

---

UDK 801.41

Originalni znanstveni rad

---

Primljeno: 22. 3. 1989.

*Juraj Bakran*

*Filozofski fakultet, Zagreb*

**PROMJENA AKUSTIČKOG OBLIKA GOVORA U OVISNOSTI O  
SLUŠNOJ SAMOKONTROLI**

**SAŽETAK**

*Slušni put samo je jedan od mogućih mehanizama samokontrole govornika. Promjene uvjeta slušne samokontrole direktno i nesvjesno utječu na način govorenja. Maskiranje auditivnog kanala ne uzrokuje samo glasnije, nego u mnogim elementima različito govorenje. Suprotan efekt postiže se umjetnim olakšavanjem slušne kontrole. U opisanom eksperimentu provjerava se veličine i važnost navedenih efekata i razmatra se njihov utjecaj na konstrukciju uredaja za automatsko prepoznavanje govora.*

---

## UVOD

Odavno je opaženo da ljudi u bučnoj okolini govore glasnije. Taj se efekt naziva Lombardov refleks (prema E. Lombardu koji ga je prvi opisao 1910. godine - Lane et al, 1970). Govornici nastoje zadržati istu razinu razumljivosti unatoč štetnom utjecaju buke okoline, pa zbog smanjene auditivne povratne informacije o vlastitom govoru automatski govore glasnije. Premda Lombardov refleks postaje predmetom mnogih istraživanja, samo neka od njih bave se akustičkom analizom tako modificiranog govora (Hanley i Steer, 1949; Draegert, 1951; Dreher i O'Neill, 1957; Lane et al, 1970; Van Summers et al, 1988; Bond et al, 1989). Dosadašnje analize pokazale su da govor uz maskirajuću buku nije samo većeg intenziteta, nego da se i  $F_0$  povišava, a tempo artikulacije usporava (Henley i Steer, 1949). Draegert (1951) opaža da se i spektralni oblik takvoga govora mijenja.

Posebno zanimanje za Lombardov refleks pobuđuje nalaz Drehera i O'Neilla (1957) koji potvrđuju i Van Summers et al. (1988) da je govor uz prisustvo maskirajuće buke, kada se emitira u istom odnosu signala i šuma kao govor artikuliran u tišini, znatno razumljiviji. To znači da promjene registrirane akustičkom analizom (usporen tempo, povišen  $F_0$  te modificiran spektralni oblik) pridonose razumljivosti. Međutim, kad maskirajući šum postaje tako jak da ne uklanja samo zračni put samokontrole, nego i koštanu vodljivost i kad kao jedina povratna informacija o vlastitom govoru ostaje proprioceptivni osjet, govor postaje znatno dezorganiziran, pa prema tome i nerazumljiv. Premda vika ima slične karakteristike kao govor uz prisustvo maskirajućeg šuma, ona nije razumljivija u istim uvjetima signala i šuma (Ladefoged, 1967).

Akustička analiza govora uz uputu "govorite jasnije" pokazuje sličan oblik signala kao uz Lombardov refleks. Takve se karakteristike uočavaju također u govornom signalu koji je namjerno pojačan uz uputu "govorite glasnije" (Lieberman, 1960; Klatt, 1975; Cooper et al. 1985).

Navedeni su nalazi važni za razvoj sistema automatskog prepoznavanja govora (APG). U razvoju sistema prepoznavanja za bučne uvjete najviše je napora uloženo da se odvoji signal od buke (Neben et al. 1983; Rollins i Wiesen, 1983; Abdel Alim et al. 1988; Watkins et al. 1988). Alternativna metoda jest da se buka i ne pokušava odvojiti od signala, nego da se također ugradi u uzorke za usporedbu (templates). Za sada se najbolji rezultati postižu kad se uzorci uzimaju u istoj bučnoj okolini u kojoj treba funkcionirati i prepoznavanje. Dodatno objašnjenje tom uspjehu jest i to što je na taj način u obzir uzet i drugačiji oblik govora - onaj primjeren bučnim uvjetima. Budući da je govornik najpristupačniji element sistema prepoznavanja i time najlakše promjenljiv, Van Summers et al. (1988) sugeriraju da bi se Lombardov refleks mogao upotrebljavati umjesto da se govorniku daju eksplicitne upute.

