



Inteligentni sistemi v avtomatiki

VS-3-AV 2022/2023

Tvorjenje
umetnega govora

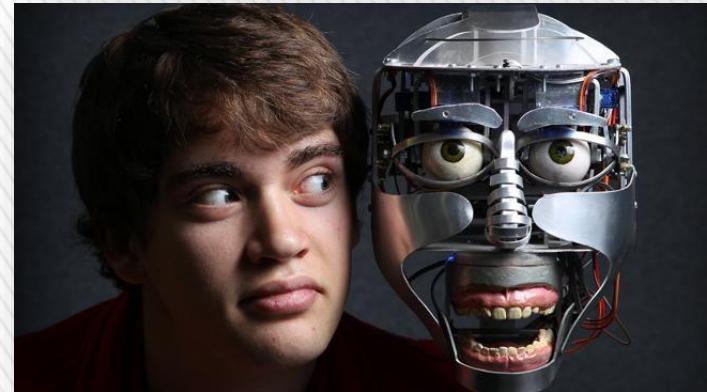
Simon Dobrišek

POVZETEK

- » Pomen umetnega govora v inteligenčnih sistemih
- » Osnove tvorjenja govora
- » Postopki tvorjenje umetnega govornega signala
- » Sistem S6TTS za pretvorbo besedil v umetni govor
- » Demonstracija sinteze slovenskega govora

Pomen umetnega govora v inteligenčnih sistemih

- » Inteligenčni sistemi naj bi se ne le zavedali prisotnosti ljudi v svoji bližini, temveč naj bi njimi tudi **komunicirali** na njemu **naraven** način.
- » Govor je človeku **najbolj naraven** način komuniciranja.
- » Eden od ciljev razvoja inteligenčnih sistemov je tudi podpora človeku naravne komunikacije med človekom in strojem.
- » Tvorjenje umetnega govora je tako zelo pomembna sestavina tovrstnih inteligenčnih sistemov.



3

Pomen umetnega govora v inteligenčnih sistemih

- » Razviti so bili že različni samodejni sistemi in avtomati, ki s človekom govorno komunicirajo.
- » Večinoma so to samodejni telefonski informacijski sistemi za podajanje raznih uporabnih informacij, rezervacije vstopnic in vozovnic, za podporo uporabnikom pri izvajanju servisnih storitev ter razne aplikacije na pametnih mobilnih telefonih ipd.
- » Pojavljajo se tudi samodejne zapornice na parkiriščih, samodejne trgovinske blagajne, postrežni avtomati ipd, ki z uporabnikom že govorno komunicirajo.



Pomen umetnega govora v inteligenčnih sistemih

- » Tvorjenje umetnega govora je pogosto izvedena z razmeroma preprostim računalniškim predvajanjem vnaprej skrbno pripravljenega in posnetega **govornega gradiva** (digitalni posnetki stavkov, povedi, besed, števk, denarnih enot ipd).
- » Pogosto pa besedilo, ki ga naj bi inteligenčni sistem izgovoril, ni vnaprej znano, ampak se spreminja glede na okoliščine v katerih sistem deluje.
- » Takšen primer so uporabniški navigacijski sistemi (Garmin Nuvi) ipd.
- » V nadaljevanju bomo zato spoznali zasnovo sistema za tvorjenje umetnega govora iz **poljubnega vhodnega besedila**.



Osnove tvorjenja govora

- » Za razumevanje postopkov tvorjenja umetnega govora je pomembno razumevanje osnov **tvorjenja govora pri človeku**.
- » Tvorjenje govora lahko ponazorimo na podoben način kot razumemo delovanje nekaterih vrst **glasbil** (pihala in trobila).
- » Za tvorjenje govora uporabljamo izdišni in redkeje tudi vdišni zrak, ki se mimo **glasilk** pretaka skozi ustno ali nosno votlino.
- » Z napetostjo mišic, ki obkrožajo glasilke, dosežemo, da glasilke ob pretoku zraka zanihajo in s tem ustvarimo **intonacijo govora**.



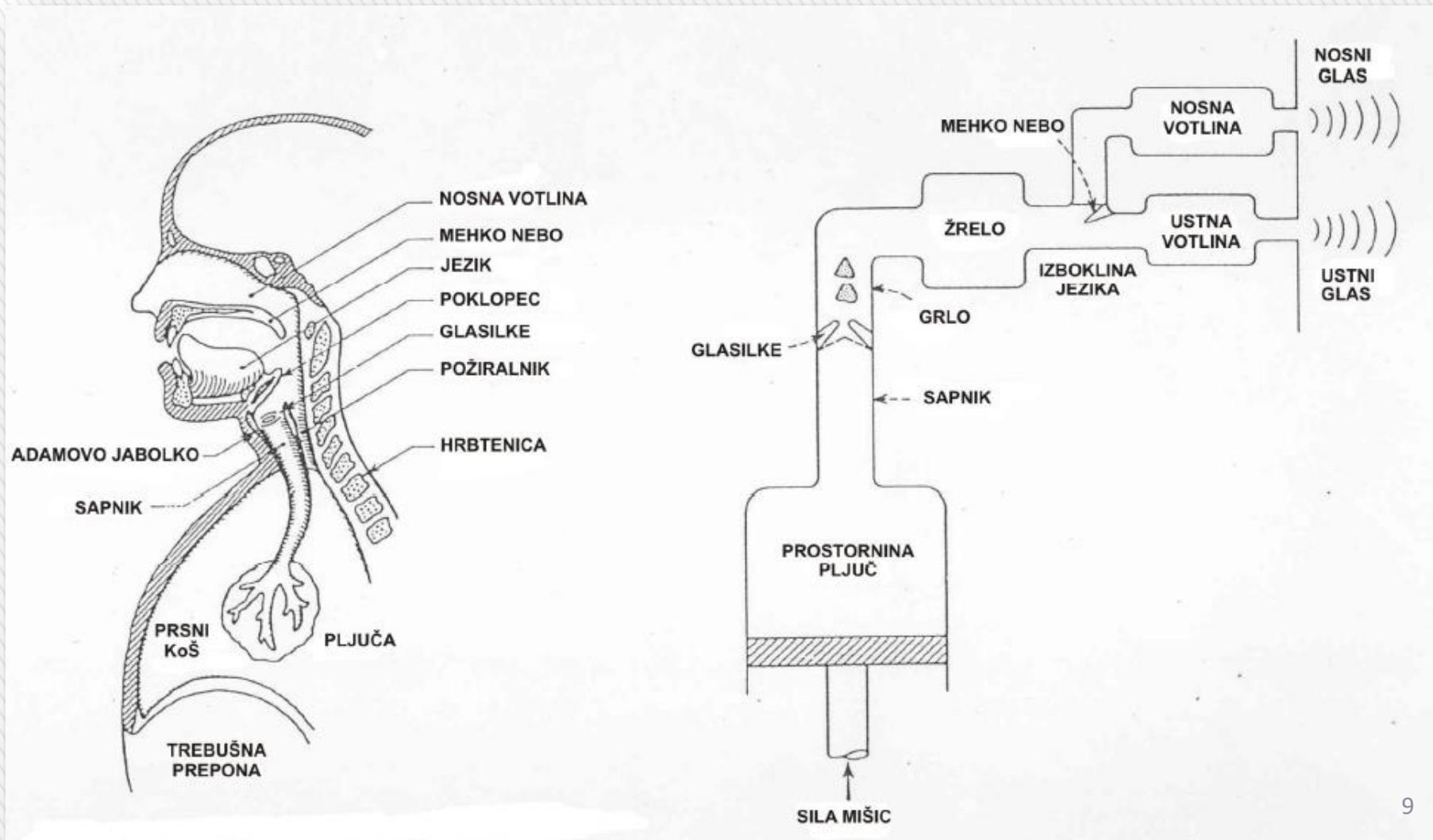
Osnove tvorjenja govora

- » Prehod zraka skozi grlo, žrelo, ustno ali nosno votlino da zvoku poseben **zven**, ki je odvisen od tega kako oblikujemo prostor, skozi katerega zrak prehaja.
- » Različni zveni tvorjenega zvoka predstavljajo posamezne **glasove**, ki so osnovni gradniki človeškega govora.
- » Glasovom, ki jih tvorimo z nihanjem glasilk, pravimo **zveneči glasovi**.
- » Določeno skupino glasov pa tvorimo tudi tako, da pri pretoku zraka mimo glasilk **le-te ne zanihajo**.
- » V tem primeru med zoženima glasilkama ali pri drugih zožitvah, ustvarjenih z jezikom v ustni votlini, pride do izrazite **turbulence** zraka, ki se sliši kot **zvočno šumenje**.

Osnove tvorjenja govora

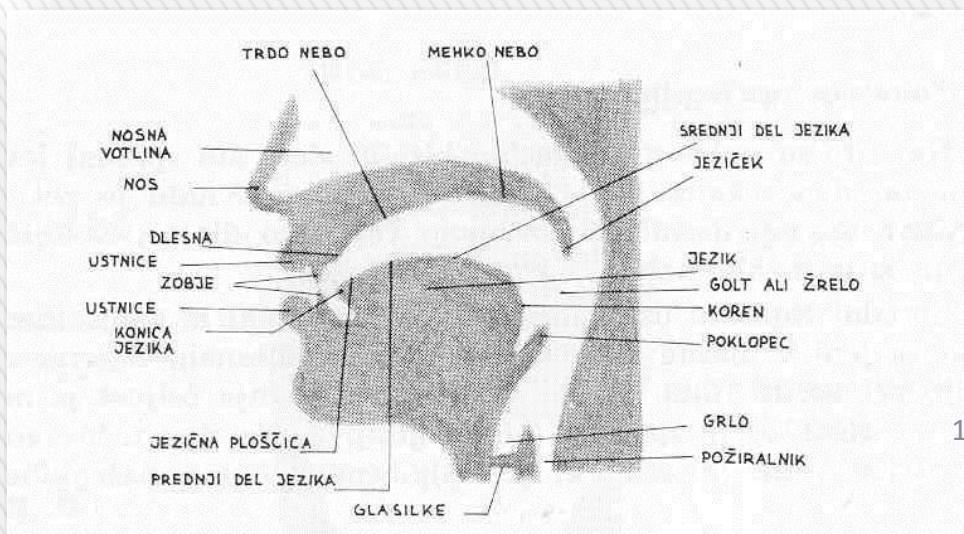
- » Glasovom, ki jih ustvarimo brez nihanja glasilk, pravimo **nezveneči glasovi**.
- » Govor lahko tvorimo tudi v celoti brez nihanja glasilk in takšnemu govoru pravimo **šepestanje**.
- » Do nihanja glasilk tudi ne pride, če za tvorjenje zvoka uporabljam vdišni zrak.
- » Med govorom ustvarjamo tudi razne druge zvoke, kot so vzdihi, vdihi, izdihi, tleski z jezikom, stoki ipd, s katerimi izražamo svoje razpoloženje.

Model govornega trakta



Gоворила

- » Говорила so človeški organi, ki sodelujejo pri tvorjenju govora.
- » Med говорила uvrščamo naslednje organe:
 - > Tebušna prepona (diafragma)
 - > Pljuča
 - > Sapnik (traheja)
 - > Grlo (lаринкс) ogrodje sestavljeno iz raznih hrustancev, ki jih spajajo mišice.
 - Glasilki
 - Poklopec (epiglottis)
- » Žrelna votlina (pharinks)



Govorila

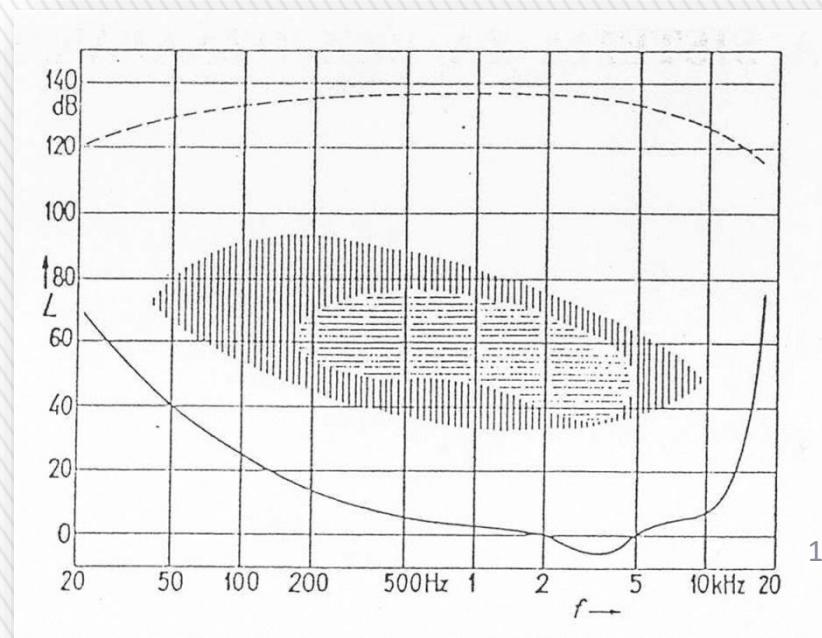
» Ustna votlina

- > Strop (palatum) deli ustno votlino od nosne
 - Zgornji zobje, dlesna,
 - Nepremični del stropa – trdo nebo (palatum durum)
 - Mehko nebo (palatum velum),
 - Jeziček (uvula)
- > Ustnice
- > Zobje
- > Zgornja (negibljiva) in spodnja (gibljiva) čeljust
- > Jezik (glossa) – najgibčnejši organ človeškega telesa
 - Skrajni konec jezika – konica (apeks) in ploščica (blade)
 - Hrbet jezika

