

Rytis AMBRAZEVIČIUS

Tembras muzikos psichologijoje

Timbre in the Psychology of Music

Anotacija

Tai trečiasis straipsnis, kuriuo apžvelgiamos kognityvinės muzikos psichologijos teorijos, koncepcijos ir tyrinėjimai (žr. Ambrazevičius, 2006; 2010). Šįkart nagrinėjami tembro aspektai. Aptariami tembro sąvokos niuansai, klasikinė ir formančių teorijos, aiškinančios tembro priklausomybę nuo spektro, muzikos instrumentų atpažinimo, tembrų lyginimo eksperimentai, rodantys garso atakos reikšmę suvokiant tembrą. Analizuojamas fonetinis tembras ir jo asociatyvioji raiška. Apžvelgiami tembro dimensijų tyrimai daugiamatės analizės metodu. Galiausiai nagrinėjama tembro sąvokos konotacija – tembras kaip atpažinimo kategorija, muzikinio ir psichoakustinio tembro santykis.

Reikšminiai žodžiai: tembras, spektras, ataka, kritinė juosta, formantė, dainininko formantė, daugiamatės analizės metodas, tembro erdvė, atpažinimas.

Abstract

This is the third paper continuing an overview of theories, concepts and studies of cognitive music psychology (see Ambrazevičius, 2006; 2010). This time the facets of timbre are examined. Nuances of the notion of timbre, classical and formant theories attributing timbre to spectrum, as well as the experiments of the recognition of musical instruments and those of comparison of timbres (highlighting significance of attack in the perception of timbre) are discussed. Phonetic timbre and its associative manifestations are analyzed. Multidimensional scaling studies on timbral dimensions are overviewed. Finally, the connotation of “timbre” as category of recognition and relation of musical and psychoacoustical timbre are examined.

Key words: timbre, spectrum, attack, critical band, formant, singer's formant, multidimensional scaling, timbral space, recognition.

Tembro tyrimų atskaitos tašku turbūt reikėtų laikyti XIX a. pabaigos vokiečių mokslininkų Hermann von Helmholtzo ir Carlo Stumpf'o darbus. Jie atsirado kaip tik tuo laikotarpiu, kai keičiantis tonalumo koncepcijai ar net atsisakant jo tembras tarsi suskubo atsikovoti svaresnę vietą greta muzikiniame prote įsitvirtinusių garso aukščio ir laiko struktūrų. Užtenka tik prisiminti, kaip ta atsikovota erdvė iš pradžių dar blankiai, vėliau vis ryškiau, iki *Klangfarbenmelodien*, radosi Claude Debussy, Arnoldo Schönbergo, Antono Weberno, Igorio Stravinskio, Edgard'o Varèse'o, Piere'o Boulezo kūryboje, ką jau kalbėti apie vėlesnius laikus ir elektroninę muziką. Iki XX a. vidurio klasikinė Helmholtzo tembro paradigma, paprasčiausiai siejanti tembrą su spektru, iš esmės atrodė pakankama. Regis, tiesiogiai ar netiesiogiai, ji turėjo poveikį ir kompozicinėms tembro koncepcijoms, muzikiniams-akustiniams eksperimentams. Apie 1960-uosius tembro tyrimai pagyvėjo; galima sakyti, tembro klausimų apimtis išsiplėtė į plotį ir į gylį, o atsakymai pasirodė nebe tokie trivialūs, kaip manyta iki tol.

Straipsnyje daugiausia dėmesio skiriama tembro suvokimo eksperimentams, koncepcijoms, teorijoms. Kaip tik tembro suvokimo dėsningumai, įvairialypis objektyviųjų garso savybių poveikis tembrui labiausiai domina muzikos psichologus ar bent jau yra platesnio diskurso apie tembrą pamatas. Šie tembro aspektai apžvelgiami ir įvairiuose muzikos psichologijos, muzikos akustikos vadovėliuose ir enciklopedijose (McAdams, 1996; McAdams and Giordano,

2009; Rasch and Plomp, 1999; Risset and Wessel, 1999; Rossing Moore and Wheeler, 2002; Thompson, 2009, ir kt.). Džiugu, kad psichologiniais tembro aspektais susidomėjo ir jaunieji Lietuvos muzikologai (Abramavičiūtė, 2009; Viļums, 2010).

Tembro sąvoka

Paprastai subjektyvusis garsas apibūdinamas keturiais pagrindiniais parametrais – garsiu¹, aukščiu, trukme ir tembru (1 pvz.). Tad prieš pradėdant gvildinti tembro fenomeną verta žinoti, kad tembras yra **subjektyvus**. Be abejo, tai nereiškia, kad tembrą suvokiame kaip nors labai skirtingai. Tai reiškia, kad tembras yra suvokimo padarinys. Trumpai tariant, gamtoje tembro nėra – jis yra žmogaus galvoje. Įsivaizduokime robotą, objektyviai „suvokiantį“ lygiai taip, kaip yra gamtoje. Toks robotas „girdi“ atskirų dažnių rinkinį, kintantį bėgant laikui, bet šios informacijos jis nesujungia į toną su tembru – tembro jis „negirdi“.

Pasaulinėje literatūroje jau kelis dešimtmečius įsigalėjęs ir dažniausiai cituojamas yra JAV nacionalinio standartų instituto (American National Standards Institute, toliau – ANSI) suformuluotas tembro apibrėžimas: tembras – tai „klausos pojūčio savybė, dėl kurios du vienodai pateiktus, tokio paties garsio ir aukščio² garsus klausytojas geba suvokti kaip skirtingus“ (ANSI, 1960, p. 45). Kitaip sakant, tai savybė, dėl kurios „klausytojas geba suvokti du garsus kaip

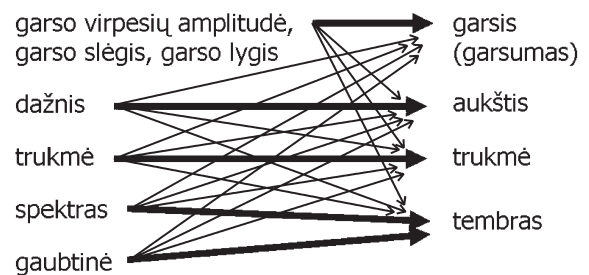
skirtingus, naudodamasis ne aukščio, garsio ar trukmės kriterijais“ (Pratt and Doak, 1976; cit. iš Rossing, Moore, and Wheeler, 2002, p. 135).

Vadinasi, tembro sąvoka yra **negatyvus** pobūdžio, konstruojama neiginio principu: tembras – tarsi tai, kas lieka atmetus garso aukštį, garsį ir trukmę; visa tai, kas *nėra* aukštis, garsis ir trukmė. „Tembras visada buvo įvairialypė kategorija, skirta aprašyti psichologinėms garso savybėms, surenkančioms į viena visa, kas liko išsiaiškinus garso aukštį, garsį ir trukmę“ (Dowling and Harwood, 1986, p. 63). Jeigu du vienodo garsio, aukščio ir trukmės garsai skamba vis dėlto skirtingai, jie skiriasi kaip tik tembru.

Gali kilti klausimas, kodėl tembras – viena iš keturių pagrindinių subjektyviųjų garso savybių – yra apibrėžiamas netiesiogiai ir taip sudėtingai, o kitos trys savybės apibūdinamos visai paprastai. Lengviausia atsakyti taip: tembras – **daugiamatis dydis**. „Psichologinės savybės, kurias aprėpia tembro sąvoka, išsidėsto daugiau negu vienoje psichologinėje dimensijoje; t. y. garsai nesiskiria tiesiog tembro kiekiu. Yra kelios fizikinės dimensijos, kisdamos jos lemia tembro pokyčius, sudėtingai sąveikaujančius tarpusavyje“ (Dowling and Harwood, 1986, p. 63). Palyginkime – garsio, aukščio ir trukmės požiūriu garsai paprasčiausiai skiriasi „kiekiu“, įvertinamu vienos dimensijos ašyje ir išreiškiamu tam tikrais vienetais: stipresni garsai – daugiau sonų, aukštesni – daugiau oktavų, pustoniu ar centų nuo atskaitos taško, ilgesni – daugiau sekundžių ir pan.³ Prie svarbios tembro daugiamatškumo problemos straipsnyje dar grįšime; ją aptarsime atskirai.

Metaforiškas tembro sąvokos atitikmuo, jos sinonimas – **garso kokybė** arba **spalva**⁴. Tokią sąvoką (*Klangfarbe*) vartojo ir Hermannas von Helmholtzas, žymus vokiečių mokslininkas, pirmąkart moksliai greta kitų muzikos suvokimo reiškinių tyrinėjęs ir tembrą. Garso kokybės sąvoka tarsi pabrėžiama, kad tembras – ne kiekybinė, neišmatuojama kategorija, jis atskiriamas nuo kitų (t. y. kiekybinių) garso parametrų. Garso spalvos sąvoka, regis, veda sinestezinių asociacijų link. Galima eiti dar toliau. Pavyzdžiui, koks apelsino tembras. Tikriausiai nesunkiai atspėsime, kad visai kitoks negu vanilės (Bronner *et al.*, 2012).

Seniau ne visada tembras užėmė deramą vietą tarp kitų garso parametrų. Pavyzdžiui, „apžvelgdamas „septynias svarbiausias“ tono savybes Edwinas G. Boringas išvardija garso aukštį, garsį, ryškumą, tūrį, vokalumą, tonalumą ir tankį. Keista, kad šiame sąraše nėra tembro, kartais dar vadinamo „muzikine kokybe““ (Saldanha and Corso, 1964, p. 2021; cit. iš Boring, 1942). Matome, kad iš tikrųjų šiame sąraše tembro kategorija suskyla į kelias kitas. Carlos E. Seashore'as (1938, p. 95) atskiria du „tono kokybės“ aspektus: „tembrą, t. y. vienalaikį pagrindinio tono ir obertonų išsiskyrimą ar susiliejimą, ir sonantiškumą⁵, t. y. [nėvienalaikį] nuoseklų kintančio tembro, aukščio ir stiprio išsiskyrimą ar susiliejimą tone kaip visumoje.“ Vadinasi, čia tembras nėra tapatinamas su garso kokybe, jis laikomas jos dalimi.



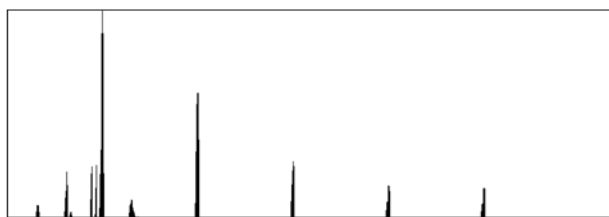
1 pvz. Objektvyieji ir subjektyvieji garso parametrai

Vis dėlto šiuo metu mokslinėje apyvartoje tembro sąvoka dažniausiai atitinka minėtą ANSI apibrėžimą. Rašau „dažniausiai“, nes yra įdomi papildoma konotacija. „Tembras dažnai apibrėžiamas kaip toji jutiminė savybė, leidžianti klausytojams atpažinti muzikos instrumento, sukeliančio toną, rūšį, t. y. ar tai kornetas, fleita, ar smuikas“ (Fletcher, 1934, p. 67). Taigi tembras čia – ne bendra abstrakcija, o specifinė **atpažinimo** kategorija. Prie šios konotacijos grįšime straipsnio pabaigoje.

