynależności dźwięków do wspólnego obiektu percepcyjnego wskazują, że analiza obrazu słu-

⁷⁷ Tamże, s. 380–381.

⁷⁸ J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki...*, s. 134.

⁷⁹ A. Rakowski, *Pitch discrimination and musical interval recognition in backward masking*, w: R. Klinke, R. Hartmann (red.), *Hearing – physiological bases and psychophysics*, Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo 1983, s. 318, 319.

⁸⁰ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, s. 141.

⁸¹ J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki...*, s. 134.

chowego opiera się na złożonych cechach i mechanizmach rozpoznawczych, pozwalających na grupowanie dźwięków o pewnym stopniu podobieństwa do jednego strumienia percepcyjnego. Warto dodać, że w niektórych przypadkach w jednym czasie może zaistnieć przyporządkowanie pod kątem wielu różnych cech brzmienia. Podczas konstruowania w umyśle słuchacza strumieni percepcyjnych, te strumienie, które będą najsilniejsze i będą przekazywały receptorowi najistotniejsze informacje, mogą rzutować na finalną decyzję słuchacza dotyczącą przynależności dźwięków do danego obiektu percepcyjnego.

■ **Harmoniczność** (ang. *harmonicity*) – może odnosić się do różnego rodzaju dźwięków: w tym wydobywanych za pomocą tradycyjnych instrumentów muzycznych, ludzkiego głosu, instrumentów wirtualnych oraz kilku tonów składowych tworzących dźwięk złożony, według stosunków matematycznych opisujących powstawanie złożonego sygnału dźwiękowego. Harmoniczność nie dotyczy pojedynczych tonów prostych.

System słuchowy wraz z analizą obrazu słuchowego wykorzystuje harmoniczność jako wskazówkę percepcyjną podczas scalania danych tonów składowych, które są ułożone w pewnych odległościach między sobą (harmonicznych). System ten tworzy na bazie otrzymanych danych obraz dźwiękowy o określonej wysokości, który jest zgodny z wysokością tonu podstawowego. Brzmienia, które są spójne mogą zostać rozłożone na harmoniczne tony składowe lub na odpowiednie wydzielone przez umysł grupy harmoniczne⁸². Szumy oraz brzmienia posiadające nieharmoniczne relacje dźwiękowe trudniej sklasyfikować względem wrażenia wysokości dźwięku, ponieważ widmo szumów nie zawiera określonej wysokości dźwięku. Widmo szumów może sugerować pewną wysokość dźwięku, lecz dokładne spojrzenie na tę problematykę ukazuje, że podczas analizy w ujęciu mikro widmo może ciągle się zmieniać⁸³.

Dźwięki o nieharmonicznych relacjach pomiędzy składowymi mogą być generowane elektronicznie oraz wydobywać się z instrumentów akustycznych o nieokreślonej wysokości dźwięku, powodując wrażenie rozproszenia wysokości (ang. *diffuse pitch*), co jest formą segregacji percepcyjnej⁸⁴. Natomiast dźwięki generowane elektronicznie bądź wydobyte przez akustyczne instrumenty muzyczne, których składowe pozostają do siebie w relacjach harmonicznych bądź są bliskie takim relacjom, wywołują

⁸² Tamże, s. 45.

⁸³ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, s. 105.

⁸⁴ E. de Boer, *On the „residue“ and auditory pitch perception*, w: W.D. Keidel, W.D. Neff (red.), *Handbook of Sensory Physiology*, Springer-Verlag, Vol. 5, Part 3, Berlin 1976, s. 479–583.

wrażenia słuchowe nazwane wrażeniem silnie stopionej wysokości (ang. *strongly fused pitch*), co jest formą integracji percepcyjnej⁸⁵.

■ **Lokalizacja przestrzenna** (ang. *spatial location*) – dotyczy usytuowania i umiejscawiania źródła obszaru dźwięku w danej przestrzeni odbieranej przez lewe i prawe ucho odbiorcy, tworząc obraz bądź obiekt percepcyjny. Wyznaczanie składników akustycznych, które mają przynależeć do danego strumienia percepcyjnego powinno opierać się na dochodzeniu dźwięków z tej samej pozycji w danej przestrzeni dotyczącej tego strumienia⁸⁶. Układ słuchowy jest zdolny do grupowania całościowego porządku rozłożonych składników wysokościowych bądź dostosowania zakresów wysokościowych do danych grup dźwiękowych, reprezentujących indywidualne brzmienia. Pozwala to na ekstrakowanie brzmień z zespołu percypowanych bodźców dźwiękowych. Grupowanie na tym etapie zachodzi podczas przetwarzania i analizy składników dźwięków przed oceną brzmienia podukładu lub grupy⁸⁷. Szersze informacje na temat lokalizacji dźwięku w przestrzeni zostały zawarte w podrozdziale 3.1.4.

■ **Wspólny los** (ang. *common fate*) – ma miejsce w dwóch przypadkach:

- gdy dźwięki lub ich składniki mają wspólny początek (ekspozycja) lub koniec (zanikanie);
- gdy dźwięki lub ich składniki są zsynchronizowane i zmienia się ich wysokość i/lub głośność na podstawie wspólnych modulacji⁸⁸.

Modyfikacja paralelna wysokości może powstać wskutek modulacji częstotliwości występującej jako: modulacja stałej różnicy (ang. *constant-difference modulation*), która polega na modulacji w hercach wszystkich składników widma harmonicznego z tą samą wartością dotyczącą zmian. Niniejszy sposób działania ewidentnie narusza porządek między składowymi. Modulacja stałego stosunku (ang. *constant-ratio modulation*) polega na modyfikowaniu wszystkich składowych dźwięku podstawowego we właściwych dla siebie proporcjach⁸⁹.

Zasada wspólnego losu dotyczy również wspólnego ruchu w obrębie danej grupy brzmień. Wspólny ruch danej grupy lub podukładu brzmień powoduje, że są one scalane i interpretowane jako wspólny strumień per-

⁸⁵ M.V. Mathews, J.R. Pierce, *Harmony and non-harmonic partials*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 68, 1980, s. 1252–1257.

⁸⁶ J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki...*, s. 89, 125.

⁸⁷ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, s. 293.

⁸⁸ J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki...*, s. 120.

⁸⁹ Tamże, s. 120; A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, s. 254.

cepcyjny w przeciwieństwie do grupy, która nie wykazuje się ruchem, ponieważ zostaje segregowana⁹⁰. Wzmiankowany efekt percepcyjny został ukazany w badaniu dotyczącym triad durowych, które były złożone z powiązаныmi dźwiękami w zakresie interwału oktawy. Stopniowe odtwarzanie triad spowodowało wrażenie niekończącej, wznoszącej się skali, co stanowiło podstawę wspólnego losu, pomimo że nie wszystkie składniki charakteryzowały się jednolitymi oraz identycznymi stosunkami między sobą⁹¹.

■ **Ciągłość** (ang. *continuity*) – dotyczy zaistniałych różnic w zakresie przetwarzania czasowego składników lub struktur bodźca dźwiękowego. Z punktu widzenia psychologii postaci ciągłość, rozumiana jako iluzja, to przykład tendencji łączenia nieciągłych percepcyjnych zdarzeń podczas występującej możliwości domknięcia danych figur percepcyjnych (ang. *to exhibit closure*), jeśli posiadają podobne właściwości w zakresie struktury dźwiękowej, które mogą być ze sobą łączone na bazie skojarzeń. Ciągłość dotyczy odbioru bodźca dźwiękowego odnoszącego się do ujęcia środowiskowego, gdy np. mamy do czynienia z dźwiękiem cichym, przerwany przez dźwięk o wiele głośniejszy. Dźwięk głośniejszy powinien maskować informację sensoryczną dźwięku cichszego w środowisku, jednak błędem systemu słuchowego byłoby potraktowanie dźwięku słabszego jako zatrzymanego poprzez eskalację dźwięku o większym natężeniu, zwłaszcza wtedy, gdy dźwięk cichy znów jest odbierany po zaprzestaniu oddziaływania dźwięku głośniego. W tym przypadku system słuchowy poprawia percepcję dźwięku cichszego, który podlega maskowaniu⁹². Powstawanie w umyśle iluzji ciągłości ma związek z procesami myślowymi, które dotyczą integracji strumienia dźwiękowego⁹³. Wybrzmiewanie dźwięku A podczas przerywania go odmiennym brzmieniem jest specyficzną i wyjątkową postacią integralności strumienia dźwiękowego. Zjawisko to wskazuje, że jeżeli rzetelna zdaje się analiza fragmentu A1 przerywanego brzmienia oraz elementu A2, to wspomnianych części nie analizujemy jako tego samego strumienia dźwiękowego, lecz jako jedno stałe zdarzenie akustyczne zaistniałe w tym strumieniu percepcyjnym⁹⁴.

■ **Bliskość** (ang. *proximity*) – występuje podczas prezentowania sekwencji dźwięków. System słuchowy na bazie dużej ilości obiektów per-

⁹⁰ Tamże, s. 249.

⁹¹ R. Teranishi, *Endlessly ascending/descending chords performable on a piano*, „Reports of the Acoustical Society of Japan”, H, 1982, s. 82–68.

⁹² A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, s. 346.

⁹³ Tamże, s. 341.

⁹⁴ J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki...*, s. 119–120.

cepcyjnych (ang. *larger scale grouping*) wydobywa korelacje pomiędzy wzajemnymi składnikami i dźwiękami, wykorzystując zdobyte w ten sposób dane do dodatkowych wskazówek w zakresie grupowania. Związek bliskości może dotyczyć wysokości, np. dźwięki mające podobną wysokość w sekwencji będą odbierane jako należące do jednego strumienia, lecz większe zmiany w zakresie interwału będą rozumiane jako bodźce grupowane oddzielnie. Istnieje prawdopodobieństwo kwalifikacji przez system słuchowy dźwięków o dużych zakresach wysokości jako dźwięków generowanych przez różne źródła. Grupowanie w zakresie związków bliskości odnosi się również do czasu. Pauzy występujące w sygnale dźwiękowym bądź sekwencjach dźwięków mogą działać jako markery i dzielić je na inne podukłady, odbierane oraz interpretowane odmiennie przez system słuchowy.

System słuchowy człowieka posługuje się rytmem w ustalaniu, które z brzmień bodźców grupują się razem, ponieważ początki brzmień formują rytm jako znaczące wskazówki podczas grupowania⁹⁵. Czasowa zależność pomiędzy bodźcami może odnosić się do tego, jak bardzo dane dźwięki są od siebie oddalone w czasie lub do tworzenia schematów czasowych ze względu na czasowy porządek sekwencji, który może być odmiennie segregowany przez system słuchowy⁹⁶.

■ **Koherencja czasowa** (ang. *temporal coherence*) – polega na grupowaniu lub integrowaniu serii brzmień. W serii brzmieniowej odtwarzanej słuchaczowi występują również takie miejsca, gdzie wysokości pomiędzy sąsiednimi brzmieniami mogą być mało odległe od siebie, powodując, że słuchacz odbiera je jako jeden strumień dźwiękowy. Ten punkt rozgraniczający integrację czasową i segregację nazywany jest granicą koherencji czasowej (ang. *temporal coherence boundary* – TCB)⁹⁷.

■ **Podobieństwo** (ang. *similarity*) – polega na grupowaniu dźwięków na zasadzie podobnej lub odmiennej jakości brzmienia (ang. *sound quality*) lub barwy (ang. *timbre*). Podobieństwo zachodzi również wtedy, kiedy różne bodźce dźwiękowe formują podgrupy oparte na ich barwach, nawet wtedy, gdy ich zakresy są bardzo podobne bądź zachodzą na siebie (ang. *overlap*). Podczas odtwarzania materiału dźwiękowego dochodzi często do fuzji, natomiast podczas odtwarzania bodźców stopniowo (w wolnym tempie) można zaobserwować segregację strumieni dźwiękowych oraz grupowanie sekwencyjne⁹⁸.

⁹⁵ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound...*, s. 66.

⁹⁶ Tamże, s. 143.

⁹⁷ Tamże, s. 59.

⁹⁸ Tamże, s. 93–94.

Odbierając kilka różnych bodźców dźwiękowych o odmiennej charakterystyce widmowej, możemy tworzyć strumienie dźwiękowe na bazie barwy i jakości brzmienia, analizując widmo oraz charakterystykę dźwięków⁹⁹. Dotyczy to dwóch różnic akustycznych składających się na separację częstotliwościową składników widma oraz zróżnicowania jego rodzaju, np. szum – dźwięk.

■ **Trafna kontynuacja** (ang. *good continuation*) – jest związana z systemem słuchowym człowieka, która dotyczy zasady kontynuacji nazywanej heurystyką stare plus nowe (ang. *the old-plus-new heuristic*). Jeżeli odbiorca traktuje autentycznie i prawdziwie odbierane zespoły docierających do niego zdarzeń akustycznych jako kontynuację brzmienia, które zaistniało już poprzednio, to zgodnie z założeniami psychologii postaci może pominać w analizie percepcyjnej brzmienia, które już poznał¹⁰⁰. Oznacza to, że słuchacz rozpatruje różnice pomiędzy brzmieniem teraźniejszym i poprzednim, które umożliwiają słuchaczowi wykorzystanie tej wskazówki do dalszej analizy percepcyjnej¹⁰¹. System słuchowy i umysł ludzki w tym przypadku „poszukują” kontynuacji walorów brzmieniowych, które występowały wcześniej, chcąc scalić je z elementami nowymi, które zostały aktualnie dodane¹⁰².

Przedstawione i opisane cechy wrażeniowe, organizujące postrzeganie dźwiękowe, czerpią i odnoszą się w znacznej mierze do założeń psychologii postaci. Powstałe w ten sposób w umyśle odbiorcy cechy wrażeniowe ukazują ogólne prawidłowości percepcyjne zachodzące podczas odbioru bodźców dźwiękowych, które związane są ze strumieniowaniem percepcyjnym oraz analizą obrazu słuchowego. Ukazane mechanizmy percepcyjne mogą występować w odmiennych układach, stąd końcowy efekt percepcyjny podporządkowany jest bezsprzecznie tym mechanizmom, które zadziałały z największą intensyfikacją bądź najczęściej, w zależności od tego, na jakim elemencie percepcyjnym słuchacz skupił swoją uwagę.

Termin „trafna kontynuacja” został w niniejszej pracy użyty celowo i zamiast szeroko rozpowszechnionych w literaturze polskiej definicji dobrej postaci lub dobrej kontynuacji¹⁰³. Powstanie i rozpoznanie danej figury przez odbiorcę oraz dalsze jej przekształcenia polegają na rozpoznaniu

⁹⁹ P. Iverson, *Auditory stream segregation by musical timbre: effects of static and dynamic acoustic Attributes*, „Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance”, 21, 1995, s. 751–763.

¹⁰⁰ J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki...*, s. 62, 73–74.

¹⁰¹ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, s. 222.

¹⁰² Tamże, s. 224.

¹⁰³ T. Tomaszewski, *Psychologia ogólna*, PWN, Warszawa 1995, s. 40.

wzorca na zasadzie trafienia w pewne elementy podobieństw między figurami, poprzez porównanie danego elementu z wcześniej poznanym i zapamiętanym wzorem. Nierozpoznanie danego elementu może wynikać z braku występowania w umyśle odbiorcy określonego wzorca lub nietrafienia we wzorzec, który jest znany odbiorcy, stąd w niniejszej pracy starano się unikać terminu *dobra kontynuacja*.