Cilj ovdje opisanih eksperimenata jest:

1. provjeriti veličinu Lombardovog refleksa s manjim razinama šuma i na većem broju ispitanika nego je dosad opisano
2. izmjeriti utjecaj razine umjetno dodavane akustičke samokontrole uz konstantan

maskirajući šum.

## EKSPERIMENT

### 1. Ispitanici

U eksperimentu je sudjelovalo 30 studenata. Dio ispitanika (njih 17) nije znao za smisao eksperimenta, a trinaestorici je u kratkom uvodu opisan Lombardov refleks. Svi su ispitanici bili normalnog sluha i govora. Većina ispitanika-govornika bile su djevojke (25), a bilo je samo 5 muških ispitanika.

### 2. Test materijal

Tekst koji su ispitanici čitali sastoji se od 8 grupa po 15 logatoma, slogova tipa CV i kratkog povezanog teksta (odlomak iz romana). Svaka od tih osam grupa imala je jednake logatome, ali su oni bili poredani drugim, slučajnim redoslijedom. Svaki od vokala hrvatskoga govora jednako je zastupljen (po tri puta u svakoj grupi).

### 3. Postupak

Ispitanici su pojedinačno ulazili u zvučno izoliranu prostoriju i čitali opisani test - materijal. Udaljenost govornika i mikrofona stalna je i određena u toku čitavog eksperimenta (1 m). Pokraj mikrofona za snimanje (Senheiser MKH 404) namješten je i mikrofon mjernog instrumenta (SPL metar) za mjerenje razine zvučnog tlaka (B&K 2603). Prema uputama eksperimentatora ispitanici su stavljali i skidali slušalice (KOSS K-6) kojima je u prvom eksperimentu emitiran bijeli šum iz audiometra (MAICO MA 22), a u drugom povratna veza njihovoga govora. U prvom eksperimentu ispitanici su čitali test-materijal u četiri različita uvjeta:

1. bez slušalica
2. sa slušalicama, ali bez dodatnog šuma
3. sa 60 dB šuma binauralno
4. sa 80 dB šuma binauralno

U drugom eksperimentu ispitanici - govornici imali su slušalice s pojačanim vlastitim govorom: 60, 70, 80, 90, i 100 dB. Te su vrijednosti nominalne. Stvarno je izmjereno samo 60 dB razine zvučnog tlaka, a sljedeća pojačanja od 10 dB umanjena su za onoliko koliko je govor stišavan.

Razina šuma i povratne veze provjeravana je umjetnim uhom (B&K 4109 i B&K 2603) Ambijentalna buka studija za snimanje izmjerena istim uređajima bila je 35-42 dB SPL.

Amplituda i trajanje izgovora analizirani su s pomoću ispisa amplitudnog analizatora (B&K 2307).

Uputa ispitanicima bila je da što razgovjetnije pročitaju zadani tekst svojim normalnim glasom. Ispitanici su upozoreni da će u toku čitanja u slušalicama biti šum različite glasnoće, ali da se oni na to ne obaziru nego da samo nastave razgovjetno izgovarati po volji odabranim tempom te da se njihov izgovor snima na magnetofonsku vrpcu. U prostoriji s ispitanicima bio je asistent koji im je pomagao namještat slušalice i koji je kontrolirao njihov položaj prema mikrofону.

