

---

UDK 801.41:159.932  
Originalni znanstveni rad  
Primljeno 12. 11. 1991.

Nataša Desnica-Žerjavić  
Filozofski fakultet, Zagreb

### NEKE SLUŠNE OSOBINE GLASOVA

#### SAŽETAK

*Tehnikom pojasnog filtriranja glasova govora nadene su visinske optimalne glasova našega jezika, određena je najmanja potrebna širina optimala, zatim kontinuiranost i diskontinuiranost njihova oblika te uloga kontinuiranih ili diskontinuiranih optimala kao primarnog ili redundantnog puta percepcije glasova.*

*Auditivnost glasova procjenjivana je prema njihovoj produktivnosti i slušnoj organiziranosti te prema autonomnosti i disperznosti njihovih optimala: vokali su se u svim pokusima pokazali kao najauditivniji, frikativi manje auditivni od njih, a okluzivi kao najneauditivniji.*

---

## 1. UVOD

Od antike do današnjih dana pristupalo se proučavanju zvučne strane govora iz različitih uglova, budući da i sama priroda govora kao komunikacijskog lanca pruža više mogućnosti pristupa. Iako se oni često mogu opravdati trenutnim stanjem tehnika istraživanja, kao što se time sigurno može objasniti naglo svraćanje pažnje na akustičku stranu govora četrdesetih godina našega stoljeća, ipak je artikulacijskom pristupu, uza svu promjenljivost sreće, najčešće davana prednost. Na današnjem stupnju razvoja misli možemo se upitati ima li tome neki dublji razlog, neka nemogućnost da se taj pristup ukloni čak i kada se želi svjesno izbjeći.

U svakom slučaju artikulacijski pristup doživljava u današnje vrijeme novi procvat njegovim povezivanjem s percepcijskim pristupom u istraživanjima Haskinške škole, koja formulira *motornu teoriju* govora podvlačeći usku vezu između percepcije i artikulacije, te indirektniju povezanost ovih dviju s akustičkom stvarnošću govora.

Akustička realizacija razlikuje se po svom kontinuiranom sastavu od emisije i percepcije, u kojima se ona selektivno analizira. Jer, emitira se ono što želimo da bude percipirano, kao što se percipiraju samo oni elementi za koje se pretpostavlja da su producirani namjerno. Akustički kontinuum sadrži naprotiv previše elemenata za slušni kanal, koji ima ograničen kapacitet prenošenja diskretnih jedinica.

### 1.1. Dosadašnja istraživanja

Percepcija glasova govora razlikuje se od percepcije zvukova općenito po tome što slušač može reproducirati zvučni signal, a pritom su zvučni stimulusi samo podloga za prepoznavanje jezičnih konstrukcija. Percepcija glasova ne teče paralelno sa sposobnošću razlikovanja zvukova, već se odvija pod utjecajem usvajanja jezika u toku kojega učimo razvrstavati zvučne stimuluse u određen broj kategorija i prepoznavati ih u tako kategoriziranom obliku.

Grupa Haskins pitala se da li se kategoriziranje vrši na osnovu naučenog razlokovanja ili naučene sličnosti, odnosno povećava li se ili smanjuje učenjem osjetljivost na razlike među stimulusima. Pokusi sa sintetskim glasovima i kontrolnim stimulusima sličnog sastava (dobivenim izvrtanjem shematskog spektrograma koji ne daje utisak govornoga glasa) pokazuje da je pri razlikovanju glasova govora identifikacija finija nego pri razlikovanju zvukova, pa zaključuju da učenje povećava osjetljivost na neke razlike među zvukovima.

Sljedeće je pitanje na koji način učenje govora omogućuje percepciju po kategorijama. Nepremostive teškoće na koje nailaze gluhi pri usvajanju artikulacije s jedne strane te jaki poremećaji artikulacije u pokusima sa zakašnjelom slušnom kontrolom s druge strane (kad zvuk vlastita glasa sa zakašnjenjem dolazi u slušalice) dokazuju usku povezanost emisije i percepcije govora i ukazuju na mogućnost da su slušne kategorije uvjetovane diskontinuitetom u artikulaciji.

U Haskins laboratorijima su radi provjere ove pretpostavke rađeni pokusi sa serijom od 14 shematski nacrtanih spektrograma (koje sintetizer govora pretvara u zvučne signale slične glasovima govora) i u njima varira tranzijent drugog formanta, što daje utisak mijenjanja mjesta izgovora. Zbog postupnosti prijelaza, razlika među susjednim spektrogramima vrlo je mala. Ipak, kad se ti glasovi slušaju napreskok, čak 9 od njih 14 prepoznaje se stopostotno kao jedan od konsonanata B, G ili D, dakle oštro se ocrtavaju 3 kategorije. Budući da teško možemo artikulirati glasove koji bi bili prijelazni između ova tri glasa, uvjerljiva je interpretacija da slušno razlikujemo ona tri glasa koje artikuliramo, odnosno, budući da je artikulacija diskontinuirana, diskontinuirana je i percepcija, bez obzira na akustički kontinuum.

Pokus koji smo izveli ima načelne sličnosti s ovim, samo što smo mi mijenjali zone spektra a ne formante. Naši su se rezultati također suglasili s ovima. Provjeru pretpostavke da su slušne kategorije uvjetovane diskontinuitetom artikulacije nalazimo u drugom eksperimentu Fryja, Abramsona, Eimasa i Libermanna (1962) s vokalima koje, za razliku od okluziva, možemo artikulirati u kontinuiranom nizu. Mijenjajući pravilno i postupno formante od I preko E do A dobiveno je 13 shematskih spektrograma koji su slušani u istim uvjetima kao u prethodnom pokusu. Rezultati pokazuju da je prepoznavanje mnogo nesigurnije i da su odgovori manje grupirani u kategorije, odnosno da su slušači osjetljiviji na sitne razlike u zvuku vokala nego u zvuku okluziva. Iz toga oni izvode zaključak da je percepcija vokala manje određena kategorijama nego percepcija okluziva, te da artikulacijske navike imaju važnu ulogu u percepciji zvukova govora.

Čini se da pri identifikaciji glasova govora ne tretiramo jednako signale na rubu i one na sredini pojedine kategorije. Dok ove posljednje, bez obzira na fizičke razlike, svrstavamo u istu kategoriju, signale na rubovima diskriminiramo finijom analizom. Libermann i Haskinška škola misle da se to postiže povratnom spregom artikulacije na percepciju, odnosno da se glasovi govora percipiraju kombiniranjem slušnih i proprioceptivnih osjeta pri artikulaciji. Zvučni stimulus izaziva kod slušača spremnost artikulacijske muskulature da izvede taj zvuk, što znači da su proprioceptivni stimuli dodatni kriterij identifikacije, da slušač subvokalno ponavlja ono što čuje.

I neki sovjetski autori ukazuju na udio kinestetskih podražaja govornih organa u genezi govora (Sečanov, Pavlov) i na aktivnost artikulatora u toku percepcije govora (Bernštejn, Žinkin), te ističu ulogu motoričke komponente u procesu govora (Leontjev, Smirnov). Luria potvrđuje ovakvo gledanje na ulogu motoričke komponente pokusom s afazičarima kojima se percepcija govora pogoršava ako, stisnuvši jezik među zubima, spriječe subvokalizaciju.

D. Orlandi je u svojoj doktorskoj disertaciji (1971) također promatrala odnos proprioceptije i auditivne slike. Ona zaključuje da je moguće izvršiti korekciju glasova kod logopata slušnim vođenjem samo ako se prethodno odvoji slušanje od proprioceptije.