* * *

Omawiane powyżej zagadnienia dotyczą cech dźwięków, takich jak: wysokość, rytm, barwa, lokalizacja przestrzenna, które są elementem zasadniczym grupowania i tworzenia się strumieni dźwiękowych. Nałożenie na siebie kilku podstawowych właściwości może tworzyć niezwykle rozbudowane obiekty dźwiękowe, gdzie celowo stosuje się analizę dźwięków współbrzmiących jako bardziej zaawansowany mechanizm. Proces ten dotyczy przynależności dźwięków do danych strumieni, czyli odnosi się do segregacji bądź integracji materiału muzycznego w strumienie percepcyjne.

4. STRUMIENIE PERCEPCYJNE W MUZYCE

4.1. Uwarunkowania różnic w odbiorze materii dźwiękowej przez muzyków i niemuzyków

W wieloletnim procesie kształcenia muzycy nabywają wielu umiejętności słuchowych, które są im niezbędne do wykonywania zawodu, np.: uczą się interpretacji charakterystycznych cech brzmienia dźwięku instrumentów muzycznych, rozpoznawania przebiegów melodycznych, interwałów muzycznych, akordów, złożonych struktur harmonicznnych czy też struktur rytmicznych. Umiejętności takich nie mają osoby, które nie kształciły się w dziedzinie muzyki.

Opublikowane doniesienia świadczą o tym, że umiejętności słuchowe wykształcone w trakcie długotrwałej edukacji i praktyki muzycznej powodują, że muzycy wykazują się lepszymi dyspozycjami słuchowymi niż niemuzycy również w sytuacjach percepcji dźwięku niemających ścisłego związku z muzyką. W eksperymentach prowadzonych przez Alexandrę Parbery-Clark oraz jej zespół badawczy wykazano m.in., że wieloletnie doświadczenie muzyczne przyczyniają się do precyzyjniejszej zrozumiałości mowy odbieranej w warunkach hałasu¹. Badacze wskazują, że wykształcona u muzyków owa zdolność szczegółowej zrozumiałości mowy wynika z wykształconego mechanizmu rozpoznawania i uporządkowywania w czasie odbieranych bodźców dźwiękowych² oraz lepiej wykształconym mechanizmom skupiania uwagi na dźwiękach, które w danej sytuacji przenoszą informację użyteczną dla słuchacza³. Osoby posiadające przygotowanie muzyczne są generalnie mniej podatne na wpływ dźwięków maskujących nie tylko podczas słuchania mowy, lecz również podczas odbioru innego typu dźwięków, co przejawia się dokładniejszym rozpoznawaniem struktur dźwiękowych

¹ A. Parbery-Clark, E. Skoe, C. Lam, N. Kraus, *Musician enhancement for speech-in-noise*, „Ear and Hearing”, 30 (6), 2009, s. 659.

² A. Parbery-Clark, E. Skoe, N. Kraus, *Musical experience limits the degradative effects of background noise on the neural processing of sound*, „Journal of Neuroscience”, 29 (45), 2009, s. 14106.

³ A. Parbery-Clark, S. Anderson, N. Kraus, *Musicians change their tune: how hearing loss alters the neural code*, *Hearing Research*, 302, 2013, s. 129; J.P. Chartrand, P. Belin, *Superior voice timbre processing in musicians*, „Neuroscience Letters”, 405, 2006, s. 167.

odbieranych w warunkach hałasu. W pracach badawczych stwierdzono ponadto, że muzycy łatwiej uczą się języków obcych i szybciej nabywają umiejętności językowych dotyczących właściwej wymowy (specyficznej artykulacji dźwięków mowy) niż osoby bez wykształcenia muzycznego⁴.

W badaniach przeprowadzonych z udziałem osób mających niedosłuch stwierdzono, że muzycy lepiej rozpoznają cechy dźwięku, które są istotne dla rozumienia mowy niż osoby niedosłyszające, które nie są muzykami⁵. Wynika stąd wniosek, że kształcenie muzyczne może przyczynić się do poprawy percepcji mowy u osób niedosłyszających i może być pomocne w rehabilitacji słuchu takich osób⁶.

Edukacja muzyczna przyczynia się do rozwinięcia umiejętności słuchania analitycznego. Słuchu takiego na poziomie obserwowanym u muzyków nie mają osoby bez wykształcenia muzycznego⁷. Szczególnie silnie rozwinięta jest u muzyków umiejętność słuchania analitycznego oparta na rozpoznawaniu wysokości dźwięku oraz różnic czasowych między dźwiękami⁸. Wykształcenie muzyczne wpływa na drobiazgowo zapamiętywanie poszczególnych tonów składowych dźwięków złożonych, przy czym między muzykami i niemuzykami nie występują różnice w fizjologicznych mechanizmach analizy częstotliwości dźwięku, które decydują o rozdzielczości częstotliwościowej słuchu⁹.

W zadaniach eksperymentalnych polegających na słuchowej ocenie dźwięku muzycy często potrzebują nieco więcej czasu na odpowiedź niż osoby bez wykształcenia muzycznego, ponieważ wykorzystują bardziej złożone strategie poznawcze podczas analizy cech brzmienia dźwięku¹⁰, co przejawia się m.in. w bardziej precyzyjnej analizie barwy dźwięku¹¹. Czynnikiem wpływającym na poprawę umiejętności rozpoznawania barwy u muzyków jest większa pojemność pamięci słuchowej, będąca konsekwencją edukacji i praktyki muzycznej¹².

⁴ D.L. Strait, A. Parbery-Clark, E. Hittner, N. Kraus, *Musical training during early childhood enhances the neural encoding of speech in noise*, „Brain & Language”, 123, 2012, s. 199.

⁵ N. Kraus, B. Chandrasekaran, *Music training for the development of auditory skills*, „Nature Reviews. Neuroscience”, 11, 2010, s. 605.

⁶ A. Parbery-Clark, A. Tierney, D. L. Strait, N. Kraus, *Musicians have fine-tuned neural distinction of speech syllables*, „Neuroscience”, 219, 2012, s. 117; D.L. Strait, A. Parbery-Clark, E. Hittner, N. Kraus, *Musical training during early childhood...*, s. 199.

⁷ A.J. Oxenham, B.J. Fligor, Ch.R. Mason, G. Kidd Jr., *Informational masking and musical training*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 113 (3), 2003, s. 1544.

⁸ A. Parbery-Clark, E. Skoe, N. Kraus, *Musical experience limits...*, s. 14106.

⁹ P.A. Fine, B.C.J. Moore, *Frequency analysis and musical ability*, „Music Perception”, 11 (1), 1993, s. 39–40, 52.

¹⁰ A. Parbery-Clark, A. Tierney, D.L. Strait, N. Kraus, *Musicians have fine-tuned...*, s. 117.

¹¹ J.P. Chartrand, P. Belin, *Superior voice timbre processing...*, s. 167.

¹² K. Schulze, S. Zysset, K. Mueller, A.D. Friederici, S. Koelsch, *Neuroarchitecture of verbal and tonal working memory in nonmusicians and musicians*, „Human Brain Mapping”, 32 (5), 2011, s. 782.

W muzyce dźwięki łączone są w różnego typu struktury i grupy. Rozwinięta u muzyków umiejętność grupowania dźwięków ułatwia im rozpoznawanie kolejności dźwięków w sekwencjach¹³. Podczas analizy sekwencji dźwięków muzycy potrafią skutecznie korzystać z podobieństw i różnic elementarnych cech brzmienia dźwięków¹⁴. Muzycy wyróżniają się umiejętnością zapamiętywania różnorodnych cech dźwięku, w wyniku czego lepiej dostrzegają szczegóły zmienności sekwencji i struktur dźwiękowych w czasie¹⁵. W wielu sytuacjach edukacja i praktyka muzyczna powodują, że są oni w stanie rozpoznawać określone cechy brzmienia dźwięków w sposób zautomatyzowany¹⁶.

Wczesna edukacja muzyczna wpływa na dojrzewanie ludzkiego słuchu połączonego z rozwojem układu nerwowego związanego z mechanizmami zapamiętywania bodźców. Eksperymenty wykazały, że bogate doświadczenia muzyczne wpływają na rozwój tzw. neuroplastyczności mózgu, czyli adaptacji i reorganizacji sieci połączeń neuronowych w mózgu. Dzięki tej właściwości mózgu, edukacja muzyczna powoduje, że muzyków charakteryzuje większa dokładność w przetwarzaniu dźwięków, szybsze postrzeganie i analizowanie dźwięków, a także większa wrażliwość na barwę dźwięku instrumentów muzycznych, większe umiejętności rozpoznawania wysokości dźwięków instrumentów muzycznych oraz wysokości elektronicznych sygnałów testowych odtwarzanych w eksperymentach¹⁷. Dłuższe doświadczenia muzyczne wpływają na wielopoziomowy aspekt przetwarzania mentalnego dźwięków przez muzyków¹⁸. Różnice w zakresie wyuczenia i analizy sygnału dźwiękowego przez mózg powodują, że muzycy dokładniej zapamiętują i odtwarzają bodźce dźwiękowe¹⁹. Kształcenie muzyczne rozwija zdolności segregowania, tworzenia przestrzeni dźwiękowej oraz analizy czasowej odbieranych dźwięków, przyczyniając się do rozwoju różnych obszarów korowych w mózgu oraz specyficznych rodzajów przetwarzania informacji²⁰.

¹³ L.S. Jacobson, L.L. Cuddy, A.R. Kilgour, *Time tagging: a key to musician's superior memory*, „Music Perception”, 20 (3), 2003, s. 310–311.

¹⁴ N. Kraus, B. Chandrasekaran, *Music training for the development...*, s. 605.

¹⁵ A. Parbery-Clark, E. Skoe, C. Lam, N. Kraus, *Musician enhancement...*, s. 659.

¹⁶ T. Rammsayer, E. Altenmüller, *Temporal information processing in musicians and non-musicians*, „Music Perception”, 24 (1), 2006, s. 43.

¹⁷ N. Kraus, B. Chandrasekaran, *Music training for the development...*, s. 605.

¹⁸ M. Meyer, S. Elmer, M. Ringli, M.S. Oechslin, S. Baumann, L. Jancke, *Long-term exposure to music enhances the sensitivity of the auditory system in children*, „European Journal of Neuroscience”, 33 (1), 2011, s. 1, 9; N. Kraus, B. Chandrasekaran, *Music training for the development...*, s. 605.

¹⁹ K.Ch. Barrett, R. Ashley, D.L. Strait, N. Kraus, *Art and science: how musical training shapes the brain*, „Frontiers in Psychology”, 4, 2013, s. 9; Y. Lee, M. Lu, K. Ko, *Effects of skill training on working memory capacity*, „Learning and Instruction”, 17 (3), 2007, s. 342.

²⁰ C. Pantev, S.C. Herholz, *Plasticity of the human auditory cortex related to musical training*, „Neuroscience and Biobehavioral Reviews”, 35 (10), 2011, s. 2152.

Udokumentowana w pracach badawczych przewaga muzyków w słuchowych zadaniach testowych wskazuje, że wieloletnia edukacja muzyczna, która obejmuje muzyków oddziałuje wieloaspektowo, przyczyniając się do wielopoziomowego przetwarzania informacji²¹.

4.2. Analiza obrazu słuchowego w kontekście strumieniowania percepcyjnego na podstawie wybranych utworów

Strumienie percepcyjne nie są generowane sztucznie, np. w eksperymentach prowadzonych w warunkach laboratoryjnych, lecz powstają podczas odbioru utworów muzycznych. Wpływają na rozróżnianie i rozpoznawanie struktur dźwiękowych w utworach muzycznych, chociaż słuchacz nie zawsze zdaje sobie z tego sprawę. Elementy obrazu dźwiękowego utworu rozróżniane są w wyniku analizy obrazu słuchowego przez postrzeganie odmiennych cech akustycznych bodźców, co wpływa na odbiór i interpretację muzyki. Strumienie dźwiękowe dochodzące podczas percepcji koncertu na żywo bądź w trakcie słuchania nagrania utworu tworzą określone struktury w umyśle odbiorcy, w zależności od tego, jak odbierane dźwięki są interpretowane w umyśle słuchacza (aspekt ten dotyczy zarówno muzyków i osób bez wykształcenia muzycznego). Oznacza to, że osoby skupiające swoją uwagę na różnych elementach utworu muzycznego, mogą postrzegać odmienne struktury dźwiękowe przy odbiorze realnie tych samych bodźców.

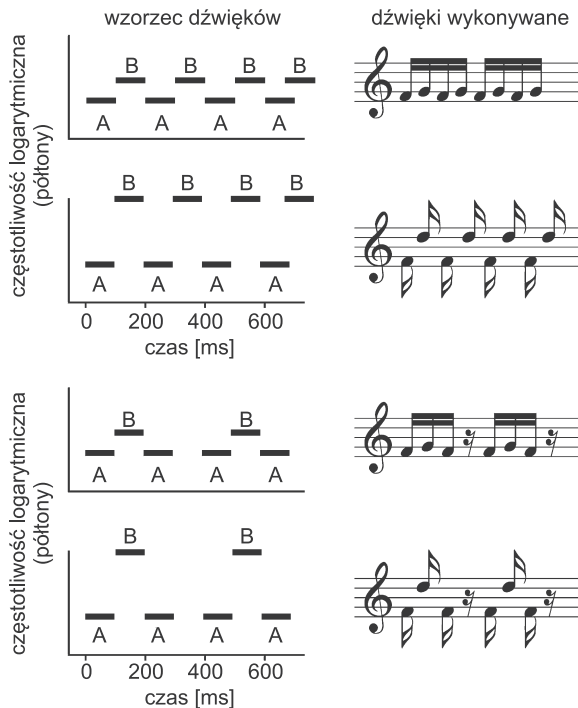
Poniżej zaprezentowano różne przykłady sekwencji dźwięków występujących w utworach muzycznych, które tworzą struktury nazywane w psychoakustyce strumieniami percepcyjnymi. Przykłady zaczerpnięto z prac z dziedziny psychoakustyki oraz z literatury muzycznej. Warto nadmienić, że partytury znajdujące się na rysunkach od 15 do 26 są swoistego rodzaju kompilacją dotychczasowych analiz prowadzonych przez innych autorów, które można odnaleźć w literaturze psychoakustycznej. Wybrane przykłady partyturowe (rys. 27–40) posłużyły do autorskiej analizy psychoakustycznej w celu ukazania aktualności podjętej problematyki oraz uwiarygodnienia tezy dotyczącej występowania zorganizowanych zdarzeń akustycznych w formie strumieni percepcyjnych, które wpływają na percepcję utworów muzycznych.

Na rysunku 14 przedstawiono zapis nutowy fragmentów melodycznych oraz możliwości ich interpretacji w postaci strumieni dźwiękowych, które mogą tworzyć jeden strumień percepcyjny na zasadzie spójności lub dwa

²¹ K. Schulze, S. Zysset, K. Mueller, A.D. Friederici, S. Koelsch, *Neuroarchitecture of verbal and tonal...*, s. 782.

strumienie, dzięki segregacji informacji docierających do odbiorcy. Bodźce A i B to dźwięki o odmiennej częstotliwości tworzące sekwencję muzyczną o różnej wysokości. Dźwięki te mogą tworzyć wspólny strumień percepcyjny, gdy interwał między dźwiękami jest niewielki. Jeżeli między dźwiękami jest dość duża różnica wysokości (większy interwał), to dźwięki takie mogą podlegać segregacji, w wyniku czego powstaną dwa strumienie dźwiękowe, gdzie jeden ze strumieni złożony jest z dźwięków wysokich, natomiast drugi z dźwięków niskich.

