
UDK 801.41:111.852
Izvorni znanstveni rad

Prihvaćeno 20.06.1998.

Gordana Varošanec - Škarić
Filozofski fakultet, Zagreb, Hrvatska

RELATIVNA SPEKTRALNA ENERGIJA I UGODA GLASOVA

SAŽETAK

Svrha je ovoga rada bila utvrditi odnos ugone glasa kao ekstralingvističke kvalitete i relativne energije u dijelovima spektra, radi primjene rezultata na estetici glasa glasovih profesionalaca. Procjenjivan je stupanj ugone 207 glasova ciljanoga i slučajnoga uzorka u povezanom neutralnom govoru nefrikativnoga teksta u normalnom i obrnutom redosljedu zvuka. Izračunati su korelacijski koeficijenti između procjene ugone glasova i akustičkih varijabla dobivenih na temelju LTAS, a primijenjen je i postupak ANOVA radi utvrđivanja razlika između podskupina dimenzije ugone: ugodnih, prosječnih i neugodnih glasova. Utvrđeno je da muški ugodni glasovi imaju značajno veću relativnu energiju od neugodnih glasova u području do 0,3 kHz, a značajno manju u središnjim dijelovima spektra od 0,55 do 3 kHz, pogotovo u područjima od 0,55 - 1 kHz, od 1,5 - 2 kHz, od 2 do 2,5 kHz prema procjeni u normalnom i obrnutom redosljedu zvuka. U područjima od 3 - 4 kHz i od 5 - 10 kHz ugodni se muški glasovi ne razlikuju značajno od ostalih podskupina. Za ženske glasove nije bilo tako statistički značajnih rezultata prema varijablama relativne energije u područjima spektra te se može zaključiti da raspored energije u spektru kod muških glasova više utječe na procjenu ugone kao kvalitete glasa nego kod ženskih glasova.

Ključne riječi: *relativna spektralna energija, estetika glasa*

UVOD

Estetika glasa vezana je za sklad i ritmičnost čimbenika koji određuju glasovu kvalitetu, dakle harmoničnost, uz poželjnu i teško dostupnu ugodu. Ako su do određene količine estetska načela univerzalna, te bi univerzalije za glas bile periodicitet, spektralna ravnoteža i u određenoj količini diskretno odstupanje. Lijep glas je univerzalna kategorija ako se ocjenjivači slažu u procjeni. Fonotika nastoji definirati ekstralingvistički dio glasa kao skup glasovih kvaliteta i skup glasove dinamike (Laver 1995, 1996, Škarić 1991). Fonacijska kvaliteta kao nadređena sadrži glasovu kvalitetu kao organsku sastavnicu i fonetsku kvalitetu kao segmentalnu sastavnicu. Škarić (1991) dijeli fonetsko polje interesa na glas i tekst, a ne na glasovu kvalitetu (organička komponenta) i glasničku kvalitetu (segmentalnost).

Ekstralingvističko područje istraživanja

Ovo istraživanje zvučnih osobina ugone glasa određeno je ekstralingvističkim područjem (izvanjezičnim), jer mu u središtu zanimanja nije stanje govornika ili sloj ekspresije kao promjenljivo stanje, nego trajno stanje sloja glasa (vokalni sloj, neverbalni sloj). Ugoda glasa može se istraživati i u promjenljivom sloju glasa, osobine glasa u paralingvističkom i indektnom sloju glasovih i izgovornih osobina. Primjerice, Tielen i Koopmans - van Beinum (1991) procjenjuju glas i izgovor u paralingvističkom sloju, razlike u percepciji visine, jakosti, kultiviranosti, ljepote između muških i ženskih glasova te neke indeksne paralingvističke osobine. Tako se nježnost i melodioznost glasa više vezuje za žene, a autoritativnost i glasnoća glasa za muškarce. I glasnoća kao parametar paralingvističkoga oblika komunikacije može određivati govornu namjeru, primjerice uporaba niže glasnoće za neutralne emocije u govoru (Laver, 1996:134), slično i ton glasa u ekspresiji emocija u govoru (Vuletić, 1980), visina glasa (Klasmeyer i Sendlmeier, 1995). Akustički se emocije mogu istraživati i pomoću postupka dugotrajnoga prosječnog spektra govora (Novák i Vokřál, 1993). Uz visinu pak glasa, intenzitet, dijalektalne osobine, izgovor, prozodiju, dakle uz dinamičke i segmentalne osobine glasa, u vrhu standardnog istraživanja forenzičke fonetike jest i sloj glasa samog, glasova kvaliteta (Hollien, H. & Hollien, P. A., 1995).

U ovome istraživanju sve akustičke varijable određene su kao statička kategorija stalne boje glasa, a nastavlja se na istraživanja akustike glasa, posebice spektra i oblika spektra. Russell (1929) govori o kvaliteti ili timbru ljudskoga glasa, kao i Fletcher (1934), a ta se dihotomija nazivlja provlači do danas i u akustici glasa, pa se usporedo koriste termini boja glasa (Moles 1958, Husson 1962, Škarić 1991, Bregman 1994) i glasova kvaliteta (Abercrombie 1967, Laver 1980). Glasova kvaliteta (*voice quality*) određuje se kao ekstralingvističke osobine govornika, koje se očituju u boji glasa. Abercrombie (1967:91) definira glasovu kvalitetu kao one osobine koje su više ili manje prisutne sve vrijeme govora osobe:

to je gotovo stalna kvaliteta zvuka koju sadrže svi znakovi koji izlaze kroz usta. U ovome radu tu kvalitetu određujemo u spektralnom smislu kroz dugotrajni prosječan spektar.

AKUSTIČKI KORELATI BOJE GLASA

Polazište za odabir akustičkih varijabli kao relativne energije u određenim područjima spektra u ovome radu jest u temeljnim istraživanjima odnosa glasa i oblika spektra Hussona (1962), estetike glasa i važnosti dijelova spektra (Moles, 1958), u istraživanjima spektra glasovih profesionalaca (Sundberg i dr., 1988).

Husson (1962) u svojoj knjizi *Le chant* definira boju glasa akustički te razlikuje timbar za svaki glas i za sve vokale na vokalski i na ekstravokalski timbar. I u nas se rabi nazivlje (Škarić, 1991) vokalske boje za boju vokala, vokalne boje ili boje glasa za ekstravokalsku boju. Prema Hussonu vokalska je boja ono što razlikuje primjerice "a" od "e", i to se posebno odnosi na F1 (prvi formant) i F2 (drugi formant). (Poslije o tomu govori i Fant.) Treba napomenuti da se oznake F0, F1, F2 itd. uobičajeno koriste kad se govori o boji glasa, dakle o spektralnom obliku koji određuje intenzitet, a F₀, F₁, F₂ itd. kad se govori o frekvenciji. Ekstravokalska boja je ona boja koja ostane kada joj se filtriranjem oduzmu prvi i drugi formant (F1 i F2). Ta boja koja ostane, više ne nalikuje ni na koji vokal, ali i dalje ima neke kvalitete: volumen, tonski raspon, sonornost, boju (svijetlo - tamno). Husson tvrdi da je ta boja uvijek ista za jednu osobu, bez obzira na to od kojega se samoglasnika filtrirala (od kojega su se samoglasnika oduzela prva dva formanta). S druge strane, ta se boja znatno razlikuje od jedne osobe do druge, pa se zato naziva *temeljna individualna ekstravokalska boja*. Dakle, ta boja ne karakterizira izgovorene vokale nego glas osobe, tj. ona označava osobinu početnog laringalnog glasa svake osobe i nepromjenljive stalne akustičke osobine govornih prolaza. Ako se pak filtrira tako da ostanu (prolaze) samo frekvencije prvog i drugog formanta (F1 i F2), dobije se čista vokalska boja koja ne predstavlja ni jednu individualnu osobinu govornika i koja je upravo stoga ista neovisno o govorniku. Danas to možemo primiti kao malo pretjeranu tvrdnju, ali s načelnim Hussonovim tvrdnjama možemo se složiti.

Husson razlikuje u vokalskom spektru pet frekvencijskih područja i ta temeljna podjela odnosi se na neki način na sva istraživanja spektra, glasa u odnosu na oblik spektra i spektralnoj energiji glasa od Škarića 1973, Sundberga i dr. 1988, Kitzinga 1986, Dejonckerca 1983, itd. do ovoga istraživanja djelomice. Između pet glavnih frekvencijskih područja (Husson, 1962:70) uključuju se i dva dodatna područja.

Husson glavna područja označava oznakama A, B, C, D i E:

1. područje **A**: od nultoga formanta F0 (F₀: od fundamentalne frekvencije) do prvog formanta (do F1);
2. područje koje uključuje prvi formant (F1);
3. područje **B**: od F1 (ne uključuje F1) do F2 (ne uključuje F2); to područje naziva interformantskim područjem.

4. područje koje uključuje drugi formant (F2);
5. područje C: od drugog formanta (od F2) do frekvencije prekida (koja je između 2300 i 2500 Hz);
6. područje D: od frekvencije prekida do 3,5 kHz;
7. područje E: od 3,5 kHz do kraja spektra.

Ta područja daju različite kvalitete ekstravokalske boje: volumen glasa raste (ili pada) kada se pojačava (slabi) intenzitet u području A i samo u tome slučaju. To područje niskih frekvencija naziva se voluminoznost ili opscžnost glasa. Širina glasa raste (pada) kada se povećava (slabi) intenzitet usporedo u područjima A, B i C (to je sve do frekvencije prekida) i samo u tom slučaju. Blještavost glasa (*mordant* ili *éclat*) raste (pada) kada raste (pada) intenzitet u području D i samo u tom slučaju. Naziv blještavost (*brilliance*), kao posebnu kvalitetu scenskoga glasa, koristi i Burris Meyer (1940, 1941). Stridentnost glasa javlja se pak kada su harmonici u području E vrlo intenzivni, ali u tom slučaju harmonici su u D području još jači.

Husson je eksperimentalno utvrđivao akustičke korelate tih kvaliteta boje glasa filtriranjem zvuka. Zaključio je da je na pojedinim frekvencijskim područjima, koja karakteriziraju određene kvalitete, zvuk pojačan. Tako se lako postiže usporedba između dvaju glasova.

METODA DUGOTRAJNOGA PROSJEČNOG SPEKTRA U ISTRAŽIVANJIMA BOJE GLASA

Prva mjerenja dugotrajnog prosječnog spektra govora počela su već prije više od sedamdeset godina u Bellovim telefonskim laboratorijima (Crandall i Mackenzie 1922, prema: Formby i Monsen 1982). Temeljnim metodološkim istraživanjima LTAS bavio se u nas Škarić (1993).

Metoda LTAS (long-term average spectrum) koristi se kao objektivna metoda mjerenja glasovih zvučnih osobina, pogotovo u posljednja dva desetljeća. u istraživanjima glasa glasovih profesionalaca: opernih pjevača, glumaca, spikera, voditelja, primjerice istraživanja od Van den Berga (1962, prema: Sundberg 1974), Sundberga (1974, Sundberg i dr. 1988) do Novaka i dr. (1991), Novaka i Vokřála (1995), Pillota (1995), Leinoa i Kärkkainena (1995), Johnstonea i Scherera (1995). Ta istraživanja estetike glasa i osobina glasa glasovih profesionalaca osobito se bave područjem nultoga formanta, višim područjem spektra, formantnim frekvencijama pjevačkih i glumačkih glasova i intenzitetima formanata viših dijelova spektra, usporedbom energije nekoliko područja spektra, utjecajem učenja, utjecajem vježbi glasa na formantna područja u spektru (Leino i Kärkkäinen 1995, Vurma i dr. 1995), određivanjem akustičkih parametara na temelju LTAS za procjenu glasa budućih glasovih profesionalaca (Novák i Vokřál, 1995). Tako primjerice Sundberg i dr. (1988) postupkom LTAS mjere efekte govorenja u buci i govorenja s različito filtriranom slušnom spregom kod školovanih muških pjevačkih i nepjevačkih glasova, dakle mjere mijenjanje intenziteta glasa u raznim uvjetima. Analizirali su tri vrijednosti dobivene na