I rezultati naših pokusa rađenih da se utvrdi koliko percepcija glasova ovisi o auditivnom osjetu ukazuju na opravdanost pretpostavke o ulozi artikulacije kao dodatnog kriterija prepoznavanja, naročito nekih kategorija glasova.

## 2. OPTIMALE GLASOVA

Medu teorijama percepcije govora verbotonalna teorija unosi različit pristup tražeći filtriranjem glasova perceptivno-slušne forme do kojih inače pri slušanju dovode inhibitorni procesi na kortikalnoj i nižim razinama, čisteći zvučne signale od redundantnih elemenata.

U verbotonalnom sistemu proučavaju se, dakle, glasovi govora s psiho-akustičkog (tj. perceptivnog) stanovišta, polazeći od onih elemenata zvuka koji omogućavaju identifikaciju fonema (Škarić, 1964). Jedan od najvažnijih faktora (uz neke druge akustičke osobine kao što su tranzijenti, modulacije i sastav spektra) jest "fizio-/psiho/-akustički visinski timbar glasa" ili optimala. To je "ustrukturirana slika" fonema, predodžba fonema (a ne glasa) u jednoj danoj jezičnoj strukturi izražena fizičkom mjerom. To optimalno frekvencijsko područje određuje se eksperimentalnim putem, rastavljajući zvučni spektar nekoga glasa na niz područja frekvencija među kojima autohtoni slušači biraju ono koje samo za sebe najbolje daje utisak toga glasa. Mogućnost da se prepozna glas na uskom pojasu frekvencija dokazuje da se takav izbor prilikom slušanja cijelog spektra vrši na razini mozga, a akustičkim filtriranjem samo anticipiramo tu selekciju "dijelova zvuka u glasu koji nose informaciju", eliminirajući ostale zone zvučnoga signala i imitirajući na taj način proces zvučne percepcije u cilju njezina upoznavanja.

Zanimljivo je podvući da se optimala nepodudara obavezno s najjačim dijelom spektra (kao u glasova C, Z, A, O i donekle kod U, J, Č, Đ, Ć) već može uhvatiti i dio spektra blizu intenzitetskoh vrha (Š, V), poklopiti se s drugim po jačini intenzitetskim vrhom (I, E) ili čak padati na izrazito slabo područje spektra (H, F, Ž, L, Lj, Nj, R), jer je percipiranje svakoga glasa zadano i njegovom akustičkom strukturom i jezičnim sistemom čiji je on dio (Škarić, 1964).

Vidimo da je optimala jedan od ključnih pojmova verbotonalnog sistema. Iako se u teoretskim postavkama nedefinirano govori o uskom području frekvencija, njegova je širina gotovo od samog početka fiksirana na interval oktave iz praktičnih razloga (izbor filtara) i empirijskih (većini glasova to doista odgovara). No, u postojećim tablicama optimala za razne jezike od početka ima iznimaka: optimalne nazalnih koseanata upotpunjene su jednom dubokom oktavom (dakle, obuhvaćaju diskontinuirano dvije oktave), u našem jeziku optimala glasa Ć zauzima 5 terci kontinuirano, optimala engleskog vokala ð zahvaća diskontinuirano dvije oktave (B. Vr'etić, 1974). S druge strane, teoretski se dopušta "u nekim slučajevima čak i područje uže od jedne oktave (ali uvijek optimalne frekvencije)" (Guberina, 1974).

Imajući na umu sve te "izuzetke" u kojima se optimalne glasova nisu dale svesti na a priori zadan okvir jedne oktave, nameću se dva pitanja:

1. Je li slušanje svih glasova najpogodnije na istoj širini pojasa frekvencije, a ako to nije, o čemu to ovisi?
2. Je li to optimalno područje uvijek kontinuirano, a ako nije, koji su to glasovi za čije je raspoznavanje potrebno diskontinuirano područje?

### 2.1. Diskontinuitet

O diskontinuitetu kao temeljnoj formi percepcije riječ je od samog početka razrade verbotonalne teorije. Taj termin primjenjuje se u širem smislu na čitav proces slušanja, koji je shvaćen kao selekcija pojedinih elemenata govora na osnovi kojih se percipira cjelina.

Mi ćemo termin diskontinuitet koristiti isključivo u uskom, neprenesenom smislu, da se označi diskontinuirano polje frekvencija na kojem se prepoznaje određeni glas. U praksi je uvijek bio dovoljan bi-diskontinuitet, iako nismo a priori ograničili broj pojasa frekvencija.

Već spomenute iznimno diskontinuirane optimalne, kao i iskustvo u slušanju filtriranih glasova, nametnuli su nam pitanje: treba li slušanje kroz uska diskontinuirana područja shvatiti kao jednu redundantnu mogućnost slušanja onoga što se bolje i ekonomičnije čuje na kontinuiranim optimalama, u slučaju buke na kontinuiranoj optimali ili pri gubitku sluha na nekim frekvencijama - ili se, po primjeru nazala, može pretpostaviti da je slušanje na diskontinuitetu prirodan način slušanja nekih glasova ili možda nekih kategorija, kod kojih bi takvo slušanje imalo prednosti pred onim kroz kontinuiranu optimalu.

Osim toga može se pretpostaviti da diskontinuitet općenito kod svih (?) glasova ima nekih prednosti pred kontinuitetom, npr. ekonomičnost u širini potrebnog pojasa frekvencija ili intenzitetu signala, kao i u korištenju područja spektra manje opterećenih drugim optimalama.

### 2.2. Auditivnost

Iz ovih uspoređivanja prednosti kontinuiranog i diskontinuiranog načina slušanja pojavljuje se i mnogo suštinskije pitanje jednoznačnosti veze glas - optimala. Je li (kao što nas pojam optimalne navodi na pomisao, iako se to nigdje izričiti ne tvrdi) perceptivna bit svakog glasa sadržana u vrlo određenom i nezamjenjivom pojasu frekvencija, i vrijedi li isti odgovor za sve glasove, tj. podliježe li prepoznavanje svih glasova istim zakonitostima slušanja; razlikuju li se u tome kategorije glasova i poklapaju li se one s onim kategorijama određenim akustičkom i fiziološkom analizom.

Taj je problem proučavao I. Škarić (1974) u studiji "Les bases sensorielles de la parole", gdje razlikuje glasove "čija je perceptivnost usko vezana uz određeni pojas frekvencija, i druge, čija perceptivna forma manje ovisi o polju frekvencija". Kako ovdje proučava udjel ekstra-auditivnih osjeta (kinestetskog, taktilnog, vibrotaktilnog, vizualnog i drugih) u formiranju senzorne slike fonema, on prvu skupinu fonema naziva auditivnim, a drugu ekstra-auditivnim fonemima. Istraživanje provodi na osnovi subjektivnih odgovora ispitanika, koji su procjenjivali intenzitet i opisivali mjesto svojih ekstra-auditivnih osjeta prilikom emisije nekoga glasa, vođeni iscrpnim upitnicima. Prema raspršenosti odgovora izračunat je stupanj ekstra-auditivne organiziranosti glasa. Na taj su način neki glasovi procijenjeni kao vrlo ekstra-auditivni (P, B, M, F, V, T, D) drugi kao polu-ekstra-auditivni (K, G, S, Z, Š, Ž, N, Nj, L, R, U) i konačno neki kao vrlo auditivni (J, I, E, O, A).