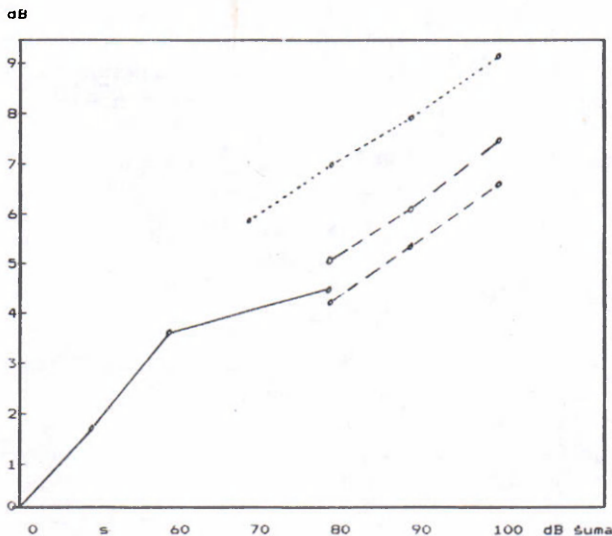
## REZULTATI I DISKUSIJA

Akustička analiza snimljenog izgovora ograničena je samo na promatranje intenzitetskih odnosa, s pretpostavkom da veličina promjena na intenzitetskom planu direktno korelira sa svim ostalim parametrima akustičke analize.

### 1. Promjena jakosti govora i razlike u reakciji pojedinaca

Ispitanici-govornici vrlo različito reagiraju na iste uvjete govorenja. Raspon između "najtiših" i "najglasnijih" iznosi 10 dB. Ponovljenim snimanjima istih osoba utvrdili smo da oni zadržavaju rang intenziteta govora, slično kao što zadržavaju osobni tempo artikulacije (vidi Bakran, 1984). isti je slučaj s veličinom Lombardovog refleksa: s razlikama od 1 do 2 dB naši se rezultati podudaraju s onima u Pick, Jr. et al. (1989).

Obrada rezultata analize amplitude pokazala je kako nema razlike u ponašanju neupućenih ispitanika-govornika i onih koji su obavješteni o smislu eksperimenta i Lombardova refleksa. Zbog toga je rezultate svih 30 ispitanika moguće zbrojiti. Dijagram sl. 1. prikazuje ovisnost razine jakosti govorenja o uvjetima zračnog puta samokontrole govornika za 30 ispitanika, i ujedno rezultate



istraživanja drugih autora.

(sl. 1.)

Legenda:

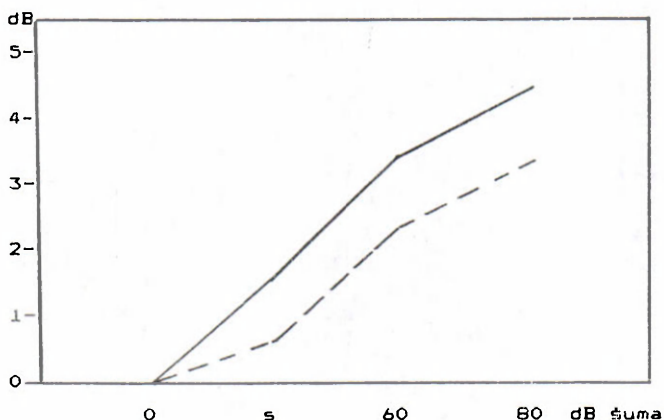
- srednje vrijednosti za 30 ispitanika (Bakran)
- Van Summers et al. (1988)
- ..... Dreher i O'Neill (1957)

Dijagram prikazuje samo povećanje razine akustičke jakosti govora u odnosu prema razini govorenja svakog ispitanika u uvjetima bez šuma i bez slušalica i ne bilježi apsolutnu razinu intenziteta govora. Raspon varijacija među ispitanicima za maksimalnu razliku između tišine i 80 dB iznosi 2.5 - 7 dB.

Brown i Brandt (1972) dobili su znatnu razliku između "upućenih" i "neupućenih". Njihov je eksperiment različit utoliko što je "upućenima" rečeno da nastoje zanemariti dodatak šuma u slušalicama i pri tom zadržati jednaku jačinu govora. Njihovi "neupućeni" uz 107 dB šuma čitaju 4.2 dB jače (što je veličina refleksa u našim eksperimentima uz 80 dB šuma) a oni kojima je rečeno da nastoje ne pojačati, ipak pojačaju za 2.6 dB. Bond et al (1989) iznose da je Lombardov refleks izraženiji ako su ispitanici-govornici svjesni da se njihov govor snima. Na temelju spomenutih eksperimenata (prisjetimo li se i rezultata Pick, Jr. et al. 1989) možemo zaključiti da Lombardov refleks djelomice izmiče voljnoj kontroli.