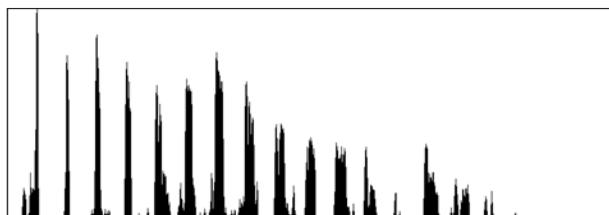
Tembras ir spektras

Hermannas von Helmholtzo koncepcija. Žinodami garso dažnį (objektyviojo garso parametą) nesunkiai galime nustatyti jo aukštį (subjektyviojo garso parametą; tiesa, tiksliai kalbant garso aukštis šiek tiek priklauso ir nuo kitų parametrų; žr. 1 pvz. rodyklėles). Panašiai yra garso stiprio ir trukmės atvejais. Tembro taip lengvai (žinant objektyviuosius parametrus) nustatyti nepavyksta – aišku, pirmiausia todėl, kad tembras apskritai nėra lengvai aprašomas. Vis dėlto ieškant ryšio tarp objektyviojo garso parametrų ir subjektyviojo tembro pastebimi paprasčiausi dėsningumai. Pirmiausia į akis krinta garso spektro įtaka tembrui. Dar Helmholtzas (1877) eksperimentuodamas priėjo prie tokių išvadų:

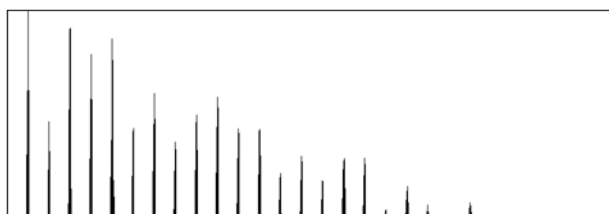
- Grynieji arba artimi jiems tonai pasižymi švelniu malonių tembru. Pavyzdžiai: kamertonas, iš dalies vargonai, fleitos aukštasis registras. Žemų dažnių gryniesiems tonams skamba niūriai („niūriai“, „bukai“)⁶ (2 pvz.).
- Muzikiniai tonai, kurių žemosios harmonikos – maždaug iki šeštosios – yra gana stiprios, skamba turtingiau ir muzikaliau negu gryniesiems tonams, bet išlieka „minkšti“ ar nešaižūs, jeigu tik nėra labai stiprių aukštesnių harmonikų. Pavyzdžiai: žmogaus balsas, fortepijonas, apskritai daugelis muzikos instrumentų (3 pvz.).
- Tonai, susidedantys tik iš kelių nelyginių harmonikų, skamba „tuščiai“. Jei tokių harmonikų yra daugiau, jie turi nosinį atspalvį. Pavyzdžiai: klarnetas, liežuvėliniai vargonų vamzdžiai⁷ (4 pvz.).
- Sudėtiniai tonai, kurių spektre išryškėja bent kelios gretimos ir intensyvios aukštos harmonikos, pradedant šeštąja ar septintąja, yra šaižūs, šiurkštūs (5 pvz.).



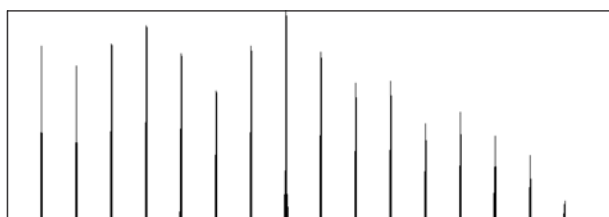
2 pvz. Fleitos g^3 garso spektras. Dažniai 0–10 kHz, dinaminis diapazonas 50 dB



3 pvz. Smuiko h^1 garso spektras. Parinktys kaip 2 pvz.



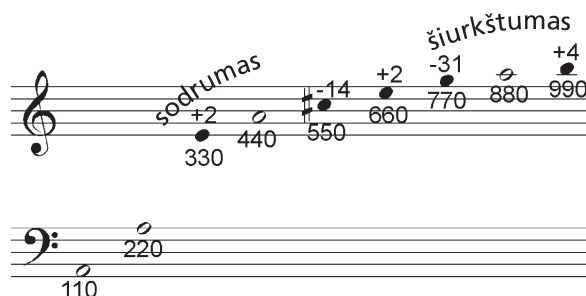
4 pvz. Klarneto f^1 garso spektras. Parinktys kaip 2 pvz. Kelios pirmosios nelyginės harmonikos gerokai intensyvesnės už gretimas lygines



5 pvz. Dūdmaišio solinės dūdelės $\sim d^2$ garso spektras. Parinktys kaip 2 pvz.

Pridurkime dar vieną akivaizdų dėsnį: kuo stipresnės aukštos harmonikos (kuo daugiau stiprių obertonų), tuo tembras šviesesnis. Kai kurias tembro sąsajas su spektru paaiškinti nėra sunku. Prisiminkime natūralųjį garsaėlį: kokie intervalai susidaro tarp šeštosios ir septintosios ar, pavyzdžiui, tarp devintosios ir dešimtosios harmonikų (6 pvz.)? Taigi toks sudėtinis tonas tarsi „disonuoja pats su savimi“. Ir priešingai, sudėtiniai tonai, kurių spektruose vyrauja žemosios harmonikos, „konsonuoja patys su savimi“. „Nosinį atspalvį“ turbūt galima paaiškinti asociacijomis su nosiniais priebalsiais ar nazalizuotais balsiais – esama tam tikrų šių kalbos garsų ir minėtų muzikos instrumentų spektrų panašumų (žr. toliau).

Tai, kad tembrui suvokti didelės reikšmės turi garso spektras, – svarbus Helmholtzo atradimas. Tačiau ir Helmholtzas, ir Seashore'as (1938), ir net kai kurie autoriai



6 pvz. Natūralusis garsaėlis (pagrindiniu tonu pasirinktas A). Apačioje – harmonikų dažniai Hz, viršuje – nuokrypiai nuo tolygiosios temperacijos centais. Schematiškai parodyta harmonikų sąskambių įtaka tembrui

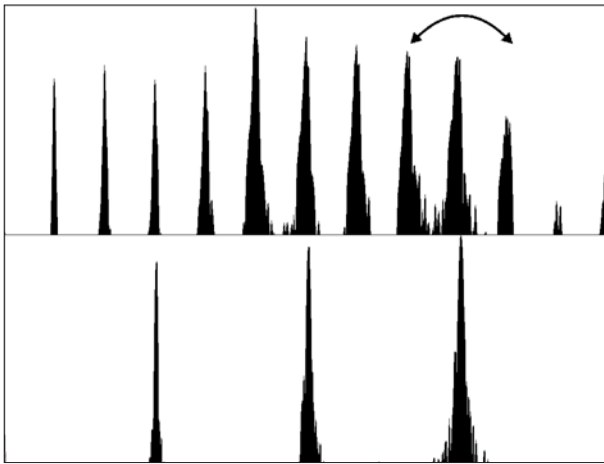
vėliau⁸ manė, kad tembras priklauso *tik* nuo spektro. Nors Helmholtzas ir „suprato, kad „tam tikros būdingos kai kurių instrumentų tonų savybės priklauso nuo to, kaip jie prasideda ir baigiasi“, jis tyrė tik „muzikinių tonų, kurie tęsiasi nekisdami, ypatumus“, laikydamas, kad kaip tik jie (tiksliau, pastovios spektro savybės) lemia „muzikinio tono kokybę““ (Risset and Wessel, 1999, p. 114).

Tokių pačių muzikos instrumentų (pavyzdžiui, įvairių fleitų ar įvairių smuikų) spektrai šiek tiek skiriasi, tačiau tie skirtumai nėra esminiai; galima nustatyti tam tikrus vidutinius instrumentų spektrus. Todėl manyta, kad tokių suvidurkintų spektrų skirtumai ir lemia tembrinius instrumentų skirtumus. Jeanas Claude'as Risset ir Davidas L. Wesselis apgailestauja, kad „tokio požiūriu iki šiol yra plačiai laikomasi: žinomuose šiuolaikiniuose veikaluose, kaip antai „Feynmanno fizikos paskaitos“, nėra net užuominos, kad be „santykinių įvairių harmonikų stiprumo“ galėtų būti ir kitų veiksnių, turinčių įtakos tono kokybei“ (Risset and Wessel, 1999, p. 115).

Kodėl tembras buvo iš esmės tapatinamas su spektru? Turbūt tai paaiškinama paprasta garso virpesių analize. Juk, atrodytų, garso virpesių amplitudė (tiksliau, efektyvusis garso slėgis; iš čia ir garso stipris ar lygis) lemia subjektyvaus garso stiprumo (garsio) suvokimą, o jų periodas (iš čia – ciklinis dažnis) – garso aukščio suvokimą. Norint išsamiai aprašyti garso virpesius dar trūksta virpesių formos. Vadinasi, paprastai sprendžiant, ji ir turėtų atitikti tai, kas liko, t. y. tembrą. Kita vertus, virpesių formos atitiktumu dažniniame atvaizde ir yra spektras.

Apibendrinkime. Jeigu visų garsų virpesiai būtų, pirma, periodiniai, antra, nekintantys (ar tik šiek tiek kintantys) nuo garso pradžios iki pabaigos, Helmholtzo spektro → tembro koncepcija būtų pakankama ir tinkama visais atvejais. Tačiau daugelis „gyvų“ garsų netenkina minėtų sąlygų, todėl tembro problema tampa kur kas sudėtingesnė.

Kritinės juostos vaidmuo. Minėtų tembro šiurkštumą kaip tam tikro spektro rezultatą galima paaiškinti ne tik „obertonų disonansu“, bet ir kritinės juostos⁹ reiškiniu. Tai suprantama – psichofizinis disonansas pagal Reiniero Plompo



7 pvz. Vyro (viršuje; aukštis C) ir moters (apačioje; aukštis g¹) balso spektro atkarpos. Dažniai 0–1,5 kHz, dinaminis diapazonas 50 dB. Pažymėta viena kritinė juosta

tonotopinę teoriją ir ją patvirtinančius eksperimentus yra susijęs su kritine juosta; stipriausias disonanso pojūtis sukeliamas esant apytiksliai ketvirčio kritinės juostos skirtumui tarp skambančių tonų (plačiau žr. Ambrazevičius, 2006).

Taigi tembro šiurkštumą lemia didelis gana intensyvių harmonikų kiekis vienoje kritinėje juostoje; kuo jos intensyvesnės ir kuo jų daugiau, tuo tembras šiurkštesnis. Šiuo dėsningumu Johanas Sundbergas aiškina atitinkamą vyrų ir moterų balsų tembrų skirtumą (1987, p. 109). Juk paprastai vyrų balsai yra žemesni – vadinasi, pagrindinis tonas žemesnis ir drauge harmonikų tinklas tankesnis. Kadangi kitais atžvilgiais balsų spektrai yra gana panašūs, tos pačios kritinės juostos vyro balso atveju apima daugiau harmonikų ir vyrų balsai skamba šiurkščiau (7 pvz.).

Įvertinus šiurkštumą, aprašyti tembrą kitais atžvilgiais galima eliminavus vidines spektro struktūras kritinėse juostose. Kitaip sakant, išskyrus šiurkštumo aspektą, nesvarbu, kiek ir kokius konkrečiai dalinius tonus apima atskiros kritinės juostos, svarbūs tik suminiai garso stipriai kritinėse juostose (Plomp, 1970). Taigi informacijos, turinčios įtakos pastovaus garso tembrui, yra mažiau, negu atrodytų iš pirmo žvilgsnio: pavyzdžiui, būtina žinoti ne kiekvienos sudėtinio tono harmonikos stiprį, bet kiekvienos kritinės juostos (dažnai apimančios ir daugiau harmonikų) suminį stiprį. Todėl tiriant psichoakustinius reiškinius dažnio ašį linkstama sugraduoti ne hercais, o barkais (vienas barkas atitinka kritinės juostos plotį; žr., pavyzdžiui, Zwicker and Fastl, 1999, p. 160; nuorodas Risset and Wessel, 1999, p. 116).

Taigi iš esmės persikeliamo iš reliatyviosios į absoliučiąją dažnių skalę ar bent jau tembro požiūriu šios skalės konkuruoja: svarbu ne (tik) kurios harmonikos yra stiprios ar silpnos, bet (ir) kurios kritinės juostos yra stiprios ar silpnos. Tačiau ar tai neprieštarauja Helmholtzo išvadoms apie tembro priklausomybę nuo tam tikrų harmonikų intensyvumo? Kadangi pradėdant ~500 Hz kritinės juostos

plotis skaičiuojant intervalais yra daugmaž pastovus (kitaip sakant, proporcingas dažniui), tai harmonikos kritinėse juostose pasiskirsto beveik vienodai – nepriklausomai nuo pagrindinio tono dažnio. Vadinasi, paprastai triant, fortepijono klaviatūros viduriui ir aukštesnei jos pusei Helmholtzo išvados apie reliatyvių dažnių įtaką tembrui beveik sutampa su vėlesnėmis išvadomis apie absoliučiąją dažnių įtaką tembrui. Tačiau žemų – ypač kontraktavos, subkontraktavos – garsų atveju Helmholtzo išvados turi būti pakoreguotos. Kai dažniai žemi, kritinė juosta skaičiuojant intervalais yra gerokai platesnė, todėl jau šeštoji, penktoji ar net žemesnės harmonikos sudaro disonuojančius sąskambius, tad tembras yra šiurkštesnis negu aukštesnių garsų, turinčių tokią pačią spektro gaubtinę. Beje, geras tokio reiškinio pavyzdys – jau minėtas vyrų ir moterų balsų skirtumas.