temelju LTAS: razinu glavnog vrha blizu 500 Hz (što je blizu F_1), sekundarnog vrha blizu 2000 Hz, koji se obično događaju kod pjevanja i prosječan F_0 . Školovani pjevački glasovi imali su visoku korelaciju razine intenziteta zvuka od 500 Hz s razinom intenziteta zvuka prosječnog F_0 i s razinom zvuka oko 2000 Hz, u usporedbi s razinom intenziteta zvuka nepjevačkih glasova. Sundberg i Gauffin (prema: Kitzing i Akerlund, 1993:55) slijedeći Fantovu teoriju zvučne slike glasa, predlažu kod procjene glasova glasovih profesionalaca podjelu spektralnih područja na temelju LTAS na četiri frekvencijska područja: područje koje predstavlja srednju fundamentalnu frekvenciju, područje prvoga formanta, područje 2 do 5 kHz i područje iznad 5 kHz (koja se potom koriste i u kliničkim ispitivanjima, Kitzing i Akerlund, 1993). Novák i Vokřál (1995) nastoje utvrditi metodom LTAS kvantitativne i kvalitativne akustičke parametre dobrog glasa, koji bi se mogli odnositi na glasove profesionalce. Utvrdili su regresiju crte pada formantnih područja za pjevački glas od 315 Hz do 3,150 Hz, koja ne mora biti za govor. Mjere središte gravitacije F_0 za različite boje glasa (tenore, baritone, mutirajuće glasove, soprane, mezzosoprane, alt), mjere kosinu pada formantnih područja u dB po oktavi (*skewness of the straight line of formant regions*, što korespondira s terminom *tilt of LTAS*, Lofquista i Mandersona, 1987) za različite boje glasa. Zanimljivo je da nisu našli statističke razlike između kosine pada formantnih regija i vrijednosti energije fundamentalnoga tona između skupina (iako ima značajnih razlika između središta graviteta spektra tenora i primjerice mutirajućih glasova). Muški glasovi imaju sljedeće vrijednosti energije F_0 (za ton h'): prosječno 20,5% u odnosu prema ukupnoj količini energije za tenore, 24,8% za baritone, 20,1% za mutirajuće glasove; za ženske glasove 40%, 40,7% i 38,5% u soprana, mezzo-soprana i altova. Sugeriraju da akustički parametri predstavljaju samo dio evaluacije glasove kvalitete. Istraživači se slažu da se postupkom LTAS ne mogu utvrditi svi čimbenici dobrog glasa, ali da se mogu vrlo dobro odrediti neke važne zvučne osobine glasa, i da je LTAS metoda praktična kao metoda kojom se nadzire učinak glasovih vježbi i glasovi profesionalaca (primjerice glumaca: Novák i dr., 1991).

Kitzing (1986) ističe da je u kliničkoj primjeni bilo najviše istraživanja LTAS patoloških kvaliteta glasa na pacijentima s disfonijom uzrokovanom organskim oštećenjima larinksa (primjerice pareza ili karcinom) ili su bila usredotočena na glasove koji upućuju na organsku patologiju kao što su hrapavost ili šumnost (Wendler i dr. 1980, Wendler i dr. 1986), stoga što se očekuje da će se više razlikovati glasovi s laringalnom patologijom od normalno sonornih glasova i da će imati manje varijabilnoga nego samo funkcionalne disfonije. Frokjaer-Jensen i Prytz (prema: Kitzing, 1986) savjetuju da se usporedi odnos intenziteta spektra iznad 1000 Hz s odnosom intenziteta spektra ispod 1000 Hz. Taj parametar koji se dobiva normalizacijom intenziteta spektra iznad 1 kHz na intenzitet ispod toga područja poznat je kao *alpha parametar*. Koristi ga i Kitzing (1986) u mjerenju glasovih kvaliteta, u mjerenju patoloških kvaliteta (obilježja) glasa na temelju LTAS (Kitzing i Akerlund, 1993) u usporedbi oslabljenih napuknutih, napetih glasova prema normalno sonornim glasovima. Tako se mogu

izmjeriti razlike u intenzitetu u dB između patoloških šumnih, oslabljenih glasova i normalno sonornih glasova. Drugi način da se odredi pad spektralne energije koji predlaže Kitzing (1986) jest naći neku središnju tendenciju raspodjele prema frekvencijskim područjima kao median i središnju vrijednost da bi se onda ti odnosi mogli gledati kao postotak energije u frekvencijskim područjima odnaka od te središnje vrijednosti, počevši od najnižih frekvencija. To je svakako objektivan postupak usporedbe energije. U ovom smo pak radu, koji želi izmjeriti zvučne osobine ugone glasa, računali odnos količine energije u određenim različitim dijelovima spektra, počevši od nižih frekvencija pa do 10 kHz u odnosu na ukupnu energiju svakog pojedinačnog spektra. Zato se uspoređivala spektralna energija izračunata na taj način, dok su intenzitetska odstupanja u dB dobivena u odnosu prema normalizaciji ukupnoga skupa glasova (posebno muškarci, posebno žene) te u usporedbi s normalizacijom oprečnih skupina koje su određene perceptivnim ispitivanjem glasova. Kitzing ističe da su u ispitivanjima glasova pomoću mjerenja LTAS važni i plodni sljedeći kriteriji: 1. usporedba energije iznad i ispod 1 kHz; 2. mjerenje spektralnog pada, počevši od F_0 ; 3. odnos između razine intenziteta F_0 i područja F_1 . I kada su statistički značajne, te su razlike u pravilu samo 3-6 %, pa Kitzing ističe da je stoga važno u glasovoj terapiji kontrolirati intenzitet glasa. Kitzing i Akerlund (1993) koriste LTAS kao akustički objektivan postupak u praćenju disfoničnih glasova prije i poslije terapije, i našli su slabije korelacije između subjektivne procjene i LTAS. Pitanje je koliko je plodno prenijeti akustičke varijable na temelju LTAS u klinička ispitivanja kao što oni čine na temelju varijabli koje se predlažu primjerice za pjevački glas (Sundberg i Gauffin, prema: Kitzing i Akerlund, 1993:55). I Dejonckere (1983) u svojim kliničkim ispitivanjima rabi metodu LTAS. On također upozorava na male količine spektralne energije, pogotovo u višim dijelovima spektra i iz toga teškoću statističke obrade podataka. Stoga je odabir akustičkih varijabli dijelova spektra iznimno važan u odnosu na procjenu glasa te ih je uputno odabrati tek nakon pilot-istraživanja. Hammarberg i dr. (1986) koriste LTAS (uz analize distribucije fundamentalne frekvencije) u kombiniranoj akustičko - perceptivnoj procjeni glasove disfunkcije. LTAS krivulja evaluirana je tako da je svaka krivulja bila podijeljena na tri frekvencijska područja, koja su bila ograničena frekvencijama od 0, 2, 5 i 8 kHz, i određivana je maksimalna razina u svakom području, prema kojemu je maksimalna razina područja od 0 do 2 kHz korespondirala s prosječnim tlakom glasa (SPL). Određivane su razlike između razine vrhova (peak) između tri područja. Za neke perceptivne faktore patoloških glasova, koji su se izdvojili faktorskom analizom, nađene su korelacije s akustičkim podacima dobivenim postupkom LTAS: s faktorom čvrst glas versus nestabilan, s faktorom svijetao glas versus hrapav, s faktorom prenapet glas versus afonija. Faktori pak sonoran glas versus nedostatna sonornost te hipofunkcionalno (opušteno) versus hiperfunkcionalno (napeto) nisu se mogli zadovoljavajuće objasniti akustičkim podacima. U novije vrijeme metoda dugotrajnog prosječnog spektra glasa osobito se koristi za opise i usporedbe glasove kvalitete, boje glasa.

Lingvisti i antropolozi koriste LTAS da bi se utvrdile međujezične razlike do istraživanja antropoloških osobina individualnih varijabiliteta ljudskoga govora (Hertrich, 1986). Oblik spektra glasa rabe u usporedbi različitih jezika, primjerice istraživanja Byrnea (1977) i Byrnea i dr. (1994), Bruyninckx i dr. (1991, 1994), u nas Horga (1994). Byrne (1977) već prije dvadeset godina utvrđuje da nema bitnih razlika LTASS (rabe dvostruko S: SS = spectrum of speech) među jezicima, a to potvrđuje zajedno sa suradnicima (Byrne i dr., 1994) u mnogo širem istraživanju: uspoređuju LTAS ženskih i muških govornika za čak 12 jezika: nekoliko dijalekata engleskog, švedskog, danskog, njemačkog, francuskog (kanadskog), japanskog, mandarinskog, ruskog, velškog itd. Utvrdilo se da su LTAS slični za sve jezike. Iako je bilo statistički značajnih razlika, one su bile male i nekonzistentne. Očekivane su razlike na području vokalskih drugih formanata zbog različitih kvaliteta vokala u različitim jezicima. Tarnoczy i Fant (1964, prema Byrne i dr. 1994) nalaze značajne razlike između švedskoga, mađarskog i njemačkog u srednjem području spektra : 700 - 1500 Hz za muškarce, 1000 - 2000 Hz za žene, što pripisuju događanju drugih vokalskih formanata u tom području. Hollien i Majewski (1977) metodom LTAS uspoređuju prepoznavanje muških američkih i poljskih govornika u različitim uvjetima (normalnim, filtriranim). Tako se postupak LTAS u prepoznavanju i razlikovanju govornika primjenjuje i u forenzičkoj fonetici (Hollien i Majewski 1977, Hirson i Duckworth 1995). Harmegnies i Landercy (1985) uspoređuju LTAS između nizozemskog i francuskog kod bilingvalnih govornika. Nalaze da razlike između individualnih govornika utječu na većinu varijabilnosti u spektru, a da su male međujezične razlike koje prelaze 5 dB jakosti u određenom frekvencijskom području. Međujezična razlika postoji samo zbog razlika u fonemskim distribucijama između tih dvaju jezika. U krivuljama razlikovanja pokazuju se glavne tendencije: više energije (razlika je u dB po točkama spektra) u nizozemskom spektru od 1 kHz te prema 3 kHz, obrnutost razlike oko 1 kHz, više energije u francuskom spektru na 4 kHz. Uočljivo je da se posebno ističe izdvojen efekt koji se događa u području oko 1000 Hz što autori pripisuju nazalnim francuskim vokalima kojih nizozemski nema. Harmegnies i Landercy (1985:74-79), osim prikaza dugotrajnih prosječnih spektrova francuskih i nizozemskih govornika, donose i slike krivulja razlikovanja francuskih od nizozemskih te nizozemskih od francuskih govornika izraženo u dB, na linearnim ljestvicama do 5 kHz. To je zanimljiv podatak i za istraživanje Varošaneć-Škarić (1998), koje je utvrdilo u tom području i unutarjezično razlikovanje, zapravo različitost glasovih kvaliteta u statičkoj boji između nosnih i nenosnih glasova, a za taj dojam bitniji su vokali nego nosni konsonanti. Harmegnies, Landercy i Bruyninckx (1987) uspoređujući također LTAS između nizozemskog i francuskog pomoću SDDD indeksa (Standard Deviation of the Interspectral Differences Distribution) zaključuju da je bolje unutarjezično nego međujezično prepoznavanje govornika, čime podupiru i prethodno istraživanje. Horga (1994) također uspoređuje krivulje LTAS (koristi skraćenicu DTPS prema hrvatskom prijevodu) izračunavanjem indeksa sličnosti (R) i različitosti (SDDD), koji je mjera razlika između dvaju spektara.

Uspoređuje bilingvalne ženske govornike kojima je materinski jezik hrvatski, a engleskim vladaju u različitim stupnjevima. Horga polazi od hipoteze da će međujezični varijabilitet biti veći (veće vrijednosti SDDD) nego unutarjezični te od hipoteze da će govornik koji oba jezika podjednako dobro govori pokazati isti stupanj glasovne konzistentnosti u oba jezika i veći stupanj međujezičnog varijabiliteta. Dobrim dijelom te su hipoteze potvrđene.

Esling se u svojim istraživanjima jezika koristi metodom LTAS (1983, 1987; Esling i dr. 1991), između jezika i unutar jezika. Primjerice u istraživanju unutar vankuverskoga engleskog (Esling i dr., 1991) rabi i mjeru razlikovanja (SDDD), kao i Harmegnies i Landdercy (1986). Istraživanje je bilo sociolingvističko, utvrđivale su se razlike između muškaraca mlade, srednje i starije dobi te žena mlade, srednje i starije dobi. Analizirana su u slučajnom uzorku 192 govornika. Uspoređivane su četiri socioekonomske statusne kategorije - od niže radničke klase do srednje srednje klase i utvrdile su se neke razlike u distribuciji vokalskih formanta između klasa, a općenito žene su imale homogenije LTAS po dobnim skupinama. Ipak se pokazuju manje razlike unutar iste dobne skupine nego među različitim dobnim skupinama muškaraca i žena. Zanimljivo je da socioekonomski status značajnije razlikuje skupine nego varijabla dobi, pogotovo se razlikuju žene srednje dobi između gornje radničke klase i srednje srednje klase.