## 2. Utjecaj vrste upotrijebljenih slušalica

Apsolutni iznos povećanja intenziteta govora u preklapajućoj točki mjerenja (uz šum od 80 dB) ne podudara se zbog toga što nije upotrijebljen identičan instrumentarij. Pick, Jr. et al (1989) u pokusima sa slušalicama TDH 39 s posebnim jastučićima MX 41/AR uz 90 dB bijelog šuma bilježe da se govorni intenzitet pojačao 11 dB! Dodatnim pokusom utvrdili smo kako odabir slušalica odlučujuće utječe na povećanje intenziteta govora: s laganim otvorenim slušalicama (Sony-waukman) rezultati istih ispitanika zantno su različiti. Sl. 2. prikazuje kako se povećava jakost govora istog ispitanika sa zatvorenim (puna linija) i otvorenim slušalicama (isprekidana linija).



(sl. 2.)

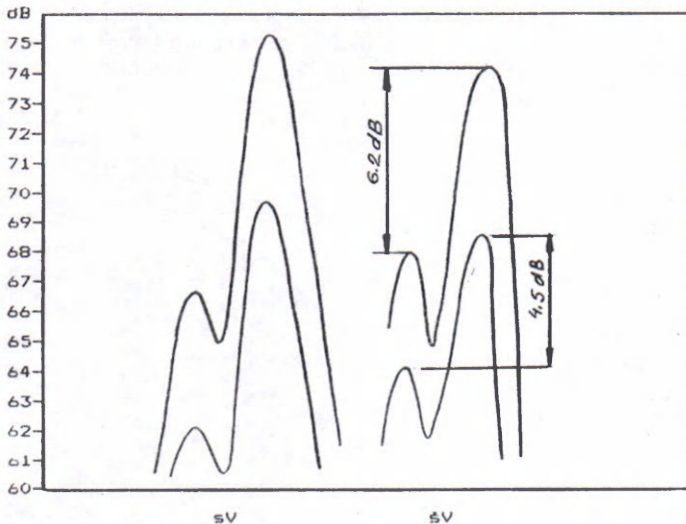
S laganom otvorenim slušalicama ukupno je manje povećanje jakosti, a razlika u pojačanju između situacije bez slušalica i one sa slušalicama bez šuma nije tako

izražena. Nagib krivulje u ovom eksperimentu uz šum manji od 80 dB poklapa se s nagibom krivulje uz jači šum kojim su eksperimentirali Van Summers i dr. 1988.

Van Summers et al. (1988) analiziraju izgovor samo dvaju govornika u četiri uvjeta šuma: 0, 80, 90 i 100 dB šuma. Nije specificirano znači li 0 dB eksperimentalnu situaciju sa slušalicama ili bez njih. Za promjenu od 0 do 80 dB šuma registriraju da je razina govorenja povećana od 4.1-5 dB, što se slaže s rezultatima iznesenim na sl. 1, ako nula znači tišinu bez slušalica. Dreher i O'Neill (1957) za istu razliku u uvjetima šuma (tišina - 80 dB) nalaze povećanje akustičke amplitude govorenja od 6.0 dB za izolirane riječi i 4 dB za rečenice (nije komentirano odakle takva razlika s različitim test - materijalom). Prema rezultatima prikazanim na sl. 1. povećanje razine govora uz 80 dB šuma u odnosu prema razini uz 60 dB šuma iznosi samo 0.7 dB, dok Dreher i O'Neill (1957) samo za razliku od 70 do 80 dB registriraju 0.9-1.1 dB.

### 3. Promjena odnosa intenziteta konsonanata i vokala

Odnos intenziteta konsonanta i vokala osim o inherentnim svojstvima glasova (Bakran, 1979) ovisi također o apsolutnoj razini intenziteta govora. Analiza govora u različitim uvjetima šuma potvrđuje rezultate prijašnjih pokusa (Fairbanks et al. 1957). Na sl. 3. prikazani su shematski amplitudni zapisi slogova /sV/ i /šV/ izgovorenih u tišini i uz 80 dB šuma.



