

AKCENATSKI REČNIK SRPSKOG JEZIKA NAMENJEN SINTEZI GOVORA NA OSNOVU TEKSTA

Milan Sečujski

FTN, Trg D. Obradovića 6, Novi Sad
sečujski@uns.ns.ac.yu

SADRŽAJ

Jedan od najznačajnijih elemenata sinteze govora na osnovu teksta predstavlja određivanje prozodijskih elemenata koje ciljna rečenica treba da poseduje da bi se mogla smatrati kvalitetno sintetizovanom. S obzirom na složenu strukturu akcenatskog sistema srpskog jezika, ovaj zadatak je nemoguće izvesti bez odgovarajućeg akcenatskog rečnika. U okviru projekta Alfa-Num, na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, krajem 2001. godine privredena je kraju izrada prvog akcenatskog rečnika srpskog jezika u elektronskoj formi, koji sadrži podatke kako o akcentuaciji reči, tako i o vrednostima pojedinih morfoloških kategorija. U ovom radu biće detaljnije razmotreni razlozi uvođenja akcenatskog rečnika u sistem za sintezu govora na osnovu teksta na srpskom jeziku, biće detaljnije prikazana koncepcija samog rečnika i biće opisan alat koji je kreiran u svrhu unošenja ovog rečnika.

1. UVOD

Pisana reč onome kome je namenjena pruža mnogo manje informacija od usmene. Pored informacija o samom govorniku, njegovom polu, starosti, zdravstvenom i emocionalnom stanju, geografske oblasti iz koje potiče ili u kojoj živi, govor sadrži niz drugih informacija koje aktivno ne opažamo, ali koje nam pomažu u pravilnom razumevanju poruke i koje jednom rečju nazivamo *prirodnošću* govora. Pod ovim podrazumevamo pre svega prirodan način intoniranja rečenice, što obuhvata prirodan ritam i prirodnu melodiju govornog toka, kako na leksičkom nivou, tako i na nivou čitave rečenice.

S druge strane, jedna od informacija koju nam govor u odnosu na pisanu reč na prvi pogled uskraćuje jeste položaj granica između reči. Naime, za razliku od pisanog teksta u kome je razmacima jasno naznačeno od kojih se reči rečenica sastoji, u govoru su reči, zbog inertnosti vokalnog trakta, spojene u jedinstven govorni niz, pauze ne postoje, i slušaocu je ostavljeno da sam određuje gde su granice između reči. Ne otkrivši granice između reči, slušalac očigledno ne bi mogao da shvati ni značenje poruke.

Postavlja se pitanje na koji način je slušalac u stanju da nepogrešivo odredi granice između reči. Ukoliko u govoru osim niza izgovorenih glasova ne bi postojale i neke dodatne informacije, slušalac bi bio stavljen u sličan položaj kao čitalac pred kojim se nalazi tekst iz kog su izostavljeni svi razmaci. Čitanje takvog teksta ne bi bilo nemoguće, ali bi bilo podložno greškama, zahtevalo bi neprestanu visoku koncentraciju i ne bi predstavljalo prijatan zadatak. Slično se

odnosi i na slušanje govora koji bi imao potpuno ravnu melodijsku liniju i potpuno ujednačeno trajanje pojedinih glasova. Primedbe slušalaca ovakvog govora, bio on izgovoren od strane čoveka ili sintetizovan od strane mašine, uglavnom se svode na to da govor „ne zvuči prirodno“, a ono što slušaoci pod tim misle jeste, zapravo, da nisu u stanju da se koncentrišu na tok misli onoga ko emituje poruku, jer preveliki napor ulažu da bi odredili gde se završava jedna a gde počinje druga reč.