PROBLEM ISTRAŽIVANJA

Problem je ovoga istraživanja utvrditi spektralne akustičke vrijednosti ugone glasa u odnosu na prosječan glas te u odnosu na neugodne glasove. Problem koji je ujedno i znanstveni cilj ovoga istraživanja jest utvrditi što točnije akustičke korelate ugone glasa, odnose energije u pojedinim dijelovima spektra. Klasična procjena slušnom percepcijom još uvijek je temeljni postupak u određivanju boje, kvalitete glasa, ali ona nije potpuno dostatna u evaluaciji glasa glasovih profesionalaca koja zahtijeva točne akustičke vrijednosti pojedinoga glasa. Utvrđivanjem što točnijih akustičkih parametara ugone - neugode glasa metodom dugotrajnoga prosječnog spektra i iz nje dobivenih normalizacija točnije bi se provodila klasifikacija glasa glasovih profesionalaca, a pragmatički metoda može pomoći u korekciji njihovih glasova te pridonijeti vježbanju glasova u specifičnim govornim zanimanjima.

METODA RADA

Glavne akustičke varijable mjerenja koje su trebale utvrditi objektivnu razliku između podskupina evaluacije ugone u ovom istraživanju jesu relativne količine energije u određenim područjima spektra dobivene na temelju LTAS. Zbog različite raspodjele spektralne energije muških i ženskih glasova, na temelju predistraživanja određene su akustičke varijable posebno za muškarce te posebno za žene. Te su varijable bile za muške glasove: relativna energija do 300 Hz, od

0,3 do 0,55 kHz, od 0,55 do 0,65 kHz, od 0,55 do 1 kHz, od 0,85 do 1 kHz, od 1 do 2 kHz, od 1,5 do 2 kHz, od 1,5 do 3 kHz, od 2 do 2,5 kHz, od 2,5 do 3,5 kHz, od 3 do 3,6 kHz, od 3 do 4 kHz, od 5 do 10 kHz te umnožak relativne količine energije do 300 Hz s relativnom energijom u području 5 do 10 kHz. Umnožak je u toj potonjoj varijabli uzet jer se pretpostavljalo da ugodu glasa daje istodobno pojačanje i na nižem i na višem dijelu spektra. Za žene su određene akustičke varijable relativne energije u područjima do 400 Hz, od 0,4 do 0,5 kHz, od 0,5 do 1 kHz, od 1 do 1,2 kHz, od 1,5 do 2,5 kHz, od 2,5 do 3 kHz, od 3 do 5 kHz, od 3,5 do 5 kHz, od 5 do 10 kHz te umnožak relativne količine energije do 400 Hz s relativnom energijom od 5 do 10 kHz. Razlika glasova na temelju LTAS, diferencijalni spektri ekstremno procijenjenih glasova bili su samo popratni postupak.

Metoda spektralne analize temelji se na matematičkom postupku u kojemu je unutar svakog uzetoga vremenskog prozorčića analize moguće izračunati po zvučnom valu frekvenciju toga prozorčića, s time da je dio toga vala stao u prozorčić. Najniža frekvencija koju se može izračunati ovisi o trajanju prozorčića, a budući da je u programu AS (Average Spectrum, koji su prilagodili Skarić i Stamenković 1990) vrijeme trajanja prozorčića analize (pa) 102,4 ms, onda je najniža frekvencija koja se može izračunati 10 Hz. Dugotrajni prosječni spektar zapravo obavještava o spektralnoj raspodjeli govornoga signala u nekom vremenu. Trajanje uzorka određeno je da se dugotrajni spektar očisti od kratkotrajnih lingvističkih i paralingvističkih perturbacija. Drži se da je to optimalno trajanje govora prikladnoga za dugotrajnu spektralnu analizu između 45 sekundi (Frokiær-Jensen i Prytz, 1975) i 70 sekundi (Markel i dr. 1977, prema: Laver, 1996). Već Li i dr. (1969, prema Mendoza i dr. 1996) preporučuju trajanje od 30 do 40 sekundi, a da je 40 sekundi već dovoljno trajanje potvrđuju i Hammarberg i dr. (1986). Ulaz u računalo u programu AS ugađan je na takvu intenzitetsku razinu da se dobije 200 prozora uzorka unutar 70 sekundi trajanja govora koji se uprosječuju, tako da ne hvata najtiše dijelove zvuka. Što se tiče percepcije uz procjenu glasa u normalnom redoslijedu zvuka nefrikativnog teksta bez utjecaja suglasničke dikcije i što je uobičajen postupak (Hammarberg i dr. 1986, Skarić 1993), glasovi su procjenjivani i u obrnutom redoslijedu zvuka. Na taj se način željelo izbjeći utjecaj mogućega poznavanja osobe na procjenu glasa, a s druge strane odcijepiti stimulus od minimalnoga utjecaja sadržaja te da bi se izbjegao utjecaj prozodije, dakle kakvoće ostvarivanja naglasaka i artikulacije izgovora vokala da vokalska boja ne utječe na procjenu vokalne (glasove) boje.

Uzorak glasova

Uspjelo se dobiti uzorak s podjednakim brojem muških (104) i ženskih (103) glasova (N = 207). Nastojalo se uvrstiti oko polovicu glasova glasovih profesionalaca: spikeri i voditelji (27), novinari (28), glumci (61) : studenti glume ADU u Zagrebu, od kojih su mnogi već glumili u pojedinim predstavama, te nekoliko glumačkih prvaka, jer se pretpostavljalo da će unutar tih skupina biti više

možnosti za percepciju ugone glasa, pogotovo da će se spikerski procijeniti ugodnima, jer se biraju ponajprije prema statičkoj boji glasa. Nastojalo se uvrstiti i polovicu glasova za koje se pretpostavlja da u dovoljnom broju mogu predstavljati skupinu prosječnih glasova. Uzorak su bili, dakle, i studenti druge i treće godine studija, apsolvanti fonetike i drugih grupa Filozofskoga fakulteta te studenti Elektrotehničkoga fakulteta. Također se nastojalo uvrstiti neke druge glasove (skupina ostalih), među kojima su bili nastavnički glasovi, glasovi tehničara, inženjera, modela itd. U uzorak je izabran i manji broj glasova s poremećenom glasovom kvalitetom, uglavnom funkcionalnoga uzroka, za koje se pretpostavljalo da će biti procijenjeni manje ugodnima. Dakle, uzorak glasova djelomice je bio ciljan, a djelomice slučajan.

Postupak

Uvjeti snimanja: Snimalo se uvijek u istim uvjetima u zvučno izoliranom studiju Odsjeka za fonetiku, usmjerenim mikrofonom Senheiser MKH 415T da se maksimalno izbjegne vrijeme odjeka (reverberacija). Mikrofonu su imali frekvencijski raspon od 40 Hz do 20 kHz. Snimalo se izravno na Sony MD - 101 player recorder digitalno na male Sony nosače zvukova (mali disk). Udaljenost ispitanika od mikrofona bila je 20 cm. Govornici su snimani s razinom zvučnoga tlaka (SPL) od 70 dB. Uredaj, nosači zvuka, prijenos zvuka bili su digitalni, tako da se i u montaži zvuk ne mijenja. Prije snimanja govornici su upoznali tekstove i dana im je uputa da čitaju neutralno. Čitali su nefrikativni tekst (Škarić 1993, Varošaneć-Škarić 1994) s prosječnim trajanjem 70 sek.

Obrada zvuka: Zvuk se analizirao digitalno izravno sa Sony MD - 101 s ulazom na PC Philips preko analogno digitalnog pretvarača zvuka (N2 A/D - Interface) na 15 kHz, a s prikazom na logaritamskoj skali do 10 kHz. Kao što je rečeno, spektar je analiziran u programu za dugotrajnu prosječnu spektralnu analizu AS (Average Spectrum), koji su prilagodili Škarić i Stamenković 1991. Osobine raščelamb programa jesu: frekvencija uzorkovanja do 20 kHz, broj kanala (k) - 1023, širina kanala 9.78 Hz, s pomakom prozora 102.4 ms i s jednakim trajanjem prozora raščelambe tipa Hamming 102.4 ms. Prikaz LTAS određen je intenzitetskim vrijednostima za 1023 frekvencijske točke u rasponu od 0 do 10 kHz (na slici prikaza od 70 Hz do 10 kHz).

Prikazi glasa: Za svaki snimljeni glas (N = 207) učinjen je, dakle, prosječan dugotrajni spektar nefrikativnoga teksta. Od prikaza LTAS računala se relativna količina energije u pojedinih spektralnim područjima. Kao pomoćni postupak učinjene su i slike razlika u dB između podskupina glasova prema dimenziji ugone te individualnih razlika prema normalizaciji prosječnih, ugodnih i neugodnih.

Uvjeti slušanja stimulusa: Ispitivanje procjene zvuka provedeno je u prostoriji Odsjeka za fonetiku koja nije bila posebno izolirana, a buka nije bila veća od 40 dB. Jačina zvuka bila je uvijek jednaka i to SPL od 70dB (u uvjetima pune sobe), preko Sony MD - 101, koji je bio povezan sa zvučnicima. Zvučni stimulus

trajao je 10 sek, ocjenjivanje svakog stimulusa trajalo je 20 sek te stanka 5 sek za pripremu slušanja novoga stimulusa. Nakon ocijenjenih 20 stimulusa bila je dodatna stanka od po jedne minute. Ukupno je bilo 414 stimulusa za ocjenjivanje: 103 ženska glasa, 104 muška glasa, svaki s dva stimulusa: u nefrikativnom tekstu normalnoga redoslijeda zvuka i obrnutom redoslijedu zvuka. Redoslijed stimulusa dobiven je metodom slučajnog redoslijeda. Obrnut zvuk bio je na kraju ispitivanja, također slučajnim redoslijedom glasova.

Procjenitelji: Procjenitelji su bili izvježbani studenti 3. godine fonetike (N = 28) te profesionalni ocjenjivači glasova profesionalaca, fonetičari Hrvatske televizije (N = 8). Dakle, ukupno je 36 ocjenjivača procjenjivalo glas u dimenziji ugone na ljestvici od 7 stupnjeva, od kojih je 1 značilo iznimno ružan glas, a 7 iznimno lijep glas.

Statistička obrada: Učinjene su kroskorelacije subjektivne varijable ugone glasa i skupa akustičkih varijabli, te je ispitana značajnost razlika postupkom ANOVA (Analiza varijance, jednosmjerna analiza varijance) Scheoffeovim testom utvrđivanja značajnosti razlika na razini $< 0,05$, skupa akustičkih varijabli i percepcijske varijable podskupina ugodnih (gornjih 20), prosječnih u dimenziji ugone i neugodnih (donjih 20).

REZULTATI I RASPRAVA

Osnovni statistički podaci procjene ugone glasa (lijep - ružan)

Rezultati istraživanja pokazali su da se 36 procjenjivača dobro slažu u procjeni ugone glasa, što je iznimno važno ako je estetika glasove kvalitete univerzalna kategorija. Standardna devijacija je u procjeni podskupina mala, ispod 1: za procjenu ugone muških lijepih glasova u normalnom redoslijedu zvuka i obrnutome respektivno (sd = 0,56; 0,34) i lijepih ženskih (sd = 0,48; 0,39), za neugodne muške glasove (sd = 0,28; 0,39), za neugodne ženske glasove (sd = 0,33; 0,39).

Zanimljivo je da su ukupno muški glasovi procijenjeni prosječno ugodnijima i to prema procjeni u oba zvučna stimulusa, normalnom i obrnutom redoslijedu zvuka (3,71 i 3,96) nego ženski glasovi (3,58 i 3,68). Također su najugodniji muški glasovi prosječno procijenjeni ugodnijima (5,55 i 5,48) nego najugodniji ženski glasovi (5,03 i 4,68). Prosječne minimalne i maksimalne vrijednosti također su nešto veće za najljepše muške glasove nego za najljepše ženske glasove, a tek su neugodni muški glasovi procijenjeni prosječno podjednako neugodnima kao ženski glasovi. To je zanimljivo jer se procjenjivala ugoda glasa u neutralno izgovorenem tekstu i u obrnutom zvuku koji je potpuno pročišćen od semantičkoga. Da se procjenjivao glas u paralingvističkom sloju ugone, možda bi se mogli dobiti i drukčiji rezultati. Primjerice u istraživanju Ticlen i Koopmans - van Beinum (1991) paralingvističkog sloja ugone glasa ženski glasovi medicinskih sestara i menadžerica procijenjeni su prosječno ugodnijima nego glasovi njihovih muških kolega (ugly - beautiful, unpleasant - pleasant).