Zapętłone sekwencje dźwięków A i B mogą tworzyć wspólny strumień percepcyjny, gdy interwał między nimi jest niewielki, nawet jeżeli sekwencja jest przerywana pauzą. Jeżeli dźwięki sekwencji przerywane są pauzą, to pauza może powodować łączenie dźwięków w jeden strumień percepcyjny, charakteryzujący się rytmem galopującym.



Rys. 14. Odmienne wzorce dźwiękowe wykorzystywane często w badaniach psychoakustycznych dotyczących segregacji bądź łączenia dźwięków we wspólny strumień dźwiękowy. Prezentacja strumieni percepcyjnych oraz ich odwzorowanie w zakresie położenia nut na pięciolinii

Źródło: rysunek przygotowany w celu schematycznego wyjaśnienia zjawisk akustyczno-muzycznych na podstawie: D. Deutsch, *Grouping mechanisms in music*, w: łaż (red.), *The psychology of music*, third edition, Academic Press/Elsevier, London 2013, s. 197.

Na rysunku 15 przedstawiono fragment *Sonaty skrzypcowej F-dur* nr 5, op. 24 (część II – *Adagio molto espressivo*) Ludwiga van Beethovena. W tym przypadku dźwięki o podobnym zakresie wysokości nie są łączone we wspólny strumień dźwiękowy, ponieważ każdy z instrumentów ma na tyle odmienną barwę dźwięku, że prowadzi to do rozdzielenia strumieni percepcyjnych. Słuchacz odbiera dwie równoległe prowadzone linie melodyczne, które odpowiadają dźwiękom grającym przez dwa różne instrumenty – nie występuje tu łączenie dźwięków na zasadzie bliskości ich wysokości²².



Rys. 15. Ludwig van Beethoven – partytura prezentująca fragment *Sonaty skrzypcowej F-dur* nr 5, op. 24 (*Adagio molto espressivo*)

Źródło: rysunek przygotowany w celu schematycznego wyjaśnienia zjawisk akustyczno-muzycznych na podstawie: *Sonate für Pianoforte und Violine*, Serie 12, No 96, Wydawnictwo Breitkopf & Härtel, Leipzig, s. (93) 11.

Na rysunku 16 ukazano fragment *Walca Des-dur* op. 64, nr 1, Fryderyka Chopina. Interpretacja struktury melodycznej utworu muzycznego może być zmieniona przez zastosowaną rytmikę oraz metrum utworu.



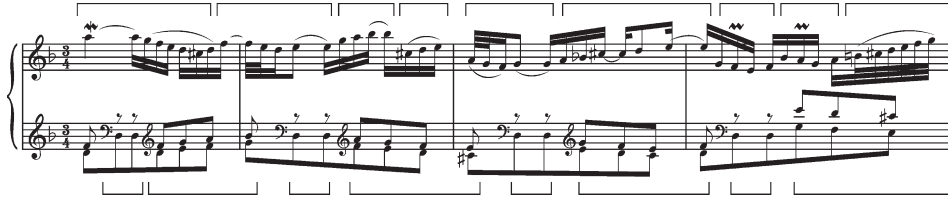
Rys. 16. Fryderyk Chopin, *Walc Des-dur* op. 64, nr 1, takty: 3–6

Źródło: rysunek przygotowany w celu schematycznego wyjaśnienia zjawisk akustyczno-muzycznych na podstawie: Mutopia Project, Mutopia-2015/01/17-483, free to distribute, modify, and perform.

Melodia w tym przypadku składa się z sekwencji czterech naprzemiennie ułożonych dźwięków, gdzie metrum utworu to 3/4. Oznacza to, że słuchacze zamiast percypować sekwencję czteronutową, złożoną z dźwięków G, As, C, B, postrzegają dwie naprzemiennie sekwencje sześcionutowe G, As,

²² D. Deutsch, *Grouping mechanisms in music*, w: taż (red.), *The psychology of music*, s. 200.

C, B, G, As oraz C, B, G, As, C, B, co wskazuje, że metrum wpływa na grupowanie dźwięków w strumieniu percepcyjnym²³.



Rys. 17. Jan Sebastian Bach, fragment drugiej części *Koncertu włoskiego* BWV 971, takty: 4–7
Źródło: rysunek przygotowany w celu schematycznego wyjaśnienia zjawisk akustyczno-muzycznych na podstawie: Wydawnictwo Breitkopf & Härtel, Leipzig 1853, Mutopia Project, Mutopia-2012/02/05-1826, freedom to distribute, modify, and perform, Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 (Unported) License.

Na rysunku 17 przedstawiono zapis nutowy fragmentu drugiej części *Koncertu włoskiego* Jana Sebastiana Bacha. Utwór ten w przypadku analizy obrazu słuchowego wskazuje, że granice grupowania należy rozumieć różnorodnie: jako grupowanie całości fraz muzycznych bądź różnych linii melodycznych występujących w utworze oddzielnie. Pomimo że głos niski i wysoki tworzą na przemian sekwencje dwu- i czteronutowe, to frazowanie wyższych dźwięków powoduje przecięcie granicy spójności dźwiękowej określonej przez pozostałe głosy. Dzięki takiej organizacji i grupowaniu materiału dźwiękowego otrzymujemy i postrzegamy różne grupy dźwięków tak, jakby były prowadzone równoległe²⁴.

Na rysunku 18 przedstawiono fragment *VI Symfonii h-moll (Patetyczna)* op. 74 Piotra Czajkowskiego. Zapis na dwóch górnych pięcioliniach ukazuje, że kolejne dźwięki wykonywane są na przemian przez pierwsze i drugie skrzypce, jednak fragment ten odbierany jest inaczej – w sposób przedstawiony na dolnych pięcioliniach: partia skrzypiec jest podzielona na temat główny oraz akompaniament.

Prawdopodobnie Piotr Czajkowski świadomie napisał tę część symfonii w taki sposób, by wywołać efekt przechodzenia tematu pomiędzy pierwszymi skrzypcami ustawionymi na lewo od dyrygenta a skrzypcami drugimi, będącymi po prawej stronie dyrygenta w celu uzyskania iluzji przestrzennej. W czasach, gdy powstała *VI Symfonia h-moll*, orkiestra symfoniczna koncertowała w tzw. ustawieniu niemieckim – pierwsze i drugie skrzypce umieszczone były odpowiednio po lewej i prawej stronie dyrygenta. Możliwe jest, że przy takim ustawieniu kompozytor oczekiwał, iż temat skrzyżowany między pierwszymi i drugimi skrzypcami będzie odbierany

²³ Tamże, s. 213.

²⁴ Tamże, s. 212–213.

jako oscylujący między lewą i prawą stroną estrady. Różnice w zakresie barwy dźwięków, powstałe między dwoma różnymi miejscami estrady (tzw. migotanie barw), powodują zaistnienie efektu stereofonii²⁵.

Według niepotwierdzonych przekazów, podczas prób przed prawykonaniem *VI Symfonii* Arthur Nikisch miał wezwać Piotra Czajkowskiego, żeby kompozytor zmienił omawiany fragment w taki sposób, aby pierwsze skrzypce grały temat, a drugie akompaniament. Czajkowski jednak nie zgadzał się z Nikischem i nie chciał wprowadzać zmian do partytury, stąd Nikisch zainicjował odmienny sposób wykonania tego fragmentu²⁶.

dźwięki grane

dźwięki odbierane

Rys. 18. Piotr Czajkowski, fragment *VI symfonii h-moll (Patetyczna)* op. 74

Źródło: rysunek przygotowany w celu schematycznego wyjaśnienia zjawisk akustyczno-muzycznych, na podstawie: D. Deutsch, *Grouping mechanisms in music*, w: taż (red.), *The psychology of music*, third edition, Academic Press/Elsevier, London 2013, s. 218.

Na rysunku 19 przedstawiono fragment III części *Suity fortepianowej* op. 25 Arnolda Schönberga. Część ta rozpoczyna się od naprzemiennej ekspozycji akordu i pojedynczego dźwięku w pulsie szesnastkowym. Tempo utworu oraz modyfikacje w zakresie wysokości dźwięków umożliwiają słuchaczowi dokładne śledzenie zmian w utworze muzycznym. Po jedenastym następcie kolejności akordu i dźwięku występuje pauza szesnastkowa, która przerywa ciągłość percepcyjną, wynikającą z odseparowania wcześniejszych sekwencji z kształtowaną ciągłością przez następną parę dźwięków. W tym przypadku analiza obrazu słuchowego kieruje się

²⁵ Tamże, s. 217.

²⁶ D. Deutsch, *Grouping mechanisms in music*, w: taż (red.), *The psychology of music*, s. 325.

zasadą kontynuacji, która pozwala na interpretację zdarzenia akustycznego pojawiającego się po nieciągłości jako kontynuacji brzmienia eksponowanego wcześniej²⁷.

Rys. 19. Arnold Schönberg, *Suita fortepianowa* op. 25, część 3 – *Intermezzo*, takty: od przed-taktu do taktu 3

Źródło: rysunek przygotowany w celu schematycznego wyjaśnienia zjawisk akustyczno-muzycznych na podstawie: J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki dwudziestowiecznej*, Rhythmos, Poznań 2006, s. 137; © Belmont Music Publishers, Los Angeles.

Percepcja serii następujących po sobie dźwięków zostaje przerwana przez zdarzenia akustyczne, których wysokość i inny czas trwania powodują, że zaistniało grupowanie oraz segregacja w ten sposób powstałych dźwięków od innych struktur dźwiękowych, których zmiana nie przebiega w podobny sposób (takty 1–2). Oznacza to, że materiał dźwiękowy rozdziela się na prezentację figury oraz tła. W tym przypadku tło oraz motyw powstałe w umyśle słuchacza charakteryzują się różną barwą, co umożliwia dokładną analizę strumienia percepcyjnego. Kolejne takty (2–3) ukazują, że podobny mechanizm oddziałuje na następną sekwencję dźwięków, co wskazuje, że czas trwania utworu wpływa na tendencje grupowania dźwięków w strumieniu dźwiękowe. W taktach tych motyw powstaje w wyniku oddziaływań innych wysokości niż poprzednio, stąd słuchacz odbiera odmienną barwę tego zdarzenia akustycznego w porównaniu do wcześniejszych. Skutkuje to interpretacją zdarzenia o nowej barwie jako kolejnego czynnika pozwalającego na grupowanie materiału dźwiękowego, nie w wyniku kontynuacji dotyczącej poprzednich bodźców,

²⁷ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts 1990, s. 133–136.

lecz na bazie nieciągłości percepcyjnej w formie izolacji poszczególnych dźwięków²⁸.

Na rysunku 20 przedstawiono fragment *Wariacji na fortepian* op. 27 Antona Weberna. W początkowej części występuje segregacja materiału dźwiękowego w dwa strumienie percepcyjne. Zasada bliskości w zakresie

Sehr mäßig ♩. = ca 40 Anton Webern, Op. 27

The musical score is presented in four systems, each with two staves (treble and bass clef). The tempo is marked 'Sehr mäßig' with a quarter note equal to approximately 40 beats per minute. The key signature has one flat (B-flat). The score includes the following markings and features:

- Measures 1-5: Dynamics *pp* (pianissimo).
- Measure 8: Dynamic *p* (piano).
- Measure 11: Dynamic *f* (forte).
- Measure 13: Dynamic *dim.* (diminuendo).
- Measure 16: Dynamic *p* (piano).
- Measure 18: Dynamic *pp* (pianissimo).
- Measure 17: Marking *rit.* (ritardando).
- Measures 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 are numbered.

Rys. 20. Anton Webern, *Wariacje na fortepian* op. 27, część 1, takty: 1–18

Źródło: skan partytury nutowej: Anton Webern, *Wariacje na fortepian* op. 27, renewed edition, 1965, Vienna, Universal Edition, Nr 10881, s. 3; Anton Webern „Variationen für Klavier op. 27“ © Copyright 1937, 1965 by Universal Edition A.G., Wien/UE 10881, www.universaledition.com.

²⁸ J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki dwudziestowiecznej*, Rhythmos, Poznań 2006, s. 137–138.

wysokości umożliwia interpretowanie wzajemnych korelacji pomiędzy dźwiękami sekwencji. Analiza obrazu słuchowego w tym przypadku nie pokrywa się z zapisem nutowym utworu, ponieważ zapis odwzorowuje sekwencje dźwięków dwudźwięk–dźwięk lub trójdzwięk–dźwięk (bądź odwrotnie). Wpływ odmiennych mechanizmów percepcyjnych powoduje, że odbiorca nie postrzega figur melodyczno-rytmicznych w taki sposób, jak zostało to zapisane w partyturze. Fragment ten jest przykładem organizacji percepcyjnej sekwencji dźwiękowych, które interpretowane są na podstawie

The image shows a musical score for Anton Webern's 'Wariacje na fortepian' op. 27, measures 19-30. The score is written for piano and consists of four systems of two staves each. It features complex rhythmic patterns and dynamic markings such as *f*, *p*, *sf*, and *rit.* The tempo markings alternate between 'tempo' and 'rit.'.

Rys. 21. Anton Webern, *Wariacje na fortepian* op. 27, t. 19–30

Źródło: skan partytury nutowej: Anton Webern, *Wariacje na fortepian* op. 27, renewed edition, 1965, Vienna, Universal Edition, Nr 10881, s. 4; Anton Webern *Variationen für Klavier* op. 27“ © Copyright 1937, 1965 by Universal Edition A.G., Wien/UE 10881, www.universaledition.com.

odmiennej barwy dźwięku oraz wysokości. Podstawą segregacji dźwięków są w tym przypadku odległości częstotliwości tonu podstawowego dźwięków oraz różnice widma. Istotą obserwacji sekwencji jest zastosowana w utworze seria, ponieważ uwaga słuchacza szybko przechodzi pomiędzy następującymi po sobie dźwiękami tworzącymi nowy układ barwy, powodując różnorodne reprezentacje słuchowe percypowanej muzyki. Powyżej przytoczone informacje wskazują, że wzmiankowane elementy budowy dzieła muzycznego mają istotny wpływ na postrzeganie muzyki, a strumienie dźwiękowe zawiadują jej organizacją²⁹.

Takty 19–28 (rys. 21) ukazują nowe mechanizmy percepcyjne zastosowane przez kompozytora. Zmiana dotycząca tempa oraz czasu trwania nut, drobniejsze wartości rytmiczne niż zastosowane poprzednio, cechują się uzyskaniem nowego wrażenia percepcyjnego. Otrzymany w tym przypadku strumień percepcyjny charakteryzuje się regularnie opadającymi lub wznoszącymi się trajektoriami dotyczącymi zmian w zakresie wysokości dźwięku. Zauważalny próg w zakresie wysokości dźwięku powoduje łączenie bodźców we wspólny strumień dźwiękowy³⁰ – podobnie jak to ma miejsce w eksperymencie dotyczącym zasad formowania strumieni dźwiękowych na bazie wysokości dźwięku³¹. Zauważyć w tym fragmencie można zależność siły segregacji od nieprzerwanych sekwencji tempa oraz bliskości w zakresie wysokości dźwięku.

Nowo powstające strumienie dźwiękowe (rys. 22) prowadzą do komplikacji percepcyjnych w zakresie przetwarzania przez umysł związków czasowych, które realnie stają się elementami składowymi różnych strumieni tworzących zespół³². Zasada dotycząca bliskości wysokości powoduje mało dokładną percepcję wzoru rytmicznego, wynikłą z następstwa tzw. zbitki dźwiękowej złożonej z dwóch lub trzech dźwięków (percypowanych harmonicznie). Nowe strumienie percepcyjne składają się z podobnych wysokościowo zdarzeń akustycznych, powodując zauważalny problem w zakresie percepcji, ponieważ w jednym polu słyszenia znajduje się wiele elementów współzawodniczących o uwagę słuchacza. Takty 37–54 (rys. 22) ukazują pojawiający się nowy rytm w czasie segregacji, który jest na tyle silny, że może być przyczyną powstania kolejnego niezależnego strumienia dźwiękowego w zależności od tego, na jakim elemencie percepcyjnym słuchacz skupi swoją uwagę.