Dolazi se, dakle, do neizbežnog zaključka da je izuzetno važna funkcija prozodijskih elemenata, ako ne i primarna, da pomognu slušaocu u određivanju granica između reči. Ovaj zaključak nije ograničen samo na srpski jezik, već su slično pokazala i istraživanja sprovedena za mnoge druge svetske jezike [3]. Potrebno je ovde napomenuti da je uticaj pojedinih prozodijskih elemenata u različitim jezicima drugačiji, i da svaki jezik poseduje u opštem slučaju različite prozodijske elemente na koje se slušaoci pri leksičkoj segmentaciji najviše oslanjaju.

Druga funkcija prozodijskih elemenata na leksičkom nivou karakteristična je za jezike koji nemaju fiksni akcent, u koje spada i srpski, a to je da akcent u određenim slučajevima može uticati na razliku u značenju reči, i to na dva načina. U prvom slučaju, razlika u tipu akcenta može označavati razliku u morfološkoj kategoriji iste leksičke reči, npr. *gòmila* (nominativ jednine imenice ženskog roda) i *gòmila* (genitiv množine iste imenice). U drugom slučaju, razlika u tipu akcenta može sugerisati da je u pitanju sasvim druga leksička reč, npr. *gomila* (treće lice prezenta glagola *gomilati*). Ovaj drugi slučaj je u pogledu percepcije značenja rečenice kritičniji.

Zaključak koji nesumnjivo sledi iz svega izloženog jeste da je za kvalitetnu sintezu govora na osnovu teksta neophodno obezbediti način rekonstrukcije akcenatske strukture rečenice na osnovu pisanog teksta, a to je u jeziku koji ima tako složenu akcenatsku strukturu kao što je srpski, a ujedno i relativno slobodnu akcentuaciju, moguće ostvariti jedino pomoću akcenatskog rečnika. Međutim, čak ni to nije dovoljno, jer u opštem slučaju ni rečnik ne može doneti jedinstvenu odluku o akcentuaciji neke reči – upravo zbog pomenutih slučajeva dvoznačne akcentuacije. Osim rečnika, za dovršavanje ovog posla neophodna bi bila i kompletna sintaksna analiza rečenice, koja bi razrešila velik deo dilema oko akcentovanja.

U sintezi kvalitetne prozodije treba voditi računa i o tome da osim leksičkih akcenata rečenicu karakterišu i drugi prozodijski elementi, kao što su rečenična intonacija i rečenični naglasak. Štaviše, brojni eksper

menti doveli su do zaključka da je rečenična intonacija primarna, a akcenti reči samo prouzrokuju modifikaciju u njenoj realizaciji [2]. To, međutim ne znači da pre svega treba usmeriti snage na pravilno određivanje rečenične prozodije, i to pre svega zato što su akcenti ti koji pomažu slušaocu da raščlani rečenicu na reči, pa samim tim i da je razume, a rečenična prozodija u tome učestvuje tek u manjoj meri, primera radi, kada je potrebno posebno istaći jednu reč u rečenici. Govor sa ispravnim lokalnim manifestacijama prozodije a relativno grubom procenom rečenične prozodije i dalje bi bio daleko razumljiviji i lakši za slušanje od govora koji bi pratio melodijsku liniju rečenice na globalnom planu, ali u kom bi neadekvatne lokalne varijacije visine glasa, njegove jačine i trajanja pojedinih glasova unosile zabunu kod slušaoca.

2. KONCEPCIJA AKCENATSKOG REČNIKA

U ovom odeljku biće reči o sadržini akcenatskog rečnika, odnosno o tome koje informacije treba da obuhvati jedan unos u akcenatski rečnik, da bi zadatak akcentovanja čitave rečenice mogao da se obavi što efikasnije i u realnom vremenu.