Rezultati kroskorelacija procjene ugone i akustičkih varijabli

Rezultati kroskorelacija pokazuju veliku korelaciju između procjene ugone glasa u normalnom i obrnutom redosljedu zvuka za muške glasove ($r = 0,87$, $p < 0,0001$) i za ženske glasove ($r = 0,82$, $p < 0,0001$).

Rezultati pokazuju da veća relativna energija do 300 Hz pozitivno (srednje) korelira s ugodnim muškim glasovima prema procjeni u normalnom redosljedu zvuka ($r = 0,38$, $p < 0,0001$) i u obrnutom zvuku ($r = 0,295$, $p = 0,002$). Ugoda glasa negativno korelira s akustičkim varijablama koje zahvaćaju područja od 550 do 3 kHz, a također su manje negativne korelacije s područjima od 2,5 do 3,5 kHz ($r = -0,33$, $p = 0,001$), 3 - 3,6 kHz te 3-4 kHz (tablica 1). Moglo bi se zaključiti da su prema ovome istraživanju muški ugodni glasovi jaki u području do 300 Hz, a da su u središnjim dijelovima spektra nešto slabiji od ostalih muških glasova, te da naglo ne padaju u području između 2,5 do 4 kHz, ali nisu tu niti preistaknuti te da su u vrlo visokom području spektra od 5 do 10 kHz jaki poput prosječnih glasova prema procjeni ugone, dakle ni slabiji ni jači.

Zanimljivo je da ugoda ženskih glasova ima manji negativni značajni korelacijski koeficijent s relativnom energijom u području do 0,4 kHz prema procjeni u normalnom redosljedu zvuka ($r = -0,22$, $p = 0,02$) i obrnutog zvuka ($r = -0,25$, $p = 0,009$) (tablica 2). Dakle, prevelika relativna energija ženskih glasova u tome području neće se vezivati za ugodu. To su potvrdili i rezultati postupka ANOVA, kojim su se ispitivale razlike među podskupinama dimenzije ugone. Prema procjeni ugone u obrnutom zvuku postoji manji značajni pozitivni korelacijski koeficijent s relativnom energijom u području od 0,5 do 1 kHz za ženske glasove ($r = 0,23$, $p = 0,018$), a ugoda prema procjeni u oba zvučna stimulusa ima manji značajni pozitivni korelacijski koeficijent s područjem od 1-1,2 kHz i prema procjeni u normalnom redosljedu zvuka pozitivni korelacijski koeficijent s područjem od 2,5 do 3 kHz ($r = 0,25$, $p = 0,01$). Istodobno, nije bilo značajnog odnosa u području od 1,5 do 2,5 kHz, niti u vrlo visokim dijelovima spektra od 3 kHz nadalje (tablica 2). Već se iz ovih podataka može vidjeti da raspored energije u spektru ima veći značaj za muške negoli za ženske glasove te da su ženski ugodni glasovi drukčijeg odnosa relativne energije u dijelovima spektra nego muški glasovi.

Skarić (1991) definira ugodne glasove kao one glasove koji su nešto nižeg tona od fiziološki središnjega, koji su uravnoteženih svih spektralnih osobina, ali uz pojačane krajnje osobine: da su jaki u nižim područjima spektra (do 300 Hz), dakle koji su voluminozni i istodobno istaknutijega visokog dijela spektra. Oni su jače pucketavosti u području od 5 do 10 kHz, tj. u njima su prisutni čujni harmonici iznad 5000 Hz, koji nastaju uslijed oštarih titraja gласnica malog koeficijenta otvora, koji su lagano prigušeni, koji imaju malo sipkosti (osjenčanosti: malo udubljenje oko 4000 Hz), što znači prisutnost manje količine grkljanskog šuma, ali ne smiju biti disfonični, odnosno jako šumni.

Rezultati pak ovoga rada, koji je istraživao relativnu energiju ugodnih glasova, pokazali su da se najugodniji muški glasovi u području od 5 kHz nadalje

Tablica 1. Korelacijski koeficijenti između akustičkih varijabli i procjene ugone (muškarci)

Table 1. Correlativ coefficients between acoustic variables and the assessment of pleasantness (men)

	rlnz	rioz
0,3	0,38	0,30
p	***	0,002*
0,3-0,55	-0,07	-0,04
p	0,501	0,69
0,55-0,65	-0,39	-0,30
p	***	0,002*
0,55-1	-0,48	-0,37
p	***	***
0,85-1	-0,44	-0,33
p	***	0,001**
1-2	-0,41	-0,34
p	***	***
1,5-2	-0,41	-0,36
p	***	***
1,5-3	-0,43	-0,36
p	***	***
2-2,5	-0,43	-0,38
p	***	***
2,5-3,5	-0,33	-0,26
p	0,001**	0,009
3-3,6	-0,27	-0,24
p	0,006*	0,015*
3-4	-0,28	-0,25
p	0,004*	0,009*
5-10	-0,08	-0,19
p	0,408	0,056 *
0,3*10	-0,01	-0,14
p	0,91	0,161

Tablica 2. Korelacijski koeficijenti između akustičkih varijabli i procjene ugone (žene)

Table 2. Correlativ coefficients between acoustic variables and the assessment of pleasantness (women)

	rlnz	rioz
0,4	-0,22	-0,25
p	0,025*	0,009*
0,4-0,5	0,19	0,17
p	0,059	0,087
0,5-1	0,14	0,23
p	0,158	0,018*
1-1,2	0,21	0,17
p	0,035*	0,095
1,5-2,5	0,1	0,05
p	0,318	0,641
2,5-3	0,25	0,06
p	0,01*	0,571
3-5	0,16	0,06
p	0,112	0,565
3,5-5	0,16	0,1
p	0,109	0,331
5-10	-0,08	0,02
p	0,411	0,876
0,4*10	-0,13	-0,02
p	0,193	0,831

* p 0,05 **p<0,001 ***p<0,0001

Popis kratice:

uz: normalni redosljed zvuka nefrikativnoga teksta

oz: obrnuti redosljed zvuka

rl: ružan - lijep

sr: srednja vrijednost

sd: standardna devijacija

min: minimalna vrijednost

maks: maksimalna vrijednost

posebne kratice za muškarce:

0,3: relativna energija u dijelu spektra do 300 Hz

0,3-0,55: relativna energija u području od 300 do 550 Hz

0,55-0,65: relativna energija u području od 550 do 650 Hz, ...itd.

0,3*10: umnožak relativne količine energije u području do 300 Hz s relativnom količinom energije u području od 5 do 10 kHz

posebne kratice za žene:

0,4: relativna energija u dijelu spektra do 400 Hz

0,4-0,5: relativna energija u području od 400 do 500 Hz

0,5-1: relativna energija u području od 500 Hz do 1 kHz, ...itd

Tablica 3. Korelacijski koeficijenti između akustičkih varijabli (muškarci)
 Table 3. Correlativ coefficients between acoustic variables (men)

	0,3	0,3-0,55	0,55-0,65	0,55-1	0,85-1	1-2	1,5-2
0,3	1						
p							
0,3-0,55	-0,75	1					
p	***						
0,55-0,65	-0,33	-0,18	1				
p	0,001**	0,065					
0,55-1	-0,60	0,01	0,80	1			
p	***	0,893	***				
0,85-1	-0,68	0,15	0,5	0,89	1		
p	***	0,125	***	***			
1-2	-0,58	0,0014	0,48	0,65	0,71	1	
p	***	0,989	***	***	***		
1,5-2	-0,42	-0,14	0,53	0,65	0,63	0,82	1
p	***	0,153	***	***	***	***	
1,5-3	-0,45	-0,15	0,52	0,63	0,63	0,80	0,84
p	***	0,134	***	***	***	***	***
2-2,5	-0,37	-0,16	0,41	0,49	0,52	0,74	0,64
p	***	0,098	***	***	***	***	***
2,5-3,5	-0,42	-0,10	0,48	0,54	0,52	0,63	0,58
p	***	0,302	***	***	***	***	***
3-3,6	-0,33	-0,09	0,42	0,43	0,38	0,5319	0,44
p	0,001**	0,373	***	***	***	***	***
3-4	-0,33	-0,1	0,42	0,43	0,39	0,53	0,44
p	0,001**	0,328	***	***	***	***	***
5-10	-0,06	-0,05	0,03	0,13	0,12	0,08	0,13
p	0,574	0,612	0,798	0,199	0,224	0,402	0,2
0,3*10	0,19	-0,23	-0,06	-0,02	-0,05	-0,06	0,02
p	0,053	0,017*	0,534	0,836	0,587	0,519	0,84

Tablica 4. Korelacijski koeficijenti između akustičkih varijabli (muškarci)
 Table 4. Correlativ coefficients between acoustic variables (men)

	1,5-3	2-2,5	2,5-3,5	3-3,6	3-4	5-10
1,5-3	1					
p						
2-2,5	0,9	1				
p	***					
2,5-3,5	0,89	0,82	1			
p	***	***				
3-3,6	0,58	0,63	0,77	1		
p	***	***	***			
3-4	0,57	0,62	0,76	0,99	1	
p	***	***	***	***		
5-10	0,14	0,13	0,1	0,06	0,08	1
p	0,165	0,174	0,317	0,527	0,402	
0,3*10	0,03	0,04	-0,01	-0,04	-0,01	0,93
p	0,828	0,682	0,862	0,71	0,905	***

Tablica 5. Korelacijski koeficijenti između akustičkih varijabli (žene)
Table 5. Correlativ coefficients between acoustic variables (women)

	0,4	0,4-0,5	0,5-1	1-1,2	1,5-2,5
0,4	1				
p					
0,4-0,5	-0,55	1			
p	***				
0,5-1	-0,84	0,12	1		
p	***	0,224			
1-1,2	-0,71	0,21	0,52	1	
p	***	0,03 *	***		
1,5-2,5	-0,56	0,07	0,37	0,67	1
p	***	0,512	***	***	
2,5-3	-0,35	0,10	0,13	0,54	0,66
p	***	0,302	0,177	***	***
3-5	-0,37	-0,03	0,23	0,48	0,69
p	***	0,764	0,017 *	***	***
3,5-5	-0,29	0,02	0,17	0,35	0,5
p	0,003 *	0,863	0,087	***	***
5-10	0,02	-0,14	0,01	-0,01	0,08
p	0,834	0,153	0,959	0,898	0,396
0,4*10	0,14	-0,19	-0,09	-0,10	-0,01
p	0,156	0,044 *	0,358	0,3	0,872

Tablica 6. Korelacijski koeficijenti između akustičkih varijabli (žene)
Table 6. Correlativ coefficients between acoustic variables (women)

	2,5-3	3-5	3,5-5	5-10	0,4*10
2,5-3	1				
p					
3-5	0,68	1			
p	***				
3,5-5	0,41	0,87	1		
p	***	***			
5-10	0,12	0,25	0,26	1	
p	0,237	0,011 *	0,009 *		
0,4*10	0,02	0,18	0,22	0,99	1
p	0,81	0,071	0,029 *	***	

u niskom području do 0,3 kHz s relativnom energijom u području od 1 do 2 kHz ($r = -0,5776$). Manja je negativna korelacija zatim s područjem od 2 do 2,5 kHz ($r = -0,37$). Relativna energija u području od 5 do 10 kHz nije ni u kakvoj statistički značajnoj vezi s područjem do 0,3 kHz.

Kod ženskih glasova, relativna energija u području do 0,4 kHz u većoj je negativnoj korelaciji s područjem od 0,5 do 1 kHz ($r = -0,84$, $p < 0,0001$) i s područjem od 1 do 1,2 kHz ($r = -0,7145$, $p < 0,0001$), te u srednjoj negativnoj korelaciji s područjem od 1,5 do 2,5 kHz ($r = -0,561$, $p < 0,0001$) (tablice 5 i 6). Različitost muškoga i ženskoga spektra očituje se i u podacima da relativna energija muških glasova u vrlo visokom dijelu spektra od 5 do 10 kHz nema značajnih korelacija s nijednim drugim područjem u spektru, dok kod žena postoje manji značajni korelacijski koeficijenti s područjima 3 - 5 kHz ($r = 0,25$, $p = 0,01$)

ne razlikuju statistički značajno od skupine prosječnih glasova i nisu pokazali važnost visokoga dijela spektra za ugodu glasova. Dobar je glas prema Skariću (1987, 1991), onaj u kojemu su uravnoteženo prisutne pojedine kategorije boje: voluminoznosti, punoće, sonornosti, okruglosti, blještavosti i pješčanosti.

