
UDK 81'342.3
340.64:81'342.1
Izvorni znanstveni rad

Gordana Varošaneć-Škarić
Filozofski fakultet, Zagreb
Hrvatska

Davor Stanković
Hrvatska radiotelevizija, Zagreb
Hrvatska

Ines Šafarić
Filozofski fakultet, Zagreb
Hrvatska

**PREPOZNAVANJE POZNATIH GLASOVA STUDENATA FONETIKE
U NORMALNOM GOVORU, NORMALNOM FILTRIRANOM,
PRIKRIVENOM I PRIKRIVENOM FILTRIRANOM**

SAŽETAK

Željelo se ispitati kako studenti fonetike ($N = 12$) koji se međusobno poznaju više od dvije godine, prepoznaju govornike unutar skupine u normalnom govoru, normalnom filtriranom poput telefonske transmisije, prikrivenom i prikrivenom filtriranom govoru. Ispitanici su u fonetskom studiju snimili zadani dijalog dva puta, jedanput svojim naravnim glasom i jedanput prikrivenim, izmijenjenim glasom. Uzorak od 48 govornih stimulusa po 10 s u različitim zvučnim uvjetima nanizan je slučajnim redoslijedom. Postupak prepoznavanja proveden je pojedinačno dva tjedna nakon snimanja na temelju samo jednoga slušanja pojedinoga stimulusa. Razlika u ukupnom prepoznavanju govornika u različitim zvučnim uvjetima utvrđena je χ^2 testom. Razlika između akustičkih parametara utvrđena je t -testom. Utvrđen je ukupan prosječan raspon točnosti prepoznavanja za sve zvučne uvjete od 65% do 90%, što znači da su studenti fonetike dobri procjenitelji. U svim uvjetima bolje su prepoznavani muški glasovi, a ukupno su bolje prepoznavale žene. χ^2 testom utvrđene su najveće pouzdane razlike prepoznavanja između normalnih i prikrivenih filtriranih glasova (žene: $p < 0,0001$; muškarci: $p = 0,0001$). Muški glasovi jednako se

dobro prepoznaju u normalnom govoru i normalnom filtriranom. Bolje su se prepoznavali glasovi s krajnjim vrijednostima F_0 nego s prosječnim vrijednostima unutar skupina. T-testom utvrđeno je da filtriranje povišuje prosječne vrijednosti F_0 ($p = 0,03$), maksimalne vrijednosti i raspršenje F_0 (muški glasovi: $p < 0,01$; ženski glasovi: $p = 0,01$) te shimmer ($p < 0,01$). Prikriivanje također utječe na promjene akustičkih parametara, više kod muških glasova.

Ključne riječi: prepoznavanje glasova, normalni govor, filtrirani govor, akustičke osobine govora, forenzična fonetika

UVOD

U forenzičnoj fonetici slušno prepoznavanje glasova često se temelji na različitim kvalitetama snimki, uspoređivanju istih glasova u različitim okogovornim (perilaličnim) uvjetima pri telefonskoj transmisiji. Ovomu je istraživanju bila svrha usporediti prepoznavanje muških i ženskih glasova na temelju snimki normalnoga nefiltriranoga govora, filtriranoga poput telefonske ili GSM transmisije, prikriivenoga i prikriivenoga filtriranoga. Ekspertno prepoznavanje glasova kadšto nije moguće provesti bez verifikacijskoga postupka da bi se kvalitetne snimke u nadziranim uvjetima mogle filtrirati i uspoređivati s dobrim snimkama preko telefona, jer forenzični fonetičari uglavnom provode identifikacijski postupak prepoznavanja govornika na temelju snimljenih telefonskih razgovora. Naivni slušači razmjerno lako prepoznaju poznate glasove i kad ne vide govornika te preko telefona. I u običnom telefonskom neprikriivenom govoru zbog same naravi prijenosa zvuka, mijenjaju se neke osobine govora, primjerice tempo, izgovor, kvaliteta glasa, glasnoća radi što boljeg razumijevanja. Unatoč različitim izobličenjima glasove kvalitete uzrokovanih okogovornim uvjetima i telefonskom transmisijom, tzv. naivni slušači dobro prepoznaju poznate glasove preko telefona. U nekim slučajevima zbog izobličenja moguće su i zabune u prepoznavanju govornika, pogotovo ako su im akustičke timbralne karakteristike slične. Neka su istraživanja, osim slušnoga prepoznavanja, usmjerena također na akustičku usporedbu spektrova govornika preko telefonske i GSM transmisije s filtriranim i nefiltriranim govorom (Varošaneć-Škarić i Bićanić, 2007). Prikriivanje glasa drugi je problem. Raspravljajući o problemima u forenzičnoj fonetici, Nolan (1991) navodi Shirtovo istraživanje iz 1984. Ono je pokazalo da fonetičari samo malo bolje identificiraju govornike nego ne-fonetičari. Ovo pak istraživanje želi utvrditi kako studenti fonetike treće godine, koji su između naivnih i stručnih procjenitelja, prepoznaju poznate glasove unutar svoje skupine u različitim zvučnim uvjetima te na koji će način hotimično mijenjati glasove sa svrhom prikriivanja. Osim usporedbe prepoznavanja u različitim zvučnim uvjetima, postavlja se pitanje hoće li se žene prosječno prikriivati povišenijim glasom, a muškarci nižim, ili će se neovisno o spolu viši glasovi u odnosu na prosječne glasove prikriivati višim, a niži nižim. Istraživanje Künzela (2000) maskiranih glasova pokazalo je da su visoki glasovi imali tendenciju prikriivati se višim glasovima, čak do falseta, a niski nižim glasom, dakle, povišenom i sniženom F_0 . Istraživanje prepoznavanja glasova u skupini društveno povezanih muških govornika sveučilišnih prijatelja, koji su se međusobno poznavali i živjeli u sličnim uvjetima oko dvije godine, pokazalo je određene teškoće i razlike u prosudbi (Foulkes i Barron, 2000). Stoga je ovo ispitivanje usmjereno na studente fonetike u prepoznavanju govornika. Naime, očekuje se da će oni biti dobri prepoznavatelji, budući da su do određene mjere obrazovani u

prepoznavanju glasove kvalitete, fonacijskih vrsta, grkljanskih i nadgrkljanskih postavljanja glasa. Stoga se mogu smjestiti između naivnih prepoznavatelja i eksperata. Za razliku od naivnih slušača, očekuje se da eksperti mogu dobro identificirati i nepoznate glasove, tj. da u usporedbi različitih baza snimljenih govornika mogu dobro sparivati iste glasove. Za takvu vještinu potrebno je dugotrajno školovanje i poznavanje svih postavljanja glasove kvalitete kao i poznavanje akustičkih osobina postavljanja glasa.

Pretpostavke

Određene su sljedeće pretpostavke:

1. Studenti fonetike ukupno će vrlo dobro prepoznavati poznate glasove kolega.

2. Ženska skupina bolje će prepoznavati ženske glasove budući da više vremena provode međusobno u razgovorima nego s muškim kolegama. Jednako tako očekuje se da će muškarci bolje prepoznavati muške glasove.

3. Žene i muškarci ukupno će podjednako dobro/loše prepoznavati poznate glasove.

4. Logično je očekivati da će se najbolje prepoznavati normalni neprikriveni i nefiltrirani glasovi, jer u uvjetima kvalitetnih studijskih snimki nema izobličenja glasove kvalitete.

5. Također se očekuje da će se dobro prepoznavati neprikriveni filtrirani glasovi, jer se preko telefona dobro prepoznaju poznati glasovi.

6. Najlošije će se prepoznavati prikriveni filtrirani glasovi, jer će se dogoditi znatnije promjene prosječnoga tona, timbra, fonacijskih vrsta, glasnoće.

7. Muški glasovi prikrivat će se nižim tonom, ženski višim. Ta pretpostavka na temelju dosadašnjih istraživanja ipak postavlja pitanje: hoće li se razlikovati muškarci i žene u smjeru prikrivanja glasova, tj. hoće li muškarci prikrivati glas nižim tonom, a žene višim, ili će se pokazati da to ne ovisi o spolu, a više je vezano za prosječan ton unutar skupine?