» Nos

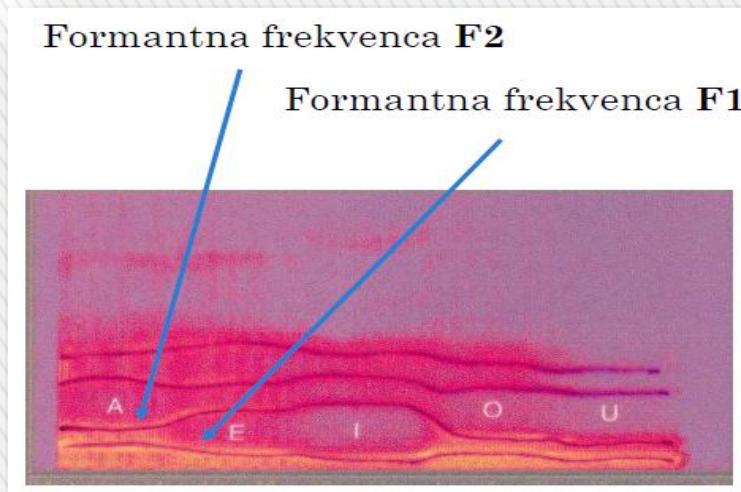
Frekvenčne značilnosti govora in sluha

- » Območje slišnosti je odvisno od glasnosti in frekvence
 - > Vodoravno črtkano – območje govornega signala
 - > Navpično črtkano – območje glasbe
- » Sposobnost zaznavanja časovnih sprememb v zvoku je nekje med 5 in 20 ms.
- » Sposobnost zaznavanja razlik v signalu se s frekvenco spreminja
- » Minimalen čas za opredelitev signala med 50 in 200 ms
- » Uho ni fazno občutljivo



Značilnosti zvočnega govornega signala

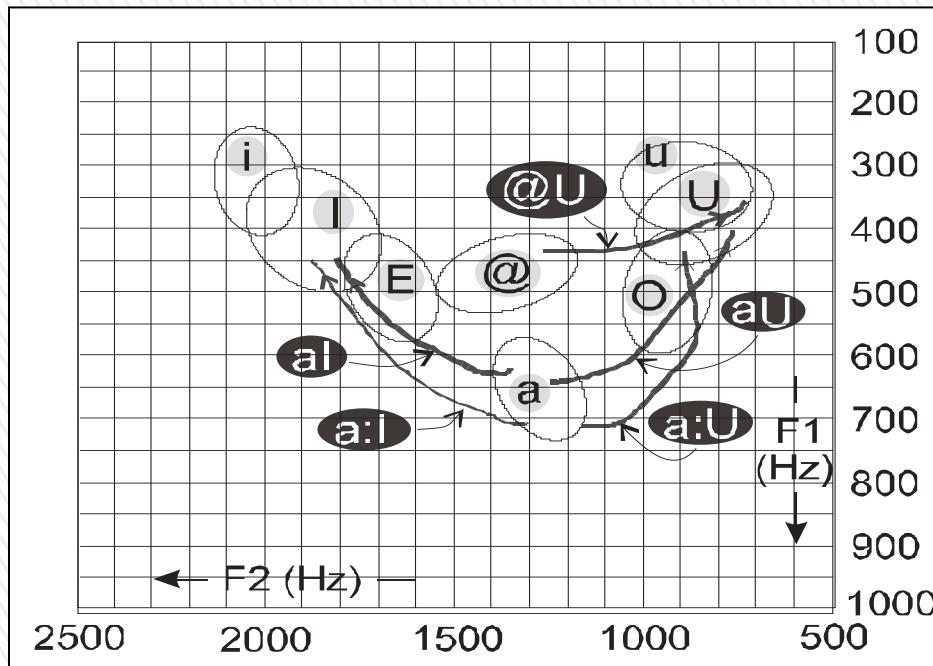
- » Časovno spremenljiv (nestacionaren) naključni signal
(časovna spremenljivost je posledica različnih glasov, ki govor sestavljajo.)
- » Na dovolj kratkih izsekih (5 - 100 ms), ga lahko obravnavamo kot stacionarni naključni signal.
- » Formanti so resonančne frekvence govornega trakta pri izreki določenega glasu.



Samo-glasnik i	F1 (Hz)	glasnost	F2 (Hz)	glasnost
u	300	močna	900	šibka
o	500	močna	1000	šibka
a	950	močna	1500	šibka
e	700	šibka	2000	močna
i	300	šibka	3000	močna

Porazdelitev formantnih frekvenc

- » Samoglasniki (vokali) imajo izrazite formantne (resonančne) frekvence.
- » Prvi dve formantni frekvenci F1 in F2 se pogosto predstavlja in analizira v dvorazsežni F1/F2 ravnini.



Govorni glasovi in njihove značilnosti

- » Simbole za različne gorovne glasove v nekem jeziku, s katerimi je možno ločiti posamezne besede jezika, imenujemo **fonemi** (30 – 50 glasov).
- » Pri opisovanju govora fonemi igrajo podobno vlogo kot pri pisavi **črke**.
- » Simbole za različne akustične realizacije fonemov (vpliv sosednjih glasov) imenujemo **alofoni**.
- » **Fon** imenujemo posamezno akustično uresničitev (izgovarjava) glasu.
- » V slovenščini vse tri različne kategorije navadno poimenujemo kar z besedo **glas**.

Razvrščanje fonemov

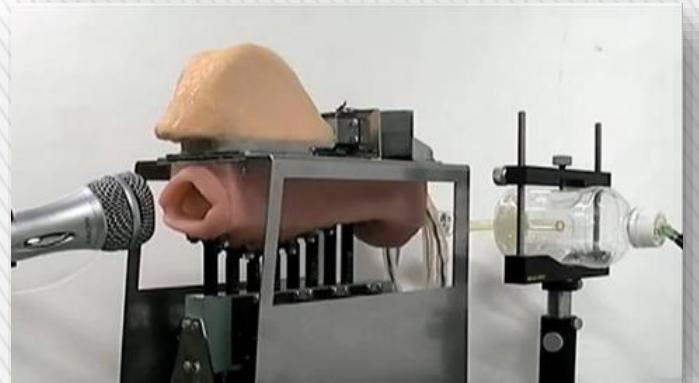
- » Glede na način vzbujanja vokalnega trakta (goltne, ustne in nosne votline):
zveneči, nezveneči.
- » Glede na odprtost vokalnega trakta:
samoglasniki - vokali,
soglasniki (zvočniki - sonanti, **nezvočniki** - nesonanti).
- » Glede na način tvorjenja nezvočnikov:
zaporniki, priporniki, zlitniki.
- » Glede na razčlenitev posameznih faz tvorjenja zapornikov:
zapora, odpora pridih.
- » Glede na trajnost (dinamiko) glasov:
trajni, netrajni.
- » Glede na uporabo dela vokalnega trakta:
ustni, nosni.

Alofoni slovenskega govora

IPA	MRPA	beseda	prepis	IPA	MRPA	beseda	prepis
iː	iː	líst	l [iː] s t	j	j	jéza	[j] e: z a
i	i	nívó	n [i] v o:	I	I	mój	m o: [I]
eː	eː	képa	k [eː] p a	v	v	vôda	[v] ɔ: d a
ɛː	Eː	pêta	p [Eː] t a	U	U	odzív	o dz i: [U]
ɛ	E	nebó	n [E] b o:	w	w	vžíg	[w] Z i: g
aː	aː	máma	m [aː] m a	ʌ	W	vsák	[W] s a: k
a	a	nató	n [a] t o:	p	p	pípa	[p] i: p a
əː	əː	pýt	p [əː] r t	b	b	béda	[b] e: d a
ə	ə	trstén	t [ə] r s t e: n	f	f	fíga	[f] i: g a
ɔː	ɔː	nôga	n [ɔː] g a	t	t	têta	[t] E: t a
ɔ	ɔ	vozáč	v [ɔ] z a: tS	d	d	délo	[d] e: l o
oː	oː	kóža	k [oː] Z a	s	s	sôba	[s] ɔ: b a
uː	uː	múha	m [uː] x a	z	z	zíma	[z] i: m a
u	u	lučaj	l [u] tS a: I	ts	ts	cúla	[ts] u: l a
m	m	míza	[m] i: z a	dz	dz	odzív	o [dz] i: U
nj	F	nímfa	n i: [F] f a	ʃ	S	šípa	[S] i: p a
n	n	néga	[n] e: g a	ʒ	Z	žóga	[Z] o: g a
ŋ	N	sánke	s a: [N] k E	tʃ	tS	čélo	[tS] E: l o
nj	n'	pánj	p a: [n']	dʒ	dZ	odžéti	o [dZ] e: t i
r	r	ríba	[r] i: b a	k	k	káša	[k] a: s a
l	l	léto	[l] e: t o	g	g	góba	[g] o: b a
ŋ	l'	žúlj	Z u: [l']	x	x	hiša	[x] i: s a

Postopki tvorjenje umetnega govornega signala

- » Raziskovalci in razvijalci so v zadnjih desetletjih razvili vrsto postopkov za tvorjenje umetnega govornega signala.
- » *Artikulatorni sintetizatorji* govora so (mehanski, elektronski ali računalniški) fizikalni modeli, ki so zasnovani na podlagi natančnega modeliranja fiziologije in akustike govornega trakta.
- » So najstarejši sintetizatorji govora, obstajajo pa tudi novejši poskusi zaslove mehanskih modelov.



http://www.youtube.com/watch?v=dD_NdnYrDzY

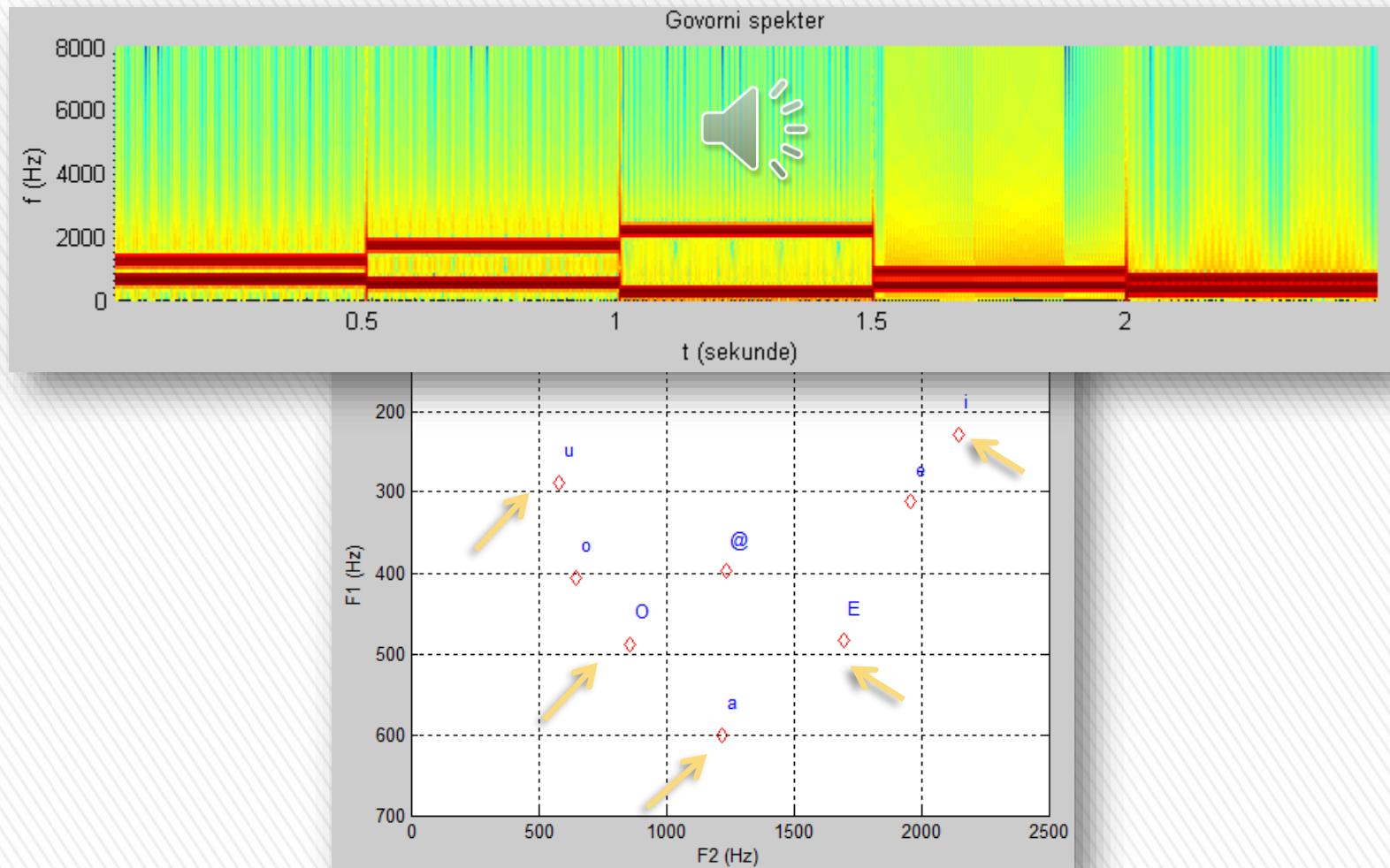
18

Postopki tvorjenje umetnega govornega signala

- » Formantni sintetizatorji govora predpostavljajo, da je prenosna funkcija govornega trakta zadovoljivo opisana s formantnimi frekvencami in formantnimi amplitudami.
- » Sinteza govornega signala temelji na umetni rekonstrukciji formantnih značilnosti.
- » Ti računalniški postopki tvorijo govornih signal s časovnim spremenjanjem osnovnih govornih frekvenčnih parametrov, kot so predvsem formantne frekvence in njihove amplitude in tudi osnovni ton (zven) govora ter amplituda šuma ipd.
- » Navadno so izvedeni z množico produkcijskih pravil, na osnovi katerih se tvori umetni zvočni govorni signal.