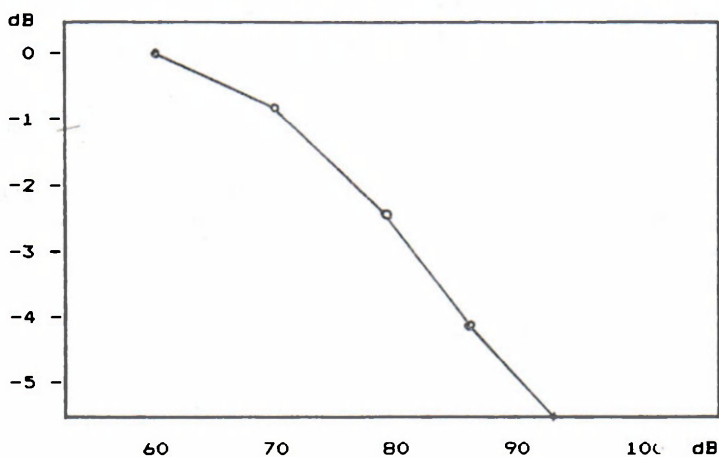
(sl. 3.)

Zanimljivo je da takvu promjenu C/V odnosa Fairbanks et al. (1957) smatraju nepovoljnom za razumijevanje, ali tvrde kako tihi govor ne mora biti razumljiviji, jer je istodobno labaviji. Taj je zaključak djelomice suprotan rezultatima Van

Summersa et al. (1988) koji su izmjerili znatno bolju razumljivost uz glasnije govorenje koje je posljedica Lombardovog refleksa. Naša mjerenja prikazana na sl. 3. pokazuju da se uz šum C/V odnos zaista mijenja u "nepovoljnom" smjeru. Neslaganje se može objasniti različitim uzorkom povećanja intenziteta: dok su Fairbanks et al. (1957) namjerno pojačavali intenzitet govora da se dopre do određene razine a da se pri tome ne poremeti slušna kontrola, u spomenutim pokusima s Lombardovim refleksom trebalo je pojačavanjem postići samorazumljivost. Fairbanks et al. (1957) međutim tvrde da tiha razina govora ne mora značiti labavljenje i lošiju razumljivost, jer profesionalni, tj. uvježbani govornici mogu u tišem govoru s povoljnijim C/V odnosom zadržati razgovjetnost.

#### 4. Utjecaj umjetnog pojačavanja slušne samokontrole

Svojevrsan komplementaran efekt Lombardovom refleksu opaža se ako se umjetno pojača slušna samokontrola. Što glasnije govornici čuju svoj vlastiti govor tiše govore. Dijagram na sl. 4. prikazuje stišavanje govorenja troje ispitanika uz pojačanu akustičku vezu.



(sl. 4.)

Interesantno je opaziti da pojačanju od 20 dB odgovara stišavanje govorenja od 3.2 dB, što je, samo s drugim predznakom, red veličine stišavanja govorenja uz dodatak 20 dB šuma. To što ni u jednom ni u drugom slučaju reakcija govornika ni približno ne slijedi veličinu olakšavanja ili otežavanja akustičke povratne veze o vlastitom govoru samo pokazuje koliki je udio drugih mehanizama samokontrole.

Na temelju rezultata opisanih eksperimenata može se zaključiti kako Lombardov refleks zaista može poslužiti da se uzmu uzorci govora primjereni bučnoj okolini. Primjena na automatsku (nesvjesnu) regulaciju načina govora primjereni uređajima za automatsko prepoznavanje nije sasvim izvjesna, jer su velika

odstupanja u veličini i načinu reakcije pojedinaca. Ta se neizvjesnost naročito odnosi na kontrolu ukupnog intenziteta. Razina "ulaznog" signala mora se regulirati drugim mehanizmima. Akustička analiza govora uz prisustvo šuma (odnos intenziteta C/V međutim potvrđuje ideju da su to toliko različite forme u odnosu prema govoru u tišini da se u sistemima autoamtskog prepoznavanja ne može koristiti istim pohranjenim oblicima za usporedbu (template matching).