OBLIKOVANJE EKSPERIMENTA MATERIJAL I METODE

Ispitanici

Rijetko se na jednoj godini studija fonetike nađe čak šest muškaraca. Takva sretna okolnost na trećoj godini fonetike u akademskoj godini 2006./2007. oblikovala je konačan broj ispitanika. Budući da se željelo usporediti uspješnost prepoznavanja žena i muškaraca, ali također ženskih i muških glasova, ukupno je određeno 12 ispitanika (6 muških i 6 ženskih). Studenti treće godine fonetike međusobno su se dobro poznavali više od dvije godine, iako se uglavnom nisu znatnije družili izvan fakulteta. Isti studenti

ujedno su prepoznavali glasove unutar skupine. Prosječna dob ispitanika bila je 21 godina.

Materijal

Materijal za ispitivanje sastojao se od ukupno 48 uzoraka govora po 10 s u različitim akustičkim uvjetima, što znači po 12 uzoraka normalnoga govora ispitanika, normalnoga filtriranog, prikriivenoga nefiltriranog te prikriivenoga filtriranog. Govorni uzorak od 10 s odabran je na temelju duljeg zadanoga zamišljenoga razgovora (prilog I). Sadržaj je trebalo izgovoriti jedanput normalnim glasom što naravnije, kao da je zamišljeni razgovor preko telefona, a drugi put prikriivenim glasom da se maksimalno oteža prepoznavanje govornika. Za potonji uzorak nisu davane upute o vrsti postavljanja glasa, smjeru promjene tona, glasnoće, brzine govora i sl. Dakle, jedina je uputa bila da izgovaraju zadani dijalog prikriivenim glasom da ih ne prepoznaju ni najbolji prijatelji. Izabran je uzorak s po 10 s istoga izgovorenoga sadržaja za muškarce i žene u uvjetima normalnoga glasa i prikriivenoga glasa da na prepoznavanje ne bi utjecao sam sadržaj govora.

Snimanje i filtriranje

Studenti su snimljeni profesionalnom opremom u studiju Odsjeka za fonetiku s mikrofonom udaljenim 20 cm od usta. Za uzorak filtriranoga govora snimke su računalno filtrirane poput telefonske transmisije od 400 do 3 400 Hz. Prema tomu, izobličenja su bila tipična za telefonski razgovor u nižem području spektra zbog filtriranja ispod 400 Hz, i u višem području zbog filtriranja iznad 3 400 Hz. Znači, izobličenja unutar 3 000 Hz više su prisutna do 600, 700 Hz i u višem području u blizini filtriranja. Spektar takvoga filtriranoga glasa u govoru zapravo je prilično ravan. Ukupno su bile po 4 snimke jednoga govornika u gore navedenim različitim uvjetima s po 10 s govora za svaki uvjet. U svrhu prepoznavanja glasova, na jedan CD nosač zvuka snimljeni su samo ženski, a na drugi samo muški glasovi slučajnim redosljedom određenim računalno. Znači, snimke normalnoga govora, normalnoga filtriranoga, prikriivenoga i prikriivenoga filtriranoga govora govornika u ispitivanju bile su pomiješane u dva niza po 24 zvučna uzorka (ukupno 48) poredanih slučajno.

Slušno prepoznavanje govornika

Procjenitelji, koji su bili i ispitanici, pozvani su dva tjedna nakon snimanja na slušnu identifikaciju govornika. Svi su studenti imali uredan normalan sluh, tj. nijedan student nije prijavio nikakav gubitak sluha. Procjenitelji su pozivani na identifikaciju pojedinačno da bi se izbjegao mogući utjecaj pri prepoznavanju. Prepoznavanje je provedeno uvijek u istim tehničkim uvjetima i u istoj prostoriji Odsjeka za fonetiku. Svaki je procjenitelj upozoren da će svaku snimku čuti samo jedanput i da pod rednim brojem snimke treba napisati ime osobe koju čuje ili 0 u slučaju

neprepoznavanja. Vrijeme za identifikaciju ili neidentifikaciju govornika bilo je ograničeno na 10 s. Nisu bili obaviješteni o tome koliko će puta čuti isti glas, jer nisu bili upoznati ni s naravi ometanja, tj. filtriranja. Iako su znali da su mijenjali glasove, nisu znali na koji je način tko mijenjao glas, niti ima li i drugih glasova izvan skupine. Jedino na što su bili upozoreni jest da napišu koga prepoznaju, ili da upišu ništicu pri neprepoznavanju.

Akustička mjerenja (F_0 – Praat), spektrovi

Analiza zvuka na temelju 10 s govora u sva četiri uvjeta učinjena je u programu Praat (Boersma i Weenink, verzija 2006). Izračunate su prosječne vrijednosti zvučnih varijabli: frekvencije (F_0 u Hz), raspršenja F_0 (S.D. F_0), minimalne frekvencije (min. F_0), maksimalne frekvencije (maks. F_0), aperiodiciteta tona F_0 (lokalni jitter u %) i amplitude (lokalni shimmer u dB) te odnosa harmoničke i šumne sastavnice zvuka (HNR u dB) za sva četiri zvučna uvjeta za svakoga ispitanika zasebno te prosječno za svaku skupinu. Dodatno je za sve glasove učinjen dugotrajni prosječni spektar na temelju desetak sekundi govora u svim zvučnim uvjetima (program AS), da bi se bolje utvrdile timbralne karakteristike najbolje i najgore prepoznanih glasova.

Obrada podataka

Podaci na temelju slušnoga prepoznavanja, točnost identifikacije obrađeni su u programu Microsoft Excel. Izračunati su postoci ukupnoga prepoznavanja svih glasova za muške i ženske procjenjivače, potom posebno za muške i ženske glasove, te za ukupnu točnost u prepoznavanju muških i ženskih glasova. Razlika u ukupnom prepoznavanju govornika u različitim zvučnim uvjetima utvrđena je χ^2 testom.

Razlika u akustičkim parametrima za četiri različita zvučna uvjeta utvrđena je t-testom.

REZULTATI

Rezultati slušnoga prepoznavanja

Pokazalo se da studenti fonetike, muški i ženski procjenitelji, prosječno dobro prepoznaju glasove. Rezultati za svakog pojedinog procjenitelja za svaki stimulus prikazani su u tablici 1, a prosječni rasponi prepoznavanja i rasponi prema zvučnim uvjetima prepoznavanja u tablici 2.

Tablica 1. Prepoznavanje govornika u različitim zvučnim uvjetima – rezultati za svakog procjenitelja
Table 1. Speaker identification in different acoustic conditions for each listener

Ispitanici Subjects	Procjenitelji Listeners											
	SS	AV	NS	PD	VP	MO	AK	JS	ŠM	LR	IV	DP
Muškarci Male												
AK N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AK F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AK P	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
AK PF	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
DP N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DP F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DP P	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
DP PF	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
IB N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IB F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IB P	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IB PF	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
JS N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
JS F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
JS P	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1
JS PF	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1
LR N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
LR F	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
LR P	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
LR PF	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
ŠM N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ŠM F	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
ŠM P	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0
ŠM PF	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0

Ispitanici Subjects	Procjenitelji Listeners											
	SS	AV	NS	PD	VP	MO	AK	JS	ŠM	LR	IV	DP
Zene Female												
AV N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AV F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
AV P	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
AV PF	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
MO N	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
MO F	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0
MO P	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0
MO PF	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
NS N	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
NS F	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1
NS P	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1
NS PF	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
PD N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PD F	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
PD P	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
PD PF	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0
SS N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SS F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SS P	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SS PF	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0
VP N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
VP F	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
VP P	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
VP PF	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1

Legenda: N – normalan nefiltriran govor, F – normalan filtriran govor, P – prikriven nefiltriran govor, PF – prikriven filtriran govor