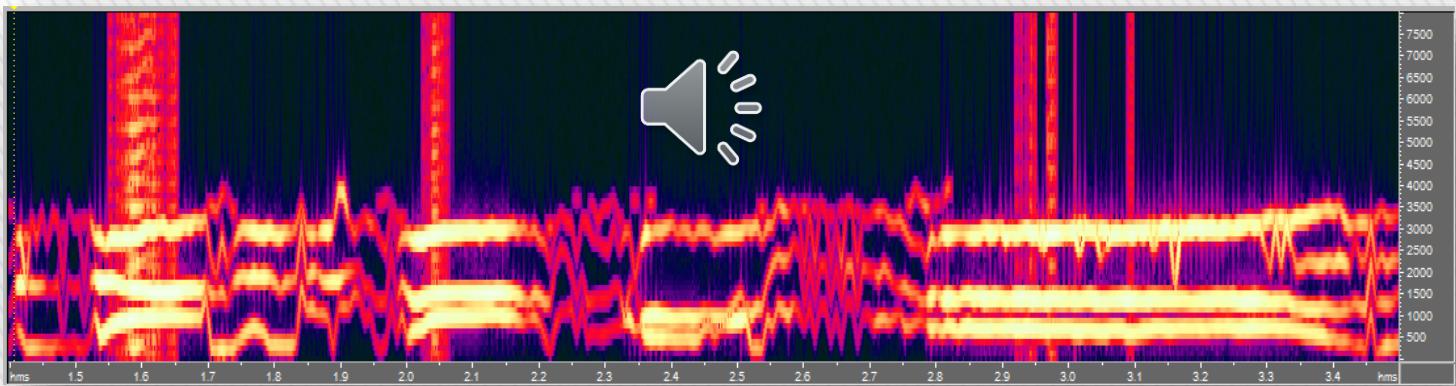
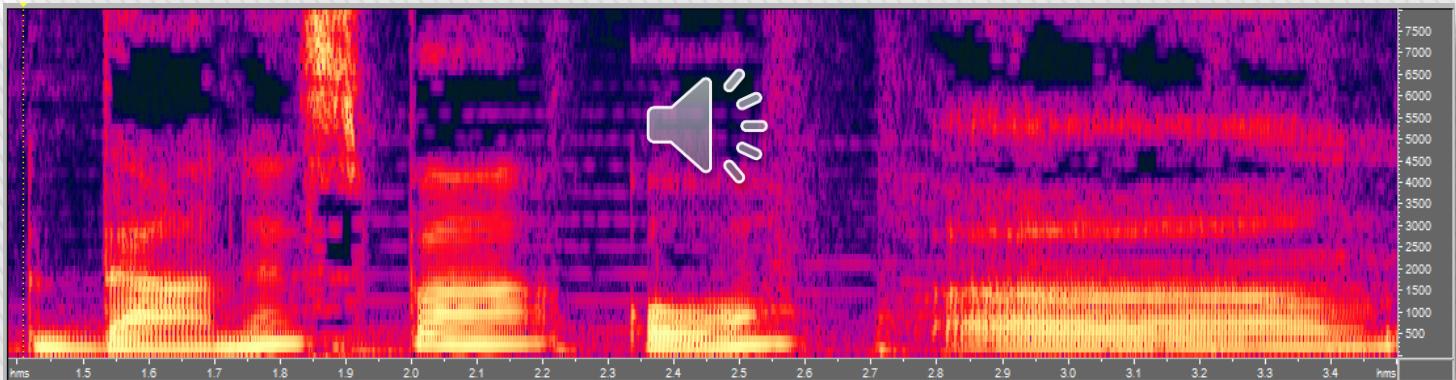
Zgled formantne sinteze

- » Zgled tvorjenja le dveh formantnih frekvenc petih samoglasnikov slovenskega govora /a/, /E/, /i/, /o/, /u/.



Zgled formantne analize in sinteze

- » Zgled tvorjenja štirih spremenljajočih se formantnih frekvenc in amplitud, pridobljenih z analizo posnetka naravnega govora.

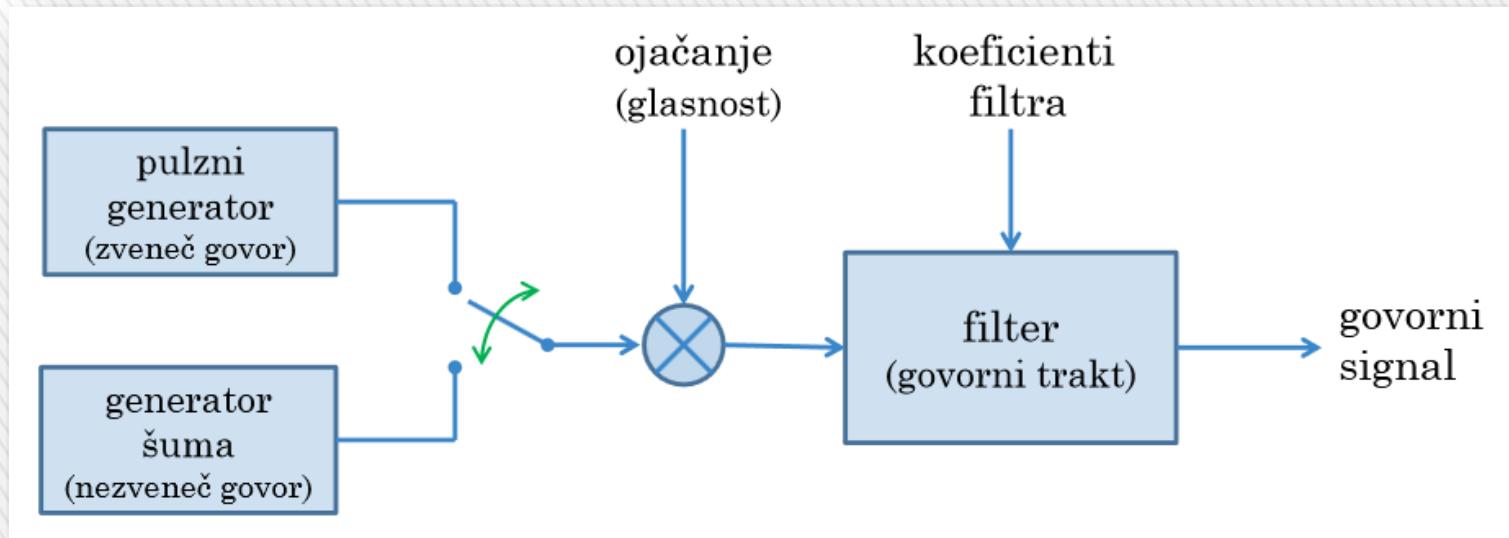


Sintetizatorji govora z združevanjem osnovnih enot

- » Sintetizatorji govora z združevanjem (lepljenjem) osnovnih enot temeljijo na obdelavi vnaprej posnetih in natančno označenih in razčlenjenih posnetkov naravnega govora.
- » Zbirka osnovnih enot mora biti sestavljena tako, da odraža fonološke značilnosti danega jezika.
- » Navadno se kot primerne osnovne enote obravnava difone, ki predstavljajo prehode med zaporednimi glasovi.
- » Sintetizator govora ob združevanju govornih enot uporablja postopke obdelave signalov, da zgladi spektralne nezveznosti, ki nastanejo na zlepkih, in hkrati nastavi zahtevane prozodične parametre.

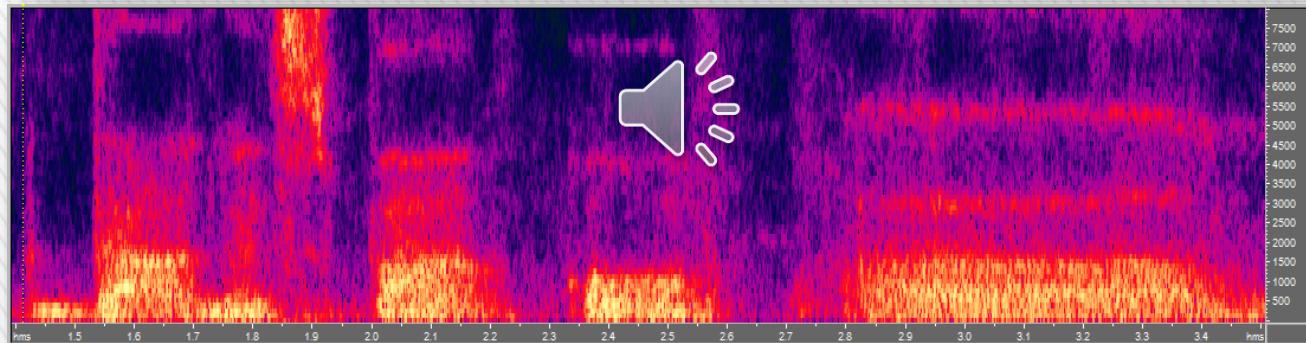
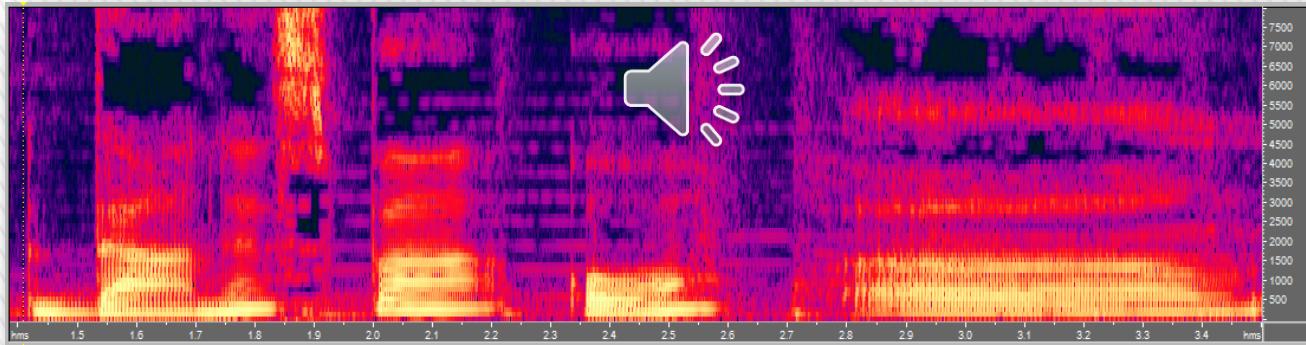
Postopki združevanja osnovnih enot

- » Za združevanje osnovnih enot se med drugim lahko uporabi postopke obdelave signalov, ki temeljijo na več-pulznem linearinem napovedovanju - LPC, ali na obdelavi signalov, ki je sinhrono z osnovno periodo - t.i postopek TD-PSOLA.
- » Tvorjenje signala z linearnim napovedovanjem izhaja iz osnovnega akustičnega modela govora, ki ločuje **vir** in **filter**.



Zgled LPC analize in sinteze govornega signala

- » Z LPC analizo pridobimo oceno koeficientov filtra govornega trakta, ki jih nato uporabimo pri tvorjenju umetnega govora.
- » Na spodnjem predvajanjem zgledu se za tvorjenje umetnega govora uporablja samo šumni generator, zato je rezultat šepetajoč govor.

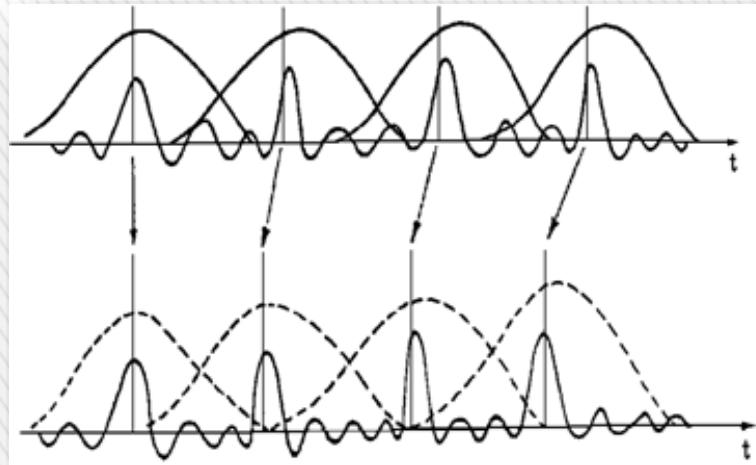


Postopek TD-PSOLA

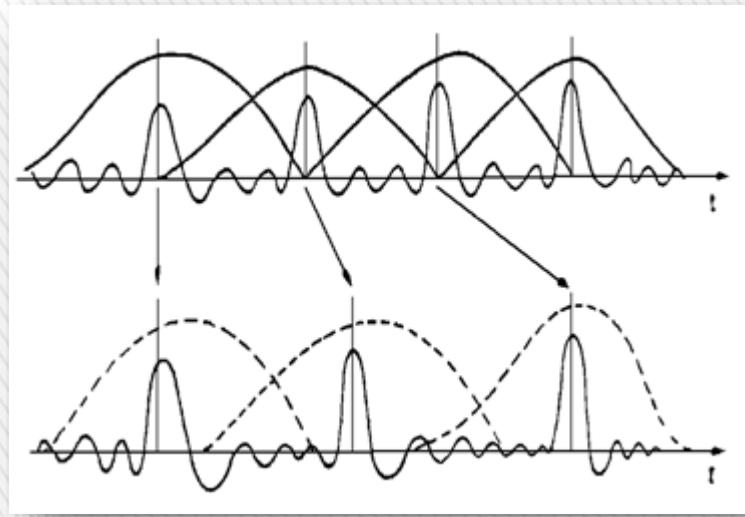
- » Pri tem postopku izvorni govorni signal difonov razdelimo na množico prekrivajočih se kratko-časovnih signalov, ki jih dobimo z oknenjem izvornega signala (Hammingova okna preko dveh period)
- » Oknjene izseke nato po potrebi časovno razmagnemo ali približamo, da dosežemo želeni osnovni ton govora.
- » Skalirane oknjene izseke nato po potrebi še razmnožujemo ali brišemo, da dosežemo želeno trajanje posameznih glasov govora.
- » Končno tvorimo umetni govorni signal s seštevanjem zaporednih oknjenih izsekov.