Rezultati

kroskorelacija akustičkih varijabli s akustičkima (tablice 3 i 4) pokazuje da postoji jača negativna korelacija kod muških glasova između relativne energije u području do 0,3 kHz i sljedećih područja: od 0,3 do 0,55 kHz ($r = -0,75$); od 0,55 do 1 kHz ($r = -0,60$); od 0,85 do 1 kHz ($r = -0,68$). Dakle, što je veća relativna energija do 0,3 kHz, to je manja relativna energija sve do područja do 1 kHz, a srednja je negativna korelacija relativne energije

i 3.5 - 5 kHz ($r = 0,26$, $p = 0,009$) (tablica 6). Dakle, za ženske glasove općenito ti su visoki dijelovi spektra značajniji nego za muške glasove.

Rezultati analize varijance

Relativna energija u dijelovima spektra dimenzije ugone muških glasova

Analiza varijance pokazuje statistički značajne razlike između podskupina procjene dimenzije ugone u relativnoj energiji u dijelu spektra od 70 do 300 Hz. Kod procjene u obrnutom zvuku ugodni muški glasovi imaju značajno veću relativnu energiju od skupine prosječnih glasova u dimenziji ugone ($F(2,101) = 4,15$, $p = 0,018$). Kod procjene u normalnom redosljedu zvuka muški najugodniji glasovi imaju značajno veću relativnu energiju od prosječnih i od najružnijih muških glasova ($F(2, 101) = 9,06$, $p = 0,002$). U procjeni u obrnutom zvuku najljepši glasovi u tom području imaju srednju vrijednost relativne količine energije 0,6700636 (što je 67% energije) u odnosu na ukupnu prosječnu količinu energije u svojem spektru (tablica 7 i slika 1). U procjeni u normalnom redosljedu zvuka najljepši glasovi imaju, dakle, značajno veću relativnu energiju u tome dijelu spektra (0,7112752, što je 71%) i od najružnijih glasova (52%) i od ostalih prosječnih (54%). Dakle, možemo reći da ugodni muški glasovi prosječno imaju značajno veću količinu relativne energije u niskome dijelu spektra do 300 Hz od podskupina nelijepih i prosječnih muških glasova. Ovaj je značajan rezultat za ugodu glasa sukladan Molesovu (1958) određenju estetske informacije zvuka prema kojemu su bitni upravo niži dijelovi spektra, izrazito frekvencijsko područje do 100 Hz, pa do 300 Hz. Stoga je razumljivo da su se dobili značajniji rezultati za muške negoli za ženske glasove, iako slike razlika u spektru između ekstremno procijenjenih glasova u dimenziji ugone pokazuju da su, osim iznimno ugodnih muških glasova (slika 2, 3), koji su jači od neugodnih muških glasova ($n = 10$) najviše upravo do 100 Hz (područje nultoga formanta za vrlo ugodne muške glasove), i ženski ugodni glasovi jači od neugodnih ženskih glasova ($n = 10$) u nižim dijelovima oko područja nultoga formanta ugodnog ženskoga glasa

U području spektra od 300 do 550 Hz nije se pokazala značajna razlika između podskupina dimenzije ugone prema procjeni u obrnutom zvuku: lijepi glasovi u tom području imaju manju količinu relativne energije od podskupine prosječnih, a najružniji glasovi imaju manju količinu relativne energije od prosječnih. Prema procjeni u normalnom redosljedu zvuka ugodni muški glasovi imaju statistički značajno manje relativne energije od skupine prosječnih muških glasova ($F(2, 101) = 5,999$, $p = 0,0035$).

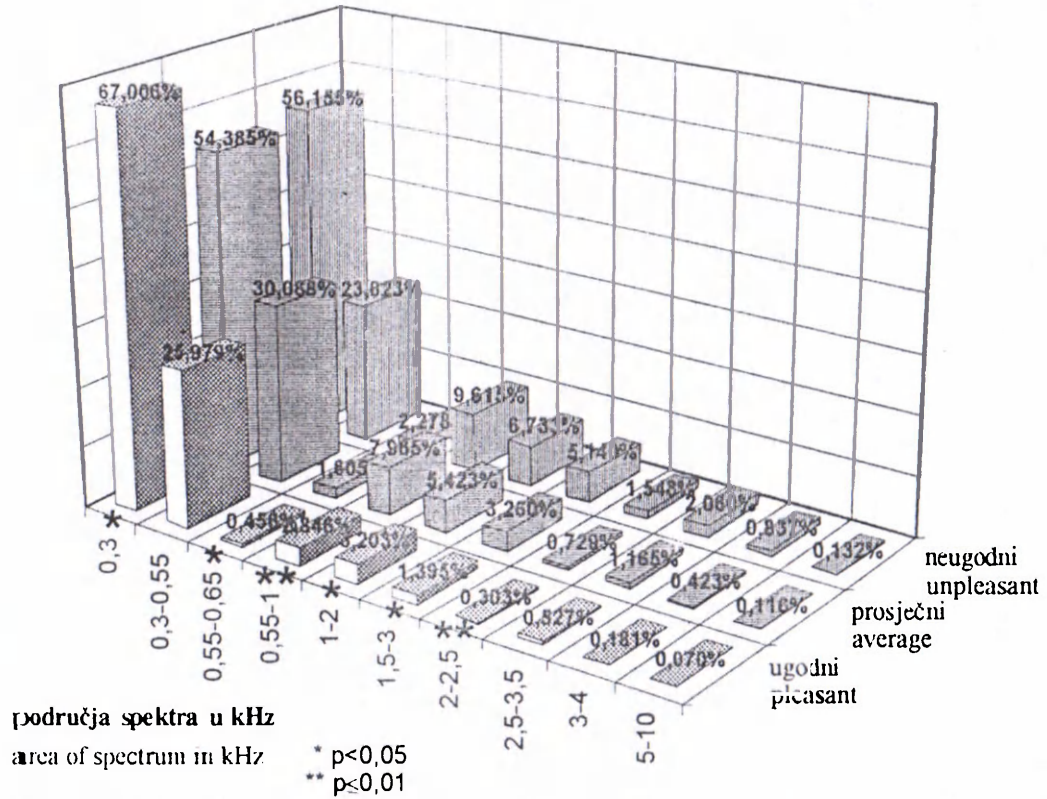
Rezultati pokazuju da se podskupine dimenzije ugone statistički značajno razlikuju po relativnoj energiji u području od 550 do 650 Hz u procjenama obje vrste zvučnoga stimulusa. Kod procjene u obrnutom zvuku najugodniji muški glasovi imaju značajno manju relativnu energiju od skupine ružnih muških glasova ($F(2, 101) = 4,39$, $p = 0,015$), od kojih također imaju značajno manju relativnu

Tablica 7. Relativna energija prema procjeni ugone n obrnutom zvuku, podskupine: muškarci
 Table 7. Relative energy according to the assessment of pleasantness for reversed sound, subgroups: men

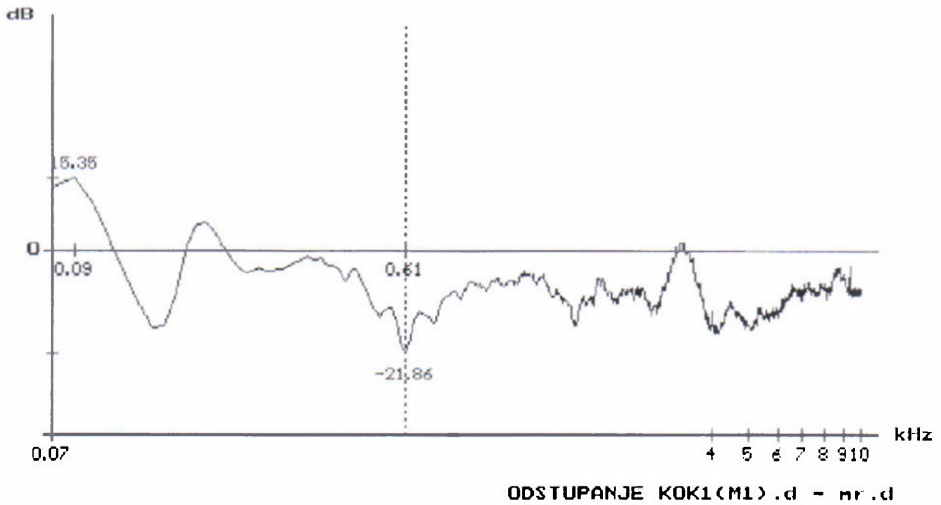
		0,3	0,3-0,55	0,55-0,65	0,55-1	0,85-1
ugodni pleasant	sr	0.67006	0.25979	0.00456	0.02846	0.00949
	sd	0.13275	0.10948	0.00416	0.02159	0.00835
	min	0.35137	0.05699	0.00053	0.00198	0.00098
	maks	0.88743	0.48178	0.01669	0.09087	0.02977
prosječni average	sr	0.54385	0.30068	0.01605	0.07965	0.02635
	sd	0.17947	0.13817	0.02142	0.06437	0.02037
	min	0.11973	0.05018	0.00054	0.00651	0.00121
	maks	0.90394	0.58265	0.08871	0.31146	0.1009
neugodni unpleasant	sr	0.56155	0.23623	0.02278	0.09615	0.02878
	sd	0.18012	0.14985	0.02356	0.06176	0.02385
	min	0.19043	0.02913	0.00106	0.00383	0.0007
	maks	0.80872	0.71747	0.09425	0.2463	0.08532

		1-2	1,5-2	1,5-3	2-2,5	2,5-3,5
ugodni pleasant	sr	0.03203	0.00719	0.01395	0.003025	0.00527
	sd	0.02448	0.00403	0.01118	0.00326	0.00549
	min	0.00565	0.00143	0.00167	0.00009	0.00029
	maks	0.10879	0.01825	0.05288	0.01524	0.02192
prosječni average	sr	0.05423	0.01712	0.0326	0.00729	0.01165
	sd	0.0382	0.01444	0.03506	0.01027	0.02101
	min	0.00622	0.0009	0.00125	0.00021	0.00029
	maks	0.16613	0.07461	0.21057	0.05916	0.13768
neugodni unpleasant	sr	0.06733	0.02322	0.0514	0.01548	0.0206
	sd	0.04844	0.01704	0.04645	0.0177	0.02787
	min	0.0042	0.00195	0.00283	0.00059	0.0004
	maks	0.20286	0.05508	0.15685	0.06858	0.10929

		3-3,6	3-4	5-10	0,3*10
ugodni pleasant	sr	0.00163	0.00181	0.0007	0.00047
	sd	0.00181	0.00188	0.00049	0.00034
	min	0.00006	0.00009	0.0001	0.00007
	maks	0.00679	0.007	0.00217	0.00136
prosječni average	sr	0.00365	0.00423	0.00116	0.00062
	sd	0.00604	0.00619	0.00161	0.00087
	min	0.0001	0.00014	0.00014	0.00006
	maks	0.03532	0.03569	0.01045	0.005
neugodni unpleasant	sr	0.00802	0.00837	0.00132	0.00075
	sd	0.01737	0.01741	0.00096	0.00064
	min	0.00017	0.00024	0.00022	0.00011
	maks	0.07643	0.07687	0.00416	0.00244

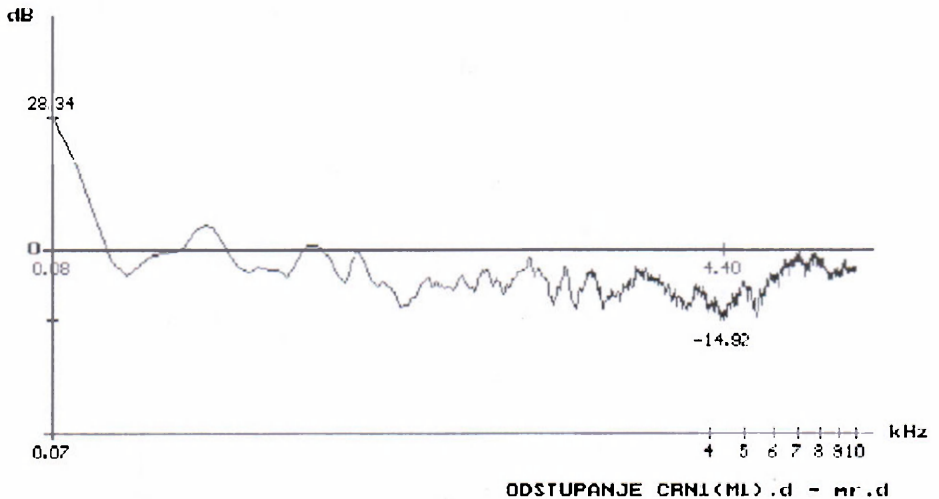


Slika 1. Relativna energija po dijelovima spektra (muškarci) - ugodna
 Figure 1. Relative energy by parts of the spectrum (men) - pleasantness



Slika 2. Razlika pojedinačnoga muškog ugodnoga glasa prema normalizaciji neugodnih

Figure 2. An individual pleasant male voice as compared to normalized unpleasant voices



Slika 3. Razlika pojedinačnoga muškog ugodnoga glasa prema normalizaciji neugodnih

Figure 3. An individual pleasant male voice as compared to normalized unpleasant voices

energiju i kod procjene u normalnom redosljedju zvuka ($F(2, 101) = 5,55, p = 0,005$).