Za ove posljednje, uglavnom vokale, pretpostavlja se da su formirani pretežno auditivnim putem, za srednju skupinu, sastavljenu uglavnom od likvida, nazala i

frikativa, da auditivni i neauditivni osjeti podjednako sudjeluju u izgradnji njihove senzorne slike, dok prva skupina koja se sastoji od okluziva te labijala iz ostalih kategorija, najmanje ovisi o auditivnom putu stvaranja senzorne slike.

### 3. CILJ ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZE

Iako se za svaki glas može naći usko kontinuirano i diskontinuirano frekvencijsko područje, na kojem se on najlakše i nasigurnije identificira, ipak pri analizi s pomoću akustičkih filtara svi glasovi ne slijede istu shemu slušanja.

Prilikom filtriranja vidimo da je za raspoznavanje nekih glasova dovoljna širina jedne terce, dok ja za druge nužan mnogo širi pojas (i do 5 terci kontinuirano), odnosno da se ti glasovi mogu čuti na užem pojasu samo ako je on diskontinuiran; opažamo da na istom frekvencijskom području neke glasove možemo čuti iz većeg broja različitih glasova na ulazu, dok druge teško razaznajemo čak i kad su oni sami izvor zvuka; neki se glasovi, čim se izade iz njima optimalnog polja frekvencija, čuju kao neki drugi glas, dok se neki opet postupno degradiraju što se više udaljavamo od njihova optimalnog područja, ali se ne mijenjaju u drugi glas. Ima glasova koje možemo prepoznati na međusobno udaljenim dijelovima spektra, druge opet samo na jednome. Ukratko, intuitivno se nameće upravo razlikovanje kategorija glasova "čija je perceptivnost usko vezana za određeni pojas frekvencija" i onih "čija perceptivna forma manje ovisi o polju frekvencija"

Cilj našeg ispitivanja jest da doprinesemo približavanju rješenja suštinskog pitanja psihoakustike govora: na koji se način percipiraju glasovi govora, odnosno koji je element (ili elementi) pojedinog glasa bitan za njegovu percepciju.

Hipoteza jest da za sve glasove svi faktori nemaju istu vrijednost:

- I. visinska optimala svih glasova ne mora obuhvaćati frekvencijski pojas *jednake širine*;
- II. visinska optimala može imati oblik *kontinuiranog ili diskontinuiranog* frekvencijskog područja;
- III. visinska optimala (timbar) u različitoj mjeri djeluje na raspoznavanje glasova (kod stacioniranih mnogo više nego kod prekidnih, u kojima i elementi "variranja vremena intenziteta ili percepcije vremena" (Škarić, 1974) donose jedan dio informacije), što uvjetuje različite stupnjeve *auditivnosti* glasova. Zajedno sa Škarićem pretpostavit ćemo da je auditivniji onaj glas:
  - a) koji postiže veći *postotak identifikacije* na vlastitoj optimali;
  - b) koji ima *užu optimalu*;
  - c) koji *producira* veći broj drugih glasova izvan svoje optimalne (tj. koji se minimalnim pomakom čuje kao srodan glas na čijoj optimali slušamo);
  - d) koji pokazuje veću *slušnu organiziranost* (odnosno manje raspršenje prepoznatljivosti na dijelovima spektra izvan svoje optimalne);

- e) čija optimala ima veću *autonomnost* (konvergenciju), ona koja omogućava da se taj glas identificira iz većeg broja drugih glasova propuštenih kroz njegovu optimalu;
- f) čija optimala ima što manju *disperznost* (ambiguitet) tj. koja dopušta raspoznavanje što manjeg broj drugih, srodnih glasova (koja propušta manje drugih glasova).

Da bismo ovo potvrdili, predvidjeli smo dvije skupine eksperimenata (iako iste tehnike). Prvom skupinom namjeravali smo odrediti akustičke oblike najpogodnije za slušanje, odnosno svojstva optimala pojedinih glasova, njihovo mjesto na spektru i širinu, te kontinuiran ili diskontinuiran karakter. To bi obuhvatilo:

1. Traženje najužih *optimalnih kontinuiranih i diskontinuiranih područja frekvencija* za svaki glas. Iako postoji tablica kontinuiranih optimala za naš jezik, one su ograničene na interval oktave, pa smo izradili novu tablicu s optimalama različite širine da bismo ih mogli usporediti s minimalnom širinom nužnom na diskontinuitetu.
2. Zatim smo usporedili najmanju potrebnu *širinu kontinuiranog i diskontinuiranog pojasa*, s pretpostavkom da je na diskontinuitetu potrebno uže područje (i to na osnovi iskustva s filtriranjem po kojemu slušanje kroz nekoliko vrlo uskih pojasa raspoređenih po cijelom spektru može dati dojam direktnog, nefiltriranog prijenosa).

Od druge skupine eksperimenata očekujemo podatke o svojstvima optimala te podatke o stupnju auditivnosti pojedinog glasa.

3. Propuštanjem svakoga glasa kroz optimalne svih drugih glasova pratit ćemo koliko slušni dojam ovisi o glasu koji je izvor zvuka, a koliko o polju frekvencija koje slušamo unutar spektra danoga glasa-izvora. Što slušni utisak više ovisi o frekvencijskoj karakteristici filtra, dakle što jedan glas može generirati više drugih glasova na raznim područjima spektra, to ćemo ga smatrati auditivnijim. Ovo svojstvo nazvat ćemo *produktivnošću glasa*.
4. Dalje ćemo promatrati *slušnu organiziranost* svakoga glasa, što ćemo izračunati iz njoj komplementarne vrijednosti, raspršenja prepoznatljivosti po spektru. Manje raspršenje direktno potvrđuje veću ovisnost identifikacije glasa u određenoj zoni spektra, pa će nam to biti među najsigurnijim indicijama auditivnosti.
5. Pratit ćemo i u kolikoj mjeri srodni glasovi mogu dati dojam određenog glasa kad ih propuštamo kroz njegovu optimalu, što će opet govoriti u prilog određenosti toga glasa vlastitom optimalom. Glas će biti to auditivniji što njegova optimala stvara dojam toga glasa iz većeg broja drugih glasova, pa ćemo u tom slučaju govoriti o većoj *autonomnosti* (konvergenciji) optimalne.
6. I konačno, promatrat ćemo koje optimalne propuštaju manji broj glasova da bismo našli one koje su najjednoznačnije vezane za glas koji određuju. Te će optimalne pokazivati manju *disperznost*, koja bi morala biti još jedna potvrda o auditivnosti glasova, s pretpostavkom da će ovaj pokus dati stupnjevanje po auditivnosti u skladu s prethodna tri.

#### 4. NAČIN PROVODENJA EKSPERIMENTA

##### 4.1. Aparatura

Eksperimenti su radeni na aparatima Odsjeka za fonetiku Filozoskog fakulteta u Zagrebu, a sastojali su se od magnetofona, filtera, pojačala i zvučnika. Glasovi su filtrirani na pojasnim filterima širine 1 terce s kosinom gušenja od 80 db/okt i ukupnim gušenjem od 65 db.

##### 4.2. Snimanje lista glasova

Izolirane glasove govorio je spiker (govornik standardnog štokavskog izgovora). Glasovi su snimani u 10 različitih slučajnih poredaka da bi izbjeglo pamćenje redosljeda glasova. Snimanje je izvedeno u studijskim uvjetima na aparatima Odsjeka za fonetiku.

##### 4.3. Ispitanici

Ispitanici su bili nastavnici i studenti fonetike. Svoje slušne dojmove bilježili su fonetskim simbolima u formulare s rednim brojevima.