Postopek TD-PSOLA

Povečanje osnovne frekvence

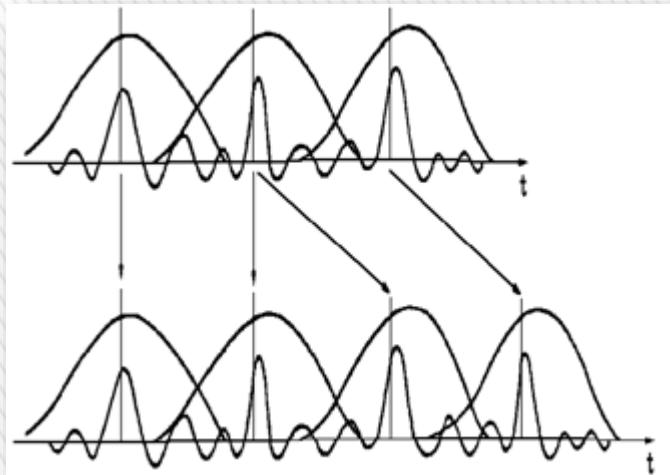


Zmanjšanje osnovne frekvence

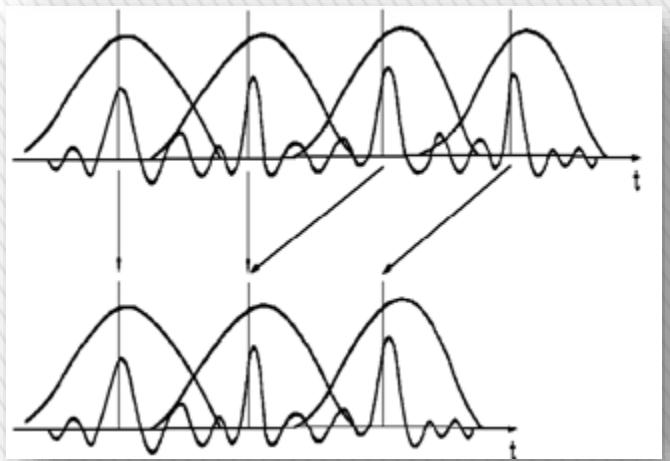


Postopek TD-PSOLA

Povečanje trajanja glasu

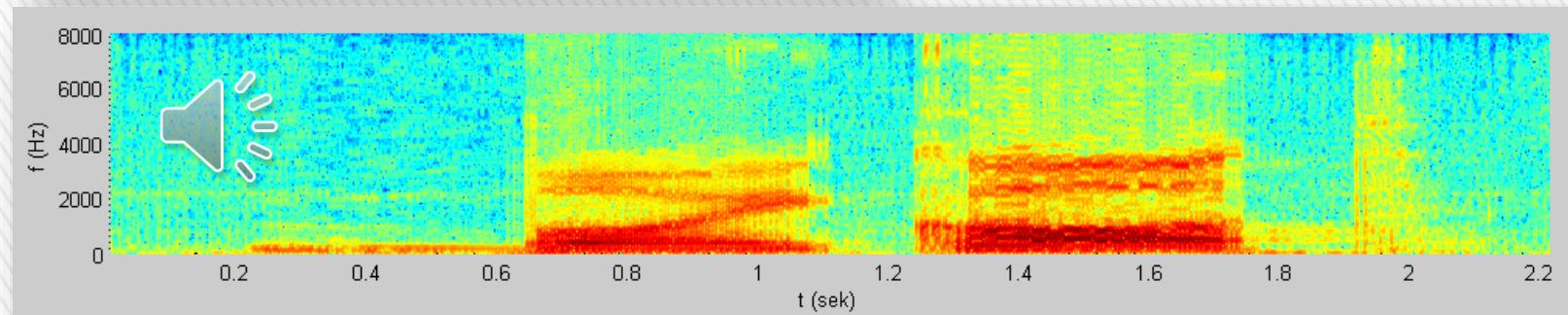
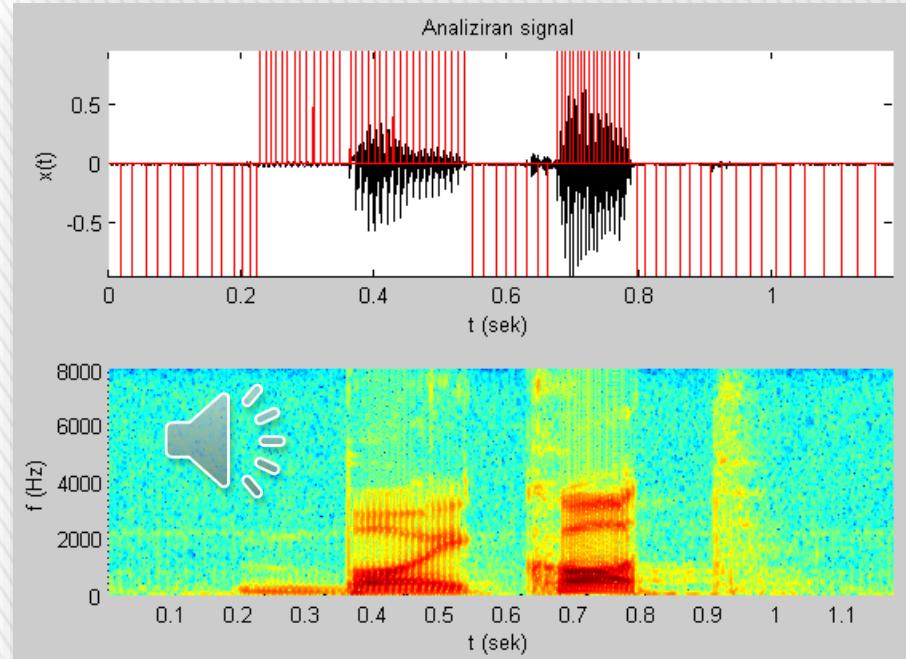


Zmanjšanje trajanja glasu



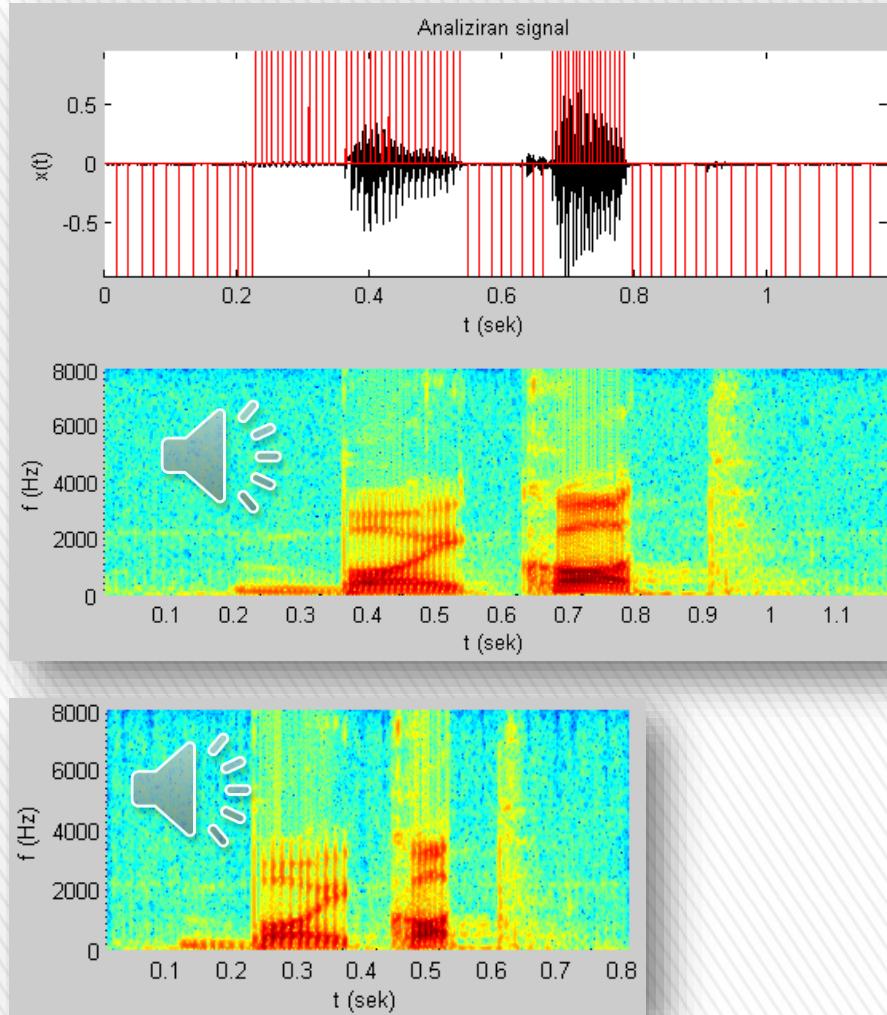
Zgled TDPSOLA analize in sinteze

» Zgled podaljšanja trajanja in povišanja osnovnega tona govora.



Zgled TDPSOLA analize in sinteze

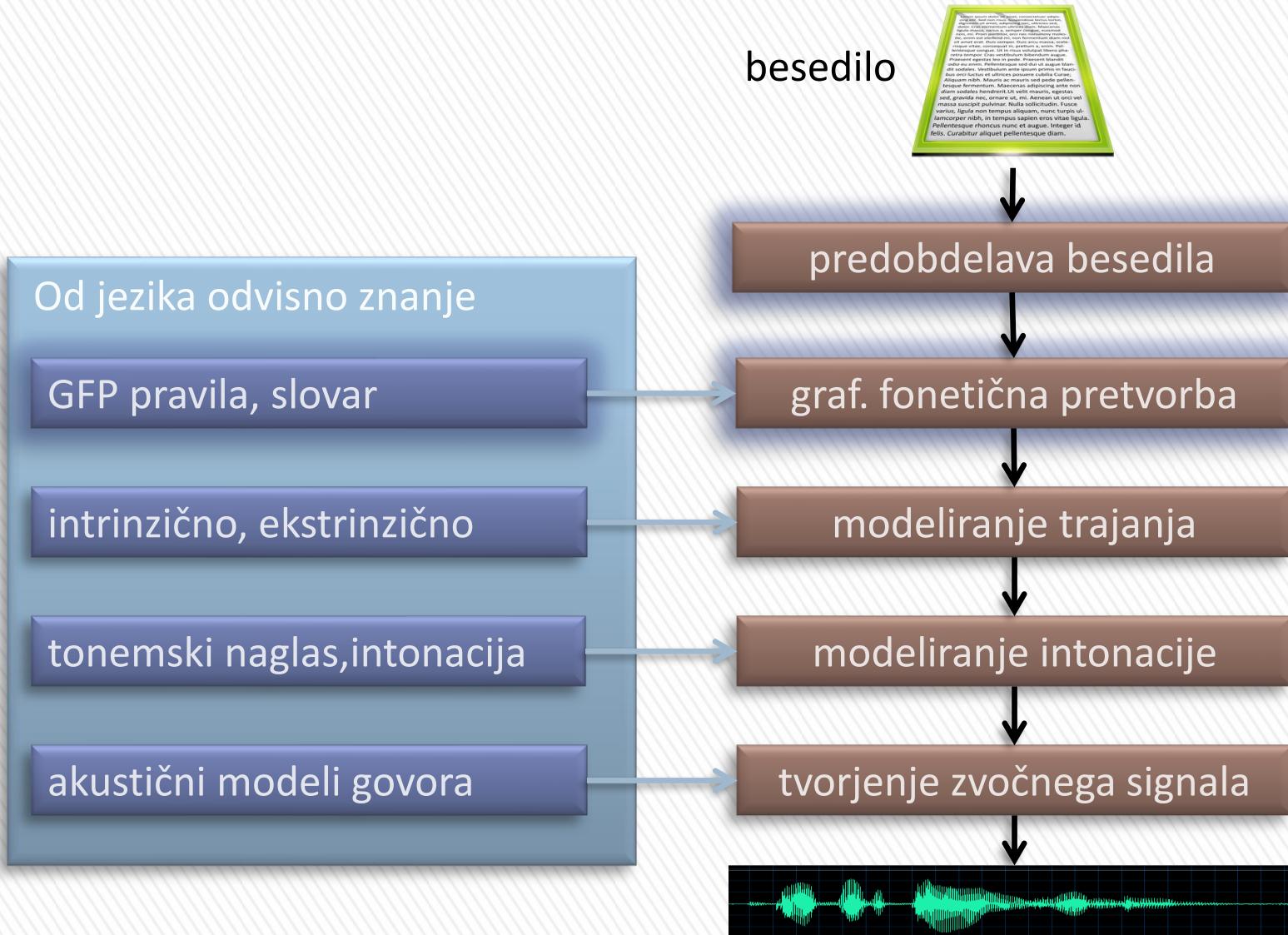
» Zgled zmanjšanja trajanja in znižanja osnovnega tona govora