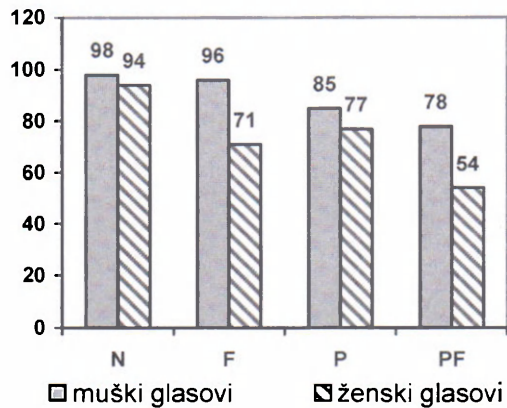
Legend: N – normal non-filtered speech, F – normal filtered speech, P – disguised non-filtered speech, PF – disguised filtered speech

Tablica 2. Rasponi prepoznavanja i ukupna točnost prepoznavanja prema procjeniteljima u postotku
Table 2. Ranges of successful identifications and total identification success for each listener expressed as percent

Zvučni uvjeti Acoustic conditions	SS	AV	NS	PD	VP	MO	AK	JS	ŠM	LR	IV	DP	Raspon Range
N	100	92	100	100	100	100	92	92	100	92	100	92	92 – 100
F	83	83	92	83	83	83	75	83	67	92	92	83	67 – 92
P	83	92	83	92	75	83	75	42	92	83	92	83	42 – 92
PF	58	83	75	67	75	75	67	42	58	67	75	50	42 – 83
Σ (%)	81	88	88	85	83	85	77	65	79	83	90	77	65 – 90

Pokazalo se da je raspon točnosti prepoznavanja između procjenitelja prosječno za sve zvučne uvjete od 65% do 90% (tabl. 2). U najboljim zvučnim uvjetima normalnoga govora raspon je od 92% do 100%. Zamjetan je već pad raspona u uvjetima filtriranoga normalnoga govora, koji se kreće od 67% do 92%. Prosječan gornji raspon prepoznavanja glasova u prikrivenim uvjetima jednak je kao u filtriranim. Donje prosječne vrijednosti raspona prepoznavanja u prikrivenim i prikrivenim filtriranim uvjetima su jednake, tj. 42%, dok u prikrivenom filtriranom pada prosječan gornji raspon na 83%. Najslabija prosječna donja vrijednost raspona prepoznavanja prema procjeniteljima u uvjetima prikrivenoga i prikrivenoga filtriranoga govora od 42%, iako najmanja, nije nasumično prepoznavanje. Nasumično prepoznavanje bilo bi 8,3%, što znači da je najslabije prosječno prepoznavanje pet puta veće od nasumičnoga.

Ukupna je prosječna točnost slušne procjene za sve procjenjivače u usporedbi prepoznavanja muških i ženskih glasova u rasponu od najmanje 54% za prikrivene filtrirane ženske glasove do prosječne maksimalne vrijednosti od 98% za prepoznavanje muških glasova u normalnim uvjetima (sl. 1).

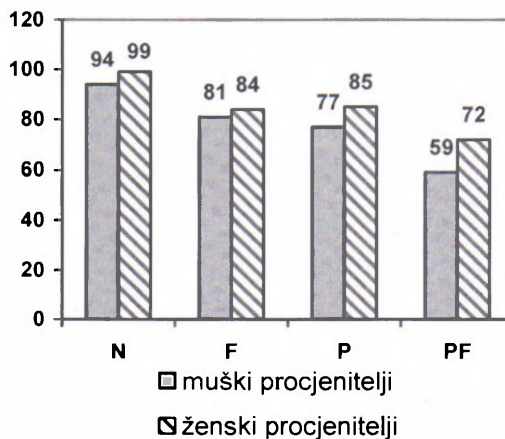


Slika 1.

Ukupna točnost prepoznavanja muških i ženskih glasova u različitim zvučnim uvjetima (%)

Figure 1.

The total of successful identifications of male and female voices in different acoustic conditions (%)



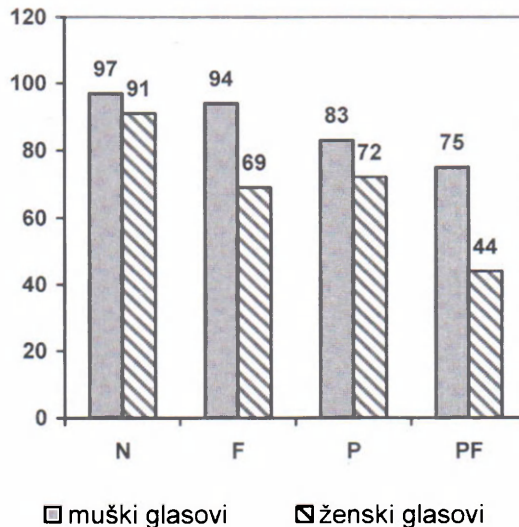
Slika 2.

Ukupno prepoznavanje svih glasova: muški i ženski procjenitelji

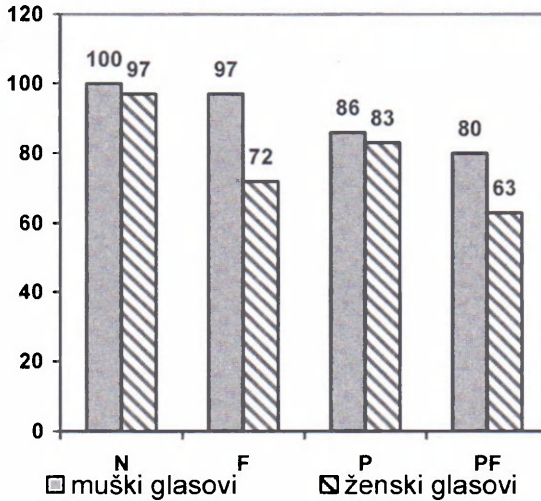
Figure 2.

Total identification of all voices: male and female listeners

Ukupna točnost prepoznavanja bila je 85% kod žena prema 78% kod muškaraca, a ukupno prosječno prepoznavanje muških i ženskih glasova za muške i ženske procjenjivače je u rasponu od 59% do čak 99% (sl. 2). Minimalna vrijednost prosječnoga prepoznavanja odnosi se na muške procjenitelje u uvjetima prikrivenih filtriranih glasova, a maksimalna na ženske procjenjivače normalnoga nefiltriranoga govora. Na slici 2 razvidne su osobine ukupnoga prepoznavanja: 1. ženski procjenitelji u sva su četiri zvučna uvjeta ukupno bolje prepoznavali glasove, primjerice s prosječno najmanje 72% točnosti u najtežim uvjetima prikrivenih filtriranih glasova; 2. kod muškaraca respektivno pada prepoznavanje u skladu s otežanim uvjetima od nefiltriranih neprikrivenih glasova do najslabijeg prepoznavanja prikrivenih filtriranih glasova, dok žene podjednako prepoznaju u uvjetima filtriranih neprikrivenih glasova (84%) i prikrivenih nefiltriranih glasova (85%). Što se tiče prepoznavanja muških i ženskih glasova prema spolu procjenitelja, očekivano se pokazalo da žene bolje prepoznaju od muškaraca u svim zvučnim uvjetima ženske glasove (sl. 3 i 4) i neočekivano muške glasove. Postavlja se pitanje jesu li u forenzici žene bolji prepoznavatelji glasova, ili se jednostavno međusobno bolje poznaju jer više razgovaraju, a muške glasove bolje prepoznaju od muškaraca jer su muški glasovi spektralno bogatiji. Sljedeći rezultati podupiru potonje pretpostavke.



Slika 3. Prepoznavanje muških i ženskih glasova: muški procjenitelji
Figure 3. The identification of male and female voices: male listeners



Slika 4. Prepoznavanje muških i ženskih glasova: ženski procjenitelji
Figure 4. The identification of male and female voices: female listeners

Zanimljivim se pokazalo da žene u svim uvjetima uvijek bolje prepoznaju muške glasove (sl. 4). I muškarci s većom točnošću prepoznaju muške od ženskih glasova (sl. 3), iako su žene prosječno uvijek bolji procjenitelji. Rezultati χ^2 testa pokazuju ukupnu respektivnost razlika u točnosti prepoznavanja (tabl. 3).