#### 5. REZULTATI I INTERPRETACIJA

##### 5.1. Kontinuirane i diskontinuirane optimale

Svrha prvog pokusa bila je odrediti tonsku visinu optimalnih kontinuiranih i diskontinuiranih područja frekvencije za svaki pojedini glas našega jezika. Dobiiveni rezultati prikazani su na tablici 1 (str. 165).

Ova lista kontinuiranih optimala slaže se, uz manja odstupanja po visini i nešto veća po širini, s onima koje su do sada utvrđene verbotonalnim istraživanjima, a ta odstupanja tumačimo strožim kriterijima koje smo postavili: uz najbolju razumljivost tražili smo i najprecizniji timbar glasa.

U ovom su pokusu prvi put sistematski tražene diskontinuirane optimale za sve glasove, u skladu s polaznom pretpostavkom. Međutim, neke su od tih dvostrukih optimala nategunute. Tako diskontinuirane optimale glasova A, O, U, K, L, R postoje samo formalno, jer im oba frekvencijska pojasa dodiruju kontinuiranu optimalu, pa se može pretpostaviti da se ti glasovi čuju na onom dijelu kosine filtra koji ulazi u njihovu kontinuiranu optimalu, odnosno da se ne čuju izvan svoje kontinuirane optimale.

S druge strane glasovi E, D imaju vrlo široku kontinuiranu optimalu - 5 terci - od kojih srednje tri terce ne pridonose raspoznatljivosti zvuka, pa zaključujemo da nisu optimalne, tj. da se ti glasovi slušaju isključivo na diskontinuiranoj spektralnoj formi.

Za ostale glasove bilo je moguće naći jedno optimalno kontinuirano i diskontinuirano frekvencijsko područje.



tab. 1<sup>1</sup>

| Glas | Kontinuirana optimala | Diskontinuirana optimala |
|------|-----------------------|--------------------------|
| A    | 800-1600              | 800-1024 + 1280-1600     |
| E    | 800-2560              | 512-640 + 2560-3200      |
| O    | 400-640               | 400-512 + 640-800        |
| I    | 3200-4096             | 200-256 + 2560-3200      |
| U    | 200-400               | 160-200 + 320-400        |
| P    | 320-800               | 400-512 + 1280-1600      |
| T    | 1600-3200             | 512-640 + 3200-4096      |
| K    | 800-1600              | 640-800 + 1600-2048      |
| B    | 200-400               | 400-512 + 1280-1600      |
| D    | 512-1600              | 256-320 + 2048-3200      |
| G    | 400-800               | 400-512 + 1600-2048      |
| S    | 6400-8192             | 256-320 + 5120-6400      |
| Š    | 1600-3200             | 640-800 + 2560-3200      |
| F    | 1280-2560             | 640-800 + 1600-2048      |
| Z    | 6400-8192             | 400-512 + 8192-10240     |
| Ž    | 1280-2560             | 640-800 + 1600-2560      |
| V    | 320-640               | 640-800 + 1280-1600      |
| M    | 1024-2048             | 256-320 + 1280-2048      |
| N    | 1600-3200             | 160-320 + 1600-3200      |
| Nj   | 2560-3200             | 200-256 + 2560-3200      |
| H    | 800-1024              | 512-640 + 2048-2560      |
| C    | 5192-10240            | 640-800 + 10240-12800    |
| Č    | 1600-3200             | 640-800 + 1600-2048      |
| Ć    | 3200-6400             | 640-800 + 3200-4096      |
| Dž   | 1280-2560             | 640-800 + 2560-3200      |
| Đ    | 2560-5120             | 512-640 + 3200-4096      |
| L    | 640-1600              | 512-640 + 1600-2048      |
| Lj   | 1600-3200             | 256-320 + 3200-4096      |
| R    | 800-1060              | 512-640 + 1280-1600      |
| J    | 2048-4096             | 640-800 + 3200-4096      |

(1) U Govoru, god IV, br.1, 1987. objavljena je ova tablica uz podrobnju interpretaciju; stoga ovdje donosimo samo najvažnije uočene zakonitosti.

Glasovi s najvišom kontinuiranom optimalom (C, Z, S) sadrže u svojoj diskontinuiranoj optimali jedan vrlo nizak frekvencijski pojas (250- 800 Hz) koji je vrlo značajan za percipiranje tih glasova. Naime, na njemu se oni raspoznaju u istom postotku kao na visokoj kontinuiranoj optimali, samo je lošija kvaliteta zvuka; zato to nisko područje moramo smatrati njihovom *sekundarnom kontinuiranom optimalom*, a spomenutu diskontinuiranu optimalu zbrojem dviju kontinuiranih optimala.

Sve diskontinuirane optimalne glasove (Č, Dž, Š, Ž, D, J) sadrže poluniski pojas (640-800), koji sam za sebe ne omogućava prepoznavanje tih glasova, pa smo zaključili da je to *strukturni element diskontinuirane optimalne*, koju ovo glasovi posjeduju kao redundantnu mogućnost slušanja.

*Niski labijali* (P, B, V) imaju karakteristično zajedničko područje izvan svoje kontinuirane optimalne (1280-1600) na kojem se, uzeto zasebno, malo ili nimalo prepoznaju. Kod M i F to područje upada u kontinuiranu optimalu, pa moramo zaključiti da je ono karakteristično za labijalnost, i to za srednje glasove kao *primarna kontinuirana optimala*, a za niske kao *strukturni element diskontinuirane optimalne*.

Sva tri *nazala* imaju na diskontinuitetima nizak pojas oko 250 Hz, što znači da je to područje karakteristično za nazalnost, pa ćemo ga smatrati *strukturnim dijelom diskontinuirane optimalne* koja je vjerovatno *primarna*, jer kvalitetom zvuka nadmašuje kontinuiranu optimalu.

Od *likvida*, uz navedene isključivo kontinuirane optimalne glasova L i R, jedino Lj možda realno ima *diskontinuiranu optimalu* s obzirom na njezinu udaljenu nisku komponentu i na dosta dobru raspoznatljivost glasa Lj na tom području.

Medu vokalima nismo naveli još samo glas I, koji čini se ima obje optimalne, s tim da mu je nisko područje *strukturni element diskontinuirane optimalne* (dobra raspoznatljivost glasa i na tom frekvencijskom pojasu).

Globalno po kategorijama vidimo da okluzivi i vokali najviše koriste suprotavljanje između kontinuiteta i diskontinuiteta: dentalnim okluzivima i vokalu E diskontinuitet je primaran, velarima i vokalima A, O i U nepovoljan, a labijalima i glasu I vjerovatno sekundarna (redundantna) forma slušanja.

Frikative i afrikate uvijek je moguće slušati i na kontinuitetima i diskontinuitetima.

Za nazale pogodne su obje forme, ali im je vjerovatno diskontinuitet primarna, a kontinuitet sekundarna optimala.

Likvidi L i R slušaju se po svoj prilici na kontinuitetima, a Lj i na diskontinuitetu.

Promatrajući glasove po visini, može se uočiti da *visokim glasovima* (C, Z, S) nisko područje njihova diskontinuiteta predstavlja njihovu *redundantnu kontinuiranu optimalu*. *Poluvisokim glasovima* (Č, D, J, Ć, Dž, Š, Ž) *diskontinuitet je sekundarna optimala*, a glasovima D i E *primarna*. Za srednje i poluniske diskontinuitet je nepovoljan (R, L, K, G, H, A, O). *Niski glasovi* slušaju se primarno na *kontinuitetu*.

## 5.2. *Širina optimala*

Drugi pokus kojim smo tražili odgovor o širini optimalne pokazao je da ona može znatno varirati: od 1 do 5 terci na kontinuitetima i od 2 do 6 terci na diskontinuitetima.