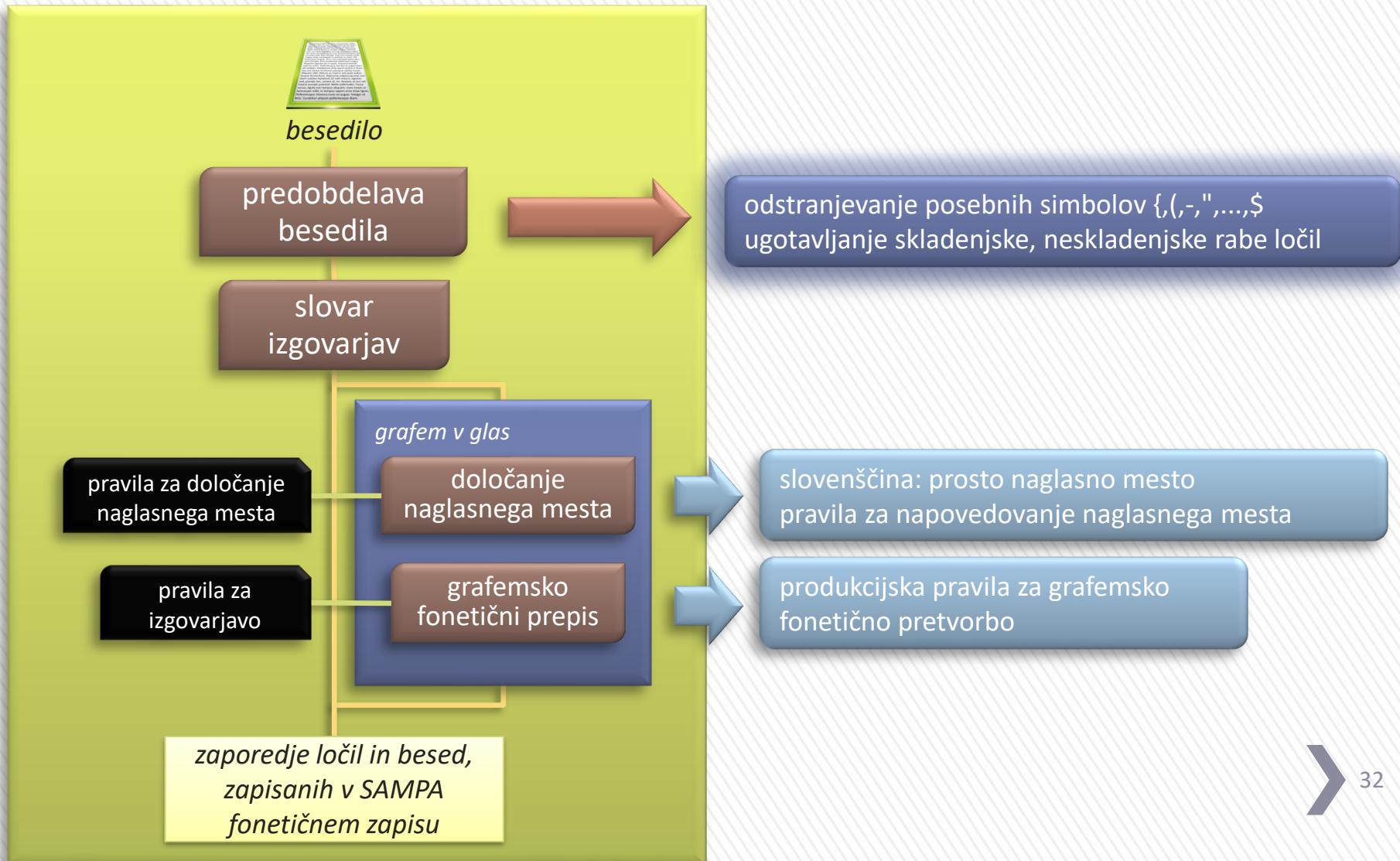
Tvorjenje prozodijskih parametrov umetnega govora

- » Prozodijo (ritem, poudarke, intonacijo) umetnega govora spreminjamo predvsem z nastavljanjem trajanja in osnovnega tona posameznih tvorjenih umetnih glasov.
- » Najzahtevnejši del izgradnje sintetizatorja umetnega govora je prav samodejno določanje prozodijskih parametrov s samodejno računalniško analizo poljubnega vhodnega besedila.
- » Pridobivanje teh parametrov poteka v **več stopnjah** od predobdelave besedila, pretvorbe črk (grafemov) v foneme ter nato še določanja trajanja in intonacije tvorjenih glasov.
- » Posamezne stopnje te **zelo zahtevne** pretvorbe bomo spoznali na primeru slovenskega sintetizatorja govora S6TTS (dr. Jerneja Žganec Gros, diplomanti in sodelavci LUKS).

Sistem S6TTS za pretvorbo besedil v umetni govor



Predobdelava besedila



Predobdelava besedila

- » V postopku predobdelave vhodnega besedila:
 - > iz vhodnega besedila **odstranimo odvečne simbole**, ki ne vplivajo na izgovarjavo besedila;
 - > **zaporedja števk** razvijemo v primeren **grafemski prepis** (razvoj glavnih in vrstilnih števnikov);
 - > zaporedja **velikih črk** primerno obdelamo (ugotavljanje, ali gre za naslov ali za akronime);
 - > za **okrajšave** določimo razširjeni grafemski zapis;
 - > določimo način uporabe **ločil** (skladenjska ali neskladenjska raba...) in
 - > pretvorimo **posebne simbole (ideograme)** v opisni grafemski zapis.
- » Predobdelava vhodnega besedila poteka v dveh korakih:
 - > iskanje konca povedi – vhodno besedilo obdelujemo poved za povedjo in
 - > predobdelava besed v povedi.

Zgled določanja grafemskega zapisa vrstilnih števnikov

končaj besede za vrstilnim števnikom	obrazilo vrstilnega števnika	primer
ih	ih	po 3. nasvetih → po tretjih nasvetih
ah	ih	na 4. dirkah → na četrtih dirkah
ev	ih	2. zvoncev → drugih zvoncev
ov	ih	otroci 8. razredov → otroci osmih razredov
ega	ega	3. slovenskega → tretjega slovenskega
esa	ega	1. kolesa → prvega kolesa
emu	emu	1. beneškemu → prvemu beneškemu
em	im	pred 1. mesecem → pred prvim mesecem
im	im	s 5. moškim → s petim moškim
oma	ima	s 1. dečkoma → s prvoim dečkoma
om	im	s 5. mestom → s petim mestom
ama	ima	s 1. nagradama → s prvoim nagradama
ami	imi	s 1. nagradami → s prvimi nagradami
a	a	5. ulica → peta ulica
e	e	2. armade → druge armade
o	o	3. tekmo → tretjo tekmo, 1. mesto → prvo mesto
u	em	pri 1. tekaču → pri prvem tekaču
sicer	i	1. tolar → prvi tolar

Zgled obdelave ločil

- » Obdelava ločila (npr. pika)
 - » Skladenjska raba (določanje konca povedi)
 - > Piki sledi presledek in beseda z veliko začetnico
(Dopolnil jih je 78. Lepa starost.)
 - > Piki sledita dva znaka za pomik v novo vrstico (konec odstavka)
 - > Piki neposredno ne sledi presledek ali števka
(Ponovite 3. odstavek.)
 - » Neskladenjska raba
 - > Konec okrajšave (izr. prof. dr. Simon Dobrišek, univ. dipl. inž. el.)
 - > Vrstilni števnik (Ob 8. uri zvečer.)
 - > Decimalna vejica (Cena izdelka je 100,00 EUR.)

Zgled obdelave ideogramov

- » Med grafemi poznamo še druga znamenja, predvsem **ideograme**, t.j. znamenja, ki nosijo pomen, kot so npr. matematična znamenja, znamenja iz logike, izpostavna znamenja, znamenja za vrednosti, mere, denarne enote, stopinje ipd.
- » V tabeli je podana pretvorba za nekatere primere neskladenjske rabe ločil:

\$	dolarjev
%	procentov
&	in
(predklepaj
)	zaklepaj
+	plus
=	je enako
<	je manjše od
>	je večje od
*	krat
matematični minus	minus
decimalna pika	pika
decimalna vejica	vejica

Zgled rezultata predobdelave vhodnega besedila

PRED PRAZNIKOM

Pred soboto, 25. aprila, so imeli cvetličarji polne roke dela. Posebej živahno je bilo npr. v cvetličarnah GARDENIA in ROS. G. Pevec (podjetje GARDENIA) si je "mel roke", saj je izračunal, da bo izkupiček predprazničnega nakupa precejšen, saj naj bi znašal 32000,00 SIT + 1000,00 SIT še neplačanih naročil - to pa je za 7% več kot lani ...



pred praznikom .]
pred soboto , petindvajsetega aprila , so imeli cvetličarji
polne roke dela .
posebej živahno je bilo naprimer v cvetličarnah gardenia in
R_O_S .
gospod pevec predklepaj podjetje gardenia zaklepaj si je mel
roke , saj je izračunal, da bo izkupiček predprazničnega nakupa
precejšen, saj naj bi znašal dvaintrideset tisoč vejica nič nič
slovenskih tolarjev plus tisoč vejica nič nič slovenskih
tolarjev še neplačanih naročil - to pa je za sedem procentov
več kot lani \

Grafemsko fonetični prepis

- » Tvorjenje **fonetičnega prepisa** grafemsko (črkovno) zapisanega predobdelanega besedila vključuje različne postopke, kot so:
 - > iskanje fonetičnih prepisov danih besed v **slovarju izgovarjav**,
 - > koartikulacijski **popravki** fonetičnih prepisov na **besednih mejah**,
 - > napovedovanje naglasnega mesta (zloga) v besedah, ki niso vključene v dani slovar izgovarjav (t.i. izvenslovarske besede) in
 - > samodejna **grafemsko fonemska pretvorba** izvenslovarskeih besed.
- » Najenostavnejša metoda pri tvorjenju fonetičnega prepisa je navadno uporaba slovarja izgovarjav.
- » Pridobivanje in priprava dovolj obsežnega slovarja izgovarjav zahteva dobro poznavanje govorenega jezika in njegovega glasoslovja, pri uporabi obstoječih slovarjev pa se pojavlja problem **avtorskih pravic** in **stroškov licenčnin**.

Slovar izgovarjav sistema S6TTS

- » Slovar izgovarjav sintetizatorja govora S6TTS vsebuje le okoli **50.000** fonetično prepisanih izbranih najbolj pogostih besed.
- » Besede so bile pridobljene s statistično analizo in določanjem najbolj pogostih besed v izbranih besedilnih virih, ki vključujejo časopisne članke (*Slovenec*), strokovne revije (*Moj Mikro*), nekaj leposlovnih romanov, Sveti pismo ipd, ki skupaj vsebujejo preko **830.000** besed.
- » Po samodejnem fonetičnem prepisu izbranih najbolj pogostih besed s postopki, ki so opisani v nadaljevanju, se je izvedlo še preko **16.000** ročnih popravkov z ročnim pregledovanjem teh prepisov.
- » Slovar se dopolnjuje (v sodelovanju s podjetjem **Alpineon d.o.o.** in se približuje milijonu besednih vnosov).
- » Razvija se tudi pomnilniško in procesno čim bolj učinkovit zapis z uporabo **končnih pretvornikov**, ki je uporaben tudi za pomnilniško in procesorsko omejene **vgrajene** (navigacijske ipd) **sisteme**.