Pokazalo se da je najveća statistički pouzdana razlika u točnosti prepoznavanja između ženskih normalnih glasova i ženskih prikrivenih filtriranih glasova ($p < 0,00001$), potom muških normalnih i muških prikrivenih filtriranih glasova ($p = 0,000107$). Zanimljivo je da je podjednaka razlika između točnosti prepoznavanja ženskih normalnih i ženskih filtriranih ($p = 0,00018$) kao i muških normalnih i muških prikrivenih filtriranih glasova. Slijedi slična manja statistički pouzdana razlika između točnosti prepoznavanja muških normalnih i prikrivenih glasova ($p = 0,0025$) i ženskih u istim uvjetima ($p = 0,0038$).

Tablica 3. Rezultati χ^2 testa ukupnoga slušnoga prepoznavanja (respektivan poredak)

Table 3. The results of χ^2 test of the total auditory identification

Uvjeti Conditions	Glasovi Voices	p
N-PF	ženski	< 0,0001
N-PF	muški	0,00011
N-F	ženski	0,00018
N-P	muški	0,00257
N-P	ženski	0,00383
N-F	muški	0,31049

Nije bilo statistički pouzdane razlike jedino u točnosti prepoznavanja između muških normalnih i filtriranih glasova, što znači da su muški filtrirani glasovi jednako dobro prepoznavani kao normalni nefiltrirani.

Logičan je slijed da su najveće razlike u točnosti prepoznavanja glasova u normalnim uvjetima i prikriivenih filtriranih, što znači da je poznate glasove vrlo teško prepoznati u telefonskoj transmisiji ako su se dodatno prikriivali promjenom glasove kvalitete. I drugo, pokazalo se da se muški glasovi podjednako dobro prepoznaju kad su filtrirani (kao preko telefona) i u normalnim uvjetima, budući da se nije pokazala statistički pouzdana razlika.

Rezultati akustičke analize

Karakteristike F_0

Muški glasovi su se statistički pouzdano razlikovali u prosječnoj F_0 između normalnoga i filtriranoga govora (tabl. 5; $p = 0,03$), jednako kao i ženski glasovi (tabl. 7; $p = 0,03$). Prosječna je F_0 muških glasova u normalnom nefiltriranom govoru bila 114,75 Hz (tabl. 4), ženskih 212,14 Hz (tabl. 6), a u filtriranom normalnom govoru za muške glasove 160,65 Hz, za ženske 242,43 Hz.

Tablica 4. Prosječne vrijednosti za akustičke varijable u različiti zvučnim uvjetima (Praat): muškarci**Table 4.** Average values for acoustic variables in different acoustic conditions (Praat): males

NORMALNO NORMAL	$\bar{x}F_0$	SD F_0	Min. F_0	Max. F_0	Jitter (%)	Shimmer (dB)	HNR (dB)
AK	135,97	20,26	95,37	176,65	1,750	0,992	10,51
DP	94,06	11,76	72,87	115,21	2,464	1,049	8,14
IB	140,04	20,42	104,44	189,24	2,707	1,180	10,61
JS	100,93	8,59	85,72	120,48	1,609	0,883	12,71
LR	110,64	12,32	81,63	140,01	2,352	1,105	11,48
ŠM	106,84	12,79	81,47	139,96	2,728	1,114	11,14
\bar{x}	114,75	14,36	86,92	146,92	2,268	1,054	10,77
NORMALNO FILTRIRANO NORMAL FILTERED							
AK	166,14	118,27	95,52	776,66	1,493	1,283	9,77
DP	204,58	174,02	75,19	504,61	3,016	1,545	7,98
IB	198,68	157,96	108,28	724,39	2,277	1,341	8,46
JS	114,90	95,74	85,71	757,70	1,245	1,227	11,46
LR	146,19	115,31	81,65	650,56	2,203	1,306	9,27
ŠM	133,42	114,95	83,06	658,09	2,259	1,453	9,67
\bar{x}	160,65	129,38	88,24	678,67	2,082	1,359	9,43
PRIKRIVENO DISGUISED							
AK	119,71	11,79	83,12	144,57	2,705	0,795	10,71
DP	129,79	18,24	78,37	154,78	1,963	0,936	12,80
IB	156,05	36,17	101,52	236,09	3,023	1,221	13,08
JS	114,78	6,45	97,01	132,74	2,405	1,329	8,62
LR	200,11	153,00	94,92	678,35	3,006	1,053	8,37
ŠM	294,97	290,99	91,37	760,42	3,360	1,805	1,07
\bar{x}	169,24	86,11	91,05	351,16	2,744	1,190	9,11
PRIKRIVENO FILTRIRANO DISGUISED FILTERED							
AK	140,90	84,13	82,98	555,28	1,929	0,966	10,31
DP	176,08	104,01	114,07	527,30	1,649	1,292	11,42
IB	191,64	101,62	108,71	619,46	2,420	1,414	13,83
JS	184,31	187,41	106,70	762,46	2,950	1,532	4,85
LR	298,29	212,99	97,26	783,87	3,672	1,307	7,71
ŠM	677,86	91,37	472,10	819,95	8,650	1,946	1,58
\bar{x}	278,18	130,25	163,64	678,05	3,545	1,410	8,28

Tablica 5. Rezultati t-testa za akustičke varijable: razlika između normalnih, normalnih filtriranih, prikrivenih i prikrivenih filtriranih muških glasova

Table 5. T-test results for the following acoustic variables: difference between normal, normal filtered, disguised and disguised filtered male voices

Uvjeti Conditions	t-test	$\bar{x}F_0$	SD F_0	Min. F_0	Max. F_0	Jitter (%)	Shimmer (dB)	HNR (dB)
N-F	p	0,03	0,00	0,85	0,00	0,58	0,00	0,12
	T	2,62	5,76	0,20	7,64	0,57	4,70	1,68
N-P	p	0,11	0,19	0,50	0,14	0,12	0,41	0,42
	T	1,73	1,42	0,71	1,58	1,68	0,87	0,85
N-PF	p	0,11	0,00	0,27	0,00	0,29	0,04	0,25
	T	1,78	3,79	1,17	6,29	1,12	2,32	1,23
NF-P	p	0,79	0,41	0,65	0,04	0,07	0,31	0,87
	T	0,27	0,87	0,47	2,39	2,00	1,06	0,17
NF-PF	p	0,22	0,97	0,28	0,99	0,23	0,73	0,57
	T	1,32	0,03	1,15	0,01	1,27	0,35	0,59
P-PF	p	0,26	0,42	0,29	0,04	0,49	0,29	0,75
	T	1,20	0,84	1,11	2,37	0,72	1,12	0,32

Tablica 6. Prosječne vrijednosti za akustičke varijable u različitim zvučnim uvjetima (Praat): žene**Table 6.** Average values for acoustic variables in different acoustic conditions (Praat): females

NORMALNO NORMAL	$\bar{x}F_0$	SD F_0	Min. F_0	Max. F_0	Jitter (%)	Shimmer (dB)	HNR (dB)
AV	195,55	82,83	145,58	727,89	1,828	0,746	16,08
MO	214,14	40,97	85,03	302,31	1,621	0,772	15,78
NS	232,09	61,02	90,15	364,13	1,953	0,781	14,98
PD	186,71	29,99	140,29	255,50	1,882	0,800	13,47
SS	214,03	30,32	92,32	264,86	2,620	1,107	12,02
VP	230,33	45,15	153,48	332,26	1,595	0,869	16,29
\bar{x}	212,14	48,38	117,81	374,49	1,916	0,846	14,77
NORMALNO FILTRIRANO NORMAL FILTERED							
AV	209,71	95,73	151,04	770,36	1,529	1,085	13,28
MO	248,05	91,15	86,71	549,07	1,764	1,013	16,10
NS	274,09	118,35	92,97	687,53	1,769	1,072	13,11
PD	232,49	143,01	140,22	773,38	1,588	1,081	13,32
SS	233,50	60,39	181,80	512,93	1,558	1,216	13,88
VP	256,74	75,81	188,50	647,34	1,367	1,235	15,54
\bar{x}	242,43	97,41	140,21	656,77	1,596	1,117	14,20
PRIKRIVENO DISGUISED							
AV	153,50	23,92	109,32	277,81	2,941	1,179	10,89
MO	301,49	41,01	206,96	395,36	1,364	0,895	19,54
NS	206,13	24,50	163,75	276,63	1,817	0,912	12,90
PD	196,82	27,38	121,17	245,72	2,023	1,028	11,90
SS	254,43	78,01	90,97	393,15	2,178	0,973	13,55
VP	236,68	98,19	157,20	783,67	1,827	0,973	14,75
\bar{x}	224,84	48,83	141,56	395,39	2,025	0,993	13,92
PRIKRIVENO FILTRIRANO DISGUISED FILTERED							
AV	315,95	178,98	139,63	698,71	3,578	1,592	8,32
MO	324,51	65,28	207,19	542,46	1,155	0,987	20,35
NS	212,03	43,81	176,39	506,92	1,620	1,082	12,23
PD	205,72	43,68	121,64	472,33	1,361	1,108	12,10
SS	249,11	74,23	91,14	394,46	1,637	1,035	12,76
VP	252,22	124,68	158,08	782,65	1,681	1,113	12,63
\bar{x}	259,92	88,44	149,01	566,26	1,839	1,153	13,06