U vezi s usporedbom širine kontinuiranih i diskontinuiranih optimala potvrdila se pretpostavka da diskontinuitet ima prednost što omogućava identifikaciju glasova kroz uže frekventijsko područje, iako uz ogradu da nam instrumenti nisu dopustili preciznija mjerenja. Naime, s jedne strane nema razloga da ne vjerujemo da bi za neke (vrlo auditivne) glasove i područja uža od 1 terce bila dovoljna u kombinacijama diskontinuiteta, a s druge strane frekventijski pojas koji filtri propuštaju izvan graničnih vrijednosti pojedinog filtra dvostruka su na diskontinuitetima zbog dvostrukih kosina gušenja.

## 5.3. *Produktivnost glasova*

### 5.3.1. *Broj produciranih glasova*

U ovom pokusu cilj nam je bio odrediti u kojoj se mjeri svaki glas, filtriran kroz kontinuirane i diskontinuirane optimalne ostalih glasova, transformira u skladu s frekventijskom karakteristikom filtra (što upozorava na ovisnost njegove percepcije o timbarskoj visini) a koliko se prepoznaje glas-izvor, unatoč filtriranju (što potvrđuje ekstra-auditivnu prirodu njegove percepcije, njegovu određenost u prvom redu promjenama tokom trajanja, tj. tranzijentima, modulacijom, jačinom, duljinom i donekle sastavom spektra).

Iz podataka o prepoznavanju glasa-izvora vidimo da su na kontinuitetima i diskontinuitetima vokali kategorija koja se uz afrikate najbolje transformira filtriranjem. Kod ostalih kategorija omjer između transformiranih i sačuvanih glasova sve je ujednačeniji do okluziva, kod kojih nešto više probija glas-izvor. Jedino se glas R mnogo više prepoznaje nego što generira drugih glasova. Na temelju rečenog treba zaključiti da su vokali najauditivniji, ostale kategorije redom su sve manje auditivne do okluziva i R, koji su najneauditivniji. To je razumljivo s obzirom na različitu strukturiranost u vremenu među kategorijama: vokali kao najstacioniraniji glasovi najviše su definirani timbarskom visinom, a upravo ona se filtriranjem najviše mijenja; tranzijenti okluziva i modulacije glasa R vrlo malo podliježu utjecaju filtriranja, jer su prisutni na cijelom spektru.

Jedino mjesto afrikata odstupa od ove logike, što smo protumačili kao rezultat male učestalosti tih glasova u našem jeziku. Svi rijetki glasovi pojedinačno (Dž, D, F) producirali su vrlo mnogo drugih glasova zato što su ih slušači rijetko prepoznavali, a to stoga što se bolje čuje ono što se više očekuje. Zato smo podatke s prve dobivene liste ponderirali s relativnom informacijom svakoga glasa u hrvatskom ili srpskom jeziku (D. Vuletić 1975) i tako došli do uvjerljivijeg redoslijeda produktivnosti glasova po kategorijama:

tab. 2

|           | kontinuiteti | diskontinuiteti |
|-----------|--------------|-----------------|
| vokali    | 17.16%       | 15.61%          |
| M, N, L   | 10.97%       | 10.96%          |
| frikativi | 9.46%        | 8.39%           |
| afrikate  | 9.04%        | 8.04%           |
| okluzivi  | 7.53%        | 7.84%           |
| Nj, Lj, R | 4.47%        | 4.27%           |

Redosljed i mjesto likvida i nazala poklapaju se na kontinuitetima i diskontinuitetima, pa bismo zaključili da su među njima vrlo auditivni M, N i L (bliski vokalima) i vrlo neauditivni Lj, Nj, i R. Za R je očito da je unatoč harmoničnosti zvuka, njegova vibrantnost ono što ga najviše karakterizira u slušanju. Analogno se može pretpostaviti da Lj i Nj sadrže dva elementa koja nisu vremenski sasvim usklađena, nego slijede jedan za drugim (možda početak cijepanja ovih glasova kao u slovenskom). Čini se da je za Lj i Nj strukturiranost u vremenu karakterističnija za slušno raspoznavanje od timbarske visine, a to potvrđuje i činjenica da ni jedan od tih dvaju glasova nema opozicije po visini unutar svoje kategorije, tako da se i oni, kao i R, mogu čuti praktički na svim dijelovima spektra.

### 5.3.2. Vrsta produciranih glasova

Ako sad promotrimo koje to glasove može producirati filtriranjem svaki glas, vidjet ćemo da najčešće generira glasove svoje kategorije, one s istim svojstvima zvuka (harmoničnost, tranzijenti, modulacije), upravo kako bi bilo logično i očekivati. Zbog ograničenosti prostora, ovdje ćemo iznijeti samo brojčane podatke koji se odnose na vokale (tablica 3):

*Vokali* u načelu generiraju samo vokale, a svaki od njih može se čuti kao bilo koji drugi, ali u različitoj mjeri (postotku odgovora), što ovisi o količini zvučne energije na dijelovima spektra gdje padaju druge optimalne.

*Okluzivi* najviše generiraju druge okluzive, ali je zanimljivo da se najčešće čuju D i T. Ovo je u skladu s rezultatima istraživanja D. Orlandi (1971) koja je ustanovila da osobe zdrava sluha sve filtrirane okluzive interpretiraju najčešće kao D i T, rjeđe se čuju kao D i T čak i afrikate pa i frikativi. Ta mogućnost auditivnog prepoznavanja D i T širom spektra, vidljiva i iz sljedećeg pokusa o slušnoj organiziranosti glasova, objašnjava zašto ih logopati supstituiraju većem broju drugih glasova.

Osim glasova iste kategorije, okluzivi produciraju i određen broj frikativa i nešto manje afrikata. Dok je zamjenjivanje glasova unutar iste kategorije očekivano jer se filtriranjem djeluje na timbar glasa, supstitucije koje sadrže istodobno razliku u mjestu i načinu izgovora (pa je artikulacijska sličnost mnogo manje očita) upozoravaju na postojanje auditivne sličnosti među njima. Tom se sličnošću mogu objasniti neke glasovne promjene u sinhroniji i dijahroniji mnogih jezika.

Evolucija klasično latinskih velarnih okluziva u romanskim jezicima - cervu/k/ - cerf/c/ - cerf/s/ ili cervo/č/ - kao i morfološke alternacije okluziv - frikativ - afrikata u našem jeziku (vuk-vuci-vuče; bog-bozi-bože) temelje se na auditivnoj sličnosti među glasovima, kao što se njome može objasniti i velerizacija germanskog W (werra - guerre).

tab. 3

| Glas | generira            |                      |
|------|---------------------|----------------------|
|      | na kontinuitetima   | na diskontinuitetima |
| E    | 12.6 I              | 17.0 U               |
|      | 10.0 A              | 7.0 O                |
|      | 9.6 U               | 4.0 I                |
|      | 2.0 O               | 3.0 A                |
|      | 34.2 druga glasa    | 31.0 drugi glas      |
|      | 5.8 E               | 7.0 E                |
| A    | 11.0 O              | 7.8 E                |
|      | 9.0 U               | 5.3 I                |
|      | 7.0 I               | 4.0 U                |
|      | 2.0 E               | 3.4 O                |
|      | 29.0 drugih glasova | 20.5 drugih glasova  |
|      | 10.0 A              | 17.3 A               |
| O    | 9.6 I               | 10.0 E               |
|      | 7.6 A               | 8.0 U                |
|      | 5.6 E               | 3.6 I                |
|      | 3.0 U               | 3.6 A                |
|      | 25.8 drugih glasova | 25.2 druga glasa     |
|      | 12.4 O              | 14.8 O               |
| I    | 16.7 U              | 15.4 U               |
|      | 3.7 E               | 7.3 E                |
|      | 3.0 O               | 4.5 O                |
|      | 1.0 A               | 0.9 A                |
|      | 29.4 druga glasa    | 28.1 drugih glasova  |
|      | 15.6 I              | 1.8 I                |
| U    | 8.0 O               | 5.4 E                |
|      | 6.0 I               | 5.4 O                |
|      | 2.0 A               | 2.9 I                |
|      | 2.0 E               | 1.8 A                |
|      | 18.0 drugih glasova | 15.5 drugih glasova  |
|      | 21.0 U              | 24.4 U               |