Prvi problem, na koji se odmah nailazi, jeste složena morfologija srpskog jezika. Od deset vrsta reči koje u srpskom jeziku razlikujemo, pet vrsta je promenljivo, i obuhvata značajan deo leksičkog fonda (tipično pokriva oko 75% teksta u dnevnoj štampi [4]). Promena po različitim morfološkim kategorijama veoma često nije pravilna, što drastično usložnjava izradu akcenatskog rečnika jer postaje jasno da je svaku promenljivu reč neophodno uneti u rečnik u svim njenim različitim oblicima, kako bi oni mogli biti prepoznati kao različiti oblici iste leksičke reči. Dodatni problem predstavljaju akcenatske alternacije, odnosno, promena akcenatske konfiguracije leksičke reči kada ona prolazi kroz različite svoje oblike (*kòlāč*→*kolāča*). Alternativa zasebnom unošenju svih pojedinačnih oblika bila bi unošenje akcenatskih konfiguracija samo za osnovne oblike leksičkih reči, te formulisanje pravila promena svih promenljivih reči i pravila promena njihovih akcenatskih konfiguracija, od čega se odustalo zbog oskudne literature iz te oblasti, kompleksnosti samog problema, a pre svega zbog postojanja brojnih izuzetaka čije bi samo evidentiranje oduzelo mnogo vremena – ne mnogo manje od unošenja čitavog rečnika. Uz pomoć efikasnog korisničkog interfejsa za unošenje rečnika, velik deo posla oko promene reči obavljen je automatski, čemu će u daljem tekstu biti posvećeno više pažnje.

Pored akcenatskog rečnika, za definitivno određivanje akcentuacije pojedinih reči, neophodna je i sintaksna analiza, i to treba imati na umu i prilikom koncipiranja akcenatskog rečnika. Drugim rečima, unos bi, osim informacije o akcenatskoj konfiguraciji svake reči trebalo da obuhvati i informacije relevantne za buduću sintaksnu analizu rečenice, a to su informacije o morfološkim kategorijama promenljivih reči, kao i bilo koje druge informacije za koje je procenjeno da bi doprinele razjašnjavanju bilo kakve dileme vezane za akcentuaciju, a da pritom ne bi neopravdano usložnjavalo unošenje rečnika. Primera

radi, kod predloga, koji spadaju u nepromenljive reči, uneseno je sa kojim padežima imenica se slažu (npr. pred *kim* i pred *koga*, ali ne i pred *kome*), a kod glagola je uneseno da li su prelazni ili ne, odnosno, da li tipično zahtevaju pravi objekat (npr. pregaziti *nekoga*), kao i da li su tipično povratni ili ne (npr. *rvati se*). Kada je sintaksa rečenice poznata, i za svaku reč se zna kojoj vrsti reči pripada i koju funkciju obavlja u rečenici, tada je velik broj dilema rešen. Primera radi, reč *radio* može se naglasiti na dva načina – kao glagol (*rádio*) i kao imenica (*rádio*). Ako je sintaksna analiza odredila koja vrsta reči se najverovatnije nalazi na tom mestu, tada je jasno i kako je treba akcentovati.