Tembras ir garso ataka

Nors Helmholtzas ir miglotai užsiminė apie „instrumentų tonų savybių priklausomybę nuo to, kaip jie prasideda ir baigiasi“, kaip jau minėta, tembrą jis siejo išimtinai su spektru. Tačiau nesunku įsitikinti, kad tembrui didelės įtakos turi ir garso gaubtinė. Tai įdomiai iliustruojama įrašo klausymo atbulai eksperimentu: juk jeigu gaubtinė neturėtų įtakos, sukant įrašą atgal skambesys nesikeistų, instrumentai būtų lengvai identifikuojami. Tačiau pabandykime pasiklausyti fortepijono įrašo atbulai. Toks paprastas eksperimentas pateikiamas klasikiniame akustinių demonstracijų rinkinyje (Houtsma, Rossing, and Wagenaars, 1987, demonstration 29). Johanno Sebastiano Bacho choralo natos perrašomos atbulai, toks preparuotas kūrinys atliekamas fortepijonu ir įrašomas. Garso įrašas atkuriamas vėl atbulai – nuo pabaigos iki pradžios. Taigi galima tikėtis, kad išgirsime originalią choralo versiją. Taip ir yra, bet vietoj fortepijono girdime kažkokį vargonų ar akordeono tipo instrumentą. Klausantis garso atbulai pakito ne spektras, o garso gaubtinė – apsikeitė vietomis ataka ir tilimas.

Muzikos instrumentų atpažinimo eksperimentai. Kad garso ataka turi didelės reikšmės muzikos instrumentų atpažinimui, jau pastebėjo Carlos Stumpf (1926). Tačiau dar ilgai turimų techninių galimybių nepakako greitiems vyksmams atakose tirti. Apie 1960-uosius naudojantis magnetinės juostos įrašymo ir atkūrimo galimybėmis imta gausiai eksperimentuoti tiriant tembro priklausomybę nuo garso gaubtinės ir pirmiausia nuo atakos.

Kennethas W. Bergeris (1964) atliko tokį nesudėtingą eksperimentą¹⁰: įrašė įvairių pučiamųjų instrumentų garsus, „nukirpo“ po pusę sekundės nuo garso pradžios ir pabaigos, tada paprašė klausytojų (trisdešimties profesionalių pūtikų) atspėti instrumentus. Nors obojų atspėjo dauguma (28), apie fleitos garsą buvo įvairiausių nuomonių (atpažino tik vienas respondentas), o altinį saksofoną identifiko keturi respondentai, bet vienuolika spėjo, kad tai valtorna (8 pvz.).

dirgiklis \ atsakas	atsakas										
	fleita	obojus	klarnetas	tenorinis saksofonas	altinis saksofonas	trimitas	kornetas	valtorna	baritonas	trombonas	neatsakė
fleita	1	2		1	6	5	4			4	7
obojus		28									2
klarnetas	1	1	20	4	3						1
tenorinis saksofonas			25	2	1						2
altinis saksofonas				3	4		1	11	5	5	1
trimitas	8				6	2	3	4	1	3	3
kornetas		1					12	15			2
valtorna	1			2	3			5	6	6	7
baritonas			1	1	2	3	2	4	7	3	7
trombonas	2	1		5	3			1	5	9	4

8 pvz. Preparuočių pučiamųjų instrumentų tonų (be pradžios ir pabaigos 0,5 s) vertinimai (Berger, 1964, p. 1890)

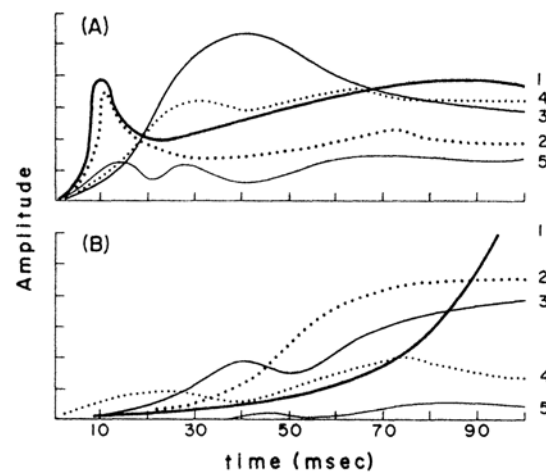
Melville'is Clarkas ir kiti (1963) taip pat nustatė, kad ilga stacionari fazė neturi reikšmės instrumentui atpažinti – jau išgirdus pirmąsias 60 garso milisekundžių instrumento atspėjimo tikimybė yra gana didelė. Tačiau pašalinus ataką atpažįstamumas gerokai suprastėja. E. L. Saldanha ir Johnas F. Corso (1964) eksperimentavo su dešimties įvairių instrumentų tonų atkarpomis. Panašiai kaip ir Clarkas su kolegomis, jie nustatė, kad „geriausia identifikacija yra pasiekama, kai [klausytojui] pateikiama pradinė [garso] dalis ir trumpa stacionari atkarpa. Prasčiausia identifikacija gaunama, kai pateikiama tik trumpa stacionari atkarpa arba kartu su galine tono atkarpa. Taigi galima teigti, kad tono pradžia turi tam tikrų savybių, padedančių atskirti [instrumentą], o tono nutraukimas identifikacijai neturi jokios reikšmės“ (Saldanha and Corso, 1964, p. 2024). Prie išvadų apie atakos reikšmę priėjo ir kiti mokslininkai (pavyzdžiui, Young, 1960; Schaeffer, 1966).

Analogiški rezultatai gaunami tembrų panašumo tyrimo eksperimentais. Pavyzdžiui, pastebėta tendencija, kad tonai, kurių atakos aiškiai skiriasi, o stacionariosios fazės spektrai panašūs, supanašėja, kai atakos pašalinamos. Ir atvirkščiai, jeigu atakos panašios, o spektrai skirtingi, pašalinus atakas, tonai skamba skirtingiau (Wedin and Goude, 1972). Šiuo požiūriu įdomus yra trimito ir smuiko pavyzdys. Jų spektrai gana panašūs, o atakos labai skiriasi. Taigi turbūt todėl pašalinus atakas šiedu instrumentai painiojami (Saldanha and Corso, 1964). Tuo labiau pašalinus atakas supanašėtų trimitas ir obojus, valtorna ir saksofonas (Rossing, Moore, and Wheeler, 2002, p. 140).

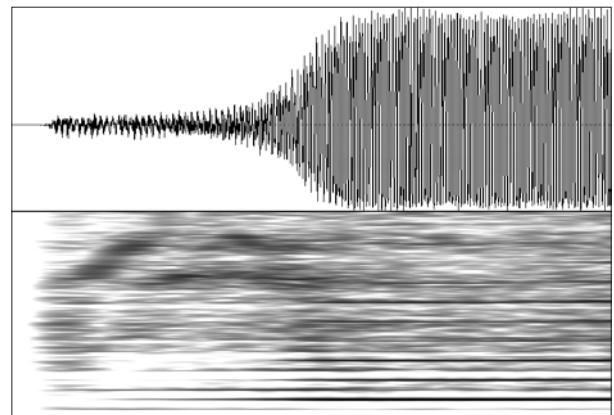
Atakų įvairovė. Psichoakustiniu požiūriu reikšmingos yra kelios atakų savybės. Pirmiausia minėtina atakos trukmė, t. y. laiko tarpas, per kurį virpesių amplitudė pasiekia maksimumą¹¹. Jei atakos trukmė neviršija 20–30 ms, suvokiama, kad garso ataka „kieta“. Ilgesnė negu 50–60 ms ataka laikoma „minkšta“. Antra, atakoje gali būti stipresnis ar silpnesnis triukšmo komponentas; dažnai kitoks negu stacionariojoje fazėje. Tuo paprastai skiriasi fleitos ir frikciniai styginiai nuo varinių pučiamųjų. Ataka gali turėti tam tikrą vidinę „struktūrą“ – įvairūs jos komponentai gali kisti nevienodai (9 pvz.).

Visa tai turi įtakos tembro suvokimui. Pavyzdžiui, „nukirpus“ ilgą „minkštą“ ataką suvokiama, kad ji „kieta“; toks

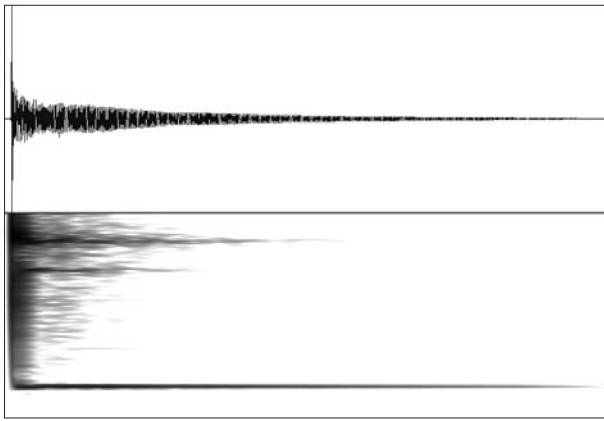
garsas gerokai skiriasi nuo originalaus natūralaus (10 pvz.). Ksilofono ataka yra „kieta“ (11 pvz.). „Nukirpus“ ją iš pirmo žvilgsnio tembras neturėtų pastebimai pakisti, nes juk ataka tampa tik „dar kietesnė“ (jos trukmė nulinė). Tačiau ksilofono atakos spektras pasižymi trumpų pereinamųjų procesų sukeltu triukšmu, kurio nėra vėlesnėje garso fazėje (iš esmės joje ilgai lieka tik pagrindinis tonas). Taigi „nukirpus“



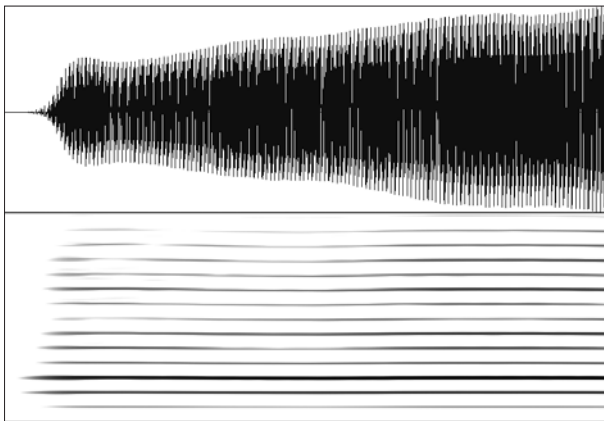
9 pvz. Tipiškos trimito (A, „kieta“) ir smuiko (B, „minkšta“) tonų atakos. Parodytas pirmųjų penkių harmonikų amplitudžių kitimas (Winckel, 1967; pagal Dowling and Harwood, 1986, p. 70)



10 pvz. Fleitos e² garso oscilograma (viršuje) ir spektrograma (apačioje). Laiko atkarpa 0,3 s, dažniai 0–7 kHz



11 pvz. Ksilofono dis³ garso oscilograma ir spektrograma. Parinktys kaip 10 pvz.



12 pvz. Obojaus h¹ garso oscilograma ir spektrograma. Parinktys kaip 10 pvz.

ataką dingsta būdingas ksilofonui „žymuo“, toks garsas visai nebepanašus į ksilofono. Tačiau „nukirpus“ trumpą ataką, spektro požiūriu nedaug tesiskiriančią nuo stacionariosios fazės, suvokimo rezultatas beveik nesikeičia (12 pvz.). Todėl obojaus, klarneto, fagoto, tūbos ar trimito tembrui didesnės reikšmės turi stacionariosios fazės spektras, fleitos tembrui – ataka, o valtornos bei trombono atveju ir spektras, ir ataka yra daugmaž vienodai reikšmingi (Strong and Clark, 1967).

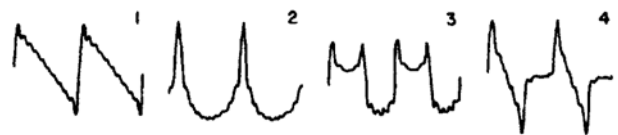
Atakų trukmės skirtumai lemia tam tikrus orkestruotės skirtumus. Kadangi smuiko garso ataka yra minkšta, smuikų grupės synchronizavimo problema iš esmės neegzistuoja; paprastai tariant, smuikininkams tarsi nesunku pradėti natą tiksliai vienu metu. Tačiau iš tikrųjų objektyviai palyginus jų individualius garso įrašus paaiškėtų, kad garsų pradžios gerokai nesutampa. O synchronizuoti trimitų, valtornų ar klarnetų grupę yra kur kas sunkiau – dėl santykinai trumpų „kietų“ atakų klausytojas aiškiai pastebi gana menkus atakų prasilenkimus. Tai viena iš priežasčių, kodėl tipišrame orkestre yra daugiau styginių ir mažiau pučiamųjų (Dowling and Harwood, 1986, p. 69–70).

