

## STATISTIČKA ANALIZA PROZODIJSKIH PARAMETARA NA PSIHO-EMOTIVNOM KORPUSU SRPSKOG JEZIKA

Jovica Savković, Milovan Stamatović  
Institut „Mihailo Pupin“, IMP-Računarski sistemi, Beograd

**Sadržaj** – U radu je opisana statistička analiza sprovedena nad prozodijskim parametrima dobijenim nad delom korpusa Govorne Ekspresije Emocija i Stavova u srpskom jeziku (GEES). Statistička analiza je sprovedena korišćenjem ANOVA testa.

### 1. UVOD

Svaka govorna situacija je manje ili više emotivno obojena i ne može se isključiti uticaj emocija na govorni signal. U sistemima za prepoznavanje i sintezu govornog signala, tačno i pouzdano prepoznavanje emocije bi moglo da poveća tačnost rada celokupnog sistema.

Za istraživanje emocija u govoru formiran je poseban korpus Govorne Ekspresije Emocija i Stavova u srpskom jeziku (GEES) [1]. Za potrebe ovog istraživanja izdvojen je jedan manji podkorpus od 10 dugih i 10 kratkih govornih iskaza, koji je izgovaralo 6 govornika (3 muška i 3 ženska). Podkorpus je izgovoren od strane govornika za svako od četiri primarna emotivna stanja (ljutnja, radost, sreća, tuga) i takođe i u neutralnom emotivnom stanju koje je korišćeno kao referentno.

Nad prozodijskim parametrima koji su dobijeni izračunavanjem nad podkorpusom izvršena je statistička analiza korišćenjem ANOVA testa.

Cilj istraživanja je da se utvrdi mogućnost diskriminacije pomenutih emotivnih stanja na osnovu izračunatih parametara i da se rangira njihova značajnost.

### 2. PROZODIJSKI PARAMETRI

Iako je korpus GEES znatno širi, za potrebe ovog rada je izdvojen manji podkorpus, jer se korpus GEES sastoji od više podkopusa koji imaju različite karakteristike i zbog toga se može doći do pogrešnih zaključaka. Za svaki od 6 govornih iskaza je izračunato 20 parametara koja karakterišu prozodiju, koji se mogu podeliti u 2 grupe.

Prva grupa od 10 parametara karakteriše intenzitetska obeležja. Prvih 5 parametara prve grupe karakterišu intenzitet i to su:

- **min\_int**  
(predstavlja minimalnu vrednost intenziteta)
- **max\_int**  
(predstavlja maksimalnu vrednost intenziteta)
- **mean\_int**  
(predstavlja srednju vrednost intenziteta)
- **stdev\_int**  
(predstavlja standardnu devijaciju vrednosti intenziteta)
- **range\_int**  
(predstavlja razliku između minimuma i maksimuma vrednosti intenziteta, tj. predstavlja razliku parametara **max\_int** i **min\_int**).

Drugih 5 parametara prve grupe karakterišu brzinu promene intenziteta, koja se ovde zbog lakšeg računanja računa kao razlika susednih vrednosti intenziteta:

- **min\_i\_int**

(predstavlja minimum brzine promene intenziteta)

- **max\_i\_int**

(predstavlja maksimum brzine promene intenziteta)

- **mean\_i\_int**

(predstavlja srednju vrednost brzine promene intenziteta)

- **stdev\_i\_int**

(predstavlja standardnu devijaciju vrednosti brzine promene intenziteta)

- **range\_i\_int**

(predstavlja razliku između maksimalne i minimalne vrednosti brzine promene, tj. predstavlja razliku između parametara **max\_i\_int** i **min\_i\_int**).

Druga grupa od 10 parametara karakteriše intonaciona obeležja tj. osnovnu učestanost F0 i takođe se mogu dodeliti u dve podgrupe. Prvih 5 parametara druge grupe čine podgrupu koja karakteriše osnovnu učestanost:

- **min\_F0**

(predstavlja minimalnu vrednost F0)

- **max\_F0**

(predstavlja maksimalnu vrednost F0)

- **mean\_F0**

(predstavlja srednju vrednost F0)

- **stdev\_F0**

(predstavlja standardnu devijaciju vrednosti F0)

- **range\_F0**

(predstavlja razliku između minimuma i maksimuma vrednosti konture F0, tj. predstavlja razliku parametara **max\_F0** i **min\_F0**).