Tablica 7. Rezultati t-testa za akustičke varijable: razlika između normalnih, normalnih filtriranih, prikrivenih i prikrivenih filtriranih ženskih glasova

Table 7. T-test results for the following acoustic variables: difference between normal, normal filtered, disguised and disguised filtered female voices

Uvjeti Conditions	t-test	$\bar{x}F_0$	SD F_0	Min. F_0	Max. F_0	Jitter (%)	Shimmer (dB)	HNR (dB)
N-F	p	0,03	0,01	0,33	0,01	0,09	0,00	0,53
	T	2,56	3,24	1,02	3,16	1,85	3,93	0,65
N-P	p	0,59	0,98	0,30	0,85	0,69	0,06	0,57
	T	0,56	0,03	1,09	0,19	0,41	2,11	0,59
N-PF	p	0,07	0,13	0,17	0,07	0,85	0,02	0,36
	T	2,03	1,63	1,47	2,03	0,20	2,80	0,95
NF-P	p	0,47	0,02	0,96	0,02	0,10	0,05	0,84
	T	0,76	2,74	0,05	2,66	1,79	2,23	0,21
NF-PF	p	0,46	0,73	0,72	0,25	0,53	0,72	0,52
	T	0,76	0,36	0,36	1,21	0,65	0,36	0,66
P-PF	p	0,26	0,16	0,76	0,13	0,67	0,15	0,68
	T	1,20	1,53	0,31	1,67	0,44	1,55	0,42

Znači, i u kraćem govoru od samo 10 s pokazale su se pouzdane razlike uslijed izobličenja nižeg područja spektra prema višim vrijednostima, što je osobina telefonske transmisije, pa je logičan podatak da prosječna F_0 u takvom filtriranom govoru postaje viša. I u stvarnim forenzičnim slučajevima glasovi se često moraju prepoznavati na temelju kratkotrajnoga govora preko telefona (prijetnje, iznude, ucjene, zlostavljanje) ili u slučajevima kad su slušni svjedoci samo čuli glas osumnjičenika (npr. napad s leđa, zlostavljanje u mraku i sl.). Koji put slušni svjedoci misle da im se glas osumnjičenika učinio poznatim preko telefona ili ako nisu dobro vidjeli osumnjičenika. Stoga je akustička analiza kratkoga govora također važna za utvrđivanje vjerodostojnosti slušnoga prepoznavanja, jer u stvarnim slučajevima svjedoci su obično čuli samo rečenicu do nekoliko rečenica. Vidjeli smo da u slušnoj procjeni prepoznavanje pada u skupini poznatih glasova u uvjetima

filtriranoga normalnoga govora, i to statistički pouzdano kod ženskih glasova, znači i kad nije bilo hotimične promjene glasove kvalitete. Budući da su izobličenja uslijed telefonske transmisije prema višim vrijednostima moguća u području događanja iznad 400 Hz, logičan je podatak da su se značajno izobličile i vrijednosti za maksimalne vrijednosti F_0 koje su u normalnom govoru prosječno iznosile 146,92 Hz za muške i 374,49 Hz za ženske, a u filtriranom govoru više od 600 Hz za obje skupine. (Ovdje napominjemo da pojedini akustički programi, pa tako i Praat griješe oko 10%, zbog načina mjerenja F_0 .) Razlika maksimalnih vrijednosti F_0 između normalnih i filtriranih snimki veća je za muške glasove (tabl. 5; $p < 0,01$) nego za ženske glasove (tabl. 7; $p = 0,01$). To je potvrđeno i u pouzdanoj razlici maksimalnih vrijednosti F_0 između normalnoga i prikriivenoga filtriranoga govora ($p < 0,01$), normalnog filtriranog i prikriivenog te prikriivenog i prikriivenog filtriranog za muške glasove ($p = 0,04$). Za žene se pokazala samo još razlika između normalnoga filtriranog i prikriivenog ($p = 0,02$). Filtriranje statistički pouzdano utječe i na povećanje raspršenja F_0 ($SD F_0$), znatnije kod muških nego kod ženskih glasova ($p < 0,01$: $p = 0,01$). U uvjetima prikriivanja glasova raspršenje će više biti povezano s naravi samoga prikriivanja. U usporedbi normalnoga i prikriivenog filtriranog govora muških glasova raspršenje F_0 znatno se povećava ($p < 0,01$). Žene pak imaju gotovo isto raspršenje F_0 u usporedbi normalnoga i prikriivenoga govora. To zapravo znači da su žene zadržale podjednake intonacijske osobine pri prikriivanju glasa, dok su muškarci znatno promijenili intonacijske obrasce pri prikriivanju. Tu tvrdnju dokazuje i pouzdano manja vrijednost raspršenja F_0 u prikriivenom govoru nego u normalnom filtriranom ($p = 0,02$). Stoga čudi da se u slušnoj procjeni uvijek bolje prepoznaju muški glasovi, tj. pokazalo se da su oblici glasove kvalitete važniji u prepoznavanju od prozodijskih čimbenika. U svakom slučaju, filtriranje utječe na povećanje raspršenja F_0 muških i ženskih glasova zbog akustičkih izobličenja, a na veće raspršenje tona u prikriivenom govoru veća promjena intonacijskih obrazaca.

Ako se gleda pojedinačno, razvidno je da nema pravilnosti u smjeru prikriivanja muških glasova: za pet glasova izmjerene su više vrijednosti prosječne F_0 u prikriivenom govoru nego u normalnom, a za samo jedan niže vrijednosti. Iz toga se ne bi mogli izvoditi zaključci o općenito višoj F_0 prikriivenih muških glasova. To s jedne strane može vrijediti za ovaj ciljani uzorak studenata fonetičara, koji ipak nešto znaju o prepoznavanju glasova, pa su hotimično izabrali obrazac netipičan za muške glasove. S druge strane, svaka pojedinačna prosječna vrijednost u uvjetima prikriivanja treba biti provjerena s obzirom na ograničenja mjerenja računalnih programa. Primjerice, treba biti oprezan s tumačenjem znatnog povećanja F_0 kad se glas prikriiva šaptavom fonacijskom vrstom (tabl. 4, muški glas Š. M.).

Shimmer i jitter, HNR

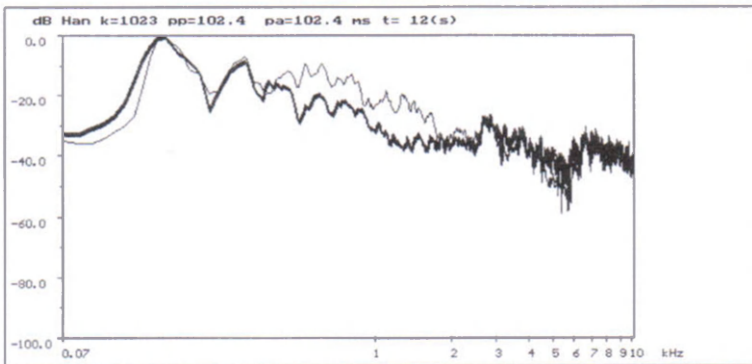
U sklopu gore opisanih rezultata moguće je vidjeti zašto u varijabli aperiodiciteta tona (jitter) nije bilo značajnijih razlika. Jedina je naznaka razlike bila kod muških glasova između normalnoga filtriranoga i prikrivenoga govora (tabl. 5; $p = 0,07$). Posljedično im je najveći prosječni jitter bio u prikrivenom filtriranom govoru, što odražava ukupno značajne rezultate za muške glasove koji su se odnosili na varijable vezane za F_0 .