Tembras ir kiti objektyvieji garso parametrai

Fazė. Aptardami garso virpesių parametrus „pamiršome“ fazę. Juk tiksliai aprašant virpesius reikia dar duomenų apie visų spektro komponentų fazes (fazių skirtumus). Tačiau dar Helmholtzas nustatė, kad „tono muzikinės kokybės skirtumai priklauso vien tik nuo dalinių tonų buvimo ir stiprumo ir jokiais atžvilgiais – nuo fazės skirtumų, atsirandančių tiems daliniams tonams susidedant“ (Helmholtz, 1877). Tiesa, matavimams naudojęs kamertonus ir savitų rezonatorių (dabar vadinamų Helmholtzo rezonatoriais) rinkinį, jis negalėjo išsamiai stebėti fazinių pokyčių. Vis dėlto ši Helmholtzo išvada lieka beveik neginčijama iki šiol: tembro suvokimas iš esmės nepriklauso nuo fazės aspekto¹². Ausis apskritai yra „kurčia fazei“, fazė neturi ryškesnės įtakos jokiems suvokiamiems garso parametrams. Kadangi sumuojant dalinius tonus su įvairiomis fazėmis galima gauti be galo daug bangformių (13 pvz.), įvairios bangformės atitinka tą patį tembrą.

Dažnis ir stipris. Skirtingai negu fazė, garso stipris ir ypač dažnis yra gana reikšmingi suvokiant tembrą (žr. tai vaizduojančias plonas 1 pvz. rodyklėles). Dar Harvey'us Fletcheris (1934, p. 68) pastebėjo, kad „dideli garsumo ar aukščio pokyčiai, net ir nekintant obertonų struktūroms, taip pat lemia tembro pokyčius“. Klasikinį negatyvųjį tembro apibrėžimą ANSI (1960) papildė komentaru, kad „tembras priklauso pirmiausia nuo dirgiklio spektro, bet taip pat ir nuo bangformės, garso slėgio, spektro dažninės padėties ir dirgiklio laikinių charakteristikų“. Risset ir Wesselis (1999, p. 115), cituodami Wolfgangą Köhlerį (1915) ir Stumpfą (1926), atkreipia dėmesį, kad „net sinusinės bangos kokybė kinta nuo žemosios iki aukštosios muzikinio diapazono ribos“. Plompas (1976) pabrėžia, kad „žemų dažnių [grynijei] tonai iš tiesų skamba niūriai, aukštų – aštriai“. Prisiminkime: jau aprašydami Helmholtzo išvadas apie spektro įtaką tembrui minėjome, kad gryojo tono tembras priklauso nuo dažnio¹³.

Tembro priklausomybę nuo garso stiprio¹⁴ galima paaiškinti taip. Pirma, dėl nevienodo klausos jautrumo įvairiems dažniams proporcingai stiprinant ar silpninant visą spektrą subjektyvusis spektras (jo komponentų subjektyvieji garsiai) vis dėlto kinta neproporcingai. Tai iliustruojama ir „ekvalaizerio efektu“: pavyzdžiui, proporcingai susilpninus visas subalansuoto tembro harmonikas jis pakis – aukštieji ir ypač



13 pvz. Keturios bangformės, atitinkančios tą patį (amplitudės) spektrą, bet nevienodus spektro komponentų fazių skirtumus; šie tonai skamba labai panašiai (Plomp, 1976; pagal Risset and Wessel, 1999, p. 115)

žemieji dažniai atrodys per silpni. Antra, kai garsas labai stiprus, dėl periferinės klausos (psichoakustinių vyksmų ausyje) netiesiškumą atsiranda subjektyviosios klausos harmonikos. Kitaip sakant, net grynasis tonas, jeigu jis yra gana stiprus, iki vidinės ausies sraigės ateina jau pakitęs – papildęs (nors ir nestipriomis) subjektyviosiomis harmonikomis (pavyzdžiui, Rossing, Moore, and Wheeler, 2002, p. 160). Todėl tembras pašviesėja. Stiprių pirminių tonų sąskambiai ausyje sukuria kombinacinius tonus (ten pat, p. 157–159), taip pat prisidedančius formuojant tembrą.

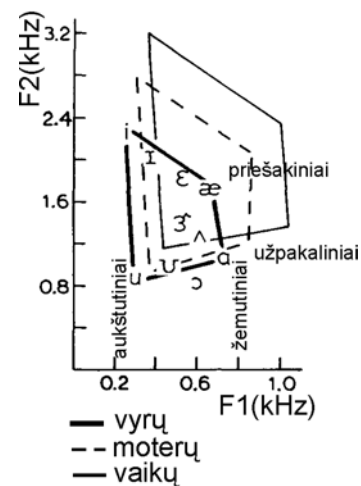
Vibrato. Kartais vibrato, t. y. reguliarus, artimas sinusiniam garso aukščio kitimas, paprastai apie 5–7 ciklus per sekundę, net laikomas vienu iš tembro požymių. Tačiau Albertas S. Bregmanas (1990) šiek tiek ironiškai pastebi, kad „kai garso ypatybė, kaip antai vibrato, gali būti išgaunama įvairiais instrumentais, tokiai ypatybei linkstama suteikti savitą žymenį ir jos nebegalima išmesti į bevarde „tembro“ šiukšliadėžę“.

Kad ir kaip būtų, vibrato vis dėlto turi tam tikros reikšmės tembro suvokimui. Dar Wilmeris T. Bartholomew (1945, p. 18–19) spėjo, kad vibrato ir neharmoniniai daliniai tonai gali padėti identifikuojant muzikos instrumentus. Vibrato ar kitokie neryškūs pagrindinio tono (ir drauge visų harmonikų) dažnių kitimai lemia pamatinius klausos reiškinius. Girdint idealiai pastovius dirbtinius tonus be vibrato klausia sėkmingiau analizuoja garsą, t. y. pasireikia **analitinės klausos** tendencija, linkstama girdėti atskiras harmonikas. Kai atsiranda vibrato, harmonikos „susiklijuoja“ į nedalomą garso suvokinį – reiškiasi įprasta **sintetinės klausos** tendencija (pavyzdžiui, Rossing, Moore, and Wheeler, 2002, p. 142–143). Jeigu įprastam garsui būdingas vibrato (kaip antai vakarietiško akademiniui vokalui), tai manipuluojant vibrato parametrais smarkiai kinta garso natūralumo, taigi ir tembro, pojūtis (Chowning *et al.*, 1982) ir muzikos instrumentų atpažįstamumas (Saldanha and Corso, 1964, p. 2021).

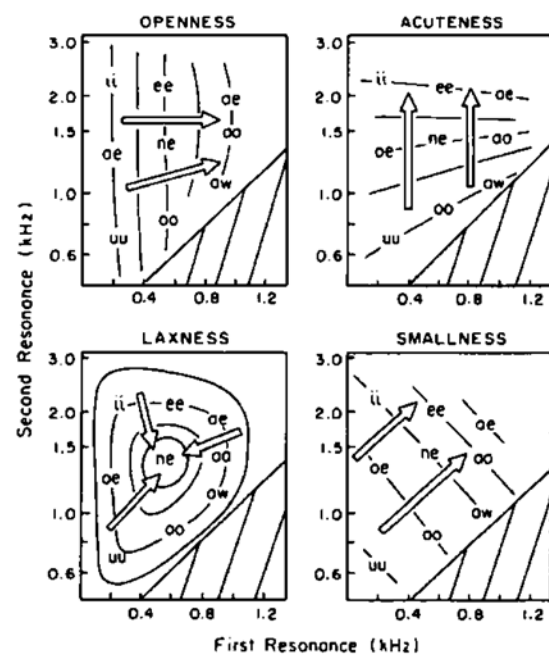
Fonetinis tembras. Formantės

Kalba. Pritaikykime ANSI tembro apibrėžimą kalbos garsams. Pavyzdžiui, vienodai stipriai, vienodu aukščiu ištariami vienodos trukmės balsiai *a* ir *i*. Pagal tembro apibrėžimą išeitų, kad jis tiesiog sutapatinamas su fonetine kokybe – įvairūs balsiai skiriasi pirmaisia tembru. Vadinasi, skiriasi įvairių balsių spektrai. Dabar prieiname prie svarbaus teiginio: konkretaus balsio spektre intensyvia yra ne tam tikros (pastovios) harmonikos, o tam tikros dažnių juostos. Kitaip sakant, tarant tą patį balsį kitokiu aukščiu spektre išryškėja vis kitos harmonikos, patenkančios į stabilias, nepriklausančias nuo pagrindinio tono dažnių juostas. Tos juostos, tiksliau, balso tako rezonansai, vadinami **formantėmis**. Paprastai balsas turi apie penkias formantes. Tačiau gerai žinomas ir akustinėje fonetikoje jau seniai taikomas

faktas, kad balsio fonetinę kokybę lemia tik pirmųjų dviejų formančių dažniai. Jeigu du žmonės bet koku aukščiu taria idealiai vienodus balsius, jų balso spektrų pradžia yra vienoda – pirmųjų dviejų formančių dažniai sutampa (vėliau šį teiginį šiek tiek patikslinsime)¹⁵. Vadinasi, visą balsyną galima pavaizduoti dviem dimensijomis – **F1-F2 diagrama** plokštumoje (14 pvz.). Taigi galime sakyti, kad fonetinis tembras yra dvimatis: F1 atspindi balso pakilimą, F2 – eilę (priešakinės ar užpakalinės eilės balsis). Tačiau subjektyviųjų fonetinio tembro dimensijų turbūt yra šiek tiek daugiau. A. Wayne Slawsonas mini tris tokias „garso spalvos“ dimensijas – atvirumą, aštrumą (angl. *acuteness*) ir (ne)įtemptumą (angl. *laxness*)¹⁶ (15 pvz.)¹⁷.



14 pvz. F1-F2 diagrama (pagal Kent and Read, 2002, p. 106)



15 pvz. A. W. Slawsono fonetinio tembro dimensijos (1985, p. 55). Pažymėtos jų izolinijos F1-F2 plokštumoje¹⁸

Vis dėlto fonetiniam tembrui įtakos (nors ir nedidelės) turi ir balso aukštis. Kad per oktavą besiskiriančių balsų fonetinis tembras būtų vienodas (tiksliau, kuo vienodesnis), aukštesnio balso F1 ir F2 dažnis turi būti apie 10 proc. aukštesnis (Slawson, 1968, p. 87). Kitur minima 15 proc. reikšmė: jei sintezuojamas „vyro balsu ištartas balsis, visų dalinių tonų dažniai padvigubinami, o formančių dažniai padidinami 15 proc., gaunamas tiksliai tas pats balsis, ištartas natūraliai skambančiu moters balsu“ (Houtsma). Šį faktą iliustruoja ir vyrų bei moterų F1-F2 diagramos; vaikų balsų formančių dažniai dar aukštesni (14 pvz.). Kad ir kokie būtų procentiniai formančių dažnių kitimo įverčiai, jie vis tiek yra nedideli, palyginti su pagrindinio tono dažnio kitimu.

Priebalsių akustinė fonetika yra kur kas sudėtingesnė ir įvairesnė ir čia ją aptardami per daug išsiplėstume. Pakaks tik apibendrintai paminėti, kad priebalsių fonetinį tembrą – jų fonetinę kokybę – taip pat lemia spektro ir atakos požymiai. Pavyzdžiui, aukštesni triukšmo dažniai asocijuojasi su priebalsiu *s*, žemesni – su *š*; trumpa ataka ir viso priebalsio trukmė – su sprogstamuoju priebalsiu, ilga – su pučiamuoju. Jei įrašysime skiemenį, prasidedantį priebalsiu *š*, ir nuosekliai nuo pradžios tą priebalsį trumpinsime, girdėsime *š* laipsniškai kintant iki *č* ir *t*.

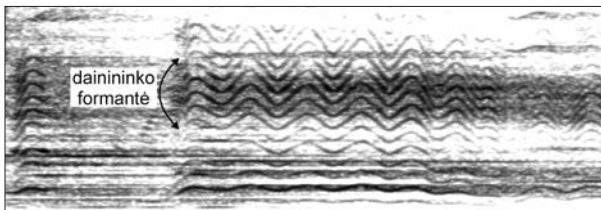
Dainavimas. Akustinės savybės, lemiančios kalbančio ir dainuojančio balso tembrą, yra iš esmės tokios pačios. Tačiau pažymėtini keli skirtumai. Turbūt svarbiausias iš

jų – papildoma apie 3 kHz ar šiek tiek žemesnio dažnio **dainininko formantė**²⁰ (angl. *singer's formant*). Ji susidaro nuleidus gerklas ir suformavus virš jų tarsi papildomą rezonatorėlį, kurio rezonansas ir yra dainininko formantė²¹. Dėl šios gana aukšto dažnio formantės labai sustiprėja atitinkamos harmonikos (16 pvz.), todėl balso tembras įgyja tarsi metalinio žvilgesio atspalvį, „projektavimo“ savybę. Pagrindinė tokio tembro paskirtis paaiškėja palyginus orkestro ir solisto spektrus (17 pvz.). Pasirodo, kad 2–3 kHz juostoje vieno dainininko balsas yra net stipresnis už visą orkestrą! Tai leidžia dainininkui išsiskirti iš orkestro – būti girdimam ir, aišku, gerai girdėti save (Sundberg, 1987, p. 117–124).