Drugih 5 parametara druge grupe karakterišu brzinu promene osnovne učestanosti, koja se i kao kod intenziteta računa kao razlika susednih vrednosti:

- **min\_i\_F0**

(predstavlja minimum brzine promene F0)

- **max\_i\_F0**

(predstavlja maksimum brzine promene F0)

- **mean\_i\_F0**

(predstavlja srednju vrednost brzine promene F0)

- **stdev\_i\_F0**

(predstavlja standardnu devijaciju vrednosti brzine promene F0)

- **range\_i\_F0**

(predstavlja razliku između maksimalne i minimalne vrednosti brzine promene, tj. predstavlja razliku između parametara **max\_i\_F0** i **min\_i\_F0**).

### 3. ANOVA TEST

U cilju određivanja statističke značajnosti određenog parametra za diferencijaciju određenog emotivnog stanja korišćen je ANOVA test. Naime, ako vrednosti jednog parametra izračunatog nad podkorpusom pripadaju dvema različitim grupama, gde ovde grupe predstavljaju dve emocije, i ako je to moguće statistički utvrditi, tada možemo govoriti o značajnosti tog parametra za diferencijaciju tih emocija. Kao izuzetno koristan alat se pokazao ANOVA test.

ANOVA test se sastoji prvenstveno u izračunavanju F odnosa koji predstavlja odnos između izračunate i očekivane

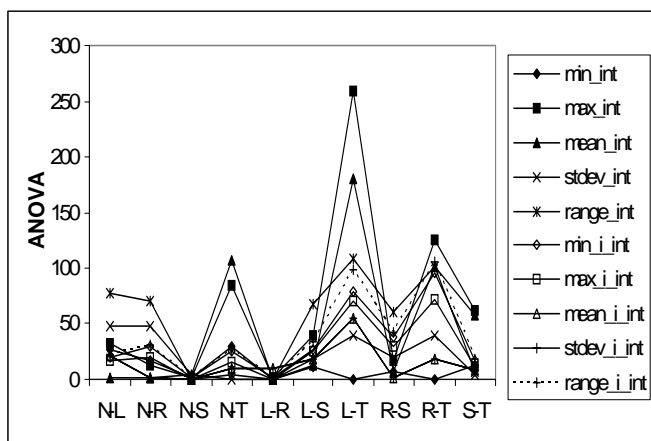
varijacije između dve grupe. Ukoliko dve grupe pripadaju istom procesu teorijski bi trebalo da F odnos bude jednak 1. Što je odnos veći, to je bolja indikacija da su dve grupe pripadaju različitim procesima, tj. u ovom slučaju dvema različitim emocijama. U ovom radu nivo značajnosti je definisan za verovatnoću od 0.05.

Testiranje je izvršeno za svaki par emocija i to za grupe govornika (muške i ženske).

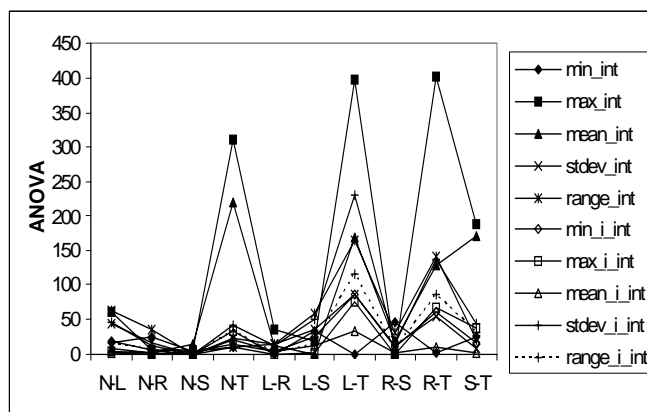
#### 4. REZULTATI

Kao rezultati ANOVA testa, na slici 1 su prikazani izračunati F odnosi za muške govornike za parametre koji karakterišu intenzitet, a na slici 2 izračunati F odnosi za ženske govornike koji karakterišu intenzitet. Na slikama 3 i 4 prikazani su F odnosi za muške i ženske govornike koji karakterišu intonaciju. Na slikama su prikazani F odnosi za sve parove emocija, ukupno deset parova.

