
UDK 159.938.2
Originalni znanstveni rad

Primljeno: 21.1.1988.

Juraj BAKRAN
Filozofski fakultet, Zagreb

*APSOLUTNO RAZLIKOVANJE VISINE TONA U
OPSEGU VARIJACIJE F_0 NORMALNOG GOVORA*

SAŽETAK

Eksperimentom apsolutne identifikacije tonske visine u ograničenom frekvencijskom rasponu 110 do 210 Hz, primjerenom varijacijama F_0 normalnog govora, uspoređena je sposobnost razlikovanja 10 tonskih visina s 4 različita oblika stimulusa: čistim tonom, muzičkim tonom, pjevanim glasom i artikuliranim govorom. Rezultati potvrđuju hipotezu da na osnovi apsolutnog tonskog razlikovanja u govoru ne može biti kodirana znatnija količina informacije.

Uvod

Ako izuzmемо radove: Flanagan (1955), Flanagan i Saslow (1958), Brady, House i Stevens (1961), klasična psihofizika — psihoakustika relativno rijetko uzima govorni signal kao stimulus. Tome je uzrok prvenstveno višedimenzionalnost govornog signala, to jest, nemogućnost da se za eksperimentalne potrebe izdvoji samo neka od dimenzija koje ga sačinjavaju. U novije vrijeme istraživači se snalaze koristeći sintetski stimulus kojeg je, zahvaljujući poznavanju akustičke fonetike i razvoju elektronike (posebno digitalne), danas moguće kreirati vrlo vjerno prirodnom govoru (Flanagan 1965).

Kao i druge psihoakustičke dimenzije, problem razlikovanja tonske visine češće se istražuje u diferencijalnom nego u apsolutnom obliku. Rezultati eksperimenata diferencijalnog praga razlikovanja tonske visine opisuju zaista goleme mogućnosti ljudskog auditivnog analizatorskog mehanizma: ako se radi o čistom tonu u optimalnim uvjetima, moguće je razlikovati promjenu frekvencije od jednog promila (Rosenblith i Stevens 1953). Za sintetiziran govorni signal najmanje vrijednosti diferencijalnog praga osjetljivosti za promjenu F_0 kreću se oko 3—5 promila (Flanagan i Saslow 1958). Kada bismo u čujnom spektru poredali te »kvante« razlikovanja visine tona, dobili bismo 1400 različitih tonova (Piercc 1958). Ali čovjek može zaista razlikovati tako mnogo tonova jedino ako su prezentirani u određenim povoljnim uvjetima u brzom slijedu. Apsolutno prepoznati, međutim, može se daleko manje tonova. Eksperimentirajući s tonovima različitih frekvencija Pollack (1952) zaključuje da čovjek može apsolutno prepoznati samo 5 različitih tonova u čitavom slušnom spektru. (Picrce 1958. navodi podatak o 7 tonova). Ove se brojke smatraju gornjom granicom kapaciteta kanala u toj dimenziji. Novija istraživanja (Cuddy 1968) pokazuju da postoji efekt učenja. Kako izvještavaju Fulgosi i Žaja (1975) vježbanjem prepoznavanja prelazi se granica od 2.3 bita koju navode drugi autori (2.3 bita odgovara kapacitetu razlikovanja od 5 različitih tonova). Prema njihovim rezultatima grupa ispitanika se vježbanjem približila kapacitetu od 3.1 bita.

U govoru nesumnjivo djeluju oba mehanizma: diferencijalno i apsolutno razlikovanje, ispreplićući se neprestano. Diferencijalno razlikovanje tonske visine dolazi do izražaja osobito unutar sloga i na granici dvaju slogova prilikom identifikacije intonacijskih oblika i akcenata. Apsolutno razlikovanje tonske visine u obliku procjene registra manjeg je značaja, ali svakako predstavlja dio informacije govornog signala.