²⁹ Tamże, s. 154–155.

³⁰ A. Miśkiewicz, A. Rakowski, P. Rogoziński, M. Kocańda, *Progi różnicowe częstości a progi różnicowe wysokości dźwięków muzycznych*, w: A. Rakowski (red.), *Kształtowanie i percepcja sekwencji dźwięków muzycznych*, Akademia Muzyczna im. Fryderyka Chopina, Warszawa 2001, s. 130–138.

³¹ G.A. Miller, G.A. Heise, *The thrill threshold*, „Journal of Acoustical Society of America”, 22, 1950, s. 637–638.

³² A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, s. 156.

Rys. 22. Anton Webern, *Wariacje na fortepian* op. 27, t. 34–54

Źródło: skan partytury nutowej: Anton Webern, *Wariacje na fortepian* op. 27, renewed edition, 1965, Vienna, Universal Edition, Nr 10881, s. 5; Anton Webern *Variationen für Klavier* op. 27”
 © Copyright 1937, 1965 by Universal Edition A.G., Wien/UE 10881, www.universaledition.com.

Sehr schnell ♩ = ca 160

1 2 3 4

5 6 7 8 9

10 11 12 13 14

15 16 17 18

19 20 21 22

Rys. 23. Anton Webern, *Wariacje na fortepian* op. 27, t. 1–22

Źródło: skan partytury nutowej: Anton Webern, *Wariacje na fortepian* op. 27, renewed edition, 1965, Vienna, Universal Edition, Nr 10881, s. 6; Anton Webern „Variationen für Klavier op. 27“ © Copyright 1937, 1965 by Universal Edition A.G., Wien/UE 10881, www.universaledition.com.

Kolejna część, zaprezentowana na rysunku 23, jest materiałem akustycznym kształtującym obraz percepcyjny ze względu na dość szybkie tempo oraz małe odległości wysokości. Wynika to z systemu słuchowego człowieka, który nie nadąża w szybkim tempie za silnie współzawodniczącymi mechanizmami percepcyjnymi. Występuje w tym przypadku podobieństwo dźwięków, które integrują strumienie dźwiękowe³³. Nagłe zmiany wysokości wskazują granice – początki lub końce nowych zdarzeń akustycznych interpretowanych jako nowe strumienie. Dodatkowo duża zmiana w zakresie głośności przy dużym tempie następstw dźwięków powoduje, że niektóre z nich są percypowane jako kontynuacja dźwięku (strumieni) w formie jednolitego echa³⁴ w zależności od tego, na jakim elemencie percepcyjnym słuchacz skupi swoją uwagę.

Na rysunku 24 takty 1–6 wskazują na wolne tempo prezentacji dźwięków, co wpływa na działanie mechanizmów percepcyjnych odpowiedzialnych za ocenę czasową zdarzeń akustycznych – w sensie integracji bądź segregacji dźwięków. Takty 1–2 i 5–6 wskazują na integrację bodźców akustycznych, ponieważ wolne tempo nawet przy dużych separacjach częstotliwościowych zawiaduje o spójności strumienia.

Ruhig fließend $\text{♩} = \text{ca } 80$

Rys. 24. Anton Webern, *Wariacje na fortepian* op. 27, t. 1–6

Źródło: skan partytury nutowej: Anton Webern, *Wariacje na fortepian* op. 27, renewed edition, 1965, Vienna, Universal Edition, Nr 10881, s. 7; Anton Webern „Variationen für Klavier op. 27“ © Copyright 1937, 1965 by Universal Edition A.G., Wien/UE 10881, www.universaledition.com.

³³ A. Miśkiewicz, *Individual loudness functions obtained by absolute magnitude estimation*, „Archives of Acoustics”, 14, 1990, s. 194–199.

³⁴ J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki...*, s. 159–160.

Inne podejście analityczne dotyczące taktów 4–6, które zobrazowano na rysunku 24, wskazuje, że organizacja percepcyjna zależna jest również od czasu trwania pauz. Dodatkowo para występujących dźwięków pomiędzy pauzami może zaburzać jednostki czasowe, które percypowane są przez odbiorcę. Separacja w tym aspekcie wpływa na zmienność rozróżniania długości pauz, pomimo prawidłowego czasu ich trwania. W tym przypadku odbiorca może percypować zmianę długości czasu pauz w zależności od tego, na jakim elemencie akustycznym skupi swoją uwagę.

wieder ruhig

56 57 58

subito *pp* *p* *p*

59 60 61 62

pp *pp* *p*

63 64 65 66

p *pp* *ppp*

10 Min.

Rys. 25. Anton Webern, *Wariacje na fortepian* op. 27, t. 56–66

Źródło: skan partytury nutowej: Anton Webern, *Wariacje na fortepian* op. 27, renewed edition, 1965, Vienna, Universal Edition, Nr 10881, s. 11; Anton Webern „Variationen für Klavier op. 27“ © Copyright 1937, 1965 by Universal Edition A.G., Wien/UE 10881, www.universaledition.com.

Bardzo istotnym elementem dotyczącym percepcji dźwięków jest wykorzystanie umysłu w zamierzony sposób (wstuchując się w wybrany element dźwiękowy) oraz skupienie uwagi na poszczególnych elementach

działa muzycznego. Na podstawie przeprowadzonej wyżej analizy w odniesieniu do kilku wybranych przykładów można jednoznacznie stwierdzić, że odbiorca z wykształceniem muzycznym może przeżyć i odebrać ten sam utwór w różny sposób, nawet jeśli jest to nagranie, którego cechą jest wszak niezmiennosc zapisu muzycznego. Element ponownego „zrozumienia” utworu lub „dostrzeżenia” pewnych zjawisk dźwiękowych, które przy pierwszym słuchaniu nie były odbierane, są wynikiem innego nastawienia słuchacza, który słucha danego utworu, np. kierując się innymi za każdym razem motywacjami. Pozwala to na „usłyszenie” pewnych struktur dźwiękowych, które były niedostępne, jakby wcześniej wydawały się nie istnieć. Ponowna analiza, uzupełniona o świadomy stan umiejętnego słuchania umożliwia nawet wielokrotnie różne powiązanie pewnych elementów dźwiękowych bądź aspektów barwowych, dzięki czemu ich interpretacja za każdym razem może być inna.

Na rysunku 25 ukazano zależność i zmiany w zakresie psychoakustycznych podstaw oddziaływania dźwięku na odbiorcę, a więc również zmiany w zakresie percypowania bodźców zależne są w dużej mierze od zmiany tempa (*ritenuto* lub *accelerando*), długich pauz, zastosowania fermaty. Implikuje to możliwość wydzielenia z punktu widzenia percepcyjnej organizacji pewnej makroformy, która jest odcinkiem percepcyjnym utworu. Powstała część (w ujęciu organizacji percepcyjnej) najczęściej posiada odmienne mechanizmy organizujące i jest segregowana bądź grupowana na podstawie innych cech brzmienia dźwięku. Brak zmian tempa spowodowałby, że odbiorca nie mógłby skupić uwagi na nowym materiale i naturalnie by go pominął w analizie obrazu słuchowego ze względu na ogół działania jego zmysłów.

Na rysunku 26 przedstawiono fragment drugiej części *VI Kwartetu smyczkowego* Krzysztofa Meyera. Zastosowany w tym fragmencie czynnik harmoniczny w postaci *arpeggia* świadczy o uzyskaniu segregacji strumieni percepcyjnych. Przedstawiony fragment utworu jest nieregularny pod względem rytmicznym. Wskazana polirytmia (*arpeggio* w pierwszych skrzypcach, triole w drugich, rytm punktowany w altówkach) wynika również ze skoków interwałowych (duże odstępstwa częstotliwościowe) między dźwiękami. Ta część *VI Kwartetu smyczkowego* jest postrzegana jako utwór z rytmem skrzyżowanym, powstającym z kombinacji rytmów składowych, poszczególnych nakładających się instrumentów³⁵. Regularności w sekwencjach rytmicznych wynikają z zastosowanych ćwierćnut w wiolonczeli, które zostają zapamiętane przez odbiorcę w wyniku pojawienia się niskich dźwięków na mocnej części taktu³⁶.

³⁵ A.S. Bregman, *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, s. 158.

³⁶ J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki...*, s. 182.

18 PZ *simile*

The musical score is presented in two systems, each with four staves. The first system includes a treble clef staff with a circled '18' and 'PZ' above it, and a dynamic marking 'mp'. The second system includes a bass clef staff with '(PZ)' and 'mp' above it. The score features complex rhythmic patterns, including triplets and sixteenth notes, and dynamic markings like 'mp' and 'simile'. The key signature has one sharp (F#).

Rys. 26. Krzysztof Meyer, *VI Kwartet smyczkowy*, część 2, numer 18

Źródło: rysunek przygotowany w celu schematycznego wyjaśnienia zjawisk akustyczno-muzycznych na podstawie: J. Humięcka-Jakubowska, *Scena słuchowa muzyki dwudziestowiecznej*, Rhythmos, Poznań 2006, s. 182.

Jeżeli sekwencje dźwięków zostaną odebrane przez słuchacza jako poszczególne melodie, to percypowane są przeplatające się dźwięki, łączone w jeden strumień percepcyjny na zasadzie bliskości częstotliwości pomiędzy dźwiękami różnych instrumentów. Wynika to z szybkiego tempa następujących po sobie sekwencji dźwiękowych. Dźwięki grane *pizzicato* nie pozwalają na bardzo dokładne rozpoznanie wysokości, wskutek czego w postrzeganym obrazie dźwiękowym może zabraknąć spójności. Nawarstwienie różnych sekwencji rytmicznych, skoków interwałowych, szybkiego

tempa oraz dźwięków granych w sposób trudny do dokładnej analizy dotyczącej wysokości powoduje, że słuchacz skupia uwagę na wybranych elementach barwowych, posiadających pewien stopień podobieństwa, a nie na poszczególnych sekwencjach realizowanych poprzez odrębne instrumenty³⁷.

Odmienne wykonania tego samego utworu mogą być również powodem nieidentycznych percepcji dźwięków, np. tremolanda lewej ręki w *Sonacie fortepianowej c-moll (Patetyczna)* op. 13, nr 8 Ludwiga van Beethovena, część *Allegro di molto e con brio*, której fragment znajduje się na rysunku 27. Różnice w zakresie precyzji osiąganey przez wykonawcę, które dotyczą artykulacji i dynamiki granych dźwięków mogą skutkować interpretacją sekwencji w niepodobny sposób – jako tremolanda lub jako dwóch strumieni percepcyjnych, gdzie jeden złożony jest wyłącznie z dźwięków niskich, a drugi z dźwięków wysokich w zależności od charakteru danego wykonania.

Jednocześnie, co interesujące, różne osoby siedzące obok siebie na koncercie mogą zupełnie odmiennie odbierać te same bodźce dźwiękowe ze względu na element faktury dźwiękowej, na którym skupią swoją uwagę lub jeśli umieją skoncentrować się pomiędzy jednym strumieniem w postaci tremolanda lub dwoma strumieniami percepcyjnymi.

The image shows two systems of musical notation for the left hand of a piano. The first system starts with a piano (*p*) dynamic marking and a tremolo pattern in the bass register. It includes dynamic markings *sf* and *cresc.* and features various articulation marks such as accents and slurs. The second system continues the tremolo pattern, also including *sf* and *cresc.* markings. The notation is in a minor key and 3/4 time signature.

Rys. 27. Fragment *Sonaty fortepianowej c-moll (Patetyczna)* op. 13, nr 8 Ludwiga van Beethovena, część *Allegro di molto e con brio*, t. 1–14

Źródło: rysunek przygotowany w celu schematycznego wyjaśnienia zjawisk akustyczno-muzycznych na podstawie: Ludwig van Beethoven, *Sonata fortepianowa c-moll (Patetyczna)* op. 13, nr 8, G. Henle Verlag, München 1952/1980, s. 3.

³⁷ Tamże, s. 182–183.

Na rysunku 28 przedstawiono fragment utworu *Hominibus*, który został napisany na orkiestrę przez Jarosława Siwińskiego. Od taktu 1 do ósemki w takcie 2, większość z instrumentów gra całą nutę, która jest legowana z ósemką (*portato*), co w tym przypadku pozwala na powstanie jednego strumienia percepcyjnego w umyśle słuchacza, który interpretowany jest przez niego jako jeden element harmoniczny.

Od drugiego taktu wejście wibrafonu i opóźnionej przez pauzę w stosunku do wibrafonu – marimby powoduje powstanie pierwszego motywu dźwiękowego, który przez barwę instrumentów jest zbliżony, jednakże takie tempo wykonania utworu nie powoduje powstania jednolitego strumienia percepcyjnego. Wibrafon i marimba mogą zostać zintegrowane (przyporzędowane) do jednego strumienia percepcyjnego na zasadzie podobieństwa klasyfikacji barwy podczas wykonania tego fragmentu w bardzo szybkim tempie. Istnieje w tym przypadku możliwość interpretacji percepcyjnej, gdzie szybkie tempo nie pozwoli na precyzyjne określenie barwy przez słuchacza, co będzie skutkowało tym, że analiza słuchowa marimby przejdzie na rzecz większego podukładu (zawierającego więcej dźwięków) – wibrafonu. Jednakże tempo utworu, które ustalił kompozytor ukazuje, że dźwięki są dobrze słyszalne jako „rozseparowane”, czyli słuchacz odbiera dwa strumienie percepcyjne, ponieważ przy takim tempie wykonania utworu nie odbiera się dźwięków jako maskera i dźwięku maskowanego. Brzmienie marimby przez to, że jest przerywane licznymi pauzami, nie powoduje złożenia dźwięków w jeden strumień percepcyjny wraz z wibrafonem.

Triangel powoduje akcentację i uzupełnienie brzmienia orkiestry poprzez swoją barwę, nie wpływając na powstawanie i interpretację strumieni percepcyjnych.

Wiele możliwości interpretacyjnych, które zależne są wyłącznie od nastawienia słuchacza mogą powodować, że materiał dźwiękowy, który występuje w wibrafonie przy długim, ciągle powtarzającym się schemacie dźwiękowym, będzie segregowany na dwa strumienie percepcyjne. W tym przypadku jeden strumień będzie złożony wyłącznie z dźwięków wysokich, natomiast drugi wyłącznie z dźwięków niskich.

Wiolonczele i kontrabasy wykonujące materiał dźwiękowy w formie *pizzicato* powodują powstanie trudnych elementów dźwiękowych w zakresie interpretacji wysokości, które uzupełniają brzmienie orkiestry. Trudność w rozpoznaniu wysokości dźwięku, wydobywanych w sposób artykulacyjny i opisany wyżej powoduje, że widmo instrumentów jest podobne do widma szumów, a przez to wydobywanie dźwięku o szybkim czasie narastania i opadania uniemożliwia precyzyjną ocenę wysokości dźwięku.