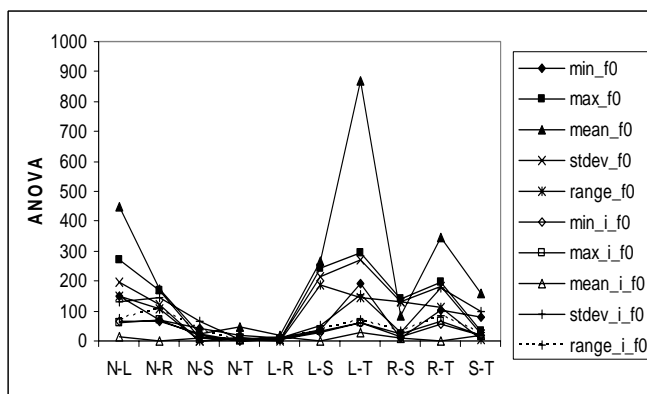
Slika 1 predstavlja intenzitetska obeležja za muške govornike. Najveće vrednosti F odnosa su kod parova emocionalnog stanja tuge i drugih emocionalnih stanja. Posebno se ističu vrednosti za parametre **max\_int** i **mean\_int**. Do sličnih zaključaka se može doći i za ženske govornike na osnovu slike 4, s tim što su ovde najistaknutije vrednosti nešto veće nego kod muških govornika. Ipak treba primetiti da pored malih vrednosti za sve parametre kod emocionalnog para ljutnje i radosti, treba istaći i male vrednosti kod emocionalnog para neutralnog i straha.



Sl.1. Rezultati ANOVA testa za intenzitetska obeležja za sve emocionalne parove za muške govornike.



Sl.2. Rezultati ANOVA testa za intenzitetska obeležja za sve emocionalne parove za ženske govornike.

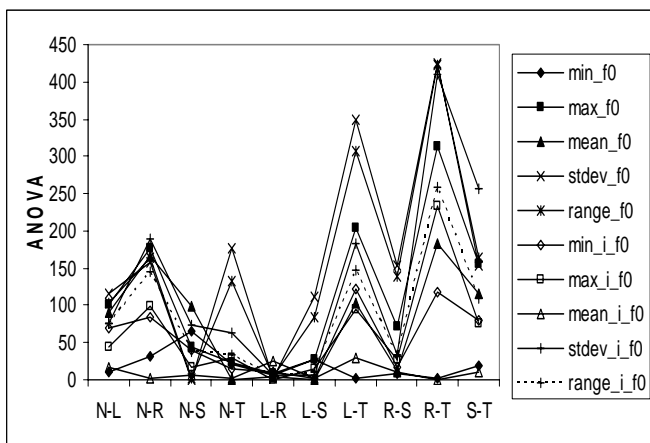


Sl.3. Rezultati ANOVA testa za intonaciona obeležja za sve emocionalne parove za muške govornike.

Sa slike 3, koja predstavlja intonaciona obeležja za muške govornike, vidi se da su vrednosti F odnosa za određene parametre velike kod svih emocionalnih parova osim kod parova emocionalnih stanja neutralnog i tuge, ljutnje i radosti i delimično neutralnog i straha. Najveće vrednosti imaju F odnosi za parametre **mean\_f0**, **max\_f0** i **stdev\_f0** kod većine emocionalnih parova.

Slika 4 predstavlja intonaciona obeležja za ženske govornike. Može se primetiti da su vrednosti F odnosa ujednačenije nego kod muških govornika, iako kod muških govornika ima većih vrednosti. Kod ženskih govornika jedino su vrednosti F odnosa izuzetno male za emocionalni par ljutnje i radosti. Vrednosti F odnosa za parametre **stdev\_f0** i **range\_f0** su dosta velike i govore u prilog njihovoj značajnosti pri diferencijaciji ova dva emocionalna stanja.