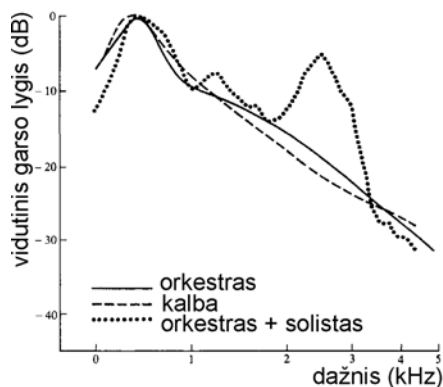
Pažymėtina, kad įvairių muzikinių kultūrų, įvairios stilištos vokalinėje technikoje dainininko formantė yra ryški nevienodai. Pavyzdžiui, vokalistai, turintys ir solinio, ir chorinio dainavimo patirties, keičia balso tembrą pritaikydami prie vienokio ar kitokio dainavimo reikalavimų: solinio vokalo dainininko formantė yra gerokai ryškesnė negu chorinio (Rossing and Sundberg, 1984).

Muzikos instrumentų formantės. Formantės sąvoka vartojama pirmiausia fonetinėje akustikoje. Tačiau dažnai muzikos instrumentų garsų spektruose taip pat išryškėja santykinai stabilios intensyvios dažnių juostos. Jas lemia analogiškos priežastys kaip ir panašias juostas balso spektre (pavyzdžiui, styginio instrumento korpuso rezonansai – kaip balso tako rezonansai-formantės) arba ir kitokios priežastys (sakykime, poveikio stygai vieta). Todėl kartais muzikos instrumento rezonansus taip pat linkstama vadinti formantėmis.

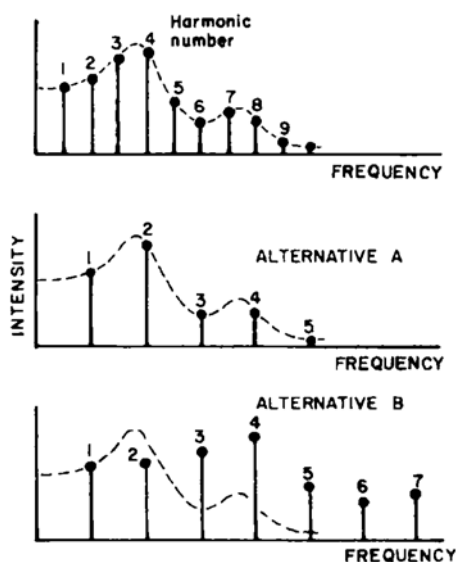
Apibendrinami tai, kas straipsnyje sakyta apie fiksuotą dažnio juostų svarbą tembrui, ir pritaikę formantės sąvoką, galime suformuluoti esminį „**formančių teorijos**“ teiginį: „būdingą muzikos instrumento tembro kokybę lemia santykinis dalinių tonų, patenkančių į fiksuotą ar santykinai fiksuotą muzikinės skalės²² regioną“ (Bartholomew, 1945, p. 17). Ši teorija laikoma „**klasikinės teorijos**“, siejančios tembrą su fiksuotu harmonikų intensyvumu, alternatyva ar papildiniu (Saldanha and Corso, 1964, p. 2021–2022). Klausimas, kuri teorija geriau atspindi tikrovę, dar muzikos psichologijos mokslo pradžioje peraugo į Helmholtzo ir jo oponentų ginčą (Winckel, 1967, p. 13). Šį ginčą galima išspręsti tokiu eksperimentu. Garso pavyzdį modifikuojame dviem būdais: paaukštiname per oktavą, bet paliekame tą pačią absoliučiąją arba reliatyviąją spektro gaubtinę (18 pvz.). Kitaip sakant, pirmuoju atveju harmonikų stipriai kinta, bet intensyvios dažnių juostos – ne. Antruoju atveju, atvirksčiai, harmonikų stipriai išlieka nepakitę, todėl intensyvios dažnių juostos „išsitempia“ aukštų dažnių link. Ginčas išspręstas „**formančių teorijos** naudai“: pirmuoju atveju tembras lieka nepakitęs ar beveik nepakitęs, antruoju atveju tembro pokytis labai ryškus (Risset and Wessel, 1999, p. 115–116).



16 pvz. Dainininko formantės pavyzdys. Laiko atkarpa 2 s, dažniai 0–5 kHz¹⁹



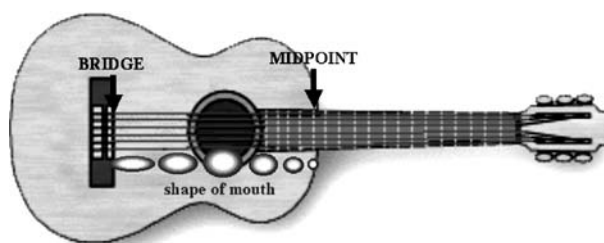
17 pvz. Dainininko formantės iliustracija (pagal Sundberg, 1987, p. 123). Pavaizduoti kalbančio dainininko, orkestro ir dainininko kartu su orkestru ilgalaikiai spektrai (angl. *LTAS – Long-Term-Average-Spectra*)



18 pvz. Spektras ir dvi jo modifikacijos. Pirmuoju atveju (*Alternative A*) tembras pakinta tik šiek tiek, antruoju (*Alternative B*) – gerokai smarkiau (Risset and Wessel, 1999, p. 116)

Išsiaiškinus, kad formantės turi lemiamos įtakos tembrui, toliau galima panagrinėti, kaip konkrečiai tembras priklauso nuo įvairių spektro juostų. Pirmiausia pažymėtina, kad kuo aukštesnis vidutinis spektro dažnis (vadinamasis spektro centroidas), tuo šviesesnis ir aštresnis tembras (Zwicker and Fastl, 1999, p. 239–241; Risset and Wessel, 1999, p. 115)²³. Labai žemi dažniai labiau jaučiami negu girdimi, apie 100 Hz suteikia tembrui pilnumo, aukštesni – gausmo, per stiprios dar aukštesnių dažnių formantės gali paversti garsą „vamzdiniu“ ar „skardiniu“, apie 2–6 kHz suteikia „konkretumo“, aiškumo, tikslumo, aukštesni dažniai – šviesumo, šaižumo (Risset and Wessel, 1999, p. 115 ir kt.).

Instrumentinių garsų fonetinės asociacijos. Jeigu muzikos instrumento formančių dažniai daugmaž atitinka (bent jau) pirmųjų dviejų balso formančių dažnius, natūralu tikėtis, kad tokie instrumentiniai garsai sukels atitinkamų kalbos garsų asociacijas. Net įvairių dažnių gryniesi tonai asocijuojasi (nors ir nesmarkiai) su įvairiais balsiais (Plomp, 1976) – galime nesunkiai įsitikinti, kad žemų dažnių grynųjų tonų skambesys primena *u* ar *o*, aukštų – *i*. Gitaros stygą užgaunant įvairiose vietose sukeliama garsai, kurių spektras yra tarsi paveiktas „šukų filtro“, o „formantės“ šiek tiek panašios į įvairių balsių formantes. Tokie garsai sukelia neryškias įvairių balsių asociacijas (19 pvz.). Turbūt ir mes patys, remdamiesi savo audialine patirtimi, galime teigti, kad užgaunant stygą arčiau tiltelio ji skamba plokščiau (panašu į balsį *i*), toliau nuo jo – apvaliau (panašiau į *o*, *u*). Onomatopėjines imitacijas taip pat logiška aiškinti spektrų, garso gaubtinių fonetinėmis analogijomis (žr., pavyzdžiui, apie tablos garsų onomatopėjinius atitikmenis (Patel and

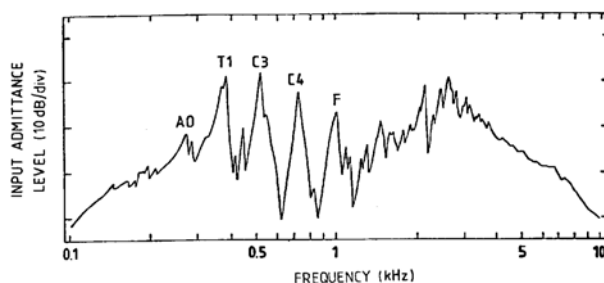


19 pvz. Fonetika (pagal burnos formą), asocijuojama su gitaros stygos užgavimo vieta (Traube and Depalle, p. 3)

Iversen, 2003), varpų pamėgdžiojimus (Ambrazevičius and Balsienė, 2010, ir kt.)). Dar vienas geras pavyzdys – jau seniai naudojamas elektrinių gitarų „vau-vau“ efektas. Jo esmė paprasta: garsai filtruojami pereinant nuo išryškintų aukštesnių prie žemesnių dažnių. Prisiminkime, kad aukšti abiejų pirmųjų balso formančių dažniai būdingi balsiui *a*, žemi – *u*. Todėl laipsniškai keičiant dažnių filtro padėtį girdimas dvibalsis *au*.

Nosinių priebalsių spektrui būdingos ne tik formantės, bet ir antiformantės – paprastai tariant, tam tikri spektro „plyšiai“ ar „duobės“ (pavyzdžiui, Kent and Read, 2002, p. 43–45). Į jas patenkančios harmonikos yra labai silpnos. Jeigu muzikos instrumento spektras taip pat turi „plyšių“, toks garsas dėl asociacijų su fonetika turi nosinį atspalvį – panašus į nosinį priebalsį ar nazalizuotą balsį.

Jokia naujiena, kad kai kurių muzikos instrumentų tembras, ypač eksperimentiškai preparavus jų garsus, apskritai panašus į žmogaus balsą; apie tai straipsnyje jau užsiminta. Šiuo požiūriu ypač tinkamas yra smuiko, pasižyminčio net tam tikru „kantileniškumu“, pavyzdys. Jeigu atidžiau panagrinėsime smuiko akustiką, pastebėsime, kad jo korpusas turi kelis ryškius žemesnių dažnių (iki ~2 kHz) rezonansus, o apie 3 kHz ar aukščiau matyti dar vienas platus rezonansas, turbūt lemiamas atramėlės (tiltelio) (20 pvz.). Visa tai stebėtinai panašu į žmogaus balso žemąsias ir dainininko formantes. Taigi nors smuiko ir žmogaus balso savybės lemia visiškai skirtingos priežastys, tos savybės yra nelauktai (o gal kaip tik intuityviai to siekiant) panašios. Todėl smuikas ir „dainuoja“.



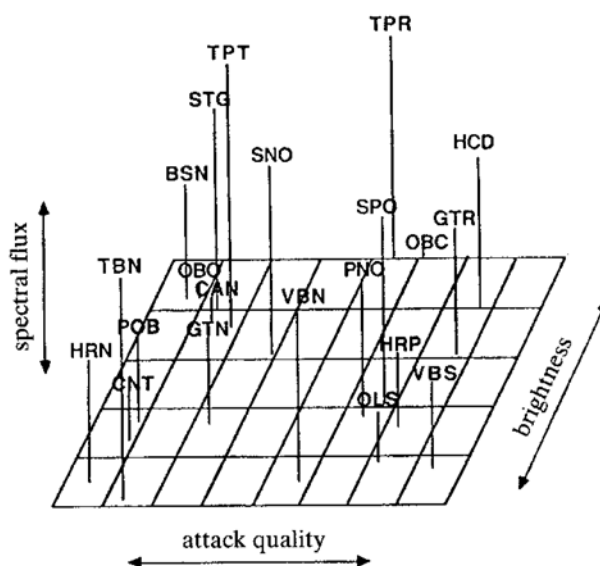
20 pvz. Andrea Guarneri smuiko rezonansų kreivė (Alonso Moral and Jansson, 1982, p. 63)

susijusi su stacionariosios fazės spektro gaubtine ir atitinka tembro ryškumą (vertikalią ašį 21 pvz.; ryškesnis tembras žemiau). Šią dimensiją galima vadinti tiesiog „ryškumu“ (angl. *brightness*). Joje atsiskiria valtorna ir violončelė *sul tasto* (siauros žemų dažnių juostos – tembras ne toks ryškus) nuo obojaus ir trombono su dulsikliu (santykinai stipresni aukšti dažniai – tembras ryškesnis). Antroji dimensija susijusi su spektriniu sinchroniškumu, spektro pastovumu, t. y. su tuo, kaip sutartinai kinta harmonikų stipriai, ypač atakoje, taip pat ir vėliau. 21 pvz. antrąją dimensiją atitinka ašis iš kairės į dešinę; tikslesnė sinchronizacija kairiau. Šiai dimensijai prigijo „spektro kaitos“ (ar net „spektrotakos“; angl. *spectral flux*) terminas. Joje aiškiai atsiskiria pučiamieji su viengubu liežuvėliu (klarnetai, saksofonai; harmonikos atakoje sinchronizuotos) nuo kitų instrumentų (pavyzdžiui, fleitos, violončelės; harmonikos santykinai nesinchronizuotos). Paskutinė trečioji dimensija rodo aukšto dažnio triukšmo komponentą atakoje (ašis, apytikriai statmena lapo plokštumai 21 pvz.; daugiau triukšmo atakoje – arčiau). Trečiąją dimensiją galima vadinti „atakos kokybe“. Ji atskiria instrumentus, kurių garsai pasižymi triukšmu atakoje (kaip antai fleita, violončelė, klarnetai) nuo kitų (varinių pučiamųjų, fagoto, anglų ragų).