U nekim slučajevima, pokazuje se da ni sintaksna analiza nije dovoljna, odnosno da rečenica može biti potpuno ispravna u pogledu sintakse, ali da i dalje postoje nedoumice u pogledu akcentovanja. Primera radi, reči *slāgati* (ređati) i *slāgati* (izreći laž) su glagoli sa istom vrednošću morfoloških kategorija – oba su u infinitivu. To znači da čak ni posle sintaksne analize nećemo znati o kom se od ta dva glagola radi, jer će oba u podjednako meri zadovoljavati sintaksu rečenice. Međutim, u rečenici '*Sutra ću ceo dan slagati drva*', za čoveka ne postoji dilema, jer je iz konteksta jasno koji je od ova dva glagola u pitanju, odnosno, tu je izvršena *semantička* analiza. Ovakve dileme mogu nastupiti čak i u slučaju reči koje su različite po vrsti ali u podjednako meri zadovoljavaju sintaksu rečenice. Primera radi, u rečenici '*Petar je radio*', što se sintakse tiče, poslednja reč može biti glagol, ali isto tako i imenica! Naime, ako je sa gledišta sintakse ispravno reči '*Petar je zidar*', ispravno je reči i '*Petar je rádio*'. Za čoveka opet nema dileme, jer semantička analiza odmah odbacuje drugu mogućnost. Na sadašnjem nivou razvoja računara i znanja iz lingvistike još uvek se ne mogu očekivati algoritmi za kompletnu semantičku analizu rečenice, ali je moguće identifikovati neke tipične slučajeve ovakvih dilema i definisati pravila za njihovo razrešenje. Osim toga, moguće je i poslužiti se informacijom o relativnoj učestanosti svake od te dve reči u govoru, pa ako je jedna znatno češća od druge, u slučaju dileme odlučivati u korist one prve. Takođe, moguće je i koristiti informaciju o tematici teksta, pa ako se, u konkretnom primeru, u tekstu pojavljuju mnoge reči vezane za radio-difuziju, odlučivati u korist imenice *rádio*. Ovaj poslednji kriterijum zapravo podrazumeva primitivnu semantičku analizu i moguće ga je realizovati ukoliko se rečnikom obuhvate i tzv. *kolokacije*, odnosno ukoliko se uz svaku reč u rečniku navede i spisak reči uz koje se ona obično pojavljuje (kao npr. *hirurški uz zahvat*). Do ovih podataka moglo bi se doći statističkom analizom veoma obimnih tekstualnih baza podataka na srpskom jeziku. Zbog složenosti zadatka u ovoj fazi projekta se od toga odustalo.

Pored navedenih problema, pravilno akcentovanje reči trebalo bi da na adekvatan način reši i problem *klitika* – reči koje nemaju sopstveni naglasak i udružuju se s prethodnom ili narednom rečju i zajedno s njima čine akcenatsku celinu. Postojanje ovakvih reči samo po sebi ne predstavlja problem, jer ih je moguće evidentirati u rečniku, ali je problem što one ponekad

preuzimaju akcenat na sebe, što može biti opciono (*ne_ùmem↔nè_umem*), a nekada i obavezno (*ni_pred_kím→nì_pred_kim*). Srećna okolnost je da su ove pojave relativno predvidljive, ali ih je kod akcentovanja rečenice ipak potrebno uzeti u obzir.

2.1. Izgled unosa u akcenatski rečnik

Rečnik je koncipiran u vidu jednog TXT fajla, i što se tiče konkretnog izgleda jednog unosa u rečnik, on sadrži podatak o vrsti reči, osnovni i izvedeni oblik reči, podatak o akcenatskoj konfiguraciji, kao i podatke o morfološkim kategorijama i druge podatke (različite, u zavisnosti od vrste reči) koji mogu biti od pomoći za razrešavanje akcenatskih dilema. Svi podaci osim osnovnog i izvedenog oblika reči su kodovani ciframa tako da zauzimaju što manje mesta u TXT fajlu, a po potrebi se jednostavno dekoduju. Na slici 1. prikazan je kratak izvod iz rečnika u kodovanom obliku, sortiran po izvedenom obliku.

```

2 mesti meti [/0] 1 0 3 1 0 0 0 1
0 metak metka ["0] 0 1 3 0 0 0 0 0
0 metak metka ["0] 0 1 1 0 0 0 0 0
0 metak metke ["0] 0 1 3 1 0 0 0 0
0 metak metkom ["0] 0 1 5 0 0 0 0 0
0 metak metku ["0] 0 1 4 0 0 0 0 0
0 metak metku ["0] 0 1 2 0 0 0 0 0
0 metla metla [\0] 1 1 0 0 0 0 0 0
0 metla metlama [\00] 1 1 5 1 0 0 0 0
0 metla metlama [\00] 1 1 2 1 0 0 0 0
0 metla metle [\0] 1 1 4 1 0 0 0 0
0 metla metle [\0] 1 1 3 1 0 0 0 0
0 metla metle [\0] 1 1 0 1 0 0 0 0
0 metla metle [\0] 1 1 1 0 0 0 0 0
0 metla metli [\0] 1 1 1 1 0 0 0 0
0 metla metli [\0] 1 1 2 0 0 0 0 0