### *Referencije:*

Abdel Alim, O., M.A. Mokhtar, M.A.Ezz El Arab (1988), Detection of speech signals embeded in noisy media, Proceedings of Speech 88, 7th FASE symposium, Edinburgh 1988, 607-612.

Bakran, J. (1979), Čujnost glasova, Filozofski fakultet u Zagrebu (magistarska radnja, neobjavljeno)

Bakran, J. (1984), Model vremenske organizacije hrvatskoga standardnog govora, disertacija, Sveučilište u zagrebu, (ncobjavljeno)

Bond, Z.S., T.J. Moore, B. Gable (1989), Acoustic - phonetic characteristics of speech produced in noise and while wearing an oxigen mask. JASA 85, 907-912.

Brown, W.S.Jr, J.F. Brandt (1972), The effect of masking of vocal intensity during vocal and whispered speech, J.Aud.Res. 12, 157- 161, (prema Pick, Jr. et. al. 1989).

Cooper, W.E., Eady, S.J, Mueller, P.R. (1985), Acoustical aspects of contrastive stress in question-answer contexts, JASA 77, 2142- 2156.

Dreher, J.J, J.J. O'Neill (1957), Effect of ambient noise on speaker intelligibility for words and phrases, JASA 29, 1320- 1323.

Fairbanks, G., M.S. Miron (1957): Effect of vocal effort upon the consonant-vowel ratio within the syllable. JASA 29, 621-626.

Hanley, T.D., M.D. Steer (1949), Effect of level of distracting noise upon speaking rate, duration and intensity, J. speech Hear. Disord. 14, 363-368 (prema Van Summers et al. 1988)

Klatt, D. (1975), Vowel lengthening is syntactically determined in connected discourse, J. Phon, 3, 129-140.

Ladefoged, P. (1967), Three Areas of Experimental Phonetics, Oxford U.P. London

Lane, H.L, B. Tranel, C.Sisson (1970), Regulation of voice communication by sensory dynamics, JASA 47, 618-624.

Lieberman, P. (1960), Somme acoustic correlates of word stress in American English. JASA 32, 451-454.

Neben, G. R.J. McAulay, C.J. Weinstein (1983), Experiment in isolated word recognition using noisy speech, Proc. Int. Conf. Acoust. Speech Signal Process., 1156-1158 (prema Van Summers et al. 1988)

Pick, H.L. Jr, G.M. Siegel, P.W. Fox, S.R. Garber, J.K. Kearney (1989), Inhibiting the Lombard effect, JASA 85, 894-900.

Rollins, A, J.Wiesen (1983), Speech recognition and noise, Proc. Int. Conf.



Acoust. Speech Signal Proces, 523-526, (prema Van Summers et al. 1988)

Van Summers, W, D.B.Pisconi, R.H.Bernacki, R.I. Pedlow, M.A.Stokes (1988), Effect of noise on speech production: Acoustic and perceptual analyses, JASA 84, 917-928.

Watkins, A.J. D. Sinclair, A. Faulkner, N.J.Thyer (1988), A speech enhancement method, Proceedings of Speech 88, 7th FASE symposium, Edinburgh 1988, 473-478.

Juraj Bakran  
Faculty of Philosophy Zagreb

CHANGE IN THE ACOUSTIC FORMS OF SPEECH DEPENDING ON  
AUDITORY SELF-CONTROL

SUMMARY

*The auditory channel is but one out of a number of possible mechanism of the speaker's self-control. Changes of conditions of auditory self-control affect - directly and unconsciously - the manner of speaking. Masking of the auditory channel results not only in louder but also (in many ways) in different speech. An opposite effect is obtained when the auditory self-control is facilitated. In the experiment described in the paper the size and importance of the afore-mentioned effects are examined as well as their influence on the construction of devices for the automatic recognition of speech.*