Hominibus

per orchestra

dedicato a Włodzimierz Kotoński

Jarosław Siwiński (2002)

♩ = 170

1

Fl. 1 *p* *mf*

Fl. 2 *p* *mf*

Ob. 1 *p* *mf*

Ob. 2 *p* *mf*

Cl. 1 *p* *mf*

Cl. 2 *p* *mf*

Tpt. *mf*

Vbr. *mp* r.h. 1.h. middle - soft mallets

Mar. middle - soft mallets *mp*

Vn. 1 *p* *mf*

Vn. 2 *p* *mf*

Vc. pizz. *mf*

Cb. pizz. *mf*

3

Trgl. { II } *simile*

Vbr. { } *simile*

Mar. { } *simile*

Vc. { } (pizz)

Cb. { } (pizz)

5

Fl. I { } *A* *mf*

Trgl. { II } *mf*

Vbr. { } *mf*

Mar. { } *mf*

Vc. { } (pizz.) *A* *mf*

Cb. { } (pizz.) *A* *mf*

Rys. 28. Jarosław Siwiński, *Hominibus*, t. 1–8
 Źródło: zbiory prywatne, udostępnione przez kompozytora Jarosława Siwińskiego.

Wejście fletu wyłania się z repetytywnego tła dźwiękowego w siódmym takcie, powodując powstanie kolejnego elementu brzmieniowego, który wchodzi w skład nowego strumienia percepcyjnego. Powstanie nowego strumienia jest wynikiem innej barwy fletu w porównaniu do pozostałych instrumentów, które współbrzmia w tym samym czasie oraz zapisania melodyki instrumentu przez kompozytora w charakterystyczny sposób, który jest zupełnie odmienny od powtarzających się repetycji pojedynczych dźwięków lub dwudźwięków, tworzących początkowo element harmoniczny utworu.

Na rysunku 29 wyraźnie widać, że między taktem 10 a 11, 14 a 15, 18 a 19 zapisane zostało przejście melodyczne między fletem I i II. Melodia o charakterystycznym, podobnym materiale dźwiękowym, naprzemiennie wykonywana przez instrumenty o niemalże identycznej barwie, powoduje powstanie trafnej kontynuacji, która pozwala na utrzymanie ciągle jednego strumienia percepcyjnego w polu uwagi, pomimo wykonania melodii przez różnych instrumentalistów.

Istnieje również możliwość niejednorodnej interpretacji percepcyjnej, jeżeli zdarzyłoby się, że instrumenty, grające daną frazę muzyczną (flet I i II), posiadałyby znacznie odmiennie brzmienie. W tym przypadku element trafnej kontynuacji brzmienia może nie wystąpić ze względu na zróżnicowanie barw poszczególnych instrumentów, przez co strumień percepcyjny mógłby zostać przerwany.

9 *simile*

Fl. 1

Fl. 2

mf

Trgl. ||

simile

Vbr.

Mar.

Vc. (pizz.)

Cb. (pizz.)

13

Fl. 1
Fl. 2 *simile*
Togl. $\{ \text{II} \}$
Vbr. $\{ \}$
Mar. $\{ \}$
VI. $\{ \text{III} \}$ *pizz.*
Vc. $\{ \text{III} \}$ *(pizz.)* *mf*
Cb. $\{ \text{III} \}$ *(pizz.)*

The musical score consists of seven staves. The first two staves are for Flute 1 and Flute 2, both in treble clef. The Flute 2 part is marked *simile*. The third staff is for Trombone, marked with a Roman numeral II and a brace. The fourth staff is for Violins, in treble clef. The fifth staff is for Viola, in treble clef. The sixth and seventh staves are for Violoncello and Contrabass, both in bass clef. The Viola, Violoncello, and Contrabass parts are marked *pizz.* (pizzicato). The Violoncello part is also marked *mf* (mezzo-forte). The score shows a melodic line in the woodwinds and strings, with a complex rhythmic pattern in the strings.

17

Fl. 1

Fl. 2

Trigl.

Vbr.

Mar.

VI. (pizz.)

Vc. (pizz.)

Cb. (pizz.)

Rys. 29. Jarosław Siwiński, *Hominibus*, t. 9–20

Źródło: zbiory prywatne, udostępnione przez kompozytora Jarosława Siwińskiego.

Na rysunku 30 można dostrzec, że struktury melodyczne partytury zostały wzmocnione i przyporządkowane do jednego strumienia poprzez uzupełnienie brzmienia fletu instrumentem z grupy instrumentów dętych drewnianych – obojem. Wzmocnienie jednego instrumentu odmiennym brzmieniem kolejnego powoduje występowanie większej pełni sonorystycznej w materiale melodycznym, a zarazem większej spójności pojedynczego strumienia percepcyjnego.

Przejęcie melodii z fletu i oboju I do fletu i oboju II, poprzez możliwość występowania coraz większego zróżnicowania brzmieniowego poszczególnych instrumentów, może również wiązać się z brakiem wystąpienia efektu trafnej kontynuacji w brzmieniu instrumentów. Efekt ten zależy wyłącznie od barwy poszczególnych instrumentów (również sposobu wykonawczego), stąd też kontynuacja brzmienia uzależniona jest również od budowy i materiału, z jakiego został wykonany dany instrument, ponieważ wzmiankowane elementy dotyczące budowy wpływają na barwę instrumentów.

21

Fl. 1
Fl. 2
Ob. 1
Vbr. *mf*
Mar.
VI. (pizz.)
Vc. (pizz.)
Cb. (pizz.)

This musical score covers measures 21 to 24. The woodwind section (Flutes 1 and 2, Oboe 1, and Vibraphone) plays a melodic line starting on a half rest in measure 21, moving to a quarter note in measure 22, and continuing with eighth notes in measures 23 and 24. The strings (Violins I, Violins II, and Cellos) play a rhythmic accompaniment of eighth notes, starting on a half rest in measure 21 and continuing through measure 24. The Maracas play a steady eighth-note pattern. The Viola, Violoncello, and Contrabass parts are marked with 'pizz.' (pizzicato) and play a rhythmic accompaniment of eighth notes, starting on a half rest in measure 21 and continuing through measure 24. The dynamic marking *mf* (mezzo-forte) is indicated for the woodwind section.

Fl. 1
Fl. 2
Ob. 1
Ob. 2
Vbr.
Mar.
VI.
Vc.
Cb.

simile
mf
(pizz.)
(pizz.)
(pizz.)

Detailed description: This is a page of a musical score for a symphony orchestra. The page is numbered 25. It contains ten staves of music, each for a different instrument. The instruments are Flute 1 (Fl. 1), Flute 2 (Fl. 2), Oboe 1 (Ob. 1), Oboe 2 (Ob. 2), Violin (Vbr.), Maracas (Mar.), Violin II (VI.), Violoncello (Vc.), and Contrabass (Cb.). The Flute and Oboe parts have a melodic line with grace notes and slurs. The Violin and Cellos parts are playing pizzicato (pizz.) with a rhythmic pattern. The Maracas part has a steady rhythmic accompaniment. The dynamic markings include *mf* (mezzo-forte) and *simile* (simile). The score is written in a standard musical notation with a treble clef for the Flutes, Oboes, and Violins, and a bass clef for the Cellos and Contrabass.

29

Fl. 2
simile

Ob. 2

Cl. 1

Cl. 2

Vbr.

Mar.

Vn. 1
(arco)

VI.
(pizz.)

Vc.
(pizz.)

Cb.
(pizz.)

B *mf*

B *leggiero* *p*

Rys. 30. Jarosław Siviński, *Hominibus*, t. 21–32
Źródło: zbiory prywatne, udostępnione przez kompozytora Jarosława Sivińskiego.

Movement na orkiestrę Jarosława Siwińskiego, który został zaprezentowany na rysunku 31 i 32 od taktu 1 do 14, charakteryzuje się zmiennym metrum w każdym takcie. Taki element metrum wykorzystany w kompozycji powoduje, że we wstępnej analizie niektóre dźwięki można by interpretować osobno przez segregację i niełączenie ich w strumienie percepcyjne.

Autor wykorzystał materiał dźwiękowy w formie nieskomplikowanych motywów rytmicznych, które powtarzane są w tym samym czasie przez grupy instrumentów. Takie potraktowanie materiału muzycznego powoduje, że dźwięki składają się w jedną sonorystyczną plamę dźwiękową. Dzięki identycznym, powtarzanym sekwencjom rytmicznym oraz poprzez zdwojenie instrumentów następuje złożenie dźwięków w jeden strumień percepcyjny, który pozwala na interpretację harmonii utworu. Analiza słuchowa krótkich motywów rytmicznych, wykonanych w szybkim tempie przez wiele instrumentów brzmiących w tym samym czasie nastręcza pewnych trudności w zakresie rozpoznania wysokości poszczególnych instrumentów, tworzących harmonię utworu.

Drugi strumień percepcyjny zbudowany jest z nakładających się dźwięków fortepianu oraz metalowego instrumentu perkusyjnego o określonej wysokości dźwięku nazywanego *steel drums* w wyniku zastosowania motywu powtarzalności we wzorcu rytmicznym. Potraktowanie materiału dźwiękowego przez kompozytora w ten sposób pozwala na przenikanie się dwóch strumieni percepcyjnych, które realnie różnią się barwą dobranych instrumentów. Skierowanie uwagi słuchacza na wybrane dźwięki może powodować wrażenie, że materiał dźwiękowy „walczy” o uwagę słuchacza (poprzez zastosowane odpowiednich środków wykonawczych przez kompozytora) lub łączenie dźwięków w strumień percepcyjny na bazie wyszukiwanych przez odbiorcę podobieństw w materiale dźwiękowym.

Movement

for orchestra

Jaroslav Siwiński

$\text{♩} = 156$

4 5 4 3 5 4 5 2 5

1st Flute
2nd Flute
1st Oboe
2nd Oboe
1st Clarinet in B \flat
2nd Clarinet in B \flat
Bass Clarinet

f *f* *f* *f* *f* *f*

(trans in Piccolo)

1st Bassoon

2nd Bassoon

Steel Drums

Glockenspiel

Piano

Harp

[C, D^b, E, F, G^b, A, B^b]

Rys. 31. Jarosław Siwiński, *Movement*, t. 1–11

Źródło: zbiory prywatne, udostępnione przez kompozytora Jarosława Siwińskiego.

4 $\text{♩} = 176$ *piu mosso*

3 $\text{♩} = 212$ *piu mosso*

4 $\text{♩} = 126$ *meno mosso* (piano in 2nd Flute)

The score consists of eight staves. The Percussion staff (top) has a 2/4 time signature and a tempo of 176. It features a complex rhythmic pattern with various notes and rests. The Flute 1 and Flute 2 staves have a 3/8 time signature and a tempo of 212. The Oboe 1 and Oboe 2 staves have a 3/8 time signature and a tempo of 126. The Clarinet 1 and Clarinet 2 staves have a 3/8 time signature and a tempo of 126. The Bass Drum staff has a 2/4 time signature and a tempo of 126. The score includes dynamic markings such as *ff* and *f*, and articulation marks like accents and slurs. A rehearsal mark '12.' is placed at the beginning of the Percussion staff.

1st Hr. *p*

2nd Hr. *p*

3rd Hr. *p*

1st Trp. *f*

2nd Trp. *f*

1st Tbn. *p*

2nd Tbn. *f*

Tbn. *f*

Temp. *f*

B. D. *p*

Steel d. *f*

T. A. *p*

Gluck. *ppp*

Acorn. *mf*

Flux. *rit.*

Hr. *f*

The image shows a page of a musical score for a string quartet and double bass. The score is for Jarosław Siwiński's "Movement, t. 12-20". It consists of five staves: Violin I (Vln I), Violin II (Vln II), Viola (Vla), Violoncello (Vcl), and Double Bass (Db). The music is written in 4/4 time. The score includes various dynamic markings such as *piu mosso*, *meno mosso*, *f* (forte), *p* (piano), and *ppp* (pianissimo). Performance instructions like *Aggiero* and *Lento* are present. The music features complex rhythmic patterns, including sixteenth and thirty-second notes, and rests. The double bass part includes a *pizz.* (pizzicato) instruction.

Rys. 32. Jarosław Siwiński, *Movement*, t. 12–20
 Źródło: zbiory prywatne, udostępnione przez kompozytora Jarosława Siwińskiego.

SaHarBAD na saksofon altowy i harfę Anny Marii Huszczy, który zaprezentowano na rysunku 33 i 34, wskazuje na występowanie pewnej serii dźwiękowej, od taktu 1 do 12. Uzyskanie dwóch strumieni percepcyjnych jest wynikiem zapisania partii harfy w różnych skalach wysokości oraz wykorzystania tektury, która jest wsadzona pomiędzy struny harfy w celu zmiany barwy dźwięku. Sposób zapisania melodii wpływa na tworzenie dwóch strumieni dźwiękowych, które pomimo jednolitej barwy instrumentu, nie współzawodniczą o uwagę słuchacza. W tym przypadku elementem pozwalającym na segregację jest duży ambitus między dźwiękami, powodujący precyzyjne przyporządkowanie poszczególnych brzmień (wysokości dźwięków) do danego, właściwego strumienia percepcyjnego.

Wykorzystanie brzmienia saksofonu altowego powoduje, że występujący kolejny trzeci strumień percepcyjny jest wychwytywany przez system słuchowy człowieka – nie współzawodnicząc z innymi występującymi strumieniami percepcyjnymi. Uważne nastawienie słuchacza, dotyczące „obserwacji” zmieniających się dźwięków (zjawisk akustycznych) i podążanie za nimi (ułatwienie w postaci rozgraniczenia rejestrów lub barwy oraz podobieństwa w zakresie serii) powodują kontynuację strumienia percepcyjnego.

Staccato wykonywane przez saksofon altowy oraz naturalnie krótkie dźwięki harfy skutkują tym, że materiał dźwiękowy może zostać odebrany w sposób zupełnie odmienny – jako niejednolity melodycznie poprzez występowanie wyciszeń między kolejnymi dźwiękami melodii. Słuchacz może te serie odbierać jako osobne elementy dźwiękowe, niezwiązane z jednolitą melodią (z jednolitym strumieniem percepcyjnym), które nie charakteryzują się zachowaniem trafnej kontynuacji.

Na rysunku 34 od taktu 13 zauważyć można występowanie dużej ilości *glissand*, które charakteryzują się łamaniem spójności brzmienia poprzez szybkie następstwa dźwięków o różnej wysokości. Od taktu 16 do 19, znów występujący element charakterystyczny tej kompozycji, czyli *glissanda* harfy wraz z wysokimi dźwiękami wykonanymi w artykulacji *staccato* przez saksofon altowy, powodują szybkie nawarstwienie dźwięku, a przez to interpretację dźwięku jako brzmienia należącego do jednego strumienia percepcyjnego. Pomimo różnej barwy instrumentów, wykonanie techniką artykulacyjną *staccato* charakteryzuje się wygenerowaniem dźwięku o bardzo krótkim czasie trwania, co przekłada się na trudność w zakresie rozpoznania wysokości dźwięku poprzez efekt maskowania nakładających się odmiennych częstotliwości.

ca. 7'

SaHarBAD

Anna Maria Huszcza
(2011)

$\text{♩} = 120$

E^{\flat} F^{\sharp} G^{\sharp} A^{\sharp}
 D^{\flat} C^{\sharp} B^{\flat}

p

pomiędzy struny d - c1 włożyć
tekturę przy pudle rezonansowym /
put the card between d - c1

poco a poco cresc.

poco a poco cresc.

wyjąć tekturę / remove the card

Rys. 33. Anna Maria Huszcza, *SaHarBAD*, t. 1–10

Źródło: zbiory prywatne, udostępnione przez kompozytkę Annę M. Huszczy.

Anna Maria Huszcza/SaHarBAD

10

13

15

18

mf *f* *frull.*

mf *F#* *cresc.* *f*

p *f* *p* *f* *p*

dim. *p* *fp* *f* *p* *f* *p* *fp*

gliss. rapido

(p.d.l.t.)

sons métalliques

A

E \flat F G \sharp A
D C B \flat

Rys. 34. Anna Maria Huszcza, SaHarBAD, t. 10–20

Źródło: zbiory prywatne, udostępnione przez kompozytorkę Annę M. Huszczę.