```

Slika 1. Kratak izvod iz rečnika

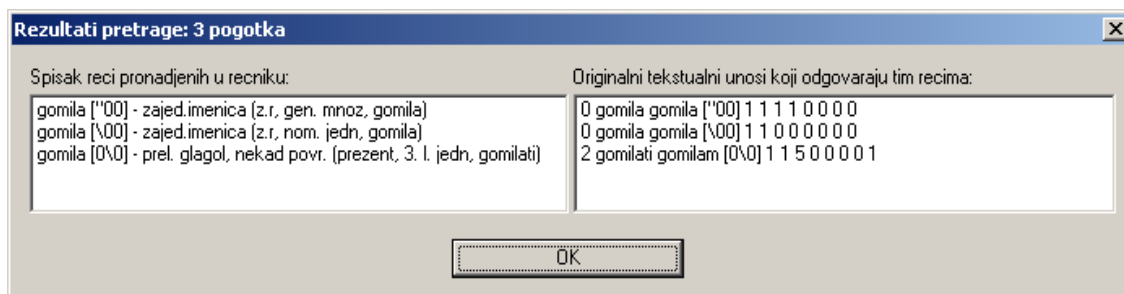
Uprkos složenosti promena reči u srpskom jeziku, neke vrste reči pokazuju izuzetnu pravilnost, kako što se tiče same morfološke promene, tako i akcenatskih alternacija. Takvi su, primera radi, pridevi u svim stepenima poređenja, a osim njih i redni brojevi, futur glagola, imperativ glagola, glagolski radni pridev itd. U tom slučaju ipak je moguće umesto svih pojedinačnih oblika reči (a njih može biti i više desetina, kao što je to slučaj kod prideva) pamtit i samo osnovni, pri čemu je zadatak dekodera rečnika da vodi računa o tome da pored osnovnog oblika u rečniku postoje i izvedeni, i da zna kako se oni izvode. Primera radi, na slici 1.

prikazan je, između ostalog, i imperativ glagola *mesti*, i to njegovo drugo lice jednine – *meti*. S obzirom da se preostala dva oblika, *metimo* i *metite*, jednostavno dobijaju dodavanjem odgovarajućih nastavaka, a isto važi i za akcenatske konfiguracije, bilo je dovoljno umesto pamćenja sva tri oblika posebno, upamtiti samo prvi, i pritom obeležiti da je u pitanju oblik koji implicitno obuhvata i svoje izvedene oblike. Na osnovu informacije o konkretnoj vrsti reči i vrednosti morfoloških kategorija pročitane iz rečnika, dekodirer zna kako da izvede i ostale oblike. Kad nastupi potreba za akcentovanjem neke reči koja se eksplicitno ne nalazi u rečniku (kao što je to slučaj, npr. sa *metimo*), dekodirer će, kad god naiđe na reč za koju je navedeno da postoje i izvedeni oblici, proveriti i te oblike, tako da će je ipak naći. Uz pomoć ovakve strategije omogućeno je da rečnik veličine 12 MB obuhvati preko milion implicitnih unosa.

2.2. Pretraga akcenatskog rečnika

Uprkos porastu procesorske snage i povećanju memorijskih kapaciteta savremenih računara, zbog izuzetnog broja unosa koje treba pretražiti u realnom vremenu, umesto sekvencijalne pretrage TXT fajla, realizovane su metode pretrage čije vreme trajanja ne raste linearno sa povećanjem rečnika već logaritamski. Ovo je značajno jer ne samo da je reč o vrlo obimnom materijalu koji treba pretraživati, već treba računati i na njegovo dalje proširivanje – listama vlastitih imena, geografskih pojmova i sl.