I frikativi generiraju najviše pripadnika iste kategorije, ali produciraju i određen broj okluziva te pokuju afrikatu, što ovisi o naizmjeničnom isticanju zona niske tonalnosti (okluzivnog šuma) ili visoke tonalnosti (frikativnog šuma).

Za afrikate se ne može čak ni reći da generiraju prvenstveno svoju kategoriju, nego se isto tako često čuju kao okluzivi, rjeđe kao frikativi, ovisno o tome je li nisko ili visoko područje bilo istaknuto filtrom.

Nazali osim što se međusobno vrlo mnogo generiraju, vrlo se često pretvaraju u sonante L, Lj i J, koji se često filtriranjem čuju kao nazali.

Sličnost među nazalima i *likvidima* čini harmoničan sastav zvuka njihova spektra, vidljiv iz sonograma. Ta sličnost, vrlo jaka na auditivnom planu, dopustila je promjene tipa *libellu - livel - niveau*.

Jedino je glas R sa svojim modulacijama osamljen u sistemu, pa producira mnogo manje nego i jedan drugi glas, a jednako tako malo se može čuti iz drugih glasova. Generira, iako vrlo malo, ostala dva likvida, poneki frikativ, dok njega producira gotovo isključivo njemu blizak L. Dokaz za njegovu izdvojenost u sistemu jest i to da se jedini on javlja kao izolirani govorni poremećaj, dok svi ostali glasovi obično bivaju poremećeni zajedno s čitavim skupinama srodnih glasova (D.Orlandi 1971).

#### 5.4. Slušna organiziranost glasova

Stupanj slušne organiziranosti glasova izračunali smo iz njoj komplementarne vrijednosti - raspršenja prepoznatljivosti svakoga glasa širom spektra. Propuštajući glasove našeg jezika kroz sva područja spektra podijeljenog na pojaseve širine jedne oktave, promatrali smo na koliko mjesta i u kojem postotku možemo čuti svaki glas preko cijelog spektra. Veće raspršenje prepoznatljivosti svjedočilo je, naravno, o slabijoj određenosti glasa timbarskom visinom, tj. mogućnost da se glas prepozna na raznim mjestima spektra značila je nisku slušnu organiziranost.

U ovom su pokusu glasovi filtrirani samo kroz kontinuirane optimalne, izabrane tako da pokrivaju dio spektra od 200 do 8192 Hz jer diskontinuirane optimalne ne bi bile ravnomjerno raspoređene po spektru, budući da su one u velikom broju slučajeva kombinacija 6-7 istih terci: 7 terci i to 400-512, 512-640, 640-800, 1280-1600, 1600-2048 i 3200-4096 ulazi u sastav 73,43% optimala, dok preostalih 12 terci ulazi u sastav samo 26,56% optimalne.

Raspršenje prepoznatljivosti svakog pojedinog glasa širom spektra prikazali smo u obliku dijagrama za svaki glas posebno. Ti se podaci mogu naći u navedenom članku u "Govoru" IV, br. 1, 1987.

Iz podataka iskazanih u dijagramima izračunali smo formulom za entropiju stupanj raspršenja prepoznatljivosti po spektru, odnosno njemu komplementaran stupanj slušne organiziranosti svakoga glasa. Ovdje iznosimo te podatke grupirane prema prosjeku svake kategorije glasova:

|           |        |
|-----------|--------|
| vokali    | 0.0586 |
| afrikate  | 0.0364 |
| frikativi | 0.0230 |
| M, N, L   | 0.0199 |
| okluzivi  | 0.0046 |
| R, Nj, Lj | 0.0046 |

I u ovom pokusu *vokali* su znatno iznad drugih kategorija.

Globalno uzevši, mjesto *frikativa*, *okluziva* i skupine neauditivnih sonanata (*R*, *Nj*, *Lj*) idu istim redom kao u prethodnom pokusu, dok su afrikate nerealno visoko. To se može tumačiti činjenicom da je njihova očekivanost za slušače čiji sistem ne sadrži opoziciju Č - Ć, D - Dž (kao što je to bio slučaj u našim zagrebačkim slušačima) znatno manja nego u standardnom jeziku.

Medu frikativima izrazito su organizirani *Ž* i *Š*, nešto slabije *V* i *F*, dok su najslabije plasirani *Z* i *S* zbog svoje redundantne optimalne na niskim frekvencijama. Svaki je zvučni frikativ bolje organiziran od svog bezvučnog para.

Kod afrikata uočavamo dosljedan paralelizam s frikativima: sibilant je znatno niže od alveolara, zvučni bolji od bezvučnog (osim para Ć - D, gdje je Ć poskočio sasvim malo naviše jer je rijedak u sistemu slušača).

Važnost niskih frekvencija pri slušanju vrlo visokih glasova uočena je u verbotonalnom sistemu pri radu s gluhima, koji lakše identificiraju glasove *C*, *Z*, *S* nego srednje visoke *Č*, *Ž*, *Š*. Taj zališni način slušanja, koji se sastoji u tome da se kompenzira gubitke sluha na visokim frekvencijama tako da se slušanje visokih glasova prebaci na niske frekvencije, nazvan je transferom: "Nous appelons "transfert" cette structuration particulière à l'oreille défectueuse (et qui n'en forme pas moins la structure et le système)" (Guberina 1956).

U tom je smislu istraživanje otpornosti riječi na filtriranje pokazalo da visoke i srednjevisoke riječi "osim zone visoke razumljivosti na odgovarajućim frekvencijskim područjima imaju još i jednu zonu povišene razumljivosti na niskom frekvencijskom području" (Horga 1974).

No, kako je kvaliteta visokih glasova kad se slušaju kroz nisku (redundantnu) optimalu slabija, manje svijetla i piskava, takva ja i kvaliteta ovih glasova koja se korekcijom izgovora postiže kod gluhih, jer filtriranje ne može nadomjestiti visoke frekvencije, nego može samo kanalizirati slušanje prema niskoj optimali tih glasova.

Potvrdu da postoji redundantna niska optimala vrlo visokih glasova nalazimo i u slušanju preko telefona, koji reže frekvencije više od 2500 Hz, što ne ugrožava razumljivost tih glasova. Također ogib je prirodno filtriranje visokih frekvencija koje čovjek stalno iskustveno doživljava pri slušanju. Tako vidimo da transfer funkcionira i kod osoba zdrava sluha kad vanjski uvjeti sprečavaju hvatanje ugroženijih, visokih frekvencija.