Mjera aperiodiciteta amplitude F_0 (mjera aperiodiciteta intenziteta: shimmer) pokazala se zanimljivijom zvučnom varijablom od jittera. Pokazale su se pouzdane razlike između normalnoga govora i filtriranoga za muške i ženske glasove u smjeru porasta shimmera ($p < 0,01$) i nešto manja pouzdana razlika između normalnog i prikrivenoga filtriranoga (muški glasovi: $p = 0,04$, ženski glasovi: $p = 0,05$). Kod muškaraca i žena logično se smanjuje odnos harmoničke i šumne sastavnice u govoru od normalnoga govora do prikrivenog filtriranog. To se može objasniti time da je filtriran glas općenito šumniji. Iz svih navedenih akustičkih podataka slijedi da izobličenja filtriranjem i prikrivanjem više utječu na akustičke timbralne osobine muških glasova, iako se oni bolje prepoznaju u slušnoj procjeni.

To se može objasniti nedovoljno razlikovnim timbralnim osobinama ženskih glasova, koji postaju manje informativni pri prepoznavanju u otežanim zvučnim uvjetima od muških glasova.

Timbralne karakteristike najbolje i najgore prepoznavanih glasova

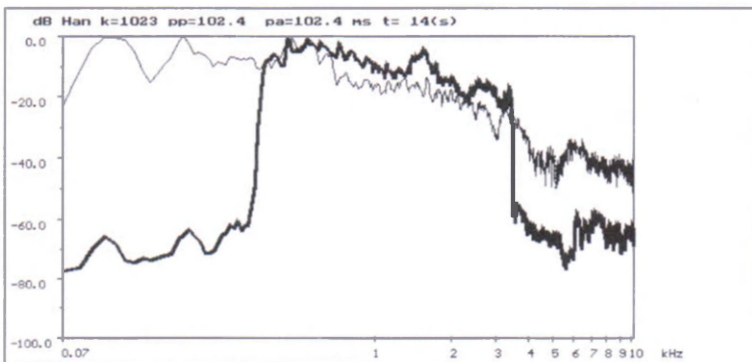
Koje su pak osobine najbolje i najgore prepoznavanih glasova? Što se tiče prosječne F_0 teorijske su tvrdnje da se najbolje prepoznaju krajnosti, tj. najviši i najniži glasovi, pa je logično da se takvi glasovi bolje prepoznaju i u filtriranim uvjetima, kad se povisuje F_0 i često frekvencija prvoga formanta. Uslijed filtriranja područja iznad 3 400 Hz, izobličenja nastaju i u visokom području do 3 400 Hz, i to prema sniženju frekvencije visokih formanata, što zajedno utječe na ukupne timbralne karakteristike govornika. Visoko područje gdje se događaju F_3 i F_4 iznimno je važno za ukupan dojam o glasovoj kvaliteti (Varošaneć-Škarić, 1998), a filtriranje toga područja kao i telefonska transmisija više utječe na promjenu F_4 nego na F_3 . U tom kontekstu važan je podatak o dobrom prepoznavanju poznatih glasova studenata fonetike. Gledajući točnost prepoznavanja prema zvučnim uvjetima, u uvjetima normalnoga govora sa 100%-tnom točnošću prepoznato je čak pet muških glasova, niži i najviši, a najslabije glas koji je bio postavljen između, što bi poduprlo ovu tvrdnju. U ženskoj skupini u normalnim uvjetima najbolje su prepoznavani najniži ženski glas u skupini P. D. ($F_0 = 186,71$ Hz) i promukli ženski glas A. V. s regionalnim izgovorom (sl. 5; $F_0 = 195,55$ Hz) te u normalnom, filtriranom i prikrivenom ženski glas S. S. koji se prikrivao gotovo u falset ($F_0 = 254,43$ Hz; tabl. 6).



Slika 5. LTASS normalnoga govora (tanka crta) i prikrivenoga (deblja crta) (A. V.)

Figure 5. LTASS of normal (hairline) and disguised speech (bold line) (A.V.)

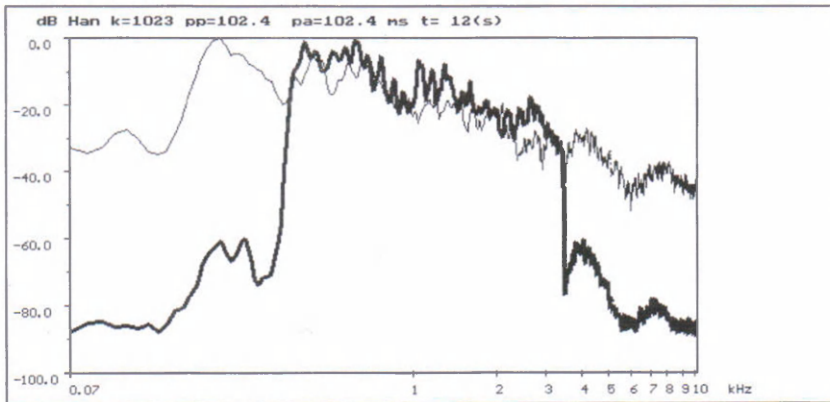
U skupini ženskih glasova u normalnim i filtriranim uvjetima najlošije su se prepoznavali prosječno visoki ženski glasovi: N. S. koji je imao prosječnu vrijednost F_0 232,09 Hz te među filtriranim glas M. O. koji u normalnom govoru ima prosječne vrijednosti F_0 214,14 Hz. Znači, prosječne osobine slabije se prepoznaju. U filtriranim uvjetima najlošije se prepoznao glas L. R. čija je prosječna F_0 u normalnom govoru postavljena u sredinu u odnosu prema ostalim muškim glasovima u skupini. Izvrsno su se prepoznavali najviši i najniži muški glasovi. U uvjetima prikrivenoga i prikrivenoga filtriranoga govora najlošije se prepoznao muški glas Š. M. koji se prikrivao šaptavim glasom (sl. 6: Š. M.) tako da se timbar glasa potpuno promijenio.



Slika 6. LTASS normalnoga govora (tanka crta) i prikrivenoga filtriranoga (deblja crta) (Š. M.)

Figure 6. LTASS of normal (hairline) and disguised filtered speech (bold line) (Š.M.)

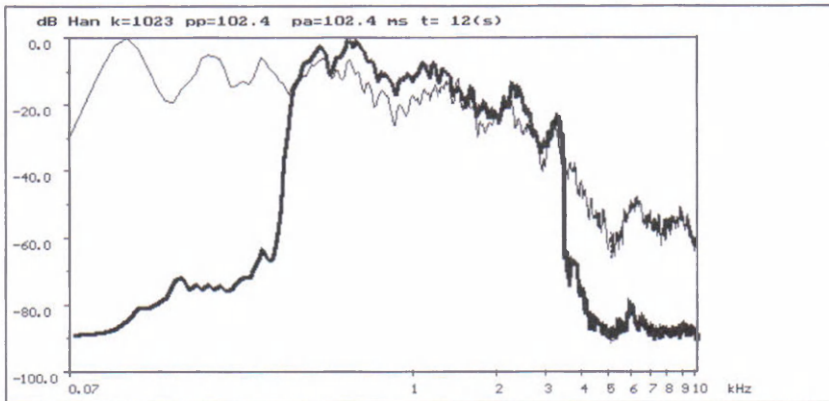
Prosječna vrijednost odnosa harmoničkoga i šumnoga zvuka za glas Š. M. bila je deseterostruko veća u prikrivenom šaptu, shimmer se prosječno jako povećao, a i prosječna vrijednost raspršenja F_0 bila je najveća (tabl. 4). Najlošije je prepoznavan ženski glas u uvjetima prikrivenoga filtriranoga govora, glas N. S., koji je prikriven velikom nosnošću, što je snizilo normalnu prosječnu vrijednost F_0 i promijenilo timbar njezina normalnoga glasa što je uočljivo i u višim dijelovima spektra u područjima visokih formanata (sl. 7: N. S.). Taj se glas najlošije prepoznavao i u nefiltriranom govoru zbog prosječnih osobina normalnoga ženskoga glasa.