Na rysunku 35 został zaprezentowany utwór *AbySsus* Anny M. Huszczy na saksofon sopranowy/tenorowy i warstwę elektroniczną. Interesującym zabiegiem elektroakustycznym wykonanym przez autorkę jest występowanie pewnych plam sonorystycznych od 00:10 do 00:49 czasu trwania nagrania. Każdy z kolejnych elementów dźwiękowych charakteryzuje się odmiennym brzmieniem, jednakże analizując poszczególne elementy, usłyszeć można, że materiał dźwiękowy jest starannie i bardzo dobrze dobrany, dzięki czemu całość cechuje się odmiennością, ale zarazem spójnością dźwiękową. Dodatkowo każdy z analizowanych elementów dźwiękowych posiada brzmienia dobrane w taki sposób, że element ten powoduje powstanie jednolitej formy percepcyjnej.

Od 1:35 do 2:00 utwór nadal charakteryzuje się spójnością sonorystyczną, a przez to odbierany jest jako jednolita i podstawowa forma w postaci elektroakustycznego tła dźwiękowego (jednego strumienia percepcyjnego) oraz drugiego strumienia, które jest brzmieniem instrumentu tradycyjnego, jakim jest saksofon. Brzmienie tła akustycznego oraz saksofonu wspaniale się przenika, uzyskując niejako trudno klasyfikowaną „harmonię” oraz melodię główną saksofonu.

Fragment partytury Marka Czerniewicza *Wtulonemu w skrzypce*, który został zamieszczony jako przykład na rysunku 36, wskazuje na wykorzystanie instrumentów smyczkowych jako podstawowego elementu barwowego wzmiankowanego utworu. Od taktu 1 do 8 kompozytor w sposób szczególny osiągnął kontynuację brzmienia w jednym strumieniu percepcyjnym poprzez występowanie podobnego materiału dźwiękowego, łączącego się w jedną linię melodyczną, pomimo że wzmiankowany element dźwiękowy wykonany jest przez różnych instrumentalistów. Takty od 1 do 4 przygotowują słuchacza do utrzymywania jednego strumienia percepcyjnego, natomiast integracja dźwięków jest jeszcze większa w taktach od 5 do 8, wpływając powoli na tworzenie się czynnika harmonicznego utworu, co skutkuje ciągłym utrzymywaniem w polu uwagi słuchacza jednego strumienia percepcyjnego. Od taktu 9 do 14 (rys. 36 i 37) gęstość brzmienia harmonicznego intensyfikuje się poprzez nawarstwienie instrumentów o podobnej barwie. Słuchacz w tym przypadku otrzymuje efekt percepcyjny polegający na pojawieniu się drugiego strumienia, naprzemiennie z pierwszym. Wynika to z charakteru wzorca rytmicznego zastosowanego przez kompozytora (grupa instrumentów grająca dwie ćwierćnutę i półnutę oraz druga grupa wykonująca półnutę z kropką i ćwierćnutę bądź półnutę z dwiema ćwierćnutami). Umiejętne wykorzystanie przez kompozytora motywów rytmicznych wpłynęło na wymienne i delikatne ukazywanie się dwóch strumieni, które nie są percypowane w pełni, a to dlatego, gdyż jeden i drugi współzawodniczą o uwagę słuchacza.

To Paweł Gusnar
AbySsus

for soprano/tenor saxophone and electronics

Anna Maria Huszcza
(2013)

The score is divided into three systems. The first system shows electronic triggers for 'Soprano Sax [S]' and 'Tenor Sax [T]' at 00:00, with a 'Tape ON' indicator. A 'T' box is also present. An 'IMPROVISATION - ad libitum' section follows, with the instruction 'Play any multiphonics' and a series of triangular sound icons. Time markers 00:10 and 00:49 are shown. At 01:03, the instruction 'Suddenly finished, only one high-pitched sound' is given, followed by a single high-pitched note icon and a *pp* dynamic marking.

The second system begins at 01:03 with 'Double bass' and 'Tenor sax' parts. The tenor sax part starts with a tempo of $\text{♩} = 54$ and a *mf* dynamic. Time markers 01:13, 01:28, and 01:35 are shown. At 01:38, the tenor sax part changes to *f* and *molto rit.* dynamics.

The third system starts at 01:47 with 'Accent in double bass' and 'a tempo' markings. The tenor sax part continues with *f* and *molto rit.* dynamics. Time markers 01:53 and 01:56 are shown. The system concludes with a *p* dynamic marking.

Rys. 35. Anna Maria Huszcza, *AbySsus*, czas: 00:00-02:00
Źródło: zbiory prywatne, udostępnione przez kompozytorkę Annę M. Huszczę.

Profesorowi Jerzemu Hazuce utwór ten dedykuję

Wtulonemu w skrzypce

Marek Czerniewicz

Adagio sostenuto ♩ = ca 50

Violino 1 *mp*

Violino 2 *mp*

Violino 3 *mp*

Violino 4 *mp*

Adagio sostenuto ♩ = ca 50

Violini I

Violini II

Viole

Violoncelli

Contrabassi

7

Vno 1
 Vno 2
 Vno 3
 Vno 4
 Vni I
 Vni II
 Vle
 Vc.
 Ch.

mf
mf
mf
mf
mp
mp
mp
mp
mp

Rys. 36. Marek Czerniewicz, *Wtulonemu w skrzypce*, t. 1–12
 Źródło: zbiory prywatne, udostępnione przez kompozytora Marka Czerniewicza.

This musical score page contains measures 13 and 14 for a string quartet and woodwind section. The instruments are Violin I, Violin II, Viola, Violoncello (Vc.), and Contrabasso (Cb.).

- Violin I (Vino 1):** Measures 13-14. Measure 13 features a triplet of eighth notes (G4, A4, B4) with a *mp* dynamic. Measure 14 continues with a similar melodic line.
- Violin II (Vino 2):** Measures 13-14. Measure 13 features a triplet of eighth notes (G4, A4, B4) with a *mp* dynamic. Measure 14 continues with a similar melodic line.
- Viola (Vino 3):** Measures 13-14. Measure 13 features a triplet of eighth notes (G4, A4, B4) with a *mp* dynamic. Measure 14 continues with a similar melodic line.
- Violoncello (Vino 4):** Measures 13-14. Measure 13 features a triplet of eighth notes (G4, A4, B4) with a *mp* dynamic. Measure 14 continues with a similar melodic line.
- Violin I (Vni I):** Measures 13-14. Measure 13 features a triplet of eighth notes (G4, A4, B4) with a *mp* dynamic. Measure 14 continues with a similar melodic line.
- Violin II (Vni II):** Measures 13-14. Measure 13 features a triplet of eighth notes (G4, A4, B4) with a *p* dynamic. Measure 14 continues with a similar melodic line.
- Viola (Vle):** Measures 13-14. Measure 13 features a triplet of eighth notes (G4, A4, B4) with a *p* dynamic. Measure 14 continues with a similar melodic line.
- Violoncello (Vc.):** Measures 13-14. Measure 13 features a triplet of eighth notes (G4, A4, B4) with a *p* dynamic. Measure 14 continues with a similar melodic line.
- Contrabasso (Cb.):** Measures 13-14. Measure 13 features a triplet of eighth notes (G4, A4, B4) with a *p* dynamic. Measure 14 continues with a similar melodic line.

Additional markings include a *ppizz.* (pizzicato) instruction for the Violin II and Viola parts in measure 14, and a fermata over the final note of the Violoncello part in measure 14.

19

Violino I: *rit.*, *accel.*, *a tempo*, *solo espressivo*

Violino II: *mp*

Viola: *mp*

Violoncello: *mp*

Contrabasso: *mp*

Violino I: *tremolo*, *rit.*, *accel.*, *a tempo*, *p*

Violino II: *arco*

Viola: *arco*

Violoncello: *p*

Contrabasso: *p*

Rys. 37. Marek Czerniewicz, Wtulonemu w skrzypce, t. 13–24
 Źródło: zbiory prywatne, udostępnione przez kompozytora Marka Czerniewicza.

Takt 21 na rysunku 37 ukazuje interesujące rozwijanie tematu muzycznego, ponieważ omawiany fragment wykonują cztery instrumenty charakteryzujące się identyczną klasyfikacją barwy, dzięki czemu wszystkie dźwięki trafiają do jednego strumienia. Od taktu 22 do 28 (rys. 37 i 38) tworzone są dwa strumienie: jeden melodyczny, a drugi harmoniczny, z tym, że w taktach 25 i 27 (rys. 38) pojawia się charakterystyczny element brzmieniowo-rytmiczny, który chwilowo „przebijając się” przez inne instrumenty powoduje jeszcze większe odseparowanie dwóch strumieni percepcyjnych.

Od taktu 30 do 37 – widniejących na rysunkach 38 i 39 – kompozytor nadal utrzymuje postać dźwiękową w formie trafnej kontynuacji, jednakże instrumenty solowe stanowią tym razem inną część brzmieniową w porównaniu do instrumentów akompaniujących. We wzmiankowanych taktach występują trzy odrębne strumienie dźwiękowe. Jeden powstały w wyniku ekspozycji linii melodycznej wykonywanej w partii solistów. Drugi to element dźwięków wykonywanych *portato*, które odpowiadają za harmonię w instrumentach akompaniujących, takich jak skrzypce I i II oraz altówka. Ostatni – trzeci strumień – wynika z zastosowania odmiennej formuły rytmicznej oraz sposobu artykulacji *pizzicato* w partiach wiolonczel i kontrabasów. Artykulacja w formie *pizzicato* jest wyraźnym uzupełnieniem brzmienia na tle całości, będąc dopełnieniem i wzbogaceniem faktury sonorystycznej utworu.

Partytura utworu pt. *Logo dźwiękowe na chór instrumentów dętych i carillon* Adama Rosińskiego, przedstawiona na rysunku 40, charakteryzuje się zarazem bardzo prostą i jednolitą fakturą brzmieniową. Kwintet dęty zestawiony z carillonem o odmiennej charakterystyce barwowej powoduje powstanie od pierwszego taktu dwóch strumieni percepcyjnych. Jeden strumień percepcyjny złożony jest wyłącznie z dźwięków instrumentów dętych blaszanych, pomimo że tuba gra dźwięki w nieco odmiennym motywie rytmicznym niż inne instrumenty akompaniujące. Tuba, dzięki takiej formie prowadzenia linii melodycznej, uzupełnia brzmienie strumienia instrumentów dętych blaszanych, jeszcze bardziej go integrując. Carillon przez swoją charakterystyczną barwę tworzy kolejny – drugi strumień percepcyjny.

Dzięki zastosowaniu drobnych wartości rytmicznych w akompaniowaniu instrumentów dętych blaszanych oraz w pewnych fragmentach utworu nut o dłuższej wartości, w których swoją partię wykonuje carillon, możliwe jest powstanie jednocześnie dwóch strumieni percepcyjnych, które przeplatając się między sobą, nie współzawodniczą o uwagę słuchacza, lecz się uzupełniają. Wyjątkiem jest takt 9 i 10, gdzie carillon ma melodię zapisaną drobnymi wartościami, w wysokich częstotliwościach, przez co strumień dźwiękowy carillonu w tym przypadku chwilowo zaczyna dominować w utworze, doprowadzając do wygaszenia natężenia dźwięków i do zakończenia utworu.

3

f *mf*

f *mf*

f *mf*

f *mf*

mf

mf

mp

mp

mp

mp

mp

mp

Vno 1

Vno 2

Vno 3

Vno 4

Vni I

Vni II

Vle

Vc.

Cb.

Detailed description: This page of a musical score, numbered 25, features nine staves. The first four staves are for Violins I, Violins II, Violas, and Cellos. The last five staves are for Violins I, Violins II, Violas, Cellos, and Double Basses. The Violin I part begins with a triplet of eighth notes, marked with a '3' above the staff. The Violin II part has a similar triplet. The Viola part has a triplet of eighth notes. The Cello part has a triplet of eighth notes. The Double Bass part has a triplet of eighth notes. The score includes various dynamics such as *f* (forte), *mf* (mezzo-forte), and *mp* (mezzo-piano). The music is written in a key signature with one flat (B-flat) and a common time signature (C). The notation includes slurs, ties, and accents.

Vno 1 *espressivo*
mf
 Vno 2 *espressivo*
mf
 Vno 3 *espressivo*
mf
 Vno 4 *espressivo*
mf
 Vni I *mp*
 Vni II *mp*
 Vle *mp*
 Vc. *mp*
 Ch. *mp*

Rys. 38. Marek Czerniewicz, *Wtulonemu w skrzypce*, t. 25–34

Źródło: zbiory prywatne, udostępnione przez kompozytora Marka Czerniewicza..

The image displays a page of a musical score for a string quartet and two violas. The page is numbered '4' and '35' in the top left corner. The score is organized into two systems of staves. The first system contains four violin staves (Vno 1, Vno 2, Vno 3, Vno 4) and two viola staves (Vle, Vc). The second system contains two violin staves (Vni I, Vni II) and a double bass staff (Cb). The music is written in a key signature of one flat (B-flat) and a common time signature (C). The first system features a prominent triplet of eighth notes in the upper staves, marked with a '3' above the notes. The dynamic marking 'f ma dolce' is placed above the first violin staff. The second system shows a similar triplet in the first violin staff, also marked with a '3'. The dynamic marking 'f ma dolce' is repeated. The double bass staff includes the instruction 'arco' above the notes. The overall texture is dense and rhythmic, characteristic of a string quartet piece.

Rys. 39. Marek Czerniewicz, *Wtulnemu w skrzypce*, t. 35–39
 Źródło: zbiory prywatne, udostępnione przez kompozytora Marka Czerniewicza.

Logo dźwiękowe na chór instrumentów dętych i carillon

Adam Rosiński

The image displays a musical score for a wind and carillon ensemble. The score is written in 8/8 time and features a key signature of two flats (B-flat and E-flat). The tempo is marked as quarter note = 95. The score is divided into two systems. The first system includes parts for Carillon, two Trumpets in B-flat, Horn in F, Trombone, and Tuba. The second system includes parts for Crl. (Carillon), two Trumpets (Tpt.), Horn (Hn.), Trombone (Tbn.), and Tuba (Tba.). The Carillon part is written in a grand staff with a treble clef and a bass clef. The other instruments are written in their respective clefs. The score shows rhythmic patterns and melodic lines for each instrument, with some rests and dynamic markings.

Rys. 40. Adam Rosiński, *Logo dźwiękowe na chór instrumentów dętych i carillon*, t. 1–10
Źródło: zbiory prywatne autora.

W niniejszym rozdziale zaprezentowano oraz wykazano istotność występowania strumieni percepcyjnych w muzyce. Występowanie strumieni jest częścią muzyki komponowanej od stuleci, jak również współcześnie. Wiedza o mechanizmach i czynnikach grupujących bądź segregujących dźwięki poszerza świadomość odbiorcy w zakresie sposobu, w jakim nasza percepcja może być „zarządzana” przez różnego rodzaju współbrzmienia występujące w muzyce. Często odbiorcy bez względu na posiadane wykształcenie muzyczne, lub jego brak, nie dostrzegają mechanizmów zarządzających percepcją. A mogą one mieć niebagatelny wpływ na to, „co słyszymy”, „w jaki sposób słyszymy” oraz wpływać na sposób „naszej interpretacji”, co uzależnione jest od tego, na jakim elemencie skupimy uwagę oraz w jaki sposób łączymy dźwięki w struktury muzyczne.