U području od 550 do 1000 Hz kod procjene u obrnutom zvuku najljepši muški glasovi imaju značajno manje relativne energije od skupine neugodnih glasova, koji tu imaju najveću relativnu energiju te od prosječnih muških glasova ($F(2, 101) = 7,85, p = 0,0007$). Rezultati pokazuju iste značajne razlike i kod procjene u normalnom redosljedju zvuka ($F(2, 101) = 10,17, p = 0,0001$). Također, rezultati u užem dijelu spektra (od 850 do 1000 Hz) unutar ovoga dijela spektra pokazuju da ugodni muški glasovi imaju značajno manje relativne energije od ružnih i prosječnih glasova kod procjene u normalnom redosljedju zvuka ($F(2, 101) = 8,17, p = 0,0005$) te obrnutoga zvuka ($F(2, 101) = 6,59, p = 0,002$).

U području od 1 do 2 kHz statistički se značajno razlikuju skupine ugodnih, ružnih i prosječnih glasova prema procjeni u oba zvučna stimulusa. Kod procjene ugrade u obrnutom zvuku skupina lijepih muških glasova ima značajno manje relativne energije od skupine ružnih muških glasova od kojih i prosječni glasovi imaju značajno manje relativne energije ($F(2, 101) = 4,43, p = 0,01$). I kod procjene ugrade u normalnom redosljedju zvuka lijepi glasovi imaju značajno (dvostruko) manje relativne energije nego ružni, a ružni glasovi imaju i značajno više relativne energije i od skupine prosječno ugodnih muških glasova ($F(2, 101) = 7,34, p = 0,001$). I u varijabli koja je ispitivala odnos relativne energije unutar užega područja od 1,5 do 2 kHz, također se značajno razlikuju skupine po relativnoj energiji i to prema procjeni u oba zvuka. Primjerice lijepi muški glasovi prema procjeni u obrnutom zvuku u tom užem području imaju značajno manje relativne energije od ružnih, ali i od prosječno ugodnih muških glasova ($F(2, 101) = 7,08, p = 0,001$).

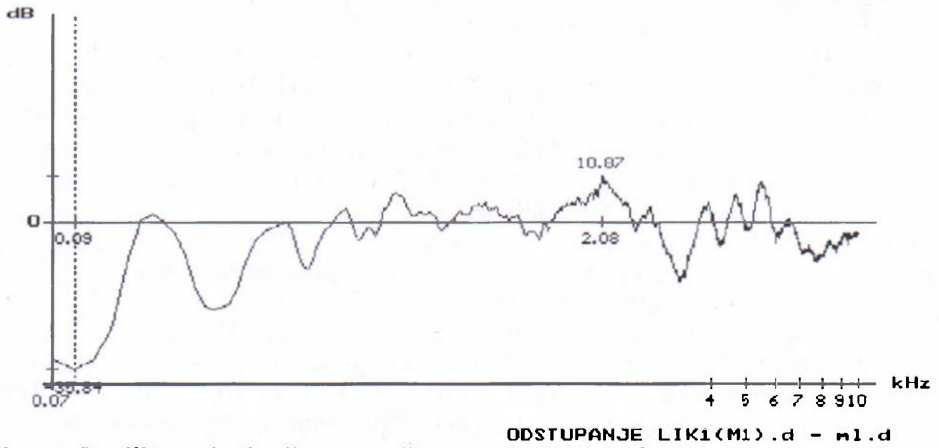
I u području od 1,5 do 3 kHz skupina ugodnih muških glasova ima značajno manje relativne energije od skupine ružnih muških glasova prema procjeni u obrnutom zvuku ($F(2, 101) = 5,86, p = 0,04$) i prema procjeni u normalnom redosljedju zvuka ($F(2, 101) = 8,73, p = 0,003$), s tim da prema procjeni u nefrikativnom zvuku ružni glasovi imaju značajno više relativne energije i od skupine prosječno ugodnih muških glasova.

U akustičkoj varijabli od 2 do 2,5 kHz, koja je bila na frekvencijskoj ljestvici sadržana u gornjoj varijabli, željelo se na užem području ispitati odnos među skupinama, jer se pošlo od pretpostavke da su glasovi s više relativne energije u ovom području zaobljeniji, što je u estetskom smislu neugodan glas. Rezultati su se pokazali vrlo značajnima. Lijepi muški glasovi u ovome području imaju značajno manje relativne energije prema ukupnoj količini energije u svojem spektru od skupine ružnih glasova, a također skupina prosječno ugodnih glasova u ovome području ima značajno manje relativne energije od ružnih glasova, koji imaju najviše relativne energije u tome dijelu spektra (slika 1). Rezultati su značajni prema procjeni u obrnutom zvuku ($F(2, 101) = 6,49, p = 0,002$) i prema procjeni u normalnom redosljedju zvuka ($F(2, 101) = 10,66, p = 0,0001$). Kada se uzme samo dio spektra od 2,5 do 3,5 kHz, nema značajnih razlika među skupinama prema procjeni u obrnutom zvuku, iako najljepši glasovi zadržavaju

odnos od najmanje relativne energije. A prema procjeni u normalnom redosljedu zvuka pokazale su se značajne razlike između najljepših i najružnijih glasova, ali manje nego od 2 do 2,5 kHz. Stoga se može zaključiti da je upravo područje od 2 do 2,5 kHz vrlo važno i statistički značajno u razlici ugone, odnosno neugode glasa. Za Molesa (1958) upravo je područje od 2000 Hz bilo nevažno za količinu estetske obavijesti. Zanimljivo je da su u tome području spektra jači glasovi nagluhlih osoba (najviše na 2,3 kHz), koji se percipiraju zaobljenima, od glasova dobročujućih osoba (Skarić i Varošaneć-Skarić, 1995). I prema rezultatima ovoga rada može se reći da je veća relativna energija u ovome području u odnosu na promatrani spektar glasa, znak manje ugone, znak neestetičnoga zvuka glasa. Ako govorimo o obliku spektra, možemo reći da se pojačanje intenziteta u tom dijelu spektra u govoru percipira kao neugoda glasa. To nam potvrđuju i slike razlika glasova procijenjenih vrlo neugodnima (Slika 4, Slika 5) prema normalizaciji muških ugodnih glasova ($n = 10$). Muški glas procijenjen najneugodnijim (Slika 4) ima najveću razliku prema ugodnim na 2,08 kHz za 10,87 dB, dok je drugi neugodni glas jači od ugodnih podjednako u području zaobljenosti i blještavosti (Slika 5).

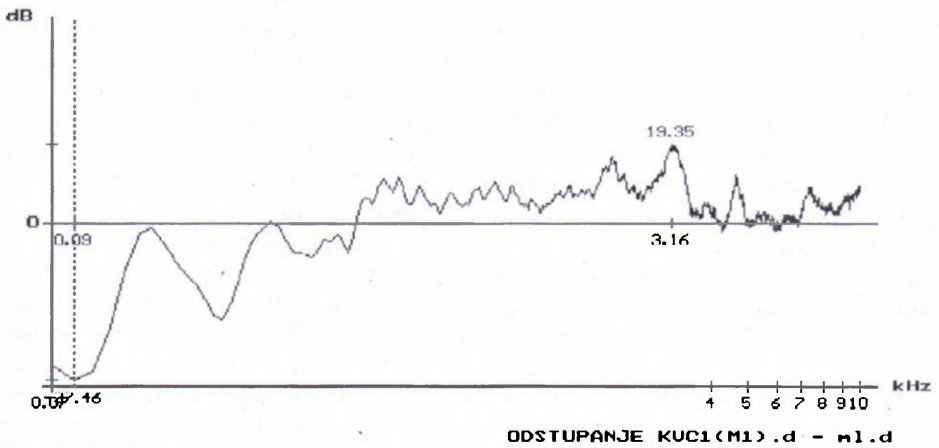
Za razliku od gornje varijable, akustička varijabla od 3 do 4 kHz nije se pokazala statistički značajnom u odnosu na ugodu odnosno neugodu muških glasova. Najljepši glasovi imaju neznajčajno manje relativne energije u odnosu na svoj spektar, ali ne razlikuju se značajno od drugih dviju skupina.

U području od 5 do 10 kHz nije bilo značajnih razlika među podskupinama dimenzije ugone glasa. Skupina najljepših muških glasova u području od 5 do 10 kHz prema procjeni u nefrikativnom zvuku ima srednju količinu relativne energije 0,0008762 (što je 0,08762% od ukupne količine energije njihovoga spektra), prosječno procijenjeni glasovi prema ugodu imaju srednju vrijednost relativne količine energije 0,0011336 (što je 0,11336% od ukupne energije njihovoga spektra), najružniji glasovi imaju gotovo jednaku srednju količinu relativne energije kao prosječni glasovi: 0,0012326 (što je 0,123% ukupne količine energije njihova spektra). Prema procjeni u obrnutom zvuku u području od 5 do 10 kHz odnosi srednje relativne energije su slični: najljepši: $sr = 0,0006987$; prosječni: $sr = 0,0011631$; ružni: $sr = 0,0013159$. Dakle, prosječni glasovi prema procjeni ugone i ružni glasovi u tome su području neznatno većeg odnosa relativne energije od najljepših glasova u tome području. To se može objasniti tako što lijepi glasovi imaju značajno veći odnos relativne količine energije u niskom dijelu spektra do 300 Hz nego drugi muški glasovi, a nije se računalo prema ukupnoj količini energije svih glasova, nego uvijek prema svojem spektru, što je metodološki uobičajen postupak. Dapače, neka istraživanja nalaze da su muški promukli glasovi značajno jači od nepromuklih glasova upravo u ovome spektralnom području od 5 do 10 kHz (Varošaneć - Skarić, 1998) i da je jača spektralna razina kod šumnih glasova hiperfunkcionalne kvalitete na vrlo visokim frekvencijama u području od 5 - 8 kHz te da se malo intenzitetski razlikuje u usporedbi s područjem od 2 - 5 kHz (Hammarberg i dr., 1986). Takvi glasovi ujedno imaju strmiji pad u nižim dijelovima spektra.



Slika 4. Razlika pojedinačnoga muškog neugodnoga glasa prema normalizaciji ugodnih

Figure 4. An individual unpleasant male voice as compared to normalized pleasant voices



Slika 5. Razlika pojedinačnoga muškog neugodnoga glasa prema normalizaciji ugodnih

Figure 5. An individual unpleasant male voice as compared to normalized pleasant voices

Umnožak ukupne relativne količine energije do 300 Hz s ukupnom količinom relativne energije u području od 5 do 10 kHz nije pokazao značajnu razliku među skupinama najljepših, prosječnih i ružnih glasova. Standardna devijacija najmanja je za skupinu lijepih glasova u ovoj varijabli umnoška, kao i u varijabli od 5 do 10 kHz, te i u varijabli do 300 Hz u usporedbi s ružnim glasovima. Podaci pokazuju da se u visokom području od 5 do 10 kHz radi o iznimno malim količinama relativne energije.

Relativna energija u dijelovima spektra dimenzije ugone ženskih glasova

Područje od 0 do 400 Hz nije se pokazalo značajnim za ženske glasove kao što se pokazalo područje do 300 Hz za muške glasove. Za razliku od muškaraca, kod žena nije bilo značajnih razlika među skupinama najljepših, prosječnih i najružnijih glasova (tablica 8 i Slika 6). Ženski najljepši glasovi prosječno nemaju najviše relativne energije u području do 400 Hz, nemaju prosječno značajno veću relativnu energiju od prosječno ugodnih ženskih glasova. U ovome području prosječno najviše relativne energije imaju ženski najružniji glasovi, ali statistički neznačajno.

Lijepi ženski glasovi u području od 400 do 500 Hz imaju veću relativnu energiju nego ostale skupine ženskih glasova prema procjeni ugone u obrnutom zvuku i nefrikativnom tekstu, ali ne i statistički značajno.