Slika 7. LTASS normalnoga govora (tanka krivulja) i prikrivenoga filtriranoga (deblja krivulja) (N. S.)

Figure 7. LTASS of normal (hairline) and disguised filtered speech (bold line) (N.S.)

Zanimljiv je pak podatak da su studenti izvrsno prepoznavali muški glas L. R. u prikrivenim i prikrivenim filtriranim uvjetima, čak bolje nego u filtriranom govoru (zbog prosječnih vrijednosti F_0 za muški glas), iako se taj glas nevjerojatno dobro prikrivao u smjeru potpune promjene indikatora regionalnosti (sl. 8: L. R.).



Slika 8. LTASS normalnoga govora (tanka crta) i prikriivenoga filtriranoga (deblja crta) (L. R.)

Figure 8. LTASS of normal (hairline) and disguised filtered speech (bold line) (L.R.)

Zbog prosječnih osobina muškoga glasa u normalnom govoru, lošije su ga prepoznavali u filtriranom govoru od drugih muških glasova. U normalnom govoru glas je imao osobine normalnoga muškoga glasa, a iako kajkavac, nije imao izražen regionalni izgovor (glas srednje glasnoće, srednje visokoga tona, blage nosnosti, modalne fonacijske vrste). Prikriivao se u vrlo glasan glas, većeg stupnja nosnosti, impresionistički u vrlo meketav, povisio ton za gotovo cijelu oktavu (tabl. 4), izgovorom se prikrio u regionalni govor Dalmatinca s velikim intonacijskim promjenama, što se očitivalo znatno većom standardnom devijacijom tona. Kako onda objasniti da su ga studenti fonetike dobro prepoznali u prikriivenom i prikriivenom filtriranom govoru? Prvo, jer je u kvaliteti glasa samo potencirao osobine koje inače ima u manjem obliku (nosnost, blago meketav glas), pa je temeljna boja glasa bila prepoznatljiva unatoč promjeni intonacije i regionalnosti. Drugo, budući da je to bilo iznimno duhovito prikriivanje, potpuno glumačko ekspresivno ulaženje u novi lik, bez obzira na to što su svi izgovarali iste razgovorne rečenice, studenti su tu promjenu "maske" lako povezivali s L. R. jer su znali da je i inače vrlo duhovit. Dakle, u to se prepoznavanje uvukla i psihološka indeksikalna osobina koja je, uz sačuvane glavne timbralne osobine, nadvladala uspješnost prikriivanja u tom individualnom ostvaraju. Uglavnom, u slučaju velikih promjena timbra u uvjetima prikriivenoga filtriranoga glasa, procjenitelji neće prepoznavati čak ni dobro poznate osobe. Razumljivo je da je u stvarnim forenzičnim slučajevima identifikacija jako prikriivenoga glasa vrlo teška, jer takve glasove ne može prepoznati ni isti društveni povezani krug. Ipak, u korist forenzičnoga prepoznavanja prikriivenih filtriranih glasova govore rezultati prepoznavanja u

ovom istraživanju koji su pet puta bolji od nasumičnih. Eksperimentalno i u stvarnim forenzičnim slučajevima prikriveni glasovi preko telefona mogu se istraživati i provoditi prepoznavanja, ali u takvim slučajevima pri identifikaciji trebalo bi redovito uvesti i verifikacijski postupak.

RASPRAVA

Zanimljivo je da neka istraživanja prepoznavanja govornika s telefonskih snimki pokazuju da fonetičari prepoznaju govornike od 38% do 76%, a laici od 19% do također 76% (Shirt, 1984, prema Foulkes i Barron, 2000). Iz tih podataka može se zaključiti da fonetičari nešto bolje prepoznaju govornike, ali također da neki laici dobro prepoznaju govornike kao fonetičari. Naše istraživanje pokazalo je da fonetičari ukupno vrlo dobro prepoznaju poznate govornike u filtriranim uvjetima poput telefonske transmisijske u rasponu od 67% do 92%, što je izvrstan rezultat, budući da su stimulusi za prepoznavanje trajali kratko, samo deset sekundi, koliko su imali i za upis prepoznavanja/neprepoznavanja. Napominjemo još jedanput da nisu znali koliko glasova prepoznaju, ni koji su glasovi konačno izabrani, ima li ili nema stvarno nepoznatih glasova, niti su bili obaviješteni o tehničkim uvjetima uzoraka glasova u slučajnom redosljedu. U ovom je istraživanju dokazano da razmjerno uvježbani fonetičari – studenti fonetike, mogu vrlo dobro prepoznavati poznate glasove na temelju kraćih govornih isječaka. To je važno jer su neki fonetičari zamjerali Shirtu upravo kratke uzorke kad je utvrdio da fonetičari neznatno bolje prepoznaju govornike od ne-fonetičara (Nolan, 1991:484). U našem se istraživanju pokazalo da studentice fonetike prosječno prepoznaju filtrirane glasove sa 84% točnosti, a studenti fonetike sa 81% točnosti. Naravno, ti su rezultati bili znatno slabiji u uvjetima prikrivenih filtriranih glasova: žene su prosječno prepoznavale sa 72%-tnom točnošću, a muškarci sa 59%-tnom točnošću.

Lakše su prepoznavane osobe s vrlo visokim ili niskim vrijednostima F_0 te s nižim ženskim glasom i muški glas s regionalnim štokavsko-dalmatinskim izgovorom. Dakle, potvrđene su tvrdnje Foulkesa i Barrona (2000) da se najbolje prepoznaju krajnje vrijednosti F_0 . Što se tiče smjera prikrivanja glasova, u ovom istraživanju nije se pokazalo da se viši glasovi uglavnom prikrivaju višim, a niži nižim tonom, kao u istraživanju Künzela (2000) na uzorku od 100 ispitanika. Neki su se viši glasovi prikrivali nižom F_0 , a muški i ženski glasovi većinom su se prikrivali višim glasovima. To se može objasniti time da su studenti fonetike djelomično obaviješteni o naravi prikrivanja glasa. S druge strane, glavna je svrha ovoga ispitivanja bila usporediti prepoznavanja poznatih govornika između četiriju zvučnih uvjeta, pa je uzorak ispitanika bio znatno manji. Dobiveni podaci o porastu prosječnih vrijednosti F_0 u filtriranom govoru muških i ženskih glasova potvrđuju Künzelove rezultate da je fundamentalna frekvencija preko filterskoga telefonskoga pojasa viša nego u normalnom govoru (Künzel, 2001).

Što se tiče druge pretpostavke, potpuno je potvrđena samo pretpostavka da će muška skupina bolje prepoznavati muške glasove, ali su ukupno žene bolje

prepoznavale muške glasove od muških procjenitelja i bolje muške glasove od ženskih. To se može objasniti bogatijim, informativnijim spektrom muških glasova, koji sadržavaju više harmonika. Zbog toga su i u istraživanju estetike glasa prosječno muški glasovi procjenjivani ugodnijim od ženskih glasova (Varošaneć-Škarić, 1998).

Podatke o nekim pojedinačnim prosječnim vrijednostima, kao što je visoka F_0 pri prikrivanju nižega muškoga glasa šaptavom fonacijskom vrstom, treba uzeti s oprezom. Računalni program računa prosječnu F_0 na temelju uzoraka s dovoljnim intenzitetom zvuka u određenom ugođenom rasponu. Za osobine normalnih glasova to je najbolji način računanja. Kod šaptavoga glasa u nižim područjima postoji F_0 koja se zbog slabog intenziteta, ne može izračunati, pa ta "nepostojeća" vrijednost ne ulazi u prosjek, nego se prosjek dobije na temelju viših jačih vrhova, koji mogu biti i harmonici. (Naravno, forenzični fonetičari to uzimaju u obzir pri stvarnim slučajevima.) Pri interpretaciji akustičkih podataka u složenijim glasovim kvalitetama stoga je potreban oprez. I istraživanje Varošaneć-Škarić (2005:123-124) akustičkih osobina fonacijskih vrsta pokazalo je da se vrijednosti maskiranoga šaptavoga glasa iz ovog istraživanja mogu usporediti s drugim hotimično šaptavim muškim glasovima te da se u nekim šaptavim glasovima uopće ne može izračunati F_0 .