ZAKOŃCZENIE

Łączenie sekwencji dźwięków, powstających w umyśle słuchacza w strumieniu percepcyjnym jest bardzo istotnym aspektem dotyczącym percepcji, ponieważ przynależność poszczególnych dźwięków do danych sekwencji jest podstawą postrzegania i interpretowania struktur muzycznych. Kształcenie muzyczne i praktyka w wykonywaniu muzyki wpływają na charakterystykę procesów poznawczych, bezpośrednio dotyczących percepcji dźwięku. Wpływ ten można odnotować zarówno podczas słuchania muzyki, jak i w percepcji dźwięków niemających związku z muzyką (np. dźwięków pochodzących z otoczenia), dlatego muzycy inaczej odbierają dźwięki w sytuacjach, gdy o percepcji decydują w przeważającym stopniu czynniki poznawcze.

Celem głównym pracy było wykazanie, że oprócz tradycyjnie pojmowanej analizy muzycznej (rozumianej w kontekście teorii muzyki), istnieje również ważny aspekt dotyczący analizy obrazu słuchowego, który składa się na percepcję szeroko rozumianych zjawisk dźwiękowych. Analiza obrazu słuchowego dotyczy również muzyki wybitnie skomplikowanej pod względem budowy formalnej oraz zastosowania różnorodnych zabiegów kompozytorskich. Ukazanie w niniejszej dysertacji badań podstawowych dotyczących struktur dźwiękowych pozwala dostrzec i poznać istotę dźwięku jako materiału budulcowego utworów muzycznych oraz pewnego rodzaju fenomenu i zjawiska powstającego już na podstawie relacji dźwięków tworzących proste sekwencje dźwiękowe. Podejście to umożliwia wykonanie bardziej złożonych analiz dźwiękowych, zaczynając od najprostszyc form dźwiękowych, a kończąc na znacznie rozbudowanych.

Walorem pracy jest także usystematyzowanie wiedzy i opisanie terminologii na bazie doświadczeń własnych oraz dostępnych źródeł literaturowych w nowy, innowacyjny sposób, mający na celu wyjaśnienie trudnych, zawiłych zjawisk, z którymi bez względu na posiadane lub nie wykształcenie muzyczne większość z nas styka się na co dzień, nie wiedząc, w jaki sposób czynniki i mechanizmy dotyczące percepcji dźwięku oddziałują na każdego słuchacza.

Znacznie bardziej złożona organizacja materiału dźwiękowego powinna być motorem do zmian metodyki badań akustycznych, gdzie omawiane

w tej dysertacji eksperymenty należy poszerzyć o czynnik kwalifikacyjny dotyczący wykształcenia muzycznego bądź jego braku, ponieważ ów czynnik może w znacznym stopniu rzutować na wyniki oraz na ich interpretację.

Co ważne, posiadanie lub nieposiadanie wykształcenia, ale też praktyki muzycznej może mieć silny wpływ na procesy poznawcze, występujące podczas percepcji dźwięku, w tym również na procesy łączenia sekwencji dźwięków w umyśle słuchacza w strumienie percepcyjne. Rzutować to może na interpretację słuchową utworów muzycznych, ukazując bardzo interesujący aspekt tego odbioru. Osoby siedzące obok siebie na sali koncertowej mogą zupełnie inaczej interpretować odbieraną muzykę ze względu na kryterium, jakim jest posiadanie wykształcenia muzycznego bądź jego brak. Ujęcie takie ukazuje, że przedmiotem słyszenia jest materiał dźwiękowy, stanowiący pewną scenę słuchową, którego organizacja jest znacznie bardziej złożona niż zakładano w klasycznych pracach z akustyki muzycznej. W tradycyjnych badaniach akustycznych analizowano proste zależności między cechami fizycznymi bodźca i elementarnymi cechami wrażenia słuchowego.

Autor wyraża zatem nadzieję, że w niniejszej pracy udało się zaprezentować odmienną perspektywę analizy muzycznej, która realnie dotyczy poszukiwania nowych metod badania dzieł muzycznych, odmiennego oglądu analizy utworów elektroakustycznych oraz wykorzystania przybliżonej tu wiedzy w praktyce, wykorzystywanej przez reżyserów dźwięku w pracy nad tworzeniem warstwy ilustracyjno-dźwiękowej utworów muzycznych, które posiadają kilka planów dźwiękowych (strumieni percepcyjnych).

W pracy zebrano literaturę odnoszącą się do analizowanego tematu. Przyjęto, by zaprezentować te opracowania, których charakter jest oryginalny, nowatorski, a nawet prekursorski. Przywoływani autorzy skupili się na własnych eksperymentach, których wyniki i przebieg samego procesu omówili w ramach artykułów lub publikacji zwartych. Ten uporządkowany przegląd piśmiennictwa autor zestawił w dołączonej do pracy bibliografii. Wzmiankowane pozycje mogą znacznie wzbogacić problematykę ujętą w niniejszej książce dzięki nowej interpretacji wyników badań naukowych dokonywanych przez kolejnych autorów. W omawianej tu materii – na tyle szerokiej, rozbudowanej i wielowątkowej – nadal trwają badania. Stąd autor wyraża nadzieję, że praca ta będzie przyczynkiem do dalszych dociekań, a ponadto wpisze się w cykl publikacji odnoszących się do tej problematyki.

Punktem wyjścia prowadzonej w książce analizy był prosty podział badanych na dwie grupy: muzyków i niemuzyków. Muzyków można podzielić ze względu na specjalności, jakie prezentują, a niemuzyków – na kierunki,

z jakimi są związani, np. inżynieryjne, ścisłe, humanistyczne itp. Wyniki uzyskane w eksperymentach, w których dokładnie zakwalifikowano badanych do poszczególnych grup, mogą mieć zupełnie inną charakterystykę od eksperymentów przytoczonych wcześniej, wykonanych przez innych badaczy.

Ciągłe doskonalenie metod pomiarowych, wykorzystywanie do pomiarów technologii cyfrowych i urządzeń skomputeryzowanych może ukazać, że to, co uznajemy już za w pełni finalne odkrycie, kryje za sobą jeszcze wiele dodatkowych treści, które przez aktualny stan wiedzy są niezauważane albo niewłaściwie interpretowane. Dostępność coraz bardziej dokładniejszych i wyspecjalizowanych narzędzi badawczych wykorzystywanych w psychoakustyce dowodzi, że nauka jak każda inna dziedzina podlega bezustannemu rozwojowi.

Autor wyraża nadzieję, że książka ta przyczyni się do lepszego poznania mechanizmów i czynników dotyczących odbioru dźwięków w kontekście strumieniowania percepcyjnego i przybliży go osobom, które być może niejednokrotnie traktują ten aspekt z rezerwą, jako element odmienny, który nie występuje podczas percepcji muzyki na żywo podczas koncertów oraz podczas odsłuchu nagrań audio.

Co więcej, autor żywi przekonanie, że poznanie różnorodnych aspektów dotyczących psychoakustycznych podstaw percepcji dźwięku przez teoretyków muzyki, kompozytorów i reżyserów dźwięku umożliwi uzyskanie znakomitych rezultatów analitycznych i twórczych, które do tej pory były niedostępne oraz wpłynie na wzrost świadomości w tym zakresie i na głębsze zainteresowanie tego typu badaniami.

BIBLIOGRAFIA

- Awtuch A., *Percepcja przestrzeni*, http://www.pg.gda.pl/architektura/userfiles/file/percepcja_1+2+3.pdf, dostęp: 3.05.2017.
- Barrett K.Ch., Ashley R., Strait D.L., Kraus N., *Art and science: how musical training shapes the brain*, „Frontiers in Psychology”, 4, 2013.
- Boer de E., *On the „residue“ and auditory pitch perception*, w: W.D. Keidel, W.D. Neff (red.), *Handbook of Sensory Physiology*, Springer-Verlag, Vol. 5, Part 3, Berlin 1976.
- Bregman A.S., *Asking the „what for“ question in auditory perception*, w: M. Kubovy, J.R. Pomerantz (red.), *Perceptual Organization*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New York 1981.
- Bregman A.S., *Auditory scene analysis*, w: A.I. Basbaum, A. Koneko, G.M. Shepherd, G. Westheimer (red.), *The senses: a comprehensive reference*, Vol. 3, Audition, P. Dallos, D. Oertel (red. tomu), Academic Press, San Diego 2008.
- Bregman A.S., *Auditory scene analysis*, w: N.J. Smelzer, P. B. Baltes (red.), *International encyclopedia of the social and behavioral sciences*, Pergamon/Elsevier, Amsterdam 2004.
- Bregman A.S., *Auditory scene analysis: listening in complex environments*, w: S.E. McAdams, E. Bigand (red.), *Thinking in sound*, Oxford University Press, London 1993.
- Bregman A.S., *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts 1990.
- Bregman A.S., Colantonio C., Ahad P.A., *Is a common grouping mechanism involved in the phenomena of illusory continuity and stream segregation?*, „Perception & Psychophysics”, 61 (2), 1999.
- Bregman A.S., Liao Ch., Levitan R., *Auditory grouping based on fundamental frequency and formant peak frequency*, „Canadian Journal of Psychology”, 44 (3), 1990.
- Bregman A.S., Woszczyk W., *Controlling the perceptual organization of sound: guidelines derived from principles of auditory scene analysis*, w: K. Greenebaum, R. Barzel (red.), *Audio anecdotes: tools, tips and techniques for digital audio*, Vol. 1, A. K. Peters, Natick, MA 2004.
- Carterette E.C., Kendall R.A., *Comparative music perception and cognition*, w: D. Deutsch (red.), *The psychology of music*, second edition, D. Deutsch (red.), Academic Press, London 1999.
- Chartrand J.P., Belin P., *Superior voice timbre processing in musicians*, „Neuroscience Letters”, 405, 2006.
- Clarke E.F., *Rhythm and timing in music*, w: D. Deutsch (red.), *The psychology of music*, second edition, Academic Press, London 1999.
- Cusack R., Carlyon R.P., *Auditory perceptual organization inside and outside the laboratory*, w: J.G. Neuhoff (red.), *Ecological psychoacoustics*, Academic Press, London 2004.
- Dannenbring G.L., Bregman A.S., *Effect of silence between tones on auditory stream segregation*, „Journal of Acoustical Society of America”, 59 (4), 1976.
- Darwin C.J., Carlyon R.P., *Auditory grouping*, w: B.C.J. Moore (red.), *Hearing*, Academic Press, London 1995.
- Deutsch D., *An auditory illusion*, „Nature”, 251, 1974.
- Deutsch D., *An auditory illusion*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 55, S18-S19, 1974.

- Deutsch D., *Auditory illusions, handedness, and the spatial environment*, „Journal of the Audio Engineering Society”, 31, 1983.
- Deutsch D., *Ear dominance and sequential interactions*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 67, 1980.
- Deutsch D., *Grouping mechanisms in music*, w: taż (red.), *The psychology of music*, second edition, Academic Press, London 1999.
- Deutsch D., *Grouping mechanisms in music*, w: taż (red.), *The psychology of music*, third edition, Academic Press/Elsevier, London 2013.
- Deutsch D., *Illusions for stereo headphones*, „Audio Magazine”, March, 1987.
- Deutsch D., *Lateralization and sequential relationships in the octave illusion*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 83, 1988.
- Deutsch D., *Lateralization by frequency for repeating sequences of dichotic 400-Hz and 800-Hz tones*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 63, 1978.
- Deutsch D., *Musical illusions*, „Scientific American”, 233 (4), 1975.
- Deutsch D., *Paradoxes of musical pitch*, „Scientific American”, August, 1992.
- Deutsch D., *Reply to “Reconsidering evidence for the suppression model of the octave illusion,” by C. D. Chambers, J. B. Mattingley, and S. A. Moss*, „Psychonomic Bulletin & Review” 11 (4), 2004.
- Deutsch D., Roll P.L., *Separate “What” and “Where” decision mechanisms in processing a dichotic tonal sequence*, „Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance”, 2 (1), 1976.
- Deutsch D., *The octave illusion and auditory perceptual integration*, w: J.V. Tobias, E.D. Schubert (red.), *Hearing research and theory*, Vol. 1, Academic Press, New York 1981.
- Deutsch D., *The octave illusion and the what-where connection*, w: R.S. Nickerson, R.W. Pew (red.), *Attention and performance*, Hillsdale, NJ: Erlbaum 1980.
- Deutsch D., *The octave illusion in relation to handedness and familial handedness background*, „Neuropsychologia”, 21 (3), 1983.
- Deutsch D., *The octave illusion revisited again*, „Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance”, 30, 2004.
- Deutsch D., *The organization of short-term memory for a single acoustic attribute*, w: taż (red.), *Short term memory*, Academic Press, New York 1975.
- Deutsch D., *The speech-to-song illusion*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 129 (4), 2011.
- Deutsch D., *Two channel listening to musical scales*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 57, 1975.
- Dowling W.J., *Rhythmic fission and perceptual organization*, „Journal of Acoustical Society of America”, 44, 1968.
- Fine P.A., Moore B.C.J., *Frequency analysis and musical ability*, „Music Perception”, 11 (1), 1993.
- Fyk J., *Perception of some intonational deviations in melodies*, „Archives of Acoustics”, 19 (3), 1994.
- Gaver W.W., *How do we hear in the World?: Explorations in Ecological Acoustics*, „Ecological Psychology”, 5 (4), 1993.
- Handel S., *Listening. An introduction to the perception of auditory events*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London 1993.
- <http://webpages.mcgill.ca/staff/Group2/abregm1/web/downloadstoc.htm>
- Humińska-Jakubowska J., *Scena słuchowa muzyki dwudziestowiecznej*, Rhythmos, Poznań 2006.
- Iverson P., *Auditory stream segregation by musical timbre: effects of static and dynamic acoustic Attributes*, „Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance”, 21, 1995.
- Jacobson L.S., Cuddy L.L., Kilgour A.R., *Time tagging: a key to musician’s superior memory*, „Music Perception”, 20 (3), 2003.
- Jones M.R., *Time, our lost dimension: toward a new theory of perception attention and memory*, „Psychological Review”, 83 (5), 1976.