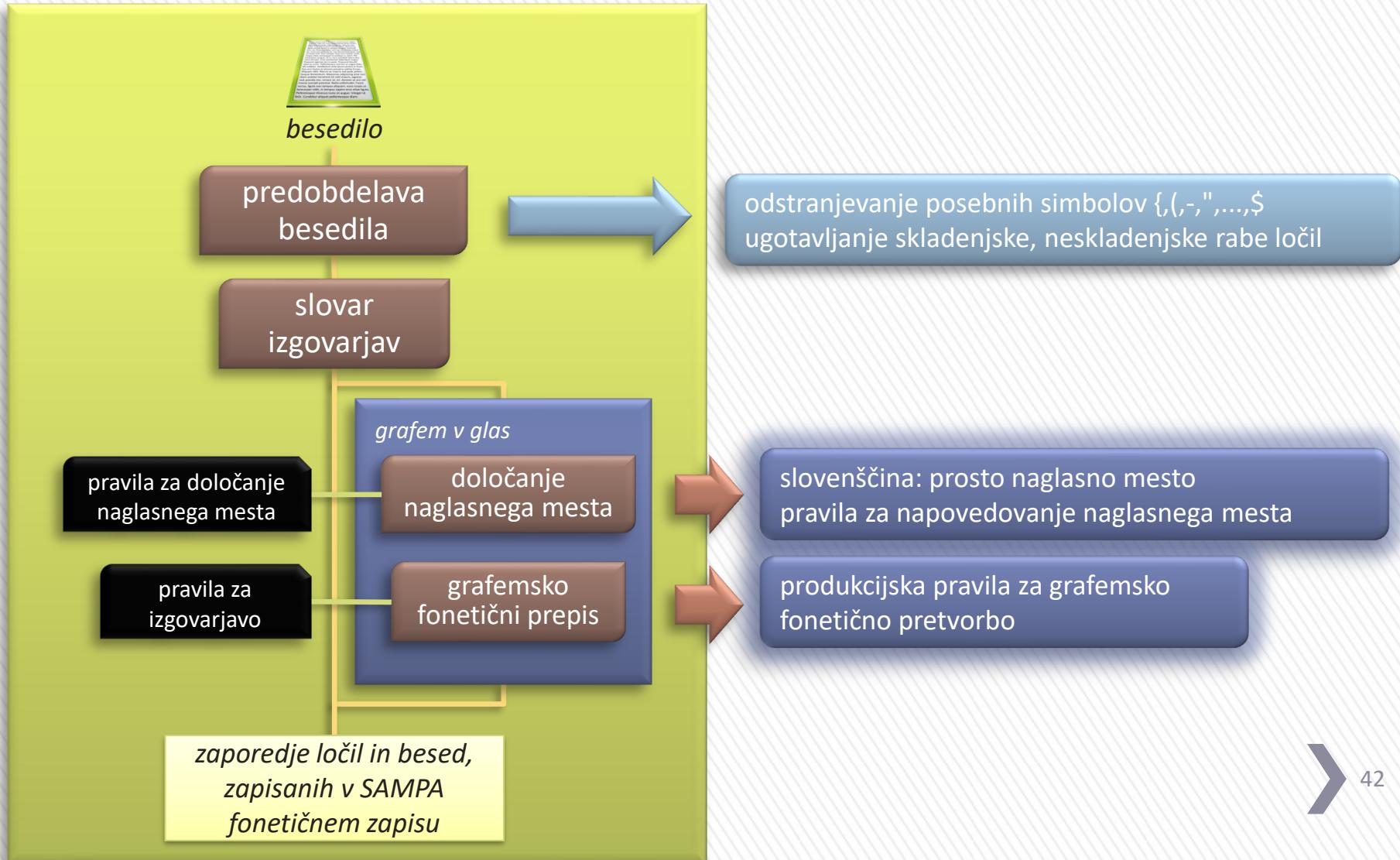
Najbolj pogoste slovenske besede

beseda	frekvenca besede	beseda	frekvenca besede	beseda	frekvenca besede
je	33627	in	25040	v	18183
se	13679	da	11275	na	10120
so	9586	pa	8570	za	8063
ki	7592	ne	7513	z	5957
bi	5381	s	4898	tudi	4450
po	4351	ni	4286	ga	4060
to	3959	še	3761	bo	3549
ko	3517	sem	3416	ali	3414
bil	3054	tako	3037	iz	2993
od	2877	že	2491	mu	2482
pri	2471	če	2387	si	2342
kakor	2334	kaj	2294	bilo	2254
vse	2212	jih	2106	o	2016
kot	2010	do	1977	kar	1922
lahko	1736	naj	1636	mi	1630
med	1622	več	1585	bila	1565

Zgled zapisa slovarja izgovarjav

grafemski zapis	zlogovani zapis	grafemski zapis	zlogovani zapis
pesmi	*pe:s.mi	bele	*be:.lE
zmerom	*zme:. rOm	lica	*li:.tsa
festival	fEs.ti.* va:l	razvoja	raz.* vO:. ja
postelji	*po:s.tEl.ji	lepe	*le:. pE
dejala	dE.* ja:. la	slišati	*sli:. Sa.ti
vprašala	*Wpra:. Sa.la	pozabil	p0.*za:. biw
gleda	*gle:.da	visoke	vi.*sO:. kE
dirki	*di:r.ki	stroške	*stro:S. kE
hipu	*hi:.pu	
čutil	*tSu:. tiw	športih	*Spo:r.tih
knjigo	*knji:. gO	štедilnikom	StE.* di:l.ni.kOm
pesem	*pe:.s@m	številno	StE.*vi:l.nO
posameznih	p0.* sa:.mEz.nih	štorijo	StO.* ri:.jo
obenem	O.* bE:.n@m	šumele	Su.*me:.lE
pogleda	p0g.*le:.da	švedskih	*Sve:ts.kih
lice	*li:.tsE	čajni	*tSa:j.ni
podobo	p0.*do:.bo	čakalnici	tSa.* ka:l.ni.tsi
dodano	d0.*da:.no	čarobno	tSa.* r0:b.no

Določanje naglasnega mesta



Napovedovanje naglasnega mesta

» Napovedovanje naglasnega mesta z uporabo

- > seznama pripon, ki navadno niso nikoli naglašene,
- > seznama predpon, ki večinoma niso naglašene,
- > seznama začetnic, ki so večinoma naglašene na prvem zlogu,
- > seznama končajev besed s pogostim naglasom na predpredzadnjem zlogu,
- > seznama končajev besed s pogostim naglasom na predzadnjem zlogu,
- > seznama končajev v besed s pogostim naglasom na zadnjem zlogu
- > seznama enklitik in proklitik (breznaglasnic), ki niso naglašene

» sicer uporaba statistike in najbolj verjetnega naglasnega mesta

število zlogov v besedi	število besed z naglasom na					
	1. zlogu	2. zlogu	3. zlogu	4. zlogu	5. zlogu	skupaj
1	662					662
2	3568	899				4467
3	1178	4548	237			5963
4	72	1301	1347	49		2769
5 in več	5	54	282	290	3	634

število zlogov v besedi	naglašeni zlog v besedi
1	prvi
2	prvi
3	drugi
4	drugi ali tretji
5 in več	tretji ali četrti

Primer dela seznama končajev in končnic besed s pogostim naglasom na predzadnjem zlogu

-čen	varčen	-enten	prepotenten	-obi	lenobi
-aje	vaje	-erem	perem	-obu	škrobu
-ala	postala	-eri	peri	-odem	modem
-alen	stalen	-eren	primeren	-oga	noga
-ali	podali	-esi	stresi	-ojen	opojen
-alo	premalo	-evati	varčevati	-osit	prosit
-ana	poljana	-ica	gorica	-oten	slaboten
-anski	spomladanski	-igam	figam	-ovati	delovati
-anten	šokanten	-ijem	polijem	-ozen	grozen
-aren	rarodaren	-ila	razbila	-ram	poziram
-arna	pisarna	-ilen	nasilen	-rati	nabirati
-asil	okrasil	-iven	vpliven	-si	najsi
-ekši	rekši	-in	najin	-ti	najti
-elat	delat	-inski	prvinski	-ušil	rušil
-eljal	peljal	-ite	kite	-uje	raduje
-eljat	peljat	-ivši	bivši	-ujem	potrebujem
-eljem	zeljem	-jden	najden	-ulja	mulja
-elji	želji	-nik	pesnik	-usti	pusti

Napovedovanje naglasnega mesta

» Napovedovanje naglasnega mesta z verjetnostno analizo strukture zlogov (C soglasnik, V samoglasnik).

Strukture zlogov	najbolj verjetno naglasno mesto	število besed s tako strukturo	število zlogov v besedi	verjetnosti naglašenega zloga
CVC.CV.CV.CV	2	554	4	[0.02 0.59 0.39 0.00]
CVC.CV.CV.CVC	3	99	4	[0.02 0.17 0.57 0.24]
V.CV.CV.CV	2	265	4	[0.00 0.58 0.41 0.01]
VC.CVC.CCV.CV	2	60	4	[0.03 0.70 0.27 0.00]
VC.CVC.CV.CV	2	215	4	[0.02 0.65 0.33 0.00]
CCCV.CV.CV	1	156	3	[0.49 0.49 0.01]
CCV.CCCV.CV	2	35	3	[0.46 0.54 0.00]
CCVC.CV.CV	2	502	3	[0.42 0.57 0.00]
CVC.CCV.CV	1	206	3	[0.56 0.44 0.00]
CVC.CCV.CVC	2	51	3	[0.14 0.73 0.14]
CVC.CV.CV	2	1168	3	[0.31 0.68 0.01]
CCV.CV	1	863	2	[0.95 0.05]
CCV.CVC	1	668	2	[0.73 0.27]
CV.CCVCC	2	1	2	[0.00 1.00]
CV.CV	1	1111	2	[0.90 0.10]

Napovedovanje naglasnega mesta

- » Zgled napovedovanje naglaševanja ozkega in širokega samoglasnik /o/ in /O/ z verjetnostno analizo zlogov.

Število naglašenih o(O)	verjetnost naglasa o:/ O:	struktura in naglašeni o(O) v besedi
13	0.77/0.23	CCV.CV. Co:.CV
5	1.00/0.00	CCV.CV. Co:.CVC
13	1.00/0.00	CCV.CV. Co:C.CV
1	1.00/0.00	CCV.CV. Co:C.CVC
3	0.33/0.67	CCV.CVC.CO:.CV
21	0.90/0.10	CCV.Co:.CV.CV
1	0.00/1.00	CCV.CVC.CO:.CVC
15	0.67/0.33	CCV.Co:C.CV.CV
10	0.80/0.20	CCVC.CV.Co:C.CV
3	0.33/0.67	CCVC.CO:.CVC.CV
21	0.81/0.19	CV.CV. Co:.CV
21	0.86/0.14	CV.CV. Co:C.CV
8	0.75/0.25	CV.CV. Co:C.CVC
24	0.58/0.42	CV.Co:.CV.CV
51	0.67/0.33	CV.Co:C.CV.CV

Napovedovanje naglasnega mesta

- » Zgled napovedovanje naglaševanja ozkega in širokega samoglasnik /e/ in /E/ z verjetnostno analizo zlogov.

Število besed z naglašenim e(E)	verjetnost naglasa e:/ E:	struktura in naglašeni e(E) v besedi
3	1.00/0.00	CCCVC. Ce:.CV.CV
1	1.00/0.00	CCCe:C.CV.CV.CV
33	0.85/015	CCV.CV. Ce:.CV
9	1.00/0.00	CCV.CV. Ce:.CVC
12	0.58/0.42	CCV.CV. Ce:C.CV
5	0.20/0.80	CCV.CV. CE:C.CCV
4	0.00/1.00	CCV.CVC. CCe:..CV
36	0.81/0.19	CCV. Ce:.CV.CV
3	0.00/1.00	CCV. CE:.CV.CVC
10	0.90/0.10	CCV. Ce:.CVC.CV
27	0.93/0.07	CCV. Ce:C.CV.CV
16	0.94/0.06	CCVC. Ce:.CV.CV
2	0.50/0.50	CCV. Ce:C.CVC.CCV
158	0.59/0.41	Ce:C.CV
111	0.72/0.28	Ce:.CV

Produkcijska pravila za grafemsko fonetično pretvorbo

- » Za pretvarjanje grafemskih nizov v fonetični prepis se uporabljajo kontekstno neodvisna in kontekstno odvisna pravila.
- » Kontekstno neodvisna pravila enolično preslikajo grafemski niz v fonetični simbol, na primer:

niz grafemov	fonetični prepis	primer
f	f	kifelj

- » Kontekstno odvisno pravilo sestavlja niz grafemov, ki ga preslikujemo, njegov levi in desni kontekst ter niz fonetičnih simbolov, v katerega se preslika grafemski niz, na primer:

levi kontekst	niz grafemov	desni kontekst	fonetični prepis	primer
\$	ev	_	[@w]	čevljev
\$	er	_	[@r]	gaber

Produkcijska pravila za grafemsko fonetično pretvorbo

- » Izrazno moč pravil še povečamo, če pri vhodnem seznamu grafemskih znakov uvedemo **dodatne oznake**, s katerimi ponazorimo pravila, ki delujejo nad večjo skupino glasov.
- » Vsaka dodatna oznaka opisuje določeno podmnožico vhodne abecede.
- » Oznaka '/' zaznamuje naglasno mesto, oznaka '_' pa presledek.

oznaka za glas. skupino	glasovna skupina	glasovi iz glasovne skupine
#	samoglasniki	aeiou
\$	soglasniki	mnvljrbdzžgpftcsčškh
&	soglasniki, skupaj s presledkom	mnvljrbdzžgpftcsčškh_
%	zvočniki	mnvjlr
"	nezveneči soglasniki	pftcsčškh
+	zvneči soglasniki	bdzžgmnjlr
*	zvneči nezvočniki	bdgzž
=	vsi glasovi, skupaj z '/' in '_'	abcčdefghijklmnoprsštuvzžxywq/_

Produkcijska pravila za grafemsko fonetično pretvorbo

- » Grafemski zapis vhodnega besedila se pretvarja od leve proti desni in se ne vrača nazaj.
- » Najprej se upošteva pravila za polglasnik, nato pravila za samoglasnike in na koncu še pravila za soglasnike
- » Spodaj je seznam pravil za grafem <e>: široki [E] in ozki [e]

levi kontekst	niz grafemov	desni kontekst	fonetični prepis	primer	razlaga pravila
=	/e	nt#	[E:]	študenta	širok je naglašeni <e> v priponi -ent- pred samoglasnikom in na koncu besede (izjeme trobenta, polenta) [Toporišič91, str.46]
=	/e	nt_	[E:]	študent	ista razlaga kot zgoraj
=	/e	j#	[E:]	veja	
_t	/e	b#	[E:]	tebe	širok je naglašeni <e> v oziralnih zaimkih za prvo in drugo osebo ednine
_m	/e	n#	[E:]	mene	ista razlaga kot zgoraj
_	/e	n#	[E:]	ena	širok je naglašeni <e> v sklonih glavnega števnika en
	/e	_	[E"]	kajle	
=	/e	=	[e:]	pena	preostali neglašeni <e> so ozki
=	e	=	[E]	drevo	nenaglašeni <e> so široki