U stvarnim slučajevima oprez je potreban i pri tumačenju vrijednosti mjere perturbacije tona: u stvarnim slučajevima veći aperiodiciteti za vrijeme govora u komunikacijskom stresu ne znače ništa drugo, osim da je nastupio komunikacijski stres. On je uobičajen za sve govornike pri policijskom ispitivanju bez obzira na krivnju; doživljavaju ga i nevino osumnjičeni. Podaci o perturbacijama tona i amplitude (jitter i shimmer) F_0 mogu biti vrlo korisni u analizi opisa glasove kvalitete osumnjičenika, samo ako je moguć verifikacijski postupak i snimanje u dobrim uvjetima te mjerenja na temelju više neprikrivenih fonacija i u neprikrivenom govoru. U ovom istraživanju prosječne su vrijednosti dobivene na temelju kraćega govora i samo su dodatne akustičke varijable koje mogu opisati promjene u kvaliteti glasa uslijed zvučnih promjena snimki ili prikrivanja glasa. Slušno prepoznavanje potkrjepljeno je akustičkim mjerenjima, jer u forenzici rezultati slušne analize postaju valjaniji ako im se pridruži zvučna objektivna analiza i obrnuto.

ZAKLJUČAK

Studenti fonetike vrlo dobro prepoznaju poznate glasove kolega, najbolje u nefiltriranim uvjetima, potom u filtriranim. Podatak da se vrlo dobro prepoznaju i filtrirani neprikriveni glasovi u govoru potvrđuje činjenicu da se poznati glasovi razmjerno dobro prepoznaju preko telefona. Važan je podatak da su i kratki stimulusi govora od 10 s bili dovoljni za dobro prepoznavanje unutar skupine uvježbanih studenata fonetike. Nadalje, pokazalo se da su žene ukupno bolji procjenitelji nego muškarci: prosječna točnost procjene bila je 85% kod žena prema 78% kod muškaraca. Žene su bolje prepoznavale i ženske i muške

glasove. Muški glasovi jednako se dobro prepoznaju u normalnom i normalnom filtriranom govoru, što se objašnjava bogatijim timbrom muških glasova.

Što se tiče prikrivanja glasova, zanimljivo je da muškarci uglavnom nisu prikrivali glas nižom F_0 , nego većinom prosječno višom F_0 , kao i žene. To se može objasniti teorijskom upućenošću fonetičara i željom da se ne prikrivaju stereotipno. F_0 i ostale zvučne varijable vezane za nju pokazale su se razlikovnim u različitim zvučnim uvjetima. Logičan je podatak da su najlošije prepoznavani prikriveni filtrirani glasovi. Studenti fonetike prepoznaju poznate muške glasove u tim uvjetima sa 78%-tnom točnošću, a ženske znatno slabije sa 54%-tnom točnošću. Najveća statistički pouzdana razlika u točnosti prepoznavanja glasova između normalnoga i prikrivenoga filtriranoga govora ($p < 0,001$) u surječju forenzične fonetike obavještava da je vrlo teško prepoznati poznate prikrivene glasove preko telefona. U tom je smislu zanimljiv rezultat prepoznavanja prikrivenih i prikrivenih filtriranih glasova, koji je pokazao da prepoznavanje i u najtežim zvučnim uvjetima nije bilo nasumično. To se djelomično može pripisati učenju laringalnih i supralaringalnih postavljanja na 3. godini studija fonetike i njihovu uvježbavanju procjene glasove kvalitete prema fonetskim protokolima u sklopu predmeta *Ortofonije*.

Napomena: Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske financijski je pomoglo ovo istraživanje u sklopu projekta "Forenzična fonetika: slušno prepoznavanje i zvučna analiza glasova" odobrenim pod brojem 130-0000000-0786.

REFERENCIJE

- Boersma, P., Weenink, D.** (2006). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Available online at: <http://www.praat.org/>
- Foulkes, P., Barron, A.** (2000). Telephone speaker recognition among members of a close social network. *Forensic linguistics*, 7 (2): 180-198.
- Künzel, H. J.** (2000). Effects of voice disguise on speaking fundamental frequency. *The International Journal of Speech, Language and the Law: Forensic Linguistics*, 7, 2, 150-179.
- Künzel, H. J.** (2001). Beware of the 'telephone effect': the influence of telephone transmission on the measurement of formant frequencies. *Forensic Linguistics* 8, 1, 80-99.
- Nolan, F.** (1991). Forensic phonetics. *Journal of Linguistics* 27, 483-493.
- Varošanec-Škarić, G.** (1998). Relativna spektralna energija i uгода glasova. *Govor XV*, 1, 1-34.
- Varošanec-Škarić, G.** (2005). *Timbar*. Zagreb: FF press.
- Varošanec-Škarić, G., Bićanić, J.** (2007). A comparison of indices of difference and similarity based on voices in real forensic case and in controlled conditions. *Proceedings*. www.icphs20007.de, 16th International

Congress of Phonetic Sciences (ur. Jürgen Trouvain i William J. Barry),
2085-2088.

PRILOG I / APPENDIX I

Zadani razgovor / Predefined conversation

A: Ej, bok! Ja sam. Što radiš?

B: E, bok! Ma... ništa. Pakiram se.

A: Što, zar već?

B: Ma u petak će bit' gužva, pa trebam sve pripremit' prije.

A: Da, i ja ću morat požurit'... A kad je polazak? U deset?

B: Misliš u subotu? Pa, ne možemo s ostalima, znaš da imamo posla do tri.

A: Što ćemo onda? Hoćemo autom kad sve završi?

B: Može, dogovorit ćemo pojedivosti sutra.

A: Misliš da će nam dat' novce?

B: Ne znam... Bilo bi fer. Ja inače ne idem.

A: Pitat ćemo ga kad stignemo.

B: Čujemo se još sutra da se točno dogovorimo.

A: Može! Čujemo se!

Gordana Varošaneć-Škarić

Faculty of Humanities and Social Sciences, Zagreb
Croatia

Davor Stanković

Croatian Radiotelevision, Zagreb
Croatia

Ines Šafarić

Faculty of Humanities and Social Sciences, Zagreb
Croatia

**IDENTIFICATION OF FAMILIAR VOICES OF STUDENTS OF
PHONETICS IN NORMAL, NORMAL FILTERED, DISGUISED AND
DISGUISED FILTERED SPEECH**

SUMMARY

The aim of the paper was to determine how well students of phonetics (N=12), who know each other for more than two years, identify each others' voices in normal, normal filtered (telephone-like), disguised and disguised filtered speech. Speakers were recorded in a silent booth. They read a prepared text passage twice; once in their natural voice and once in a disguised, changed voice. A sample of 48 speech items, each 10 seconds long and acoustically different, was played randomly to each student. The identification procedure was performed individually two weeks after the recording and it was based on one listening only. The statistical significance of difference between identification scores was tested by means of χ^2 test. The difference between acoustic parameters was determined by t-test. The results showed that the total of correct responses ranges between 65 and 90%, which meant that students of phonetics identified well. Male voices were identified more successfully across all conditions, while female listeners were more successful in their identification. χ^2 test showed that the greatest reliable difference was between normal and disguised filtered voices (female: $p < 0,0001$; male: $p = 0,0001$). Male voices were equally well identified in normal and normal filtered conditions. Voices with extreme F_0 values were identified with more success than voices with average F_0 values. t-test showed that the process of acoustic filtering increased average F_0 values ($p = 0,03$), maximum values and F_0 dispersion (male voices: $p < 0,01$; female voices: $p = 0,01$) as well as shimmer ($p < 0,01$). Disguising also caused changes in acoustic parameters, more so in male voices.

Key words: *voice identification, normal speech, filtered speech, acoustic properties of speech, forensic phonetics*