- Jorasz U., *Wykłady z psychoakustyki*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 1998.
- Kamińska J., *Rola formantów w grupowaniu dźwięków w strumieniu percepcyjnym*, nieopublikowana praca magisterska, Wydział Reżyserii Dźwięku UMFC, Warszawa 2012.
- Kardela H., *Gramatyka kognitywna jako globalna teoria języka*, w: *Podstawy metodologiczne semantyki współczesnej*, t. 8, „Język a kultura”, I. Nowakowska-Kempna (red. tomu), Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 1992.
- Klawiter A., *O słyszeniu przedmiotów*, „Poznańskie Studia z Filozofii Humanistyki”, 5 (18), Wydawnictwo Zys i S-ka, Poznań 1999.
- Kraus N., Chandrasekaran B., *Music training for the development of auditory skills*, „Nature Reviews. Neuroscience”, 11, 2010.
- Lakoff G., Johnson M., *Metamorfozy w naszym życiu*, Aletheia, Warszawa 1988.
- Lee Y., Lu M., Ko K., *Effects of skill training on working memory capacity*, „Learning and Instruction”, 17 (3), 2007.
- Leo K., *Kategoryzacja źródeł dźwięku rejestrowanych w różnych odległościach*, nieopublikowana praca magisterska napisana pod kierunkiem naukowym A. Preis, Wydział Fizyki UAM, Instytut Akustyki, Poznań 2007.
- Li X., Logan R.J., Pastore R.E., *Perception of acoustic source characteristics: walking sound*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 90, 1991.
- Łętowski T., *Słuchowa ocena sygnałów i urządzeń*, Akademia Muzyczna im. Fryderyka Chopina w Warszawie, Warszawa 1984.
- Maruszewski T., *Psychologia poznania. Sposoby rozumienia siebie i świata*, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2001.
- Maruszewski T., *Psychologia poznania. Umysł i świat*, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2011.
- Mathews M.V., Pierce J.R., *Harmony and non-harmonic partials*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 68, 1980.
- McAdams S., Bregman A.S., *Hearing musical streams*, „Computer Music Journal”, 3, 1979.
- McGurk H., MacDonald J., *Hearing lips and seeing voices*, „Nature”, 264, 1976.
- Metzger W., *Certain implications in the concept of Gestalt*, „American Journal of Psychology”, 40, 1928.
- Meyer M., Elmer S., Ringli M., Oechslin M.S., Baumann S., Jancke L., *Long-term exposure to music enhances the sensitivity of the auditory system in children*, „European Journal of Neuroscience”, 33 (1), 2011.
- Mietzel G., *Wprowadzenie do psychologii. Podstawowe zagadnienia*, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2000.
- Miller G.A., Heise G.A., *The thrill threshold*, „Journal of Acoustical Society of America”, 22, 1950.
- Miśkiewicz A., *Individual loudness functions obtained by absolute magnitude estimation*, „Archives of Acoustics”, 14, 1990.
- Miśkiewicz A., Rakowski A., Rogoziński P., Kocańda M., *Progi różnicowe częstości a progi różnicowe wysokości dźwięków muzycznych*, w: A. Rakowski (red.), *Kształtowanie i percepcja sekwencji dźwięków muzycznych*, Akademia Muzyczna im. Fryderyka Chopina, Warszawa 2001.
- Nęcka E., Orzechowski J., Szymura B., *Psychologia poznawcza*, Academica Wydawnictwo SWPS, PWN, Warszawa 2006.
- Noorden L.P.A.S. van, *Minimum differences of level and frequency for perceptual fission of tone sequences ABAB*, „Journal of Acoustical Society of America”, 61 (4), 1977.
- Noorden L.P.A.S. van, *Temporal coherence in the perception of tones sequences*, nieopublikowana praca doktorska, Technical University Eindhoven, Eindhoven 1975.
- Norman A.D., *Rhythmic fission: Observations on attention, temporal judgments and critical band*, materiały nieopublikowane, Harvard 1966.
- Nowakowska-Kempna I., *Aproksymacja semantycznego continuum*, w: *Podstawy metodologiczne semantyki współczesnej*, t. 8, „Język a kultura”, I. Nowakowska-Kempna (red. tomu),

- Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 1992.
- Oxenham A.J., Fligor B.J., Mason Ch.R., Kidd G. Jr., *Informational masking and musical training*, „Journal of the Acoustical Society of America”, 113 (3), 2003.
- Ozimek E., *Dźwięk i jego percepcja. Aspekty fizyczne i psychoakustyczne*, PWN, Warszawa-Poznań 2002.
- Pantev C., Herholz S.C., *Plasticity of the human auditory cortex related to musical training*, „Neuroscience and Biobehavioral Reviews”, 35 (10), 2011.
- Parbery-Clark A., Anderson S., Kraus N., *Musicians change their tune: how hearing loss alters the neural code*, „Hearing Research”, 302, 2013.
- Parbery-Clark A., Skoe E., Kraus N., *Musical experience limits the degradative effects of background noise on the neural processing of sound*, „Journal of Neuroscience”, 29 (45), 2009.
- Parbery-Clark A., Skoe E., Lam C., Kraus N., *Musician enhancement for speech-in-noise*, „Ear and Hearing”, 30 (6), 2009.
- Parbery-Clark A., Tierney A., Strait D.L., Kraus N., *Musicians have fine-tuned neural distinction of speech syllables*, „Neuroscience”, 219, 2012.
- Preis A., *Barwa dźwięku muzycznego i metody jej skalowania*, http://www.staff.amu.edu.pl/~apraton/AM_2_2014_barwa.pdf.
- Preis A., *Sluchowa identyfikacja cech przedmiotu na podstawie cech fali dźwiękowej*, w: *LI Otwarte Seminarium z Akustyki – OSA*, Gdańsk – Sobieszewo, Polskie Towarzystwo Akustyczne, Gdańsk 2004.
- Preis A., *Słyszenie a słuchanie: klasyczne, ekologiczne i kognitywne podejście do słyszenia*, http://www.staff.amu.edu.pl/~apraton/AM%20_1_2014_sluchanie.pdf.
- Preis A., *Słyszenie w środowisku. Dźwięki środowiskowe a mowa?*, http://www.staff.amu.edu.pl/~apraton/Sws_2_14.pdf.
- Preis A., *Sound and sound source in a natural auditory environment*, w: *17th Congress of the International Association of Empirical Aesthetics*, Japan, Takarazuka 2002.
- Rakowski A., *Pitch discrimination and musical interval recognition in backward masking*, w: R. Klinke, R. Hartmann (red.), *Hearing – physiological bases and psychophysics*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo 1983.
- Rammsayer T., Altenmüller E., *Temporal information processing in musicians and nonmusicians*, „Music Perception”, 24 (1), 2006.
- Rasch R., Plomp R., *The perception of musical tones*, w: D. Deutsch (red.), *The psychology of music*, second edition, D. Deutsch (red.), Academic Press, London 1999.
- Rathus S. A., *Psychologia współczesna*, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2004.
- Renowski J., *Akustyka psychofizjologiczna. Ćwiczenia laboratoryjne*, Redakcja Wydawnictw Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1974.
- Robinson J. O., *The psychology of visual illusion*, Dover Publications Inc., Mineola, N. Y. 1998.
- Rosiński A., *Łączenie dźwięków w strumienie percepcyjne: badanie porównawcze muzyków i osób niebędących muzykami, nieopublikowana praca doktorska*, Wydział Kompozycji, Dyrygentury i Teorii Muzyki, Warszawa 2016.
- Schulze K., Zysset S., Mueller K., Friederici A.D., Koelsch S., *Neuroarchitecture of verbal and tonal working memory in nonmusicians and musicians*, „Human Brain Mapping”, 32 (5), 2011.
- Shonle J.I., Horan K.E., *Trill threshold revisited*, „Journal of Acoustical Society of America”, 59 (2), 1976.
- Steiger H., Bregman A.S., *Negating the effects of binaural cues: competition between auditory streaming and contralateral induction*, „Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance”, 8, 1982.
- Strait D.L., Parbery-Clark A., Hittner E., Kraus N., *Musical training during early childhood enhances the neural encoding of speech in noise*, „Brain & Language”, 123, 2012.
- Strelau J., Doliński D., *Psychologia. Podręcznik akademicki*, t. 1, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2008.

- Strelau J., *Psychologia. Podręcznik Akademicki, Psychologia ogólna*, t. 2, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2006.
- Szkielkowski B., *Badanie wpływu lateralizacji funkcjonalnej na lokalizację dźwięku*, nieopublikowana praca magisterska, Wydział Reżyserii Dźwięku UMFC, Warszawa 2012.
- Teranishi R., *Endlessly ascending/descending chords performable on a piano*, „Reports of the Acoustical Society of Japan”, H, 1982.
- Tomaszewski T., *Główne idee współczesnej psychologii*, wyd. III popr., Wydawnictwo Akademickie ŻAK, Warszawa 1998.
- Tomaszewski T., *Psychologia ogólna*, PWN, Warszawa 1995.
- Tougas Y., Bregman A.S., *Auditory streaming and the continuity illusion*, „Perception & Psychophysics”, 47, 1990.
- Turgeon M., Roberts B., Bregman A.S., *Rhythmic masking release: effects of asynchrony, temporal overlap, harmonic relations, and source separation on cross-spectral grouping*, „Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance”, 31 (5), 2005.
- Walker B.N., Kramer G., *Ecological psychoacoustics and auditory displays*, w: J.G. Neuhoff (red.), *Ecological psychoacoustics*, Academic Press, London 2004.
- Weinberger N.M., *Music and the auditory system*, w: D. Deutsch (red.), *The psychology of music*, second edition, D. Deutsch (red.), Academic Press, London 1999.
- Wertheimer M., *Untersuchungen zur Lehre von der Gestaltgestalt*, „Psychologische Forschung”, 4 (1), 1924.
- Woszczyk W., Bregman A.S., *Creating mixtures: the application of auditory scene analysis (ASA) to audio recording*, w: K. Greenebaum, R. Barzel (red.), *Audio anecdotes III: tools, tips and techniques for digital audio*, A.K. Peters, Natick, MA 2005.
- Zawadzka-Gółoś A., *O komponowaniu percepcji. Casus Witolda Lutosławskiego*, „Teoria Muzyki. Studia. Interpretacje. Dokumentacje”, 3, 2013.
- Zimbardo P.G., *Psychologia i życie*, PWN, Warszawa 1999.

SPIS RYSUNKÓW I TABEL

Rys. 1. Przykład trafnej sekwencji (uzupełniania formy) w sztukach wizualnych to tendencja do tworzenia struktur ciągłych przez umysł ludzki poprzez uzupełnianie struktur nieciągłych w taki sposób, aby otrzymać kompletny i całościowy opis danego obiektu percepcyjnego	31
Rys. 2. Przykład skłonności grupowania do jednego obrazu elementów położonych blisko siebie w polu spostrzeżeniowym, pomijając bardziej oddalone elementy, w odniesieniu do sztuk wizualnych	34
Rys. 3. Przykład iluzji słuchowej powstałej podczas odbioru sekwencji dźwięków. Na górnych pięcioliniach przedstawiony jest zapis sekwencji dźwięków zgodny ze sposobem ich odtwarzania, a na pięcioliniach dolnych zapis sekwencji percypowanych przez słuchaczy. Literą P oznaczono dźwięki odtwarzane do ucha lub odbierane przez ucho prawe, natomiast literą L – ucho lewe.....	39
Rys. 4. Przykład iluzji słuchowej powstałej podczas odbioru skrzyżowanych gam chromatycznych, których kolejne dźwięki odtwarzane były na przemian w uchu lewym i prawym. Na górnych pięcioliniach przedstawiony jest zapis sekwencji dźwięków zgodny ze sposobem ich odtwarzania, a na pięcioliniach dolnych zapis sekwencji percypowanych przez słuchaczy. Literą P oznaczono dźwięki odtwarzane do ucha lub odbierane przez ucho prawe, natomiast literą L – ucho lewe	40
Rys. 5. Iluzja słuchowa powstała podczas odbioru dźwięków tworzących interwał oktawy. Dźwięki odbierane są w sposób odmienny (dolna pięciolinia) w porównaniu do bodźców odtwarzanych (górną pięciolinia). Literą P oznaczono dźwięk odtwarzany do ucha lub odbierany przez ucho prawe, natomiast literą L – lewe	41
Rys. 6. Schematyczne przedstawienie odbioru sekwencji dwóch dźwięków różniących się częstotliwością jako wspólnego strumienia (koherencja) lub dwóch oddzielnych strumieni (segregacja)	44
Rys. 7. Segregacja w strumieniu dźwiękowe powtarzającej się sekwencji sześciu tonów	45
Rys. 8. Rozpoznawanie wzorców dźwiękowych w obrębie poszczególnych strumieni percepcyjnych	46
Rys. 9. Próg postrzegania trylu – graniczna różnica częstotliwości, przy której powtarzająca się sekwencja tonów odbierana jest jako tryl	51
Rys. 10. Próg postrzegania trylu – graniczna różnica częstotliwości, przy której powtarzająca się sekwencja tonów odbierana jest jako tryl. Dane z pracy J.I. Shonle'a i K.E. Horan porównane z wynikami wcześniejszej pracy G.A. Millera i G.A. Heisego	52
Rys. 11. Granica spójności oraz granica rozszczepienia sekwencji dźwięków na dwa strumienie percepcyjne (eksperyment L.P.A.S. van Noordena).....	54
Rys. 12. Wyniki badań dla eksperymentu przeprowadzonego przez Bregmana	56
Rys. 13. Wpływ różnych odległości czasowych na łączenie dźwięków w strumienie percepcyjne	61

Rys. 14. Odmiennie wzorce dźwiękowe wykorzystywane często w badaniach psychoakustycznych dotyczących segregacji bądź łączenia dźwięków we wspólny strumień dźwiękowy. Prezentacja strumieni percepcyjnych oraz ich odzorowanie w zakresie położenia nut na pięciolinii	81
Rys. 15. Ludwig van Beethoven - partytura prezentująca fragment <i>Sonaty skrzypcowej F-dur</i> nr 5, op. 24 (<i>Adagio molto espressivo</i>)	82
Rys. 16. Fryderyk Chopin, <i>Walc Des-dur</i> op. 64, nr 1, takty: 3–6	82
Rys. 17. Jan Sebastian Bach, fragment drugiej części <i>Koncertu włoskiego</i> WV 971, takty: 4–7	83
Rys. 18. Piotr Czajkowski, fragment <i>VI symfonii h-moll (Patetyczna)</i> op. 74	84
Rys. 19. Arnold Schönberg, <i>Suita fortepianowa</i> op. 25, część 3 – <i>Intermezzo</i> , takty: od przedtaktu do taktu 3	85
Rys. 20. Anton Webern, <i>Wariacje na fortepian</i> op. 27, część 1, takty: 1–18	86
Rys. 21. Anton Webern, <i>Wariacje na fortepian</i> op. 27, t. 19–30	87
Rys. 22. Anton Webern, <i>Wariacje na fortepian</i> op. 27, t. 34–54	89
Rys. 23. Anton Webern, <i>Wariacje na fortepian</i> op. 27, t. 1–22	90
Rys. 24. Anton Webern, <i>Wariacje na fortepian</i> op. 27, t. 1–6	91
Rys. 25. Anton Webern, <i>Wariacje na fortepian</i> op. 27, t. 56–66	92
Rys. 26. Krzysztof Meyer, <i>VI Kwartet smyczkowy</i> , część 2, numer 18	94
Rys. 27. Fragment <i>Sonaty fortepianowej c-moll (Patetyczna)</i> op. 13, nr 8 Ludwiga van Beethovena, część <i>Allegro di molto e con brio</i> , t. 1–14	95
Rys. 28. Jarosław Siviński, <i>Hominibus</i> , t. 1–8	98
Rys. 29. Jarosław Siviński, <i>Hominibus</i> , t. 9–20	102
Rys. 30. Jarosław Siviński, <i>Hominibus</i> , t. 21–32	106
Rys. 31. Jarosław Siviński, <i>Movement</i> , t. 1–11	109
Rys. 32. Jarosław Siviński, <i>Movement</i> , t. 12–20	112
Rys. 33. Anna Maria Huszcza, <i>SaHarBAD</i> , t. 1–10	114
Rys. 34. Anna Maria Huszcza, <i>SaHarBAD</i> , t. 10–20	115
Rys. 35. Anna Maria Huszcza, <i>AbySus</i> , czas: 00:00–02:00	117
Rys. 36. Marek Czerniewicz, <i>Wtulonemu w skrzypce</i> , t. 1–12	119
Rys. 37. Marek Czerniewicz, <i>Wtulonemu w skrzypce</i> , t. 13–24	121
Rys. 38. Marek Czerniewicz, <i>Wtulonemu w skrzypce</i> , t. 25–34	124
Rys. 39. Marek Czerniewicz, <i>Wtulonemu w skrzypce</i> , t. 35–39	125
Rys. 40. Adam Rosiński, <i>Logo dźwiękowe na chór instrumentów dętych i carillon</i> , t. 1–10	126
Tabela 1. Porównanie założeń asocjacionizmu i strukturalizmu według Maruszewskiego	35