Zgled rezultata fonetičnega prepisa vhodnega besedila

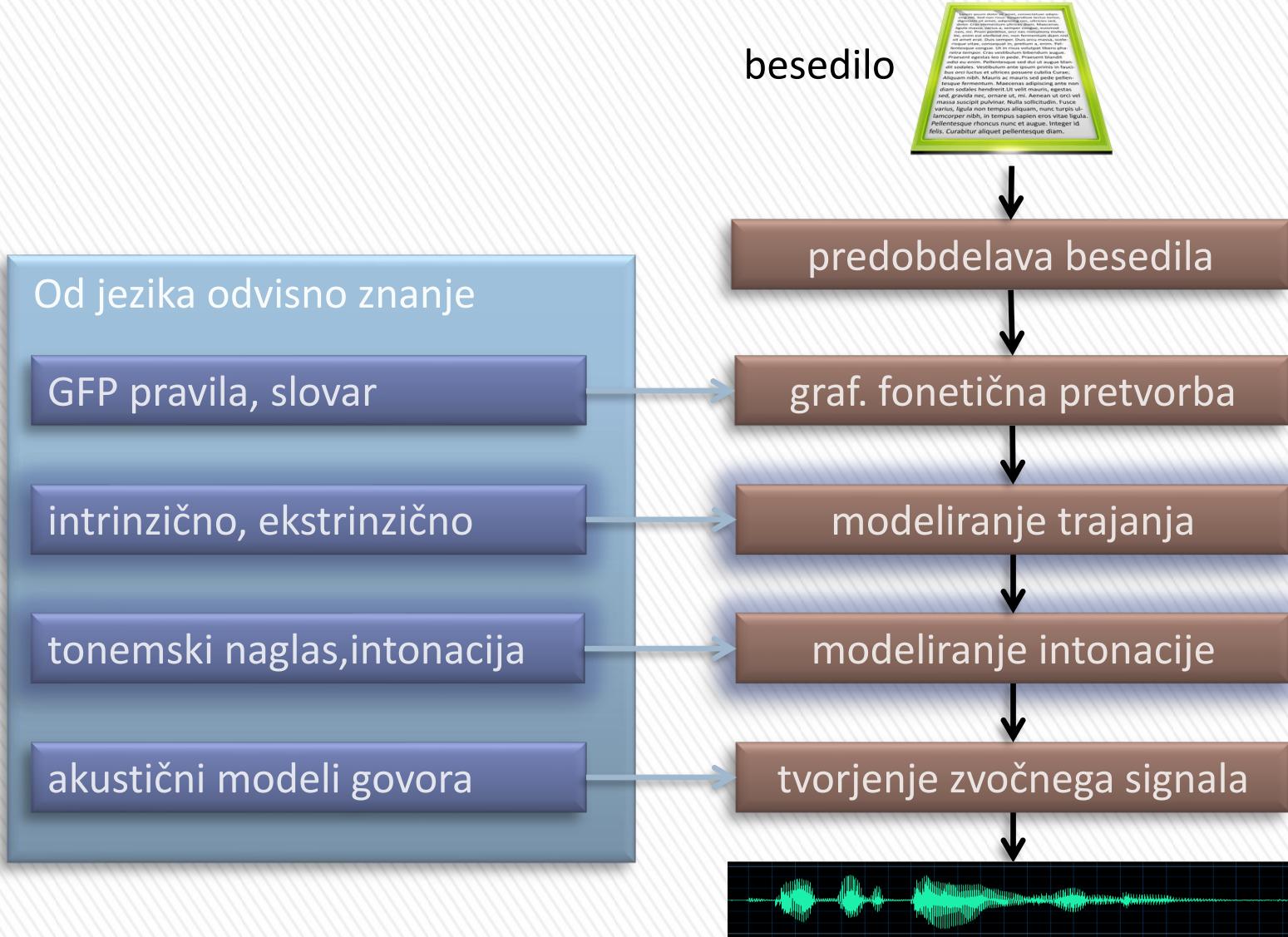
PRED PRAZNIKOM

Pred soboto, 25. aprila, so imeli cvetličarji polne roke dela. Posebej živahno je bilo npr. v cvetličarnah GARDENIA in ROS. G. Pevec (podjetje GARDENIA) si je "mel roke", saj je izračunal, da bo izkupiček predprazničnega nakupa precejšen, saj naj bi znašal 32000,00 SIT + 1000,00 SIT še neplačanih naročil - to pa je za 7% več kot lani ...



prEt pra:znikOm. \$
prEt sObo:tO, pe:tindvajsEtEga apri:la, sO ime:li cvEtliSa:rji
po:wne rO:ke de:la.
poSe:bEj Ziva:hnO jE bilo: napri:m@r W cvetliSa:rnah garde:nia
in ro:s.
gOsPo:t pe:v@ts preE:tklEpaj pOdje:tjE garde:nia za:klEpaj si
jE me:w rO:ke, saj jE izratSu:naw, da bo: iskupi:tSEk
prEtpra:znitSnEga naku:pa prEtsE:jS@n, saj naj bi zna:Saw
dvaintri:des@t ti:sotS vE:jitsa nits nits slove:nskih to:larj@W
plus ti:sotS vE:jitsa nits nits slove:nskih to:larj@W SE
nEpla:tSanih narOtSi:l - to: pa jE za se:d@m procE:ntOw vEtS
kot la:ni/

Sistem S6TTS za pretvorbo besedil v umetni govor



Določanje prozodičnih lastnosti umetnega govora

- » Pravilna izbira prozodičnih parametrov je **zelo pomembna** za tvorjenje naravnega in razumljivega sintetiziranega govora.
- » Osnovne tri prozodične parametre - osnovno frekvenco F0, jakost in trajanje - je potrebno nastaviti v skladu s segmentno strukturo, slovarjem, skladnjo in semantiko (pomen) sporočila.
- » Prozodične lastnosti govora širše obravnavamo na štirih ravneh uresničitve, kar ustreza štirim stopnjam v govorni komunikaciji:
 - > **jezikovna raven** – poudarjanje določenih delov besedila in zaznamovanje meja med deli besedila;
 - > **raven izgovarjave** (artikulacije) - zaporedje sprememb položajev in oblik govoril v govornem traktu;
 - > **raven akustične uresničitve** - osnovna frekvenca, jakost in trajanje glasov;
 - > **raven zaznavanja** - poslušalec prozodijo zaznava kot premore, dolžino, melodijo in glasnost.

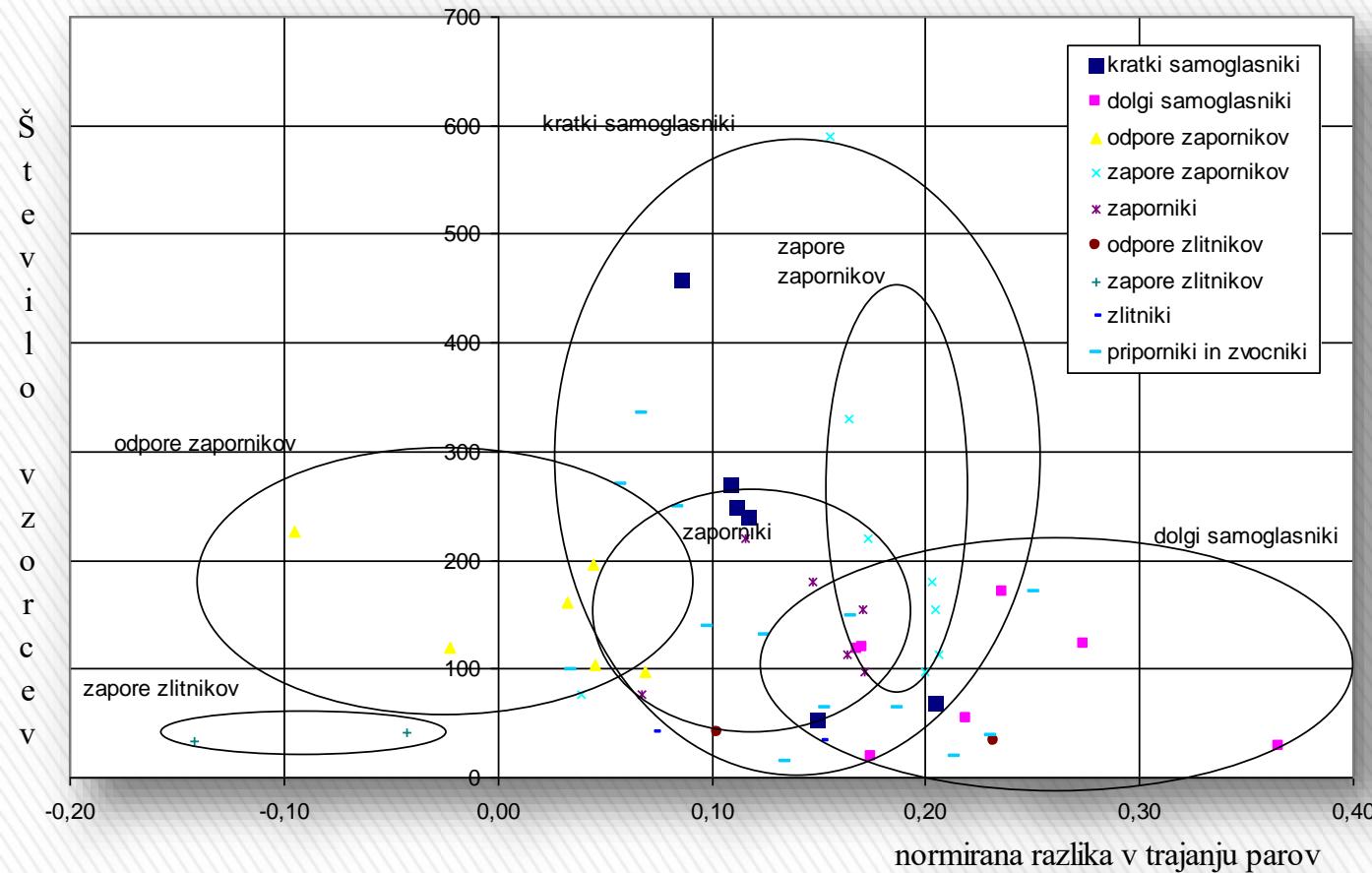
Določanje prozodičnih lastnosti umetnega govora

- » Pri podrobнем opisu prozodičnih pojavov se omejimo predvsem na tiste pojave, ki jih lahko določimo in ovrednotimo s postopki obdelave govornega signala, in njihove uresničitve na jezikovni ravni: naglaševanje, intonacijo, ritem in hitrost govora.
- » V tekočem govoru je posamezen zlog lahko izgovorjen glasneje ali tonsko izrazitejše kot sosednji zlogi - ta pojav imenujemo **naglas ali poudarek**.
- » Akustična manifestacija **intonacije** se odraža predvsem v osnovni frekvenci F0.
- » Spremembe v **ritmu in hitrosti** govora se najbolj močno odrazijo na trajanju samoglasnikov, in najmanj na trajanju zapornikov.
- » Nihanja v **jakosti**, in posledično glasnosti govora , so v večji meri naravno vsebovana v posnetih glasovih in jih zato pri sintezi govora, ki temelji na združevanju osnovnih govornih enot, navadno ni potrebno dodatno upoštevati.

Meritve prozodičnih značilnosti slovenskega govora

- » Izvedena je bila vrste meritev prozodičnih značilnosti slovenskega govora.
- » Izvedle so se meritve in statistična analiza **trajanja** in **osnovnih frekvenc** glasov slovenskega govorjenega jezika
- » Meritve so se izvedle za normalen, počasen in hiter govor.
- » Preučevanje vpliva vseh dejavnikov na trajanje glasov ob različnih hitrostih govora je zelo obsežno.
- » Zato smo se omejili na opazovanje krajšanja in daljšanja povprečnih trajanj posameznih glasov ter poskusili poiskati zakonitosti, ki se ob spremenjeni hitrosti govorjenja odrazijo v trajanju posameznih skupin glasov.

Zgled analize parov meritev trajanj glasov



Nastavljanje prozodičnih parametrov umetnega govora

» Nastavljanje prozodičnih parametrov umetnega govora poteka po naslednjih fazah:

1. predpriprava fonetičnega zapisa besedila:

- zlogovanje besed,
- oblikovanje **takov** in **členitev** besedila na fraze in
- določanje **tonemskega** naglasa;

2. modeliranje trajanja:

- nastavljanje **trajanja glasov** in **zgovov** in
- nastavljanje **trajanja premorov**;

3. modeliranje osnovne frekvence:

- nastavljanje tonemskega besednega naglasa in
- **oblikovanje stavčne intonacije.**

Predpriprava fonetičnega zapisa besedila

- » Za uspešno nastavljanje parametrov trajanja in osnovne frekvence je potrebna predpriprava fonetičnega prepisa besedila z naslednjimi koraki:
 - > deljenje besed na zloge,
 - > določanje tipa besede glede na naglasno mesto,
 - > oblikovanje taktov,
 - > grupiranje besedila oz. členitev besedila na fraze,
 - > določanje položaja takta in
 - > določanje vrste tonemskega naglasa.

Predpriprava fonetičnega zapisa besedila

- » **Deljenje besed na zlage** je zahtevna naloga in temelji na množici pravil, ki predpostavlja, da se mora v zlogu nahajati vsaj en samoglasnik, ki predstavlja jedro zloga - le v primeru dvoglasnika ali diftonga lahko zlog vsebuje dva samoglasnika.
- » Besede delimo glede na položaj naglašenega zloga v besedi na:
 - > bariton - večzložna beseda, ki nima naglasa na zadnjem zlogu
 - > oksiton - beseda z naglasom na zadnjem ali edinem zlogu
- » Baritoni in oksitoni se razlikujejo po trajanju zlogov in po poteku krivulje osnovne frekvence pri tonemskem naglaševanju.
- » **Takt** so besede, ki ji pridružimo vse **breznaglasnice**, ki se na te besede naslanjajo glede svojega naglasa.
- » **Breznaglasnice** so nenaglašene besede (predlogi, vezni, nikalnice ipd), ki se v govorni verigi naslanjajo na naglašene besede, zato se imenujejo naslonke ali klitike (enklitike – na prejšnjo in proklitike – na naslednjo besedo).