Iš pirmo žvilgsnio atrodytų, kad muzikos instrumentai tembro erdvėje turėtų susigrupuoti pagal šeimas. Tačiau taip yra tik iš dalies. Pavyzdžiui, fleita ir fagotas yra aiškiai atsiskyrę nuo kitų medinių pučiamųjų. Suprantama – juk instrumentų išsidėstymą tembro erdvėje lemia ne jų klasifikacija, o garsų tembrinės savybės (Grey and Gordon, 1978, p. 1499).

Tembro suvokimo eksperimentų rezultatus Grey'us ir Johnas W. Gordonas pabandė patikrinti savitu būdu: jie preparavo instrumentų garsus apkeisdami jų atakas – vienu instrumentų garsų atakas prijungė prie kitų instrumentų garsų stacionariųjų fazių. Atlikus suvokimo eksperimentą su tokiais dirbtiniais garsais paaiškėjo, kad pakito ir instrumentų išsidėstymas tembro erdvėje, bet tie pokyčiai daugmaž atitiko pakeistus elementus. Kitaip sakant, jeigu pakeičiama garso stacionarioji fazė, o ataka paliekama tokia pati, pakinta ryškumo dimensijos (reprezentuojančios stacionariąją fazę) reikšmė, o kitų dviejų (daugiausia atakos) dimensijų reikšmės lieka beveik nepakitusios. Tai tik patvirtino, kad nustatytos trys tembro dimensijos yra nepriklausomos (Grey and Gordon, 1978; Gordon and Grey, 1978; pagal Dowling and Harwood, 1986, p. 77–78).

Taigi tembras – apytiksliai trimatis dydis, jam aprašyti iš esmės pakanka trijų matavimų tembro erdvės. Vis dėlto vėlesniais tyrimais nustatyta, kad tokį tembro modelį dar reikėtų patikslinti bent jau tam tikrais trijose dimensijose neišsitenkančiais kai kurių muzikos instrumentų tembrų niuansais, kurie apibendrintai pavadinti „specifiškumais“ (angl. *specificities*). Tokių „specifiškumų“ pavyzdžiai – savitas klarneto skambesys dėl nelyginių harmonikų vyrovimo²⁶,



22 pvz. Trijų dimensijų tembro erdvė (Krumhansl, 1989; pagal McAdams and Cunibile, 1992, p. 384). BSN – fagotas, CAN – anglų ragas, CNT – klarnetas, GTN – gitarinetas (GTR/CNT), GTR – gitara, HCD – klavesinas, HRN – valtorna, HRP – arfa, OBC – obosinas (OBO/HCD), OBO – obojus, OLS – obolesta (OBO/čelesta), PNO – fortepijonas, POB – griežiamas fortepijonas, SNO – stygonas (STG/PNO), SPO – *sempluotas* fortepijonas, STG – styginis, TBN – trombonas, TPR – trimitara (TPT/GTR), TPT – trimitas, VBN – vibronas (VBS/TBN), VBS – vibrafonas

savita klavesino garso pabaiga. Iš 21 instrumento, kurių tembrus MDS metodu tyrinėjo Carol L. Krumhansl (1989), aštuoni pasirodė turį tokių „specifiškumų“. Beje, Krumhansl tyrimams naudojo sintetinius muzikos instrumentų tonus, įskaitant ir įvairius dirbtinius jų junginius (22 pvz.).

Apskritai MDS metodu grindžiamais tyrimais konstruojamos tembrinės erdvės šiek tiek įvairuoja. Būta ir dvimačių tembro modelių (ypač pirmuosiuose MDS darbuose), ir keturmačių. Įvairių autorių siūlomos dimensijos, jų „deskriptoriai“²⁷ ir ypač jų reikšmingumo eilė šiek tiek skiriasi (Marozeau *et al.*, 2003, p. 2946), tačiau trimatis Grey'aus ar artimi jam modeliai, atrodo, vyrauja, išlieka „pamatiniai“. Kai kurios dimensijos, pavyzdžiui, ryškumas, išreiškiamas spektro centro „deskriptoriumi“, yra iš esmės visuose modeliuose (ten pat). Kadangi daugeliu eksperimentų nustatyta, kad spektro centro reikšmės stipriai koreliuoja su tembrų panašumo įverčiais, spektro centras laikytinas vienu iš svarbiausių parametru suvokiant tembrą (Iverson and Krumhansl, 1993, p. 2595). O rasti patikimų paprastų „deskriptorių“, padedančių objektyvizuoti dinamines (pavyzdžiui, atakos) savybes, yra kur kas sunkiau, todėl jie įvairesni (ten pat).

Stephenas McAdamsas ir Jeanas-Christophe'as Cunibile'as (1992) iškėlė tokį klausimą: jeigu žmogus atpažįsta vienodus intervalus, t. y. vienodus aukščio skirtumus, ar

tokia suvokimo savybė nėra universalesnė? Pavyzdžiui, ar gebama atpažinti vienodus tembro skirtumus? Kitaip sakant, jeigu garsai C ir D tembro erdvėje skiriasi tiek pat kiek A ir B, ar suvokiama, kad skirtumas yra vienodas? Ar adekvatus **vektorinis tembro modelis** (vienodi skirtumai tembro erdvėje reiškia vienodus vektorius)? Atsakymas teigiamas, nors paaiškėjo, kad lyginti tembro intervalus yra gerokai sunkiau negu aukščio.

Tembras ir atpažinimas

Muzikinis ir psichoakustinis tembras. Straipsnio pradžioje užsiminta apie tembrą kaip atpažinimo kategoriją. Dabar aptarsime šią konotaciją išsamiau. „Žodis „tembras“ turi kelias prasmes. Muzikiniame kontekste jis žymi garso aspektus, padedančius instrumentą identifikuoti ir išskirti iš kitų. Psichoakustinių eksperimentų kontekste jis žymi elementarią garso kokybę – greta garso aukščio ar garsumo“ (Marozeau *et al.*, 2003, p. 2946). Šias dvi prasmes siūloma skirti vartojant „**tapatumo**“ ir „**kokybės**“ sąvokas. „Muzikos instrumento tapatumas, be abejo, kažkaip priklauso nuo juo sukeliama garso kokybės (tembro psichoakustine prasme). Tačiau ši priklausomybė gali būti sudėtinga“ (ten pat).

Atpažinimas ir panašumas. Grįžkime prie muzikos instrumentų atpažinimo eksperimentų. Ar tai, kad preparuotas instrumento garsas tapo nebeatpažįstamas, reiškia, kad jis pasidarė nebeatpažįstamas? Anaipol. Prisiminkime, eksperimentiškai nustatyta, kad atpažįstant svarbi ataka: jeigu tonas yra girdimas nuo pradžios, identifikuoti instrumentą nesunku. Jeigu ataka „nukirpta“ – kur kas sunkiau. Tačiau vertinant tembrų panašumą yra atvirkščiai. „Originalūs tonai buvo lengvai atpažįstami ir skambėjo natūraliai. Atakos skambėjo ne taip natūraliai, bet buvo atpažįstamos. Tonai be atakų skambėjo panašiai kaip originalūs, tačiau dėl to, kad nebuvo natūralių atakų, atpažinti instrumentus, ypač pučiamuosius, buvo sunku“ (Iverson and Krumhansl, 1993, p. 2602). „Panašumo vertinimai gali būti grindžiami pagrindinių akustinių savybių lyginimu, o atpažinimas gali remtis tomis akustinėmis savybėmis, kurios suteikia daugiau informacijos apie [garso] šaltinį“ (ten pat). Pasvarstykime: kaip buvo sukeltas garsas – instrumentą (ar jo elementą, pavyzdžiui, stygą) užgaunant, griežiant, pučiant ar kitaip – pirmiausia rodo ataka, todėl atpažįstant instrumentą ji reikšminga. Grojant instrumento diapazono žemuosius ir aukštuosius garsus ataka skiriasi nedaug, bet stacionariosios fazės spektras gali pakisti net beveik neatpažįstamai (žr. toliau). Vėl grįžtame prie išvados, kad spektro pakitimas neturi didesnės reikšmės instrumentui atpažinti.

Invariantiškumas ir diapazonas. Turbūt sutiksime, kad žemųjų oktavų fortepijono garsai skamba gerokai sodriau negu patys aukščiausi. Dėl stygų mechaninių savybių, iš dalies skirtingos plaktukėlių sąveikos su stygomis žemieji

garsai iš tiesų turi kur kas daugiau stiprių obertonų (per dvidešimt) negu aukštieji (vieną du) (pavyzdžiui, Rossing, Moore, and Wheeler, 2002, p. 318). Lygindami įvairių klarneto garsų spektrus galime pamanyti, kad tyrinėjame ne vieną, o bent tris instrumentus (Erickson, 1975; Brown, 1991); čia prisideda ir registrų skirtumai. Todėl sintezuojant instrumentų garsus, norint atkurti natūralius jų tembrus naudojami bent keli pradiniai ruošiniai (*semplai*). Paklausykime fagoto garsacilio, atkurto iš aukščiausio garso *sempla* proporcingai mažinant dažnius (Houtsma, Rossing, and Wagenaars, 1987, demonstration 30). Einant žemyn garsas darosi vis mažiau panašus į fagoto, grįžtant atgal jis vėl laipsniškai tampa natūralus²⁸.

Trumpai sakant, spektro centroidas ir kitos savybės kinta nuo instrumento diapazono apačios iki viršaus (Sandell, 1991; pagal Iverson and Krumhansl, 1993, p. 2602). Tačiau identifikuojamas tas pats instrumentas. „Garso, sukulto konkrečiu instrumentu, kokybė, [diapazono ribose] kinta tam tikra „trajektorija“, ir galime formuluoti hipotezę, kad kaip tik ji iš dalies apibrėžia instrumento tapatumą. Kitaip sakant, tembras-tapatumas veikiausiai priklauso nuo tembro-kokybės kitimo kreivės, būdingos konkrečiam instrumentui“ (Marozeau *et al.*, 2003, p. 2946).

Etologinė tembro koncepcija. Gebėjimas atpažinti garso šaltinį (muzikoje – instrumentą), t. y. suvokti tembrą, nėra koks nors įgimtas, jis formuojasi per implicitinę patirtį. Atmintyje kaupiamos su garso šaltiniu siejamos psichoakustinės savybės, o nauja garsinė informacija lyginama su jau esama. Taip susiformuoja intuityvūs, sunkiai verbalizuojami fortepijono, smuiko, apskritai įvairių garso šaltinių „žymenys“. Viena vertus, jokie du „vienodi“ instrumentai (du smuikai, du fagotai ir pan.) neskamba vienodai, jų akustinės savybės skiriasi (Houtsma). Antra vertus, vis vien jie atpažįstami kaip „tokie patys“. Šis bendras kategorizavimo reiškinys susiformuoja per implicitinį mokymąsi: iš patirties žinome, kad nors ir yra tam tikrų nedidelių skirtumų, lyginamus instrumentus galima laikyti vieno invarianto ar „prototipo“ variantais.

Jei išgirsime kokį nors visiškai naują, anksčiau negirdėtą garsą (pavyzdžiui, sukurtą sintezatoriumi), mūsų „informacijos atpažinimo sistema“ įves [psichoakustinės garso] savybes į lyginimo mechanizmą, kuris desperatiškai bandys lyginti įvestį su anksčiau įgyta informacija. Jei šis lyginimo vyksmas bus nesėkmingas, galų gale šiai naujai, bet jau identifikuotai garso kokybei bus sukurtas naujas saugyklos „segtuvas“. Jei vyksmas bus tik iš dalies sėkmingas, reaguosime vertinimu, kad [instrumentas] yra „beveik toks pat kaip klarnetas“ arba „tarsi rėkiantis trombonas“ (Roederer, 1975).