Nastavljajući se na rezultate dosadašnjih istraživanja, namjera je ovog rada odgovoriti na nekoliko pitanja koja se postavljaju u vezi s govornim signalom: kako suženi frekvencijski dijapazon, primjeren govornoj situaciji, djeluje na sposobnost apsolutnog razlikovanja tonske visine, zatim, kako se u sličnim uvjetima ponaša glas kao stimulus za razliku od sintetskog tona i da li muzički obrazovani ispitanici ispoljavaju drugačije (veće) sposobnosti u apsolutnom razlikovanju tonske visine?

Eksperiment

Eksperiment uključuje četiri oblika stimulusa: 1) U frekventijskom rasponu od 110 do 210 Hz odabrano je 10 čistih tonova s frekvencijama 110, 120, 125, 133, 142, 150, 160, 170, 185, 210 Hz namjerno tako raspoređenih da ne predstavljaju muzičke intervale. Tonovi su snimljeni u 10 slučajnih redosljeda, a posebna je pažnja posvećena tome da relativni intenzitetski odnosi ne unesu sistematsku grešku. Trajanje stimulusa je 5 sekundi nakon čega slijedi pauza od 5 sekundi. 2) Niz od 10 polutonova gitare između a₂ i gis₂ s frekvencijama 110 do 210 Hz snimljen je na isti način kao i čisti tonovi. 3) Pjevanim glasom /a/ imitirani su čisti tonovi s opisane test-snimke. 4) Artikuliranim govorom (monotonim izgovaranjem riječi, rečenice) imitirana je tonska visina čistih tonova s prethodno snimljene test-vrpce.

Imitacija pjevanim i artikuliranim glasom (stimulusi 3 i 4) snimljena je tako da autor (slušalicama) sluša model i oponaša ga glasom a mikrofonom koji »ne čuje« model snima tu imitaciju. Nije kontrolirano frekventijsko odstupanje od modela jer su signali međusobno dovoljno razmaknuti. Ispitanici su bili dvije grupe po 25 studenata s normalnim slušanjem. Posebno su bilježeni rezultati muzički obrazovanih.

Snimanje i reprodukcija stimulusa provedeni su profesionalnim uređajima laboratorija Odsjeka za fonetiku Filozofskog fakulteta u Zagrebu.

Po uzoru na eksperiment Fulgosi — Žaja (1975), motivacija ispitanika potaknuta je varkom: ispitanicima je objašnjeno da eksperiment ima dvije faze, i čim u prvoj, pripremnoj fazi, postignu određene rezultate, prelazi se na završno testiranje. Dakako, druge faze nije bilo. Prije svakog testiranja ispitanici su upoznati s raznolikošću stimulusa, tako da je svaki stimulus najavljen imenom — brojem 1 do 10. Zadatak ispitanika bio je da, prema vlastitoj procjeni, u unaprijed pripremljene obrasce upišu ime (broj) stimulusa koji su čuli. Nakon svakih 10 stimulusa eksperimentator je objavio točna »imena« stimulusa.

Rezultati

U tabeli prikazane su srednje vrijednosti ispravno identificiranih stimulusa (od 10 mogućih). Svaka je srednja vrijednost dobivena na temelju slušanja 250 nizova po 10 stimulusa.

čisti ton	3.35
muzički ton	2.85
pjevani glas	3.64
artikulirani glas	2.89

1) Govorni signal unatoč svom višedimenzionalnom karakteru ne olakšava apsolutnu identifikaciju tonske visine.

2) Artikuliranost otežava mogućnost identifikacije — znatno se bolje identificira pjevani glas.

3) Ispitanici koji su muzički obrazovani (prosječno 2 god.) postižu bolje rezultate ali samo u testu s muzičkim tonovima.