Realizovane metode pretrage otklanjaju još jedan problem. Naime, pri pretrazi rečnika može se ispostaviti da reč može da se akcentuje na više načina, i u tom slučaju se treba osloniti na sintaksnu analizu i određene dodatne kriterijume koji su opisani u prethodnom odeljku. Međutim, isto tako se može desiti da se reč uopšte ne nalazi u rečniku, što je moguće ako je u pitanju postojeća reč koja je procenjena suviše retkom da bi se unosila u rečnik, ili je izostala iz rečnika iz drugih razloga (strana lična imena i prezimena, nazivi organizacija, i sl.). U tom slučaju potrebno je obezbediti strategije koje će odrediti akcenatsku konfiguraciju nepoznate reči. U okviru projektovanog sintetizatora govora podržano je nekoliko takvih strategija koje se primenjuju po određenom redosledu, odnosno, imaju određeni prioritet. Podržani su standardni sufixi (npr. ukoliko je potrebno akcentovati reč *alkoholičarka*, biće uspostavljena analogija sa rečju *alkoholičar*), standardni prefiksi (npr. ukoliko je potrebno akcentovati reč *primirisati*, biće uspostavljena analogija sa postojećim



Slika 2. Izgled dijaloga s rezultatima pretrage

glagolima sa osnovom *mirisati*). Moguće je, naravno, da nijedna od ovih strategija ne da rešenje, i tada se pristupa traženju reči koja se sa traženom rečju najbolje poklapa s kraja, odnosno, 'rimovanju', što je, naravno, podložno greškama (*lòpatica*↔*opàtica*), ali, u nedostatku boljih, predstavlja jedino prihvatljivo rešenje, koje će u velikom broju slučajeva ipak davati pravi odgovor.

Bez obzira da li je u pitanju prosto rimovanje ili neka složenija analiza kao što je provera prisustva glagola sa istom osnovom u rečniku, u slučaju da se ukaže potreba za dodatnom pretragom u rečniku, ta pretraga bi morala da se sprovede na ekonomičan način. Drugim rečima, ako treba utvrditi koji se sve glagoli sa osnovom *mirisati* nalaze u rečniku, bilo bi neefikasno tražiti svaki takav glagol posebno u čitavom rečniku, jer standardnih prefiksa ima preko dvadeset, uključujući i varijante sa izvršenim glasovnim promenama (*razbacati*, *raspisati*, *rašćupati*, *rašiti*). Sa stanovišta ovakve pretrage mnogo je efikasnije organizovati unose tako da budu inverzno uazbučeni, odnosno da su sortirani po azbučnom redu ali tako da prioritet ima poslednje slovo, zatim preposlednje itd. U tako sortiranom rečniku reči *namirisati*, *primirisati* i *pomirisati* bile bi praktično jedna pored druge. Međutim, postoje i pretrage kod kojih je upravo bitno da reči budu poredane po direktnom azbučnom redosledu – to je slučaj sa navedenim primerom *alkoholičar*→*alkoholičarka*. Zaključak je da bi rečnik trebalo sortirati na oba načina, odnosno da bi u memoriji trebalo da postoji i direktno i inverzno uazbučen. Naročitim metodom indeksiranja reči u rečniku postiže se potpuna funkcionalnost pretrage u direktno i inverzno uazbučenom redosledu, a da pritom nije potrebno u memoriji čuvati dva rečnika umesto jednog.

3. INTERFEJS ZA UNOŠENJE AKCENATSKOG REČNIKA

U okviru projekta AlfaNum napisan je program ARečnik, koji definiše efikasan i intuitivan korisnički interfejs za unošenje akcenatskog rečnika, što je omogućilo da čitav posao unošenja obavi jedna osoba u relativno kratkom roku od tri meseca.