U području od 0,5 do 1 kHz najljepši ženski glasovi imaju prosječno manju količinu relativne energije od skupine prosječno ugodnih (prosječnih), dok najmanju relativnu količinu energije imaju najružniji ženski glasovi prema procjeni u nefrikativnom tekstu i u obrnutom zvuku. Dakle, najljepši glasovi u području od 0,5 do 1 kHz imaju veću relativnu energiju od skupine najružnijih ženskih glasova.

U području od 1 do 1,2 kHz ugodni ženski glasovi imaju značajno veću relativnu energiju od skupine neugodnih, ružnih ženskih glasova prema procjeni u normalnom redoslijedu zvuka ($F(2, 100) = 3,90, p = 0,02$). A prema procjeni u obrnutom redoslijedu zvuka ženski prosječni glasovi u dimenziji ugone imaju značajno veću relativnu energiju od neugodnih ženskih glasova (Slika 6). Najljepši ženski glasovi imaju približno jednaku količinu relativne energije u području od 1 do 1,2 kHz kao skupina prosječnih ženskih glasova prema procjeni ugone. To je zanimljiv podatak, jer je ova varijabla izabrana zbog područja antirezonancija kao i varijabla 400 do 500 Hz za ženske glasove. Dakle, posredno se može zaključiti da najljepši ženski glasovi u tome području od 1 do 1,2 kHz nemaju najjače antirezonancije uslijed morfoloških uzroka upijajućih osobina nazalnih i paranazalnih šupljina (Dang i dr. 1994, Dang i Honda 1995) nego da su slični prosječnim ženskim glasovima. Budući da najružniji ženski glasovi u tome uskom području imaju najmanje relativne energije i statistički značajno manju relativnu količinu energije od skupine prosječnih ženskih glasova, posredno se može zaključiti da su im veće antirezonancije u tom području.

U ovom se području od 1,5 do 2,5 kHz (područje ženskih F2 i F3) nije pokazala značajna razlika među skupinama najljepših, prosječnih i najružnijih

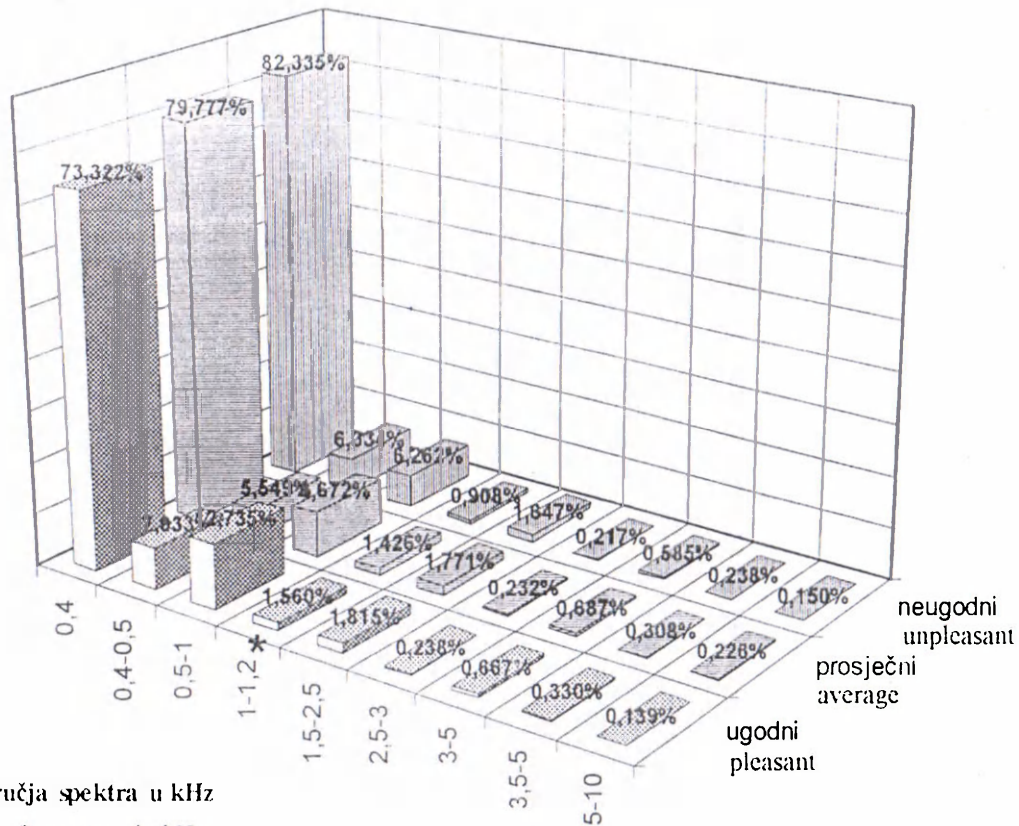
Tablica 8. Relativna energija prema procjeni ugone u obrnutom zvuku, podskupine: žene
 Table 8. Relative energy according to the assessment of pleasantness for reversed sound, subgroups: women

		0,4	0,4-0,5	0,5-1	1-1,2	1,5-2,5
ugodni pleasant	sr	0.73322	0.07933	0.12735	0.0156	0.01815
	sd	0.17602	0.0812	0.15457	0.01113	0.01538
	min	0.27645	0,0081	0.01249	0,00413	0,00418
	maks	0.91718	0.30938	0.59352	0.04611	0.07439
prosječni average	sr	0.79777	0.05549	0.08672	0.01426	0.01771
	sd	0.13508	0.05039	0.07845	0.01298	0.01732
	min	0.41352	0.00425	0.00724	0.00158	0.0025
	maks	0.96799	0.23895	0.40746	0.05338	0.09896
neugodni unpleasant	sr	0.82335	0.06334	0.06262	0.00908	0.01647
	sd	0.12307	0.06148	0.0479	0.00866	0.01569
	min	0.56311	0.00372	0.00692	0.00079	0.00126
	maks	0.96769	0.22521	0.1851	0.03092	0.06599

		2,5-3	3-5	3,5-5	5-10	0,4*10
ugodni pleasant	sr	0.00238	0.00667	0.0033	0.00139	0.00098
	sd	0.00182	0.00363	0.00204	0.00094	0.00071
	min	0.00051	0.00194	0.00022	0.00017	0.00016
	maks	0.00717	0.01351	0.00703	0.00334	0.00283
prosječni average	sr	0.00232	0.00687	0.00308	0.00226	0.00181
	sd	0.00295	0.00711	0.00307	0.00286	0.00245
	min	0.00015	0.00051	0.0002	0.00031	0.00013
	maks	0.02127	0.04058	0.01217	0.01981	0.01761
neugodni unpleasant	sr	0.00217	0.00585	0.00238	0.0015	0.00126
	sd	0.00241	0.00845	0.00312	0.00149	0.00142
	min	0.00024	0.00086	0.00033	0.00034	0.00031
	maks	0.00808	0.03385	0.01275	0.00722	0.00684

ženskih glasova. Prema procjeni ugone u normalnom redosljedu zvuka najljepši su ženski glasovi prema količini relativne energije (0.017, što je 1.7% relativne energije) postavljeni između najružnijih glasova koji imaju najmanju količinu relativne energije (0.013, što je 1,3% relativne energije) i prosječnih ženskih glasova prema procjeni ugone glasa (0.0191, što je 1,91% relativne energije). Možemo zaključiti da su u ovome području najljepši ženski glasovi razmjerno jaki, ali ne prejaki u odnosu na svoj spektar. Prema procjeni u obrnutom zvuku, najljepši ženski glasovi u tom su području neznajčajno veće relativne energije od skupine prosječnih i neznajčajno veće relativne energije od najružnijih glasova.

U području od 2,5 do 3 kHz, koje potpuno zahvaća područje ženskoga F3, nema statistički značajnih razlika između skupina lijepih, prosječnih i ružnih ženskih glasova. Najljepši ženski glasovi u tom području od 2,5 do 3 kHz imaju najveću relativnu energiju (nz: 0.003, što je 0,3% relativne energije), skupina prosječnih ženskih glasova ima neznajčajno manje relativne energije (0.0023, što je 0,23% relativne energije) od skupine lijepih glasova, dok skupina najružnijih



područja spektra u kHz
area of spectrum in kHz

Slika 6. Relativna energija po dijelovima spektra (žene) - uroda
Figure 6. Relative energy by parts of the spectrum (women) - pleasantness

ZAKLJUČAK

Ovo je istraživanje pokazalo da se postupkom dugotrajnoga prosječnoga spektra mogu objektivno izmjeriti osobine koje se slušno procjenjuju kao osobine vrlo ugodna glasa te neugode glasa. U procjeni glasa glasovih profesionalaca ovim se postupkom mogu izmjeriti neke osobine boje glasa, relativna energija općenito u pojedinim dijelovima spektra. Postupak je praktičan pri praćenju učinka duljega treniranja glasa glasovih profesionalaca. Njime se mogu mjeriti i neke dinamičke osobine glasa, na koje se u ovome radu nismo usredotočili. Također se metodološki u percepciji ugone glasa dobrim pokazala primjena obrnutoga zvuka, jer se tako objektivnije može procjenjivati ljepota glasa iz dva razloga: 1. moguće poznavanje osobe i time psihološki odnos prema njoj svede se na najmanju moguću mjeru; 2. u procjenu obrnutoga zvuka ne ulaze paralingvistički čimbenici govora (primjerice regionalni naglasci i izgovor vokala), moguć nepravilan ili patološki izgovor suglasnika (regionalni otkloni u izgovoru suglasnika, sigmatizam, račlanje itd.) te je pozornost ocjenjivača usmjerena na sam sloj glasa. Utvrđeno je da se lijepi, ugodni glasovi značajno razlikuju od neugodnih, nelijepih glasova u relativnoj energiji u određenim područjima spektra. Ugodni muški glasovi jaki su u niskom području spektra i imaju značajno više relativne energije u području do 300 Hz, imaju značajno manje relativne energije u području od 550 do 1000 Hz, također u središnjem dijelu spektra (od 1 do 3 kHz) i značajno manje relativne energije u području od 2 do 2,5 kHz nego ružni glasovi: u središnjim dijelovima spektra imaju značajno manju relativnu energiju od ostalih glasova, a u visokim dijelovima spektra (5 do 10 kHz) imaju sličan odnos spektralne energije poput skupine prosječnih glasova. Ugodni ženski glasovi ne razlikuju se tako značajno od ostalih podskupina kao muški glasovi. Prema procjeni ugone u obrnutom redoslijedu zvuka ženski ugodni glasovi u području do 400 Hz imaju neznajčajno manju relativnu energiju od neugodnih ženskih glasova te u području od 5 do 10 kHz, a imaju neznajčajno veću energiju u područjima od 0,4 do 0,5 kHz, od 0,5 do 1 kHz, od 1,5 do 2,5 kHz. Slični su prosječnim glasovima do 2,5 kHz po relativnoj energiji i nalaze se između neugodnih i prosječnih skupina glasova. U područjima od 2,5 do 3 kHz i od 3 do 5 kHz ugodni ženski glasovi slični su prosječnim glasovima u relativnoj energiji, a u području od 5 do 10 kHz imaju neznajčajno manju relativnu energiju od neugodnih ženskih glasova. Jedino u vrlo uskom području od 1 do 1,2 kHz ženski prosječni glasovi u dimenziji ugone imaju statistički značajno veću relativnu energiju od neugodnih ženskih glasova, što se može objasniti morfološkim razlozima. Krivulje razlika pojedinih krajnjih skupina prema slušnoj procjeni ugone pokazuju da su razlike muških i ženskih ugodnih glasova prema normalizaciji ružnih konkavnoga oblika s istaknutim vrlo niskim dijelom spektra, slabiji od ružnih glasova u srednjem dijelu spektra, a u vrlo visokim dijelovima nemaju nagli spektralni pad.

Na temelju rezultata može se zaključiti da raspored energije u spektru kod muškaraca više utječe na procjenu kvalitete glasa nego kod ženskih glasova.