Diskusija

Rezultati ovdje opisanog eksperimenta ne mogu se niti po intenciji a niti po provedbi eksperimenta direktno usporediti s onima koje su dobili Fulgosi i Žaja (1975). U navedenom eksperimentu autori su provjeravali maksimalni kapacitet kanala (u čitavom slušnom spektru) i mogućnost uvježbavanja pa su ispitanici nakon svakog stimulusa i upisane procjene saznali od eksperimentatora koji je signal bio prezentiran. Pjevani i artikulirani glas ne olakšavaju identifikaciju niti na temelju višedimenzionalnosti niti na temelju svoje prirodnosti. Sintetički se stimulus slično identificira. Varijabilitet inherentan govornom signalu očito unosi više negativnog djelovanja nego što ostale pretpostavljene kvalitete govornog signala olakšavaju apsolutnu identifikaciju. Takvo tumačenje dopušta velika razlika u identifikaciji pjevanog i artikuliranog glasa ($p < 0.05$). Polovina ispitanika imala je muzičko obrazovanje. Prema rezultatima ne može se tvrditi da muzički obrazovani ispitanici imaju veću sposobnost apsolutne identifikacije tonske visine. Međutim, u slučaju kad je stimulus muzički ton, odnosno, kad su intervali između susjednih stimulusa muzički intervali, muzički obrazovani ispitanici postižu značajno bolje rezultate ($p < 0.05$). Zaključak je da apsolutna identifikacija tonske visine ne može nositi znatniju informaciju u govoru jer se unutar frekvencijskog raspona primjerenog govoru može prepoznati samo tri različita tona. Samo grube kategorije mogu biti kodirane u kanalu tako malog kapaciteta. Takav zaključak nije u suprotnosti s istraživanjima izražajnih mogućnosti koje počinjavaju na varijacijama Fo (Fonagy et al. 1979). Velika je većina govornih informacija kodirana u promjenama Fo koje je moguće prepoznati samo diferencijalnim (relativnim) slušanjem. To se odnosi na percipiju intonacije i tonskih akcenata.

REFERENCIJE

- Brady, P. T., A.S.House, and K.N.Stevens* (1961): Perception of Sounds Characterized by a Rapidly Changing Resonant Frequency. *J. Acoust. Soc. Am.* 33, 1357—1362
- Cuddy, L. L.* (1968): Practice Effects in the Absolute Judgement of Pitch. *J. Acoust. Soc. Am.* 43, 1069—1076
- Flanagan, J. L.* (1955): A. Difference Limen for Vowel Formant Frequency. *J. Acoust. Soc. Am.* 27, 613—617
- Flanagan, J. L.* (1965): *Speech Analysis Synthesis and Perception*. Springer Verlag, Berlin—Heidelberg—New York
- Flanagan, J. L. and M. G. Saslow* (1958): Pitch Discrimination for Synthetic Vowels. *J. Acoust. Soc. Am.* 30, 435—442

- Fonagy, I., J. Fonagy, J. Sap* (1979): A la recherche des traits pertinents prosodiques: hypotheses et syntheses. *Phonetica* 36, 1—20
- Fulgosi, A. i Žaja, B.* (1975): Information transmission of 3.1 bits in absolute identification of auditory pitch. *Bulletin of the Psychonomic Society*, vol 6(4A), 379—380
- Pierce, J. R. & David E. E.* (1958): *Man's World of Sound*. Doubleday & Comp. Garden City, New York
- Pollack, I.* (1952): The Information of Elementary Auditory Displays. *J. Acoust. Soc. Am.* 24, 745—749
- Rosenblith, W. A. and K. N. Stevens* (1953): On the DL for Frequency. *J. Acoust. Soc. Am.* 25, 980—985

Juraj BAKRAN
Faculty of Philosophy, Zagreb

*Absolute Discrimination of Pitch within the Range of
F₀ Variation of Normal Speech*

SUMMARY

The possibility of discrimination of ten different pitches by means of four types of stimuli has been compared through the experiment of absolute identification of pitch within the limited frequency band of 110—210 Hz corresponding to F₀ variations of normal speech. The stimuli were pure tone, musical tone, singing voice and speech. The results confirm the hypothesis that no significant amount of information can be coded on the basis of absolute tonal discrimination.