Invariantiškumas ir iškraipymai. Taigi plačiau žvelgiant prisitaikymo, santykio su aplinka, objekto identifikavimo raidos požiūriu tembras yra tarsi **garso šaltinio kodas** ar net **garso prasmė** (Rash and Plomp, 1982; Handel, 1995).

Tembro-tapatumo invariantiškumas išlieka net labai pakitus tembrui-kokybei. Juk dėl nevienodo dažninio patalpos (koncertų salės ir pan.) atsako, reverberacijos, netgi aiškiai nevienodų dažninių charakteristikų įvairiose patalpos vietose tembras kokybės (spektro, atakos) prasme pastebimai skiriasi nuo originalaus. „Tačiau kai judama patalpoje, tembrai anaip tol nekinta tiek, kiek būtų galima tikėtis, jei jie priklausytų tik nuo tikslios dažnių spektro struktūros“ (Risset and Wessel, 1999, p. 117). Be to, „saksofonas lieka saksofonu, nesvarbu, ar jo klausoma iškraipymų persmelktu kišeniniu tranzistoriumi, ar koncertų salėje“ (ten pat, p. 113). Tembras-tapatumas, tarsi kūrybingas menininkas, tembro-kokybės teikiamomis galimybėmis naudojami tik kaip įrankiu siekiant kur kas svarbesnių tikslų.

Nuorodos

- 1 Subjektyviam garso stiprumui nusakyti linkstama vartoti garso sąvoką. Taip pabrėžiama, kad garsis yra (bent jau apytiksliai) išmatuojama savybė, t. y. dydis, – palyginkime su aukščiu (ne aukštumu), stipriu (ne stiprumu). Neakcentuojant dydžio kategorijos galima vartoti ir garsumo sąvoką. Subjektyvųjį garšį (garsumą), matuojamą sonais, būtina skirti nuo objektyviojo garso stiprio (intensyvumo), matuojamo vatais kvadratiniam metrui, ar garso lygio, matuojamo decibelais.
- 2 Tikslumo dėlei dar reikėtų pridurti „trukmės“; žr. apibrėžimą toliau.
- 3 Tiesa, tiksliai kalbant, aukštis nėra vienmatis dydis (prisiminkime spiralinę aukščio struktūrą; pavyzdžiui, Dowling and Harwood, 1986, p. 107–113, Snyder, 2000, p. 130–131), garsis įvertinamas labai jau apytiksliai. Tačiau vienaip ar kitaip šie dydžiai turi vieną pagrindinę dimensiją.
- 4 Dažnai tembras ir apibrėžiamas tiesiog kaip garso spalva; įskaitant ankstesnę sovietinę ir lietuvišką literatūrą (pavyzdžiui, TŽŽ, 1985, p. 485; MƏC, 1991, p. 541).
- 5 Angl. *sonance*.
- 6 Reikėtų pridurti, kad intensyvūs aukštesnių dažnių (ypač dažnių juostos, kuriai žmogaus klausia jautriausia – apie 2–5 kHz) gryniesi tonai pasižymi aštresniu tembru; tap pat žr. toliau.
- 7 Stiprios nelyginės harmonikos (idealiu atveju – vien tik nelyginės harmonikos) dėl stovinčiųjų bangų susidarymo ypatumų būdingos dengtos konstrukcijos cilindriniam vamzdžiui, t. y. tokiems, kurių vienas galas akustiniu požiūriu yra uždaras, kitas atviras.
- 8 Plačiau žr. Risset and Wessel, 1999, p. 114–115.
- 9 Apie kritinę juostą jau užsiminta ankstesniuose autoriaus straipsniuose. Kritinės juostos plotis yra tarp d. 2 ir d. 3, kai dažniai aukštesni negu ~500 Hz, ir apie ~100 Hz, kai dažniai žemesni negu ~500 Hz (pavyzdžiui, Rossing, Moore, and Wheeler, 2002, p. 88).
- 10 Iš jo straipsnyje aprašytų kelių eksperimentų čia aptariame tik vieną.
- 11 Kadangi dažniausiai sunku įvertinti garso pradžios momentą, be to, dažnai staigus amplitudės augimas pereina į lėtesnį, atakos trukmę linkstama įvertinti apytiksliai, pavyzdžiui, nuo 10 iki 90 proc. amplitudės maksimumo vertės (Peters, Boves, and van Dielen, 1986).
- 12 Tiesa, tam tikros nedidelės fazės įtakos tembrui vis dėlto esama (Plomp, 1976), ypač neharmoninių sudėtinių tonų atveju. Ši

- įtaka ryškesnė, kai fazė nuosekliai kinta. Tačiau tokį kitimą logiška laikyti tiesiog pakitusiu dažniu (Risset and Wessel, 1999, p. 114).
- 13 Pastebima tam tikra sąveika tarp tembro ir garso aukščio suvokimo. Nors šios savybės suvokiamos tarsi atskirai (Marozeau *et al.*, 2003) ir aiškiau juntami aukščio skirtumai (Miller and Carterette, 1975), tuos skirtumus (taip pat akordų, melodijų skirtumus) lengviau suvokti, kai lyginamos garsinės medžiagos tembrai yra panašūs (Thompson, 2009, p. 63–64).
 - 14 Ar garso amplitudės, slėgio, lygio – visi jie susiję (1 pvz.).
 - 15 Tai reiškia, kad individualus nefonetinius balso tembro skirtumus atspindi aukštesnės už antrąją formantės.
 - 16 Keturtoji dimensija – „mažumas“ (angl. *smallness*) – laikoma papildoma (Slawson, 1985, p. 56).
 - 17 „Žodis „tembras“ vartojamas psichoakustinėje literatūroje beveik išimtinai dėl muzikos, jį sunku rasti kalbotyros literatūroje“ (Houtsma). Taip yra todėl, kad „kalboje percepcinė esybė yra fonema (balsis ar priebalsis), o ne kažkoks nefiksuotas taškas tembro erdvėje. Tyrimuose, susijusiuose su muzika, tembras visada buvo laikomas daugiamaciū kontinuumu, kuriame bet kuris taškas yra potencialiai prasmingas“ (ten pat). Tiesą sakant, tembro sąvokos vartojimas turbūt priklauso nuo kalbotyros mokyklos, susiklosčiusių tradicijų. Pavyzdžiui, lietuvių kalbininkai šią sąvoką vartoja (Pakerys, 2003, p. 25 ir kt.).
 - 18 Beje, matome, kad „atvirumo“ ir „aštrumo“ izolinijos nėra tiksliai vertikalios ar horizontalios. Tai reiškia, kad šios dimensijos nėra visai tapačios F1 ir F2.
 - 19 Ištrauka iš Don Žuano arijos „Finch' han dal vino“ (W. A. Mozarto opera „Don Žuanas“). Solistas Vytautas Juozapaitis. *Didysis muzikų paradas '2000*. Vilnius: Lietuvos muzikų sąjunga, Garso įrašų studija „Bonifa“.
 - 20 Sovietinėje literatūroje ji vadinta aukštąja dainininko formante, nes buvo manoma, kad yra dar žemoji dainininko formantė. Iš tikrųjų jokios dainininko formantės nėra – išvados apie jos egzistavimą turbūt atsirado nekorektiškai interpretuojant intensyvią bendrą pirmosios ir antrosios formančių juostą kaip vieną „žemą“ formantę. Net jeigu tokią interpretaciją laikytume tinkama, „žemoji dainininko formantė“ yra būdinga ne dainininko, o apskritai bet kuriam (t. y. ir kalbos) balsui.
 - 21 Galima aiškinti ir neskirstant viso gerklų-burnos rezonatoriaus į atskirus: dainininko formantės susidaro iš suartėjusių (dažniausiai) trečiosios, ketvirtosios ir penktosios formančių klasterio (Sundberg, 1974).
 - 22 Tiksliau būtų tiesiog „dažnio“.
 - 23 Tiksliai kalbant, tembro **aštrumą** reikėtų skirti nuo **šiuurkštumo**. Kaip jau minėta, šiuurkštumą lemia tarpusavyje disonuojantys spektro komponentai (ar didelis jų kiekis kritinėse juostose), aštrumą – stiprus aukštų dažnių komponentai.
 - 24 Prisiminkime, kad garso gaubtinė (garso virpesių amplitudės kitimas) ir garso spektro gaubtinė (kreivė, vaizduojanti nevienodą įvairių spektro komponentų intensyvumą) – ne vienas ir tas pats.
 - 25 T. y. (apytiksliai) atakos trukmė; ir toliau augimas minimas šia prasme.
 - 26 Čia verta prisiminti, pavyzdžiui, atitinkamas Helmholtzo ar Traube's išvadas.
 - 27 Konkretūs dydžiai, objektyvizuojantys dimensijas; apie juos žr., pavyzdžiui, McAdams and Giordano, 2009, p. 73.
 - 28 Tiesa, taip konstruojant garsus kinta jau pačios formantės, taigi tikėtis, kad jie skambės natūraliai, netenka vien jau dėl šios priežasties.

Literatūra

- Abramavičiūtė, Zita. Alto tembro semantikos atodangos: nuo H. Berliozi iki A. Schnittke's. In *Lietuvos muzikologija*, 2009, t. 10, p. 61–76.
- Alonso Moral, J., and E. V. Jansson. Input Admittance, Eigenmodes, and Quality of Violins. In *STL-QPSR*, 1982, Vol. 23, No. 2–3, p. 60–75.
- Ambrazevičius, Rytis, and Renata Balsienė. Imitations of Bells: Correspondence between Bell Acoustics and Onomatopoeic Texts. In *Journal of Interdisciplinary Music Studies*, 2010, Vol. 4, No. 2, p. 1–16.
- Ambrazevičius, Rytis. Laikas muzikos psichologijoje: nuo „sensorinio momento“ iki formos. In *Lietuvos muzikologija*, 2010, t. 11, p. 102–112.
- Ambrazevičius, Rytis. Konsonansas ir disonansas muzikos psichologijoje. In *Lietuvos muzikologija*, 2006, t. 7, p. 6–19.
- [ANSI]. *American National Standards Institute. American Standard Acoustical Terminology. S1.1-1960*. New York: American Standards Association, 1960.
- Bartholomew, Wilmer T. *Acoustics of Music*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc., 1945.
- Berger, Kenneth W. Some Factors in the Recognition of Timbre. In *Journal of the Acoustical Society of America*, 1964, Vol. 36, No. 10, p. 1888–1891.
- Bismarck, Gottfried von. Timbre of Steady Sounds: A Factorial Investigation of Its Verbal Attributes. In *Acoustica*, 1974, Vol. 30, p. 146–159.
- Boring, Edwin G. *Sensation and Perception in the History of Experimental Psychology*. New York: D. Appleton-Century Co., 1942.
- Bregman, Albert S. *Auditory Scene Analysis: The Perceptual Organization of Sound*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1990.
- Bronner, Kai, Klaus Frieler, Herbert Bruhn, Rainer Hirt, and Dag Piper. What is the Sound of Citrus? Research on the Correspondences between the Perception of Sound and Flavour. In *12th International Conference for Music Perception and Cognition. 8th Conference of the European Society for the Cognitive Sciences of Music. Proceedings, Book of Abstracts, CD-ROM Proceedings*, ed. E. Cambouropoulos, C. Tsougras, P. Mavromatis, K. Pasiadis. Thessaloniki, Greece: Aristotle University of Thessaloniki, 2012, p. 183.
- Brown, Judith C. Calculation of a Constant-Q Spectral Transform. In *Journal of the Acoustical Society of America*, 1991, Vol. 89, No. 1, p. 425–434.
- Chowning, John M., John M. Grey, James A. Moorer, and Loren Rush. *Instrumental Timbre and Related Acoustical Phenomena in the Perception of Music*, 1982. Prieiga per internetą: <http://www.zainea.com/instrumentaltimbre.htm> [žiūrėta 2012 07 08].
- Clark, Melville, David Luce, Robert Abrams, Howard Schlossberg, and James Rome. Preliminary Experiments on the Aural Significance of Parts of Tones of Orchestral Instruments and Choral Tones. In *Journal of the Audio Engineering Society*, 1963, Vol. 11, No. 1, p. 45–54.
- Dowling, W. Jay, and Dane L. Harwood. *Music Cognition*. Orlando [...]: Academic Press, 1986.
- Erickson, Robert. *Sound Structure in Music*. Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press, 1975.
- Fletcher, Harvey. Loudness, Pitch and the Timbre of Musical Tones and their Relation to the Intensity, the Frequency and the Overtone Structure. In *Journal of the Acoustical Society of America*, 1934, Vol. 6, No. 2, p. 59–69.
- Gordon, John W., and John M. Grey. Perception of Spectral Modifications on Orchestral Instrument Tones. In *Computer Music Journal*, 1978, Vol. 2, No. 1, p. 24–31.
- Grey, John M., and John W. Gordon. Perceptual Effects of Spectral Modifications on Musical Timbres. In *Journal of the Acoustical Society of America*, 1978, Vol. 63, No. 5, p. 1493–1500.
- Grey, John M. Multidimensional Perceptual Scaling of Musical Timbres. In *Journal of the Acoustical Society of America*, 1977, Vol. 61, No. 5, p. 1270–1277.
- Handel, Stephen. Timbre Perception and Auditory Object Identification. In *Hearing*, ed. B. C. J. Moore. New York: Academic Press, 1995, p. 425–461.
- Helmholtz, Hermann von. *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*. Braunschweig: Vieweg, 1877.
- Houtsma, Adrianus J. M. *Pitch and Timbre: Definition, Meaning and Use*. Prieiga per internetą: <http://www.zainea.com/pitchtimbre.htm> [žiūrėta 2012 08 18].
- Houtsma, Adrianus J. M., Thomas D. Rossing, and W. M. Wagenaar. *Auditory Demonstrations* (Philips Compact Disc #1126-061). Woodbury, NY: Acoustical Society of America, 1987.
- Iverson, Paul, and Carol L. Krumhansl. Isolating the Dynamic Attributes of Musical Timbre. In *Journal of the Acoustical Society of America*, 1993, Vol. 94, No. 5, p. 2595–2603.
- Young, Robert William. Musical Acoustics. In *McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology*, New York: McGraw-Hill, 1960, p. 661.
- Kent, Ray D., and Charles Read. *The acoustic analysis of speech*. Albany: Thomson Learning, 2002.
- Köhler, W. Akustische Untersuchungen. In *Zeitschrift für Psychologie*, 1915, Vol. 72, p. 159.
- Krumhansl, Carol L. Why is Musical Timbre so Hard to Understand? In *Structure and Perception of Electroacoustic Sound and Music*, ed. S. Nielzen and O. Olsson, Amsterdam: Elsevier, 1989, p. 43–53.
- Licklider, Joseph Carl Robnett. Basic Correlates of the Auditory Stimulus. In *Handbook of Experimental Psychology*, ed. S. Stevens. New York: John Wiley & Sons, 1951, p. 985–1039.
- Marozeau, Jeremy, Alain de Cheveigné, Stephen McAdams, and Suzanne Winsberg. The Dependency of Timbre on Fundamental Frequency. In *Journal of the Acoustical Society of America*, 2003, Vol. 114, No. 5, p. 2946–2957.
- McAdams, Stephen, and Bruno L. Giordano. The Perception of Musical Timbre. In *Oxford Handbook of Music Psychology*, ed. S. Hallam, I. Cross, and M. Thaut. Oxford: Oxford University Press, 2009, p. 72–80.
- McAdams, Stephen. Audition: Cognitive Psychology of Music. In *The Mind-Brain Continuum*, ed. R. Llinás and P. S. Churchland. Cambridge: MIT Press, 1996, p. 251–279.
- McAdams, Stephen, and Jean-Christophe Cunibille. Perception of Timbral Analogies. In *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 1992, Vol. 336, No. 1278 (Processing of Complex Sounds by the Auditory System), p. 383–389.
- Miller, James R., and Edward C. Carterette. Perceptual Space for Musical Structures. In *Journal of the Acoustical Society of America*, 1975, Vol. 58, No. 3, p. 711–720.
- Pakerys, Antanas. *Lietuvių bendrinės kalbos fonetika*. Vilnius: Enciklopedija, 2003.
- Patel, Aniruddh D., and John R. Iversen. Acoustic and Perceptual Comparison of Speech and Drum Sounds in the North Indian