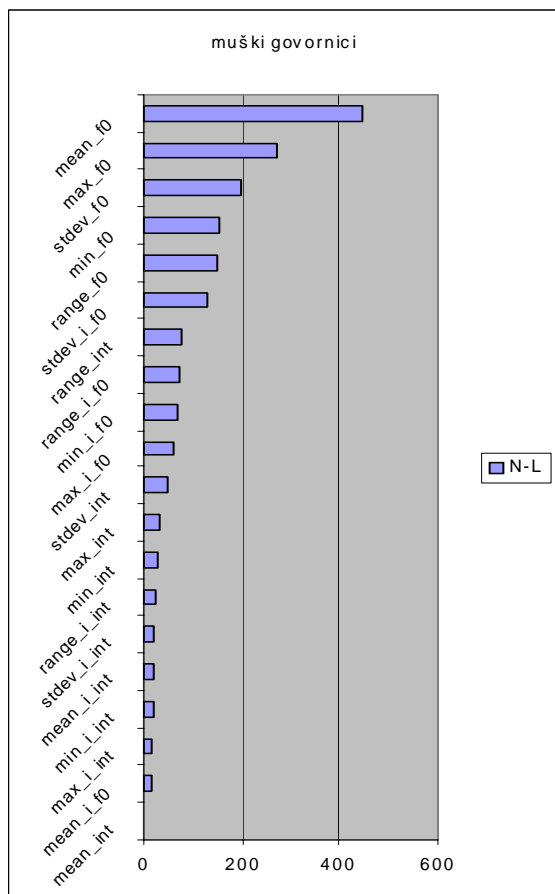
Međusobnim upoređivanjem slika 1, 2, 3 i 4 može se videti da intenzitetska obeležja, tj. njihovi F odnosi imaju niže vrednosti od intonacionih. Takođe se može primetiti da su vrednosti F odnosa za bilo koji parametar male za pojedine emotivne parove. Pogotovo je to izraženo za emotivni par ljutnja i radost.



Sl.4. Rezultati ANOVA testa za intonaciona obeležja za sve emocionalne parove za ženske govornike.

### 5. RANGIRANJE PARAMETARA

Da li je neki parametar manje ili više značajan može se oceniti po veličini F odnosa. Ako neki parametar ima veću vrednost F odnosa od nekog drugog parametra za isti emocionalni par on je značajniji za dati emocionalni par. Iz tog razloga je potrebno utvrditi koji su to parametri najznačajniji za diferencijaciju određenih emocionalnih parova.

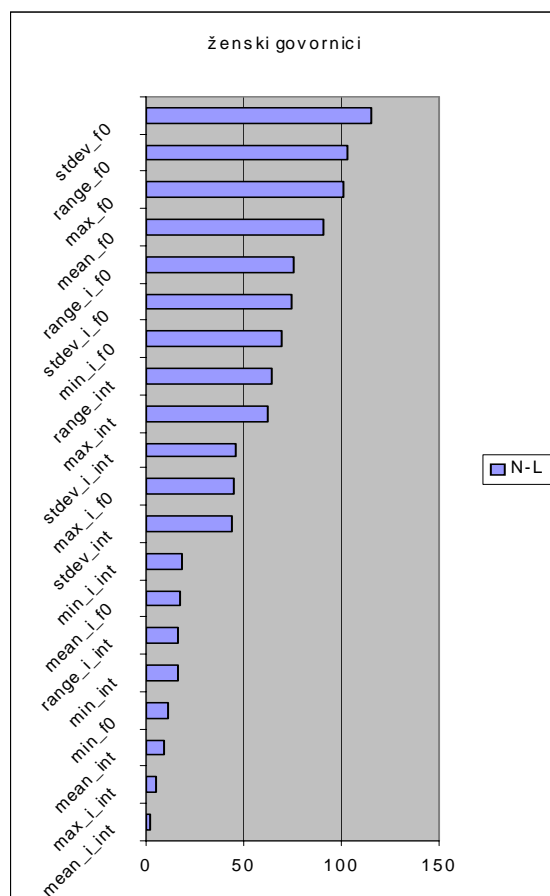


Sl.5. Rangiranje parametara po veličini F odnosa na osnovu rezultata ANOVA testa za emocionalni par neutralno i ljutnja za muške govornike

Za svaki emocionalni par parametri su rangirani na osnovu vrednosti F odnosa i da bi se izdvojili najznačajniji parametri, moraju se rangirati sva obeležja zajedno i intonaciona i intenzitetska, jer je cilj da se izaberu najznačajnija obeležja bez obzira kojoj grupi obeležja pripadaju.