### 5.5. Autonomnost optimala

Ovaj pokus trebalo je da pokaže koliko svaka optimala generira glas za koji je određena ako su izvor zvuka (signal) srodni glasovi, tj. koliko koja optimala kanalizira slušanje i daje dojam "svog" glasa, koliko je autonomna. To je radeno i opet s namjerom da se ustanovi stupanj ovisnosti identifikacije svakoga glasa o

danom frekvencijskom području. U tu svrhu kroz kontinuiranu i diskontinuiranu optimalu svakog glasa propuštali smo sve glasove njegove kategorije i dobili ove rezultate prosječno po kategorijama:

|           | kontinuiteti | diskontinuiteti |
|-----------|--------------|-----------------|
| vokali    | 15.84%       | 12.5%           |
| frikativi | 5.46%        | 7.83%           |
| okluzivi  | 4.45%        | 4.11%           |

Ovaj eksperiment pokazuje da su optimalne vokala znatno autonomnije od optimala ostalih kategorija; frikativi i okluzivi zadržavaju stalan poredak iz prethodnih pokusa i na kontinuitetima i na diskontinuitetima.

Veća autonomnost optimala onih kategorija za koje smo u dosadašnjim eksperimentima zaključili da su auditivniji potvrdila se jer je cijeli spektar komplementarno korišten unutar svake od njih, pa je poredak prosječno po kategorijama uglavnom sačuvan.

Upravo ta komplementarnost raspodjele spektra unutar pojedine kategorije glasova u osnovi je ideje o dirigiranju slušanja glasova govora, koju je verbotonalna teorija izradila i kojom se koristi i u korekciji izgovora stranog jezika i patologiji sluha i govora. Distorzije i supstitucije među srodnim glasovima temelje se upravo na percepciji drugih dijelova spektra nego što je predviđeno jezičnim sistemom u njemu uobičajeno. Zato se filtriranjem ukidaju nepoželjne zone spektra i ističu one na koje želi privući pažnja. Budući da filtriranje direktno utječe samo na formu spektra, ono je stvarno djelotvorno u slučaju zamjene unutar iste kategorije ili kod distordiranih glasova. U manjoj mjeri filtriranjem možemo olakšati percepciju sastava ili tranzijenata time što određeno područje po izboru ističemo ili utišavamo, dok na relativnu jačinu ili trajanje, koji mogu biti presudni za prepoznavanje nekih glasova, ne možemo po volji djelovati ovom tehnikom, kao što ne možemo mijenjati ni ton (intonaciju).

### 5.6. *Disperznost optimala*

Ovdje smo promatrali koliko optimala svakoga glasa dopušta prepoznavanje drugih glasova, odnosno disperznost optimala. Pretpostavili smo da veća mogućnost prepoznavanja drugih glasova na području koje je optimalno za određeni glas znači manju auditivnost toga glasa, manju efikasnost, manju preciznost njegove optimalne.

Usporedimo li disperznost kontinuiranih i diskontinuiranih optimala, vidimo da kontinuirane optimalne propuštaju 39% drugih glasova a diskontinuirane čak 46% (iako su kontinuirane optimalne prosječno šire: 2,8 terci naprama 2,2 terce). Ovo govori u prilog kontinuiranih optimala ukupno, ali pojedinačno disperznost diskontinuirane optimalne može biti manja, primjer je optimala glasa E kojemu je pogodniji za slušanje diskontinuitet, pa tako i njegova diskontinuirana optimala ima manju disperznost od kontinuirane (50,7% : 74,3%).



Disperznost optimala po kategorijama glasova:

|           | kontinuirane<br>optimale | diskontinuirane<br>optimale |
|-----------|--------------------------|-----------------------------|
| vokali    | 34%                      | 34%                         |
| frikativi | 35%                      | 40%                         |
| okluzivi  | 40%                      | 44.8%                       |

Gledano prema kategorijama, i na kontinuitetima i na diskontinuitetima vokali, frikativi i okluzivi slažu se u već potvrđen redosljed po auditivnosti.

Disperznost optimale umanjuje efekat filtriranja glasova, jer činjenica da više glasova dijeli istu optimalu umanjuje preciznost izbora željenog slušnog efekta. To bi, međutim, bilo izražajnije kad bi glasovi koji konkuriraju na istoj optimali imali, osim oblika spektra, i druga zajednička svojstva. Kad su im sastav zvuka, modulacije i tranzijenti, relativni intenzitet i trajanje dovoljno različiti, kao što je to slučaj između A, K i R (zajednička optimala 800-1600 Hz), time ih ne definira manje precizno. Ipak, ovo pokazuje definiranost tih glasova svojstvima koja ne ovise o obliku spektra, pa ako se ne radi o harmoničnom zvuku kao što je to slučaj kod A, možemo zaključiti o neauditivnosti takvih glasova koji dijele istu optimalu, o njihovoj određenosti evolucijom tokom trajanja, što se može percipirati i bez slušnog aparata, primjerice vibrotaktilnim osjetom.

Osim dijeljenja iste optimale, često je i prepoznavanje istih glasova na području koje im nije optimalno: glasove P, B, D, T čujemo na oktavi 200-400; S, Š, Z, Ž, F na oktavi 1280-2560 itd. Ova pojava ograničava uspješnost filtriranja i pokazuje slabost načela dirigiranja slušanja unatoč svoj njegovoj uspješnosti u velikom broju slučajeva.

## 6. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je da pridonesemo rješenju određenih pitanja slušne percepcije glasova govora, tj. da nademo neke elemente koji su bitni za percepciju svakoga glasa. Faktori koje smo ispitivali bili su:

1. tonska visina optimalnog frekvencijskog polja (visinska optimala svakoga glasa) te kontinuirani ili diskontinuirani karakter toga područja;
2. širina optimala;
3. određenost svakoga glasa vlastitom optimalom, što smo nazvali auditivnošću.

Vrijednosti optimalnih *kontinuiranih* frekvencijskih područja svakoga glasa, koje smo odredili na osnovi dopunjenih kriterija, donekle se razlikuju od onih prethodno utvrđenih u sklopu verbotonalnog sistema.

Prvi put tražene su sistematski i *diskontinuirane* optimale za sve glasove, uz početnu pretpostavku da svaki glas ima svoje kontinuirano i diskontinuirano

područje slušanja. Međutim pokazalo se da je ona prikivala jednu slušnu opoziciju među njima - njihov *primarno kontinuiran ili primarno diskontinuiran način slušanja*. Najčešće je kontinuitet primaran uz postojanje zališne diskontinuirane optimalne, kod manjeg broja glasova, većinom onih sa srednjom visinom optimalne, on je i jedini način slušanja (A, O, U; K, L), dok je nekim poluvisokim glasovima diskontinuitet primarna ili čak jedina optimalna (E, D).

Potvrđeno je da uz primarnu optimalu (bila ona kontinuirana ili diskontinuirana) glasovi mogu imati i *sekundarnu optimalu*. Međutim pokazalo se da ona nema važnu ulogu kod svih glasova - negdje je teško razlučiti koja je primarna a koja sekundarna optimala (C, Z, S; M, N, Nj), negdje je vrlo izrazita ali slabija od primarne (P, B; Ć, D), kod nekih glasova teško možemo i govoriti o njoj (D, E, K, G, L, R, A, O, U).

Potvrdivši načelo transfera ili sekundarnog kanala za slušanje poluvisokih i visokih glasova, preciziralo se da on funkcionira različito za ove dvije skupine: poluvisokim glasovima nisko područje frekvencija jest strukturalni dio redundantne optimalne, dok za visoke glasove, kao što je ranije utvrđeno (Guberina 1956), nisko područje zamjenjuje visoku optimalu kao rezervni kanal.