- Tabla Tradition: An Empirical Study of Sound Symbolism. In *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS), Barcelona, Spain*. 2003. Prieiga per internetą: http://vesicle.nsi.edu/users/patel/Patel_Iversen_ICPhS_2003.pdf [žiūrėta 2012 07 08].
- Peters, Herman F. M., Louis Boves, and Ineke C. H. van Dielen. Perceptual Judgment of Abruptness of Voice Onset in Vowels as a Function of the Amplitude Envelope. In *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 1986, Vol. 51, No. 4, p. 299–308.
- Plomp, Reinier. *Aspects of Tone Sensation*. New York: Academic Press, 1976.
- Plomp, Reinier. Timbre as a Multidimensional Attribute of Complex Tones. In *Frequency Analysis and Periodicity Detection in Hearing*, eds. R. Plomp and G. Smoorenburg. Leiden: Sijthoff, 1970, p. 397–414.
- Pratt, R. L., and P. E. Doak. A Subjective Rating Scale for Timbre. In *Journal of Sound and Vibration*, 1976, Vol. 45, No. 3, p. 317–328.
- Rasch, Rudolf, and Reinier Plomp. The Perception of Musical Tones. In *Psychology of Music* (2nd edition), ed. D. Deutsch. San Diego, London: Academic Press, 1999, p. 89–111.
- Rasch, Rudolf, and Reinier Plomp. The Perception of Musical Tones. In *Psychology of Music*, ed. D. Deutsch. New York: Academic Press, 1982, p. 1–24.
- Risset, Jean Claude, and David L. Wessel. Exploration of Timbre by Analysis and Synthesis. In *Psychology of Music* (2nd edition), ed. D. Deutsch. San Diego, London: Academic Press, 1999, p. 113–169.
- Roederer, Juan G. *Introduction to the Physics and Psychophysics of Music*. New York: Springer, 1975.
- Rossing, Thomas D., Richard F. Moore, and Paul A. Wheeler. *The Science of Sound* (3rd edition). San Francisco, Boston, New York [...]: Addison-Wesley Publishing Company, 2002.
- Rossing, Thomas D., and Johan Sundberg. Voice Timbre in Solo and Choir Singing: Is There a Difference. In *Journal of the Acoustical Society of America*, 1984, Vol. 76, No. S1, p. S41.
- Saldanha, E. L., and John F. Corso. Timbre Cues and the Identification of Musical Instruments. In *Journal of the Acoustical Society of America*, 1964, Vol. 36, No. 11, p. 2021–2026.
- Sandell, Gregory J. A Library of Orchestral Instrument Spectra. In *Proceedings of the 1991 International Computer Music Conference*, San Francisco: Computer Music Association, 1991, p. 98–101.
- Schaeffer, Pierre. *Traité des objets musicaux*. Paris: Le Seuil, 1966.
- Schouten, Jan Frederik. The Perception of Timbre. In *Reports of the 6th International Congress on Acoustics, Tokyo, GP-6-2*, ed. Y. Kohasi. Tokyo: Maruzen; Amsterdam: Elsevier, 1968, p. 35–44.
- Seashore, Carl E. *Psychology of Music*. New York: Dover Publications, 1938.
- Slawson, A. Wayne. Vowel Quality and Musical Timbre as Functions of Spectrum Envelope and Fundamental Frequency. In *Journal of the Acoustical Society of America*, 1968, Vol. 43, No. 1, p. 87–101.
- Slawson, A. Wayne. *Sound Color*. Berkeley and Los Angeles, CA: University of California Press, 1985.
- Snyder, Bob. *Music and Memory. An Introduction*. Cambridge: The MIT Press, 2000.
- Strong, William, and Melville Clark. Perturbations of Synthetic Orchestral Wind-Instrument Tones. In *Journal of the Acoustical Society of America*, 1967, Vol. 41, No. 2, p. 277–285.
- Stumpf, Carl. *Die Sprachlaute: experimentell-phonetische Untersuchungen nebst einem Anhang über Instrumentalklänge*. Berlin: Verlag von Julius Springer, 1926.
- Stumpf, Carl. *Tonpsychologie*. Leipzig: S. Hirzel, 1890.
- Sundberg, Johan. *The Science of the Singing Voice*. Dekalb, IL: Northern Illinois University Press, 1987.
- Sundberg, Johan. Articulatory Interpretation of the “Singing Formant”. In *Journal of the Acoustical Society of America*, 1974, Vol. 55, No. 4, p. 838–844.
- Thompson, William Forde. *Music, Thought, and Feeling. Understanding the Psychology of Music*. New York, Oxford: Oxford University Press, 2009.
- Traube, Caroline. *Instrumental and Vocal Timbre Perception*. 2006. Prieiga per internetą: http://www-gewi.uni-graz.at/staff/parncutt/guests/2006/traube/Slides_CTraube_timbre.pdf [žiūrėta 2012 07 08].
- Traube, Caroline, and Philippe Depalle. *Timbral Analogies Between Vowels and Plucked String Tones*. Prieiga per internetą: http://liam.musique.umontreal.ca/LIAM_Publications/Traube_C_ICASSP04.pdf [žiūrėta 2012 07 08].
- [TŽŽ]. *Tarptautinių žodžių žodynas*. Vilnius: Vyriausioji enciklopedijų redakcija, 1985.
- Višius, Mairiņš. Kompoziciniai garsumo ir tembro erdvėlaikio kinezės atpažinimo aspektai. In *Lietuvos muzikologija*, 2010, t. 11, p. 87–101.
- Wedin, Lage, and Gunnar Goude. Dimension Analysis of the Perception of Instrumental Timbre. In *Scandinavian Journal of Psychology*, 1972, Vol. 13, No. 1, p. 228–240.
- Wessel, David L. Psychoacoustics and Music: A Report from Michigan State University. In *PACE: Bulletin of the Computer Arts Society*, 1973, Vol. 30, p. 1–2.
- Winckel, Fritz. *Music, Sound and Sensation*. New York: Dover, 1967.
- Zwicker, Eberhard, and Hugo Fastl. *Psychoacoustics. Facts and Models*. Berlin, Heidelberg, New York [...]: Springer, 1999.
- [МЭС]. *Музыкальный энциклопедический словарь*. Москва: Советская энциклопедия, 1991.

Summary

The overview of study on timbre perception starts from the notion and definition of timbre. Probably the most widely used definition of timbre is the “negative” one proposed by ANSI (1960): “that attribute of auditory sensation in terms of which a listener can judge that two sounds, similarly presented and having the same loudness and pitch, are different”. Metaphorical synonyms of “timbre”, such as “sound quality” and “sound color”, are frequent.

The classical theory of timbre developed by Helmholtz (1877) attributes a subjective timbre to an objective (steady) sound spectrum. Simple correspondence between the certain properties of spectrum and timbres can be envisaged: pure tones (or similar to them) sound more or less soft, the tones with intense low harmonics sound more richly, the tones with several outstanding and adjacent high harmonics sound rough, etc. The timbral roughness can also be explained employing the newer concept of critical band.

It is generally agreed that timbre does not depend on phase, at least, noticeably. Compared to spectrum, the rest objective parameters of steady sound (especially frequency and intensity) show lesser but still not negligible influence on timbre. Nevertheless, one attribute which has relevant impact on timbre perception, sometimes even stronger than the spectrum of a stationary sound, was nearly overlooked until 1960s. It is sound envelope, especially its attack. The relevance was demonstrated in the experiments on timbral similarities and recognition of musical instruments where listeners were presented with variously modified natural or synthetic tones (Berger, 1964; Saldanha and Corso, 1964; etc.).

The ANSI description can be applied to speech sounds suggesting that, e.g., vowels are different, first of all, in timbre. The concept of phonetic timbre, as dependent predominantly on roughly fixed F1 and F2 (the frequencies of first two formants) and almost not dependent on f_0 , leads to the conclusion that, in timbre perception, the absolute frequency scale is more important than the relative scale (normalized to a fundamental). In other words, the classical theory of timbre steps down in favor of the formant theory. Incidentally, attribution of phonetic qualities to instrumental timbres can be explained by the corresponding acoustic

similarities (e.g., between the formants of instrumental spectra and vowel spectra).

Although a number of semantic scales (connecting the dichotomies of adjectives) of timbre can be designed, the multidimensionality was shown to be reduced applying the techniques of multidimensional scaling (Grey, 1977; Grey and Gordon, 1978; Krumhansl, 1989; etc.). It was found that timbre falls into a small number of dimensions. Perhaps, the three-dimensional timbral space (brightness-spectral flux-attack quality) is the most accepted.

Finally, the connotation of “timbre” as a source of identity-based category should be discussed. The difference between the basic notion of timbre and this connotation is referred as to difference between the “psychoacoustic” and “musical” timbre, or between “quality” and “identity” (Marozeau *et al*, 2003). The psychoacoustic timbre is not constant across the entire range of pitches of a musical instrument whereas the musical timbre is roughly constant. The same holds for the range of original and changed or distorted sounds (e.g., by room acoustics, by noise, or because of poor transmitter characteristics). Thus the musical timbre can be considered as being of higher order, i.e., in a sense, it exploits the psychoacoustic timbre as a tool.