Pri svakoj diferencijaciji kao etalon se bira neutralno emocionalno stanje. Iz tog razloga diferencijacija emocionalnih stanja u odnosu na neutralno je od ključne važnosti. Zato se za izbor najznačajnijih obeležja i koriste rangirane vrednosti F odnosa za parove neutralnog i drugih emocionalnih stanja.

Rangiranje intonacionih i intenzitetskih obeležja na osnovu vrednosti F odnosa za parove emocija i neutralno emocionalnog stanja je izvršeno, a kao primer je dat prikaz rangiranja za muške govornike za emocionalni par neutralno-ljutnja na slici 5, a na slici 6 dat je prikaz za ženske govornike.



Sl.6. Rangiranje parametara po veličini F odnosa na osnovu rezultata ANOVA testa za emocionalni par neutralno i ljutnja za ženske govornike

Najznačajniji parametri su oni koji imaju najveće vrednosti za određeni emocionalni par, posebno za muške govornike i posebno za ženske govornike. Ti parametri su **mean\_f0**, **stdev\_f0**, **stdev\_i\_f0**, **mean\_int** i **max\_int**. Ima ih 5 jer su neki više puta sa najvećim vrednostima. Međutim, oni parametri koji imaju velike vrednosti, a koje opet nisu najveće, mogu da budu značajni, pa čak možda i značajniji. Parametri koji su rangirani na drugom mestu, a ne pripadaju prvoj grupi parametara su **max\_f0**, **range\_f0** i **min\_f0**. Parametri **max\_f0** i **range\_f0** imaju velike vrednosti F odnosa, dok parametar **min\_f0** iako drugi po značajnosti kod muških govornika za emocionalni par neutralno-strah ima

dosta nižu vrednost od ostalih parametara. Zato se ovaj parametar odbacuje.

Ovakav izbor parametara je zasnovan posmatranjem emocionalnih parova neutralnog emocionalnog stanja i ostalih emocionalnih stanja. Međutim, kada se pogledaju slike 1, 2, 3 i 4 vidi se da izabrani parametri spadaju u najznačajnije parametre za međusobnu diferencijaciju svih emocionalnih parova. To čini ovaj postupak izbora parametara opravdanim.

## 6. ZAKLJUČAK

Na osnovu jedne ovakve analize dobijen je skup parametara koji daje najbolje rezultate pri korišćenju ANOVA testova. Testiranje je izvršeno za sve emocionalne parove i za grupe govornika, za muške i za ženske govornike posebno. Individualna analiza za svakog govornika može samo da potvrdi rezultate, međutim, može i da ih oporgne, jer svaki govornik ima svoj način govorne ekspresije.

Takođe, rezultati pokazuju da je vršenje odvojenih testova za muške i ženske govornike opravdan, jer su različiti parametri bili najznačajniji kod ove dve grupe govornika, što je u potpunosti razumljivo.

## LITERATURA

- [1] S. Jovičić, Z. Kašić, M. Đorđević, M. Vojnović, M. Rajković, J. Savković, „*Formiranje korpusa govorne ekspresije emocija i stavova u srpskom jeziku – GEES*“, TELFOR, Beograd, 2003.
- [2] P. Boersma, „*Accurate short-term analysis of the fundamental frequency and the harmonics-to-noise ratio of a sampled sound*“, Proceedings of the Institute of Phonetic Sciences 17: 97-110, University of Amsterdam, 1993.

**Abstract** – This paper presents statistical analysis of prosodic parameters which are derived from part of the corpus of speech expression of emotions and attitudes in Serbian language (GEES). For statistical analysis, ANOVA test has been used.

### STATISTICAL ANALYSIS OF PROSODIC PARAMETERS ON PSYCHO-EMOTIONAL CORPUS OF SERBIAN LANGUAGE

Jovica Savković, Milovan Stamatović