REFERENCIJE

- Abercrombie, D. (1967). *Elements of general phonetics*. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Bregman, A. S. (1994). *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*. Massachusetts Institute of Technology Press paperback edition.
- Bruyninckx, M. and Harmegnies, B., Llisterri, J. and Poch-Olivé, D. (1994). Language-induced voice quality variability in bilinguals. *Journal of Phonetics*, 22, 19-31.
- Bruyninckx, M., Harmegnies, B., Llisterri, J., Poch-Olive, D. (1991). Effects of language change on voice quality. An experimental study of catalan - castilian bilinguals. *Proceedings of the XIIth International Congress of Phonetic Sciences*, Aix-en-Provence, August 19-24, 1991, Vol. 2, 398-401.
- Burriss-Meyer, H. (1940). Sound Control Apparatus for the Theater. *J. Acoust. Soc. Am.*, 12, 1, 122-126.
- Burriss-Meyer, H. (1941). Theatrical Uses of the Remade Voice. Subsonics and Reverberation Control. *JASA*, 13, 1, 16-19.
- Byrne, D. (1977). The speech spectrum - Some aspects of its significance for hearing aid selection and evaluation. *Br. Journ. Audiolog.*, 11, 40-46.
- Byrne, D., Dillon, H., i Tran, Kh., Arlinger, S., Wilbraham, K., Cox, R., Hagerman, B., Hetu, B., Kei, J. i Lui, C., Kiessling, J., Nasser Kotby, M., Nasser, N. H. A., i El Kholly, W. A. H., Nakanishi, Y., Oyer, H., Powell, R., Stephens, D., Meredith, R., i Sirimanna, T., Tavartkiladze, G. i Frolenkov, G. I., Westerman, S. i Ludvigsen, C. (1994). An international comparison of long-term average speech spectra. *JASA*, 96, 4, 2108-2120.
- Dang, J., Honda, K. (1995). An investigation of the acoustic characteristics of the paranasal cavities. *Proceedings of the XIIIth International Congress of Phonetic Sciences, Stockholm*, Volume 1 of 4, 342-345.
- Dang, J., Honda, K., Suzuki, H. (1994). Morphological and acoustical analysis of the nasal and the paranasal cavities. *JASA*, 96, 4, 2088-2100.
- Dejonckere, P. H. (1983). Recognition of hoarseness by means of LTAS. *International Journal Rehabilitation Research*, 6, 343-345.
- Esling, J. H., Harmegnies, B., Delplancq, V. (1991). Social distribution of long-term average spectral characteristics in Vancouver English. *Proceedings of the XIIth International Congress of Phonetic Sciences*, Aix-en-Provence, August 19-24, 1991, Vol. 2, 182-185.
- Fletcher, H. (1934). Loudness. Pitch and the Timbre of Musical Tones and Their Relation to the Intensity, the Frequency and the Overtone Structure. *JASA*, 6, 2, 59-69.
- Formby, C. & Mosen, R. B. (1982). Long-term average speech spectra for normal and hearing-impaired adolescents. *Journ. Acoust. Soc. Am.*, 71, 1, 196-202.

- Frøkjaer-Jensen, B., Prytz, S. (1975). Registration of voice quality. *B.&K. Technical Revue*, 3, 3-17.
- Hammarberg, B., Fritzell, B., Gauffin, J., Sundberg, J. (1986). Acoustic and perceptual analysis of vocal dysfunction. *Journal of Phonetics*, 14, 533-547.
- Harmegnies, B., Landercy, A. (1985). Language Features in the Long-Term Average Spectrum. *Revue de Phonetique Appliquee*, 73-74-75:69-79.
- Harmegnies, B., Landercy, A., Bruyninckx, M. (1987). An experiment in inter-language recognition using SDDD index. *Proceedings of the XIth International Congress of Phonetic Sciences*, Tallin, 1987, vol. 2, 241-244.
- Hertrich, I. (1987). *Experimentelle Untersuchungen zur individuellen Variabilität der menschlichen Sprechstimme*. Dissertation, Der Fakultät für Biologie der Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Hirson, A. & Duckworth, M. (1995). Forensic implications of vocal creak as voice disguise. In A. Braun & J. P. Köster (Eds.) *Studies in Forensic Phonetics* (pp. 67-76). Trier: WVT Wissenschaftlicher Verlag Trier.
- Hollien, H., Majewski, W. (1977). Speaker identification by long-term spectra under normal and distorted speech conditions. *JASA*, 62, 4, 975-980.
- Hollien, H. & Hollien, P. A. (1995). Improving aural-perceptual speaker identification techniques. In A. Braun & J. P. Köster (Eds.) *Studies in Forensic phonetics* (pp. 87-97). Trier: WVT.
- Horga, D. (1994). Varijabilitet glasa induciran jezikom. *Zbornik HDPL: Primijenjena lingvistika danas*, 232-238.
- Husson, R. (1962). *Le chant*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Johnstone, T., Scherer, K. (1995). Spectral measurement of voice quality in opera singers: the case of Gruberova. *ICPhS 95 Stockholm*. Vol. 1, 218-221.
- Kitzing, P. (1986). LTAS criteria pertinent to the measurement of voice quality. *Journal of Phonetics*, 14, 477-482.
- Kitzing, P., Åkerlund, K. (1993). Long - time average spectrograms of dysphonic voices before and after therapy. *Folia Phoniatr.* 45, 53-61.
- Klasmeyer, G., Sendlmeier, W. F. (1995). Objective voice parameters to characterize the emotional content in speech. *Proceedings of the XIIIth International Congress of Phonetic Sciences, Stockholm*, Volume 1 of 4, 182-185.
- Laver, J. (1980). *The phonetic description of voice quality*. Cambridge Studies in Linguistics 31, Cambridge University Press, Cambridge 1980.
- Laver, J. (1996). *The Gift of Speech*. Edinburgh Univ. Press, Edinburgh.
- Laver, J. (1995). *Principles of phonetics*. 2nd edition, Cambridge University Press, Cambridge.
- Leino, T., and Kärkkäinen, P. (1995). On the effects of vocal training on the speaking voice quality of male student actors. *Proceedings of the XIIIth*
-

- International Congress of Phonetic Sciences, Stockholm*, Volume 3 of 4, 496-499.
- Löfquist, A. (1986). The long-time-average spectrum as a tool in voice research. *Journal of Phonetics*, 14, 471-475.
- Moles, A. (1958). *Théorie d.l' information et perception esthétique*. Flammarion, Paris.
- Novák, A., Dlouha, O., Capkova, B., Vohradnik, M. (1991). Voice Fatigue after Theater Performance in Actors. *Folia Phoniatr.* 43, 74-78.
- Novák, A., Vokřál, J. (1993). Emotions in the Sight of Long-Time Averaged Spectrum and Three-Dimensional Analysis of Periodicity. *Folia Phoniatr.* 45, 198-203.
- Novák, A., Vokřál, J. (1995). Acoustic Parameters for the Evaluation of Voice of Future Voice Professionals. *Folia Phoniatr. Logop.* 47, 279-285.
- Pillot, C. (1995). Production and perception of the singing formant. *ICPhS 95 Stockholm*, Vol. 1, 262-265.
- Russell, G. O. (1929). The Mechanism of Speech. *JASA*, Vol. 1. No. 1, 83-109.
- Sundberg, J. (1974). Articulatory interpretation of the "singing formant". *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 55, No. 4, 838-844.
- Sundberg, J., Ternström, S., Perkins, W. H. and Gramming, P. (1988). Long-term average spectrum analysis of phonatory effects of noise and filtered auditory feedback. *Journal of Phonetics*, 16, 203-219.
- Škarić, I. (1973). Istraživanje nastanka govora u naše djece. Zagreb: Zavod za fonetiku Filozofskog fakulteta.
- Škarić, I. (1991). Fonetika hrvatskoga književnog jezika. U R. Katičić (ur.) *Povijesni pregled, glasovi i oblici hrvatskog književnog jezika* (str. 61-376). Zagreb: HAZU i Globus.
- Škarić, I. (1993). Prosječni spektar govora kao slika boje glasa. U Likar, Kosmač (ur.), *Strokovno srečanje logopedov Slovenije: Multidisciplinarni pristop v logopediji; Portorož*. Maj 13-15, 1993, 202-205 (Aktiv logopedov Južne Primorske, Portorož).
- Škarić, I. (1987). Funkcionalno saniranje disfonija slušanjem. Problemi glasa i artikulacije glasova: 197-202 (Savez DDJ i SDS, Beograd, 1987.)
- Škarić, I. i Varošaneć - Škarić, G. (1995). Usporedba spektrova glasova gluhih, nagluhih i dobročujućih osoba (pilot istraživanje). *SUVAG*, 8, 1, 1-12.
- Tielen, T. J. & Koopmans-van Beinum, J. (1991). Evaluation of voice and pronunciation characteristics of men and women. *Proceedings of the XXth International Congress of phonetic sciences, Aix-en-Provence*, Vol. 2, 178-181.
- Varošaneć-Škarić, G. (1994). Glasovi radio-televizijskih spikera i novinara na temelju njihova dugotrajnoga prosječnog spektra. *Govor*, 11, 1, 27-40.
- Varošaneć-Škarić, G. (1998). Comparison of acoustic parameters and perception of breathness and nasality and their relation to the pleasantness of voice. *Program and Abstract Book XXIVth World Congress of the*

International Association of Logopedics & Phoniatrics. Amsterdam, August 23-27, 1998. Nijmegen University Press, 223-224.

- Vurma, A., Pajusaar, T., Meister, E., Ross, J. (1995). How does studying influence one's voice quality? *Proceedings of the XIIIth International Congress of Phonetic Sciences*, Stockholm, Volume 1 of 4, 238-241.
- Wendler, J., Doherty, E. T., Hollien, H. (1980). Voice classification by means of long-term speech spectra. *Folia Phoniatrica*, 32, 51-60.
- Wendler, J., Rauhut, A., Kruger, H. (1986). Classification of voice qualities. *Journal of Phonetics*, 14, 483-488.
-

Gordana Varošanec - Škarić
Faculty of Philosophy, Zagreb, Croatia

SUMMARY

RELATIVE SPECTRAL ENERGY AND EUPHONY OF VOICES

The aim of this paper is to establish the relationship between voice pleasantness as an extralinguistic feature and the relative energy in particular areas of the spectrum and to apply the results in the voice aesthetics. 36 skilled voice raters, among whom are eight professional phoneticians, evaluated the degree of pleasantness on a scale of 7 degrees on a sample of 104 male and 103 female voices in sequenced neutral speech of non-fricative text and reversed sound sequence. Half of the voices represented a target sample of the voice professionals (actors, announcers, reporters), and the another half belonged to a random sample of other voices. The results of the evaluation were correlated with acoustic variables based on the long-term average speech spectrum. The ANOVA procedure was also applied in order to determine the difference between groups of voices rated as pleasant, average and unpleasant according to the relative energy in particular areas of the spectrum. According to the overall statistics, pleasant male voices were rated as more pleasant on the average ($sr=5.55$ in normal sound sequence and 5.48 in reversed sound sequence) when compared to female voices (5.02 and 4.67), which appears to be interesting. The results of cross-correlation indicate a strong correlation between the pleasantness rate in normal and reversed sound sequences for male voices ($r=0.87$, $p=0.0001$) and female voices ($r=0.82$, $p=0.0001$). The ANOVA procedure indicated that pleasant male voices have, statistically speaking, significantly more relative energy in the $0 - 300$ Hz range according to the evaluation of both sound stimuli, and significantly less relative energy than average voices in the $0.3 - 0.55$ kHz range according to the evaluation of the normal sound sequence. They also have significantly less relative energy in both stimuli than unpleasant voices in the $0.55 - 0.65$ kHz range, less energy than unpleasant and average voices in the $0.55 - 1$ kHz range, less energy than the group of unpleasant voices in the $1 - 2$ kHz range as well as in the $1.5 - 3$ kHz range and distinctively less relative energy in the $2 - 2.5$ kHz range ($p=0.0001$ in the normal sound sequence and $p=0.002$ in the reversed sound sequence). In the $3 - 4$ and $5 - 10$ kHz ranges, pleasant male voices do not reveal significant difference from the other subgroups. Pleasant female voices do not differentiate

significantly from other subgroups as male voices do. According to the evaluation of reversed sound sequence, pleasant female voices have insignificantly less relative energy (73%) in the range up to 400 Hz than unpleasant female voices (82%) as well as in the 5 - 10 kHz range and have insignificantly more energy in the 0.4 - 0.5 kHz, 0.5 - 1 kHz and 1.5 - 2.5 kHz ranges. In the 2.5 - 3 kHz and 3 - 5 kHz ranges pleasant, female voices have similar relative energy values to average voices, and in the 5 - 10 kHz range they have insignificantly less relative energy. Only in one narrow range, 1 - 1.2 kHz, female average voices have significantly more relative energy than unpleasant female voices. On the basis of such results, we can conclude that the distribution of energy in the spectrum has more influence on the evaluation of male voice quality than on the evaluation of female voices.

Key words: *relative spectral energy, voice esthetics*