Diskontinuirane optimalne mogu se sastojati od različitih integralnih dijelova: kod C, Z, S radi se zbroju dviju kontinuiranih optimala (primarne i sekundarne), dok većem broju glasova jedno od područja diskontinuiteta (zajedničko cijeloj kategoriji, iako samo za sebe ne dopušta prepoznavanje glasa) predstavlja *strukturalni dio diskontinuirane optimalne*. Međutim, u svakom slučaju jedno od područja diskontinuirane optimalne dio je kontinuirane optimalne istoga glasa ili barem pada u njezinu neposrednu blizinu.

Kontinuirana i diskontinuirana forma slušanja dodatna su mogućnost slušnog oponiranja glasova unutar iste kategorije: visokim i poluvisokim glasovima diskontinuitet je uvijek povoljan, bilo da je primaran ili sekundaran način slušanja, srednjim i poluniskim glasovima diskontinuitet je izrazito nepovoljan, a niskim glasovima kontinuitet je primaran ali najčešće imaju mogućnost slušanja i na diskontinuitetu. Nazalima je diskontinuitet pogodan, a možda i primaran način slušanja.

Rezultati ispitivanja minimalno potrebne širine optimalne pokazuje da svim glasovima nije potrebno frekvencijsko polje jednake širine da bi bili precizno određeni, i ono varira od 1 do 5 terci. Okluzivima je npr. potrebno najmanje tri terce da bi se identificirali, dok je nekim auditivnijim glasovima (S, Z, I) dovoljno uže područje (1 terca) ako je to ono primarno optimalno i ako nije na dijelu spektra mnogo korištenom za druge optimalne.

Kontinuirane optimalne prosječno su šire od diskontinuiranih (2,8 : 2,2), ali ni taj omjer ni tehničke mogućnosti mjerenja širine frekvencijskog polja ne dopuštaju da se izvede zaključak na osnovi tih brojk.

Auditivnost glasova procjenjivali smo prema njihovoj *produktivnosti i slušnoj organiziranosti*, te prema *autonomnosti i disperznosti* njihovih optimala. Pretpostavili smo da se auditivniji glas više transformira u druge glasove filtriran kroz područja izvan svoje optimalne (produktivnost), a da je ograničeniji dio spektra na kojem se on može čuti (slušna organiziranost). Od optimalne auditivnog glasa očekivali smo da maksimalno stvara dojam toga glasa, neovisno o tome koji je glas

---

izvor zvuka (autonomnost optimale), a da minimalno dopušta prepoznavanje drugih glasova (disperznost optimale).

Iako rezultati nisu omogućili da se pojedinačno rangiraju glasovi po auditivnosti unutar svake kategorije (zbog nekih faktora koji su različito utjecali na njihov poredak u svakom pokusu), ipak se globalni podaci svih pokusa slažu u čvrstu sliku; barem što se tiče najizrazitijih kategorija: vokali su se u svim eksperimentima, na kontinuitetima i diskontinuitetima pokazali kao najauditivniji, frikativi manje od njih, a okluzivi još neauditivniji.

Ovi rezultati slažu se s poretkom vokala, frikativa i okluziva utvrđenim ispitivanjem udjela ekstra-auditivnih osjeta u formiranju senzorne slike glasova: okluzivi kod kojih su ekstra-auditivni osjeti najjači, imaju najslabiju auditivnu kontrolu i obrnuto, vokali s najslabijim ekstra-auditivnim osjetom najpreciznije su definirani slušnim utiskom.

Pokusi kojima smo procjenjivali auditivnost glasova omogućili su ujedno i vrednovanje kontinuiranih i diskontinuiranih optimala i potkrijepili zaključke iz prvog pokusa o prednosti jedne ili druge optimala za slušanje svakoga pojedinoga glasa.

Ovo istraživanje trebalo bi upotrijebiti pokusima koncipiranim tako da omogućće precizno stupnjevanje glasova po auditivnosti unutar svake kategorije.

Budući da se ovaj rad ograničio na ispitivanje uloge frekvencijskih pojasa i njihovih kombinacija u procesu percepcije glasova govora, zanimljivo bi bilo proširiti ga proučavanjem udjela ostalih dimenzija zvuka pri percipiranju pojedinih kategorija glasova i vidjeti u kojoj su mjeri pojedini glasovi definirani variranjem intenziteta i trajanja.

## REFERENCIJE

- Curau, J., B.Vuletić (1974). *Enseignement de la prononciation*. Didier.
- Delattre, P.C., A.M. Libermann, F.S. Cooper (1955). *Acoustic Loci and Transitional Cues for Consonants*. JASA, vol. 27.
- Desnica-Žerjavić, N. (1987). *Slušanje glasova govora na uskim kontinuiranim i diskontinuiranim frekvencijskim područjima*. Govor, IV, br. 1, Zagreb.
- Fry, D.B. (1966). *Mode de perception des sons du langage*. U: Moles, Vallancien: Phonétique et phonation. Masson et Cie, Paris.
- Guberina, P. (1956). *L'audimétrie verbo-tonale*. Revue de Laryngologie.
- Guberina, P. (1974). *Strukturiranje i premašaj perceptivnih i psiholingvističkih struktura u metodologiji audio-vizuelo globalno-strukturalne metode*. Radovi s 3. međunarodnog kolokvija "AVSG" o učenju jezika, Chatenay-Malbry.
- Harris, K.S. (1958). *Cues for the Discrimination of American English Fricatives in Spoken Syllables*. Language and Speech, vol. 1, part 1.
- Horga, D. (1974). *Faktori koji strukturiraju visinsku optimalu riječi*. Magistarski rad, Zagreb.
- Libermann, A.M. (1955). *Some Results of Research on Speech Perception*. JASA, 29.
- Libermann, A.M., P.C. Delattre, L.J. Gertsman, F.S. Cooper (1956). *Tempo of Frequency Change as a Cue for Distinguishing Classes of Speech Sounds*. Journal of Experimental Psychology, vol. 52, br. 2.
- Libermann, A.M., P.C. Delattre, F.S. Cooper (1958). *Some Cues for the Distinction between Voiced and Voiceless Stops in Initial Position*. Language and Speech, vol. 1, part 3.
- Orlandi, D. (1971). *Sistematske nepravilnosti izgovora i njihova korekcija*. Doktorska disertacija, Zagreb.
- Stevens, K.N. (1960). *Toward a Model for Speech Recognition*. JASA, vol. 32.
- Škarić, I. (1964). *Glasovi hrvatskosrpskog jezika u fizio-(psih)-akustičkoj analizi*. Jezik, 2-3.
- Škarić, I. (1967). *Artikulacijska optimala glasa*. Govor, 1, 1967.
- Škarić, I. (1974). *Les bases sensorielles de la parole*. Revue de Phonétique appliquée, br. 31-32.
- Vuletić, D. (1975). *O učestalosti nekih elemenata govora*. Defektologija, br. 1.

---

Nataša Desnica-Žerjavić  
Faculty of Philosophy, Zagreb

*ABOUT SOME AUDITIVE PROPERTIES OF SPEECH SOUNDS*

*Summary*

*Using the band filtration technique of speech sounds the spectral optimals of our language have been established; the minimal width of frequency bands has been determined and also the continuity and discontinuity of their shape as well as the role of continuous and discontinuous optimals as primary or redundant paths of speech perception.*

*The auditive quality of speech sounds was estimated according to their productivity and auditive structure as well as according to the autonomy and dispersiveness of their optimals: in all experiments the vowels have proved to be the most auditive, (i.e. the least proprioceptive) the fricatives less than the vowels, while the plosives proved to be the least auditive of all speech sounds.*