Korisnički interfejs zasnovan je na dijalozima, pri čemu postoje posebni tipovi dijaloga za svaku vrstu reči, koji omogućuju njeno brzo unošenje u svim oblicima. U slučaju promenljivih reči, po pravilu je dovoljno uneti osnovni oblik reči i njenu akcenatsku konfiguraciju, kao i osnovne podatke o morfološkim kategorijama, a onda se prepušta programu da sam odredi izvedene oblike te reči na osnovu gramatičkih pravila [1] koja je definisao programer (npr. da je promeni po padežima, ako je reč o imenici). Osoba koja unosi rečnik tada jednim pogledom može da proveri da li je reč ispravno promenjena, što će najčešće i biti slučaj, dok u slučaju grešaka pogrešno promenjeni oblici mogu ručno da se isprave. Na ovaj način unošenje rečnika višestruko se ubrzava u odnosu na slučaj kada bi se svaki oblik unosio pojedinačno. S

druge strane, upravo zbog brojnih izuzetaka nije bilo opravdano sastavljati rečnik koji bi obuhvatao samo osnovne oblike reči i oslanjao se na pravila u slučaju potrebe da se odredi akcenatska konfiguracija izvedenog oblika reči. Ovako definisan način unošenja rečnika – automatska promena praćena proverom svakog pojedinačnog oblika – na najbolji način tretira specifičnosti srpskog jezika.

Od osobe koja unosi rečnik zahteva se dobro poznavanje gramatike i leksike akcenatskog sistema srpskog jezika, kao i sposobnost ispravne akcentuacije reči. Međutim, zahvaljujući intuitivnosti interfejsa, posao je olakšan do te mere da novu reč u rečnik može da unese (uz kraće osposobljavanje) i sam korisnik sistema za sintezu govora na osnovu teksta, u slučaju da se za tim ukaže potreba. Primera radi, mogao bi uneti imena i prezimena zaposlenih u svom preduzeću, za potrebe interaktivnog govornog automata u svom pozivnom centru. Na slici 2. prikazan je izgled dijaloga za izdavanje rezultata pretrage rečnika.

4. ZAKLJUČAK

Uprkos pravilu „Piši kao što govoriš, čitaj kako je napisano“, sinteza govora na srpskom jeziku ne može se obaviti bez obimnog rečnika, zahvaljujući postojanju čak četiri različita tipa akcenata čiji položaj unutar reči nije fiksni, i činjenici da se oni u pisanom tekstu ne obeležavaju. U ovom radu opisani su principi i postupak realizacije prvog akcenatskog rečnika srpskog jezika u elektronskoj formi, koji obuhvata preko milion reči (uključujući tu i izvedene oblike), podatke o njihovim morfološkim kategorijama i akcenatskoj konfiguraciji svake od njih. Bez ovakvog rečnika sinteza govora na osnovu teksta na srpskom jeziku ograničena je na sisteme koji proizvode govor koji zbog monotone intonacije ne zvuči prirodno, tako da jedino sistem koji se oslanja na ovakav rečnik može računati na širu primenu.

LITERATURA

- [1] Ž. Stanojčić, Lj. Popović, S. Micić: *Savremeni srpskohrvatski jezik i kultura izražavanja*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1989.
- [2] I. Lehiste, P. Ivić: *Word and Sentence Prosody in Serbocroatian*, The Massachusetts Institute of Technology, 1986.
- [3] *Acquisition of an artificial language: the role of prosodic cues in lexical segmentation*. O. Bagou, C. Fougeron, U.H. Frauenfelder, workshop PiP, Utrecht, 5-6 juillet 2001.
- [4] Slobodan T. Jovičić: *Govorna komunikacija, fiziologija, psihoakustika i percepcija*, Izdavačko preduzeće NAUKA, Beograd, 1999.
- [5] M. Sečujski, V. Delić: *Sinteza govora na osnovu teksta s osvrtom na srpski jezik*, ETRAN, Sokobanja, 2000.