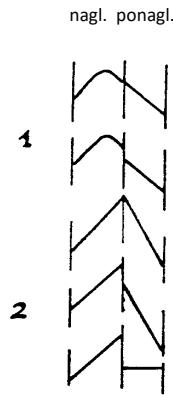
Členjene besedila na fraze

- » Besedilo samodejno členimo na fraze na naslednjih mestih:
 - > na koncu povedi: ta mesta so v pisavi zaznamovana s končnimi ločili, kot so pika, vprašaj, klicaj in tri pike v skladenjski rabi ipd.;
 - > na meji med stavki iste povedi, zlasti v priredju: pred prirednimi vezniki, zlasti protivnimi in posledičnimi;
 - > med vrvkom, pristavkom, dostavkom, izpostavkom, pastavkom in preostalim delom povedi ali stavka: ta mesta so v pisavi navadno zaznamovana z nekončnimi ločili, kot so vejica, dvopičje, podpičje, vezaj ipd.;
 - > po spremnem stavku premega govora, če je pred dobesednim navedkom: to mesto je v pisavi zaznamovano z vejico in z narekovajem;
 - > v podredju pred prilastkovim, časovnim in predmetnim odvisnikom, ta mesta so v pisavi navadno zaznamovana z vejico pred podrednim veznikom.

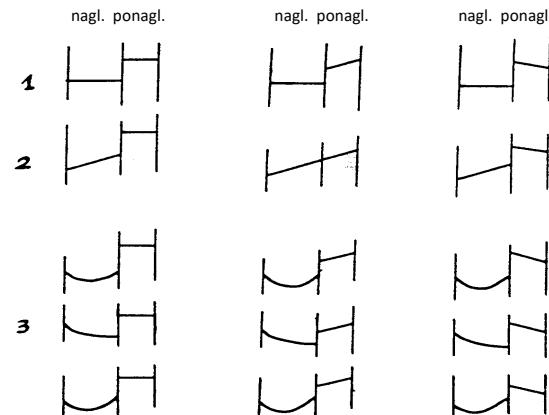
Zgled določanje takta in vrste naglasa

- » Ločimo štiri položaje takta: takt pred premorom, takt za premorom, sredinski takt, izolirani takt.
- » V primeru besedila *<Trdil je, da so ga zvezali in pretepli.>*, imamo naslednje položaje taktov:
- » Pri določanju tonemskega naglasa se glede na takt z izbranimi pravili določa mešani akutni (nižji) in cirkumleksni (višji) naglas.

takt pred premorom	<i><in pretepli></i>
takt za premorom	<i><da so ga></i>
sredinski takt	<i><zvezali></i>
izolirani takt	<i><trdil je></i>



Vzorci osnovne frekvence za cirkumfleksni naglas v baritonih



Vzorci osnovne frekvence za akutni naglas v baritonih

Modeliranje trajanja glasov

- » Sintetizirani govor, pri katerem so upoštevane le srednje vrednosti trajanja posameznih glasov, zveni zelo nenaravno.
- » Za nastavljanje trajanja govornih enot S6TTS upošteva **meritve povprečnih trajanj glasov** pri **treh hitrostih govora** in uporablja dvostopenjski pristop napovedovanja trajanja.
- » Model za nastavljanje **intrinzičnega (notranjega) trajanja glasov** govornim enotam v trajanju enega takta priredi inherentno ali intrinzično trajanje, ki ga dobimo kot vsoto intrinzičnih trajanj glasov, vsebovanih v taktu.
- » Model za nastavljanje **ekstrinzičnega trajanja taktov** upošteva, da se takti vključujejo v večje govorne enote (fraze, stavke), se skrajšujejo ali podaljšujejo, v skladu z zahtevami višjenivojskih prozodičnih pojavov.
- » Pri nastavljanju intrinzičnega in ekstrinzičnega trajanja glasov se je določilo veliko pravil, ki upoštevajo vrsto dejavnikov, ki vplivajo na trajanje različni vrst glasov (samoglasniki, soglasniki itd)

Modeliranje trajanja glasov

- » Pri nastavljanju intrinzičnega trajanja glasov se upošteva
 - > vrsto glasu: soglasnik (C) ali samoglasnik (V);
 - > vrsta zloga: odprt ali zaprt;
 - > lega glasu glede na naglas: naglasni, prednaglasni, ponaglasni;
 - > lega glasu v besedi: začetna, srednja, končna;
 - > Glasovni kontekst: CC, VCV, ...
- » Pri nastavljanju ekstrinzičnega trajanja pa se upošteva
 - > število zlogov v besedi;
 - > lega zloga v besedi: začetna, srednja, končna;
 - > lega besede v stavku: začetna, srednja, končna;
 - > hitrost govora: počasna, normalna, hitra.

Zgled modeliranja trajanja glasov

- » Intrinzično in ekstrinzično trajanje se usklajuje po proporcionalni metodi, po metodi skaliranja ali po metodi translacije, ki so podrobneje opisane v doktorski disertaciji dr. Jerneje Žganec Gros
- » Kot zgled za predstavitev vseh treh načinov modeliranja trajanja glasu vzemimo besedo *<kit>*, ki ji priredimo fonetični prepis [ki:t].
- » Beseda naj bo izgovorjena osamljeno, kot npr. v primeru <"Kit", so zakričali.>, tako da tvori izolirani takt.

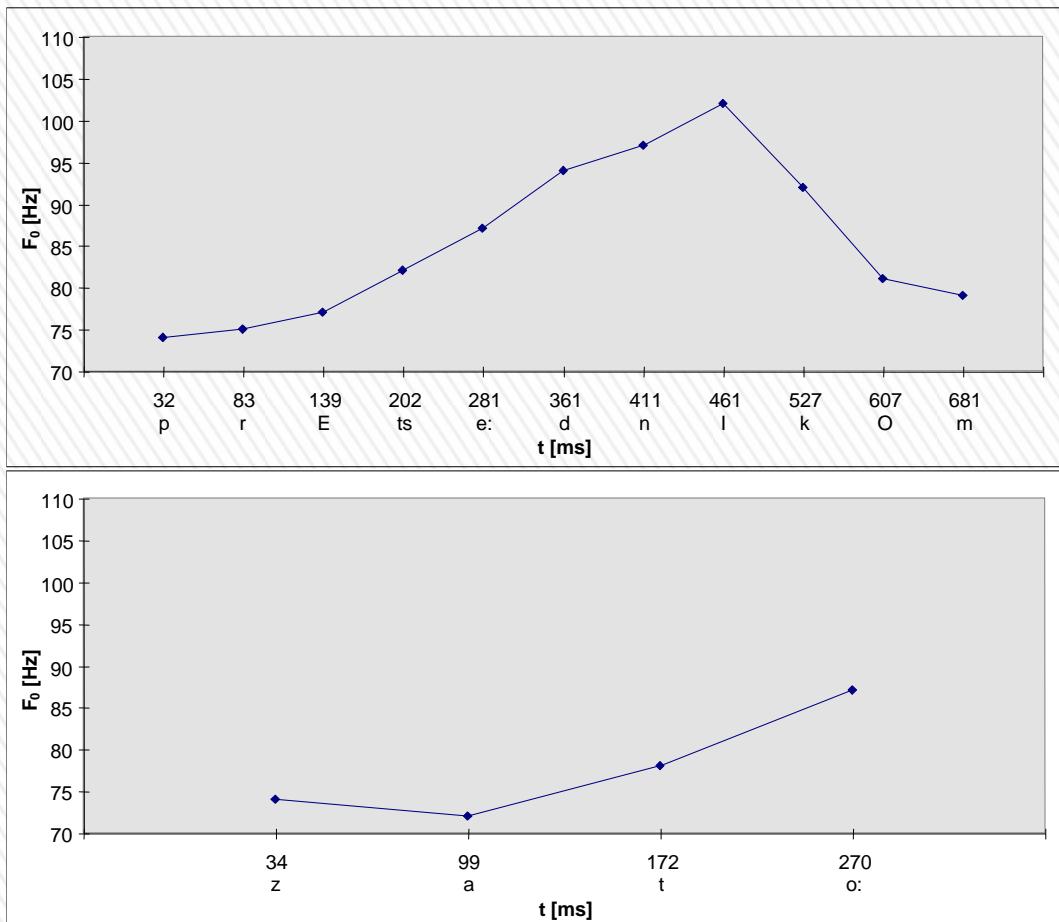
		glas			takt
normalo	način modeliranja trajanja glasu	[k]	[i:]	[t]	[ki:t]
	intrinzično trajanje glasu [ms]	75	100	92	267
	ekstrinzično trajanje besede [ms]				330
	trajanje glasu po postopku s translacijo [ms]	93	119	118	330
	trajanje glasu po postopku s skaliranjem [ms]	93	119	118	330
	trajanje glasu po proporcionalnem postopku [ms]	93	124	113	330
počasi	ekstrinzično trajanje besede [ms]				719
	trajanje glasu po postopku s translacijo [ms]	196	238	285	719
	trajanje glasu po postopku s skaliranjem [ms]	202	234	283	719
	trajanje glasu po proporcionalnem postopku [ms]	202	269	248	719
hitro	ekstrinzično trajanje besede [ms]				191
	trajanje glasu po postopku s translacijo [ms]	57	61	73	191
	trajanje glasu po postopku s skaliranjem [ms]	56	54	81	191
	trajanje glasu po proporcionalnem postopku [ms]	54	72	65	191

Modeliranje osnovne frekvence glasov

- » S6TTS pri nastavljanju osnovne frekvence sintetiziranega govora uporablja dvostopenjski princip, pri čemer oblikovanje osnovne frekvence poteka v **dveh delih** - najprej se oblikuje **besedni naglas** in nato še **stavčna intonacija**.
- » Besedni naglas se oblikuje tako, da se vsaki naglašeni besedi oz. taktu, predpiše enega od obeh značilnih **tonemskih naglasov (akut in cirkumfleks)** in nato se oblikuje potek osnovne frekvence za to besedo oz. takt.
- » Oblikovanje besednega naglasa tako poteka v petih korakih:
 - > nastavljanje **začetnih vrednosti osnovnih frekvenc**,
 - > nastavljanje **skoka** pri tonemskem naglasu,
 - > **omejitev skokov**,
 - > **interpolacija** in
 - > **razgibavanje** osnovnih frekvenc.

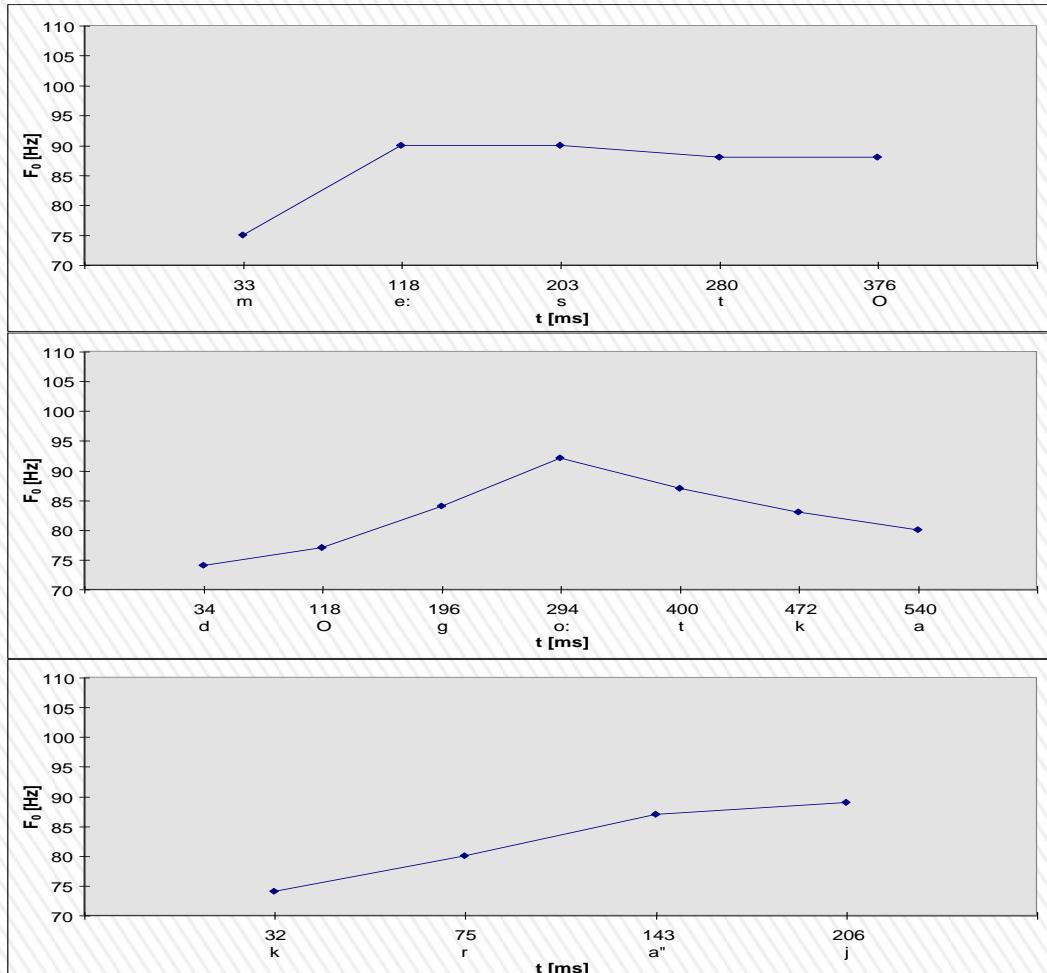
Primeri značilnih potekov osnovne frekvence

- » Značilni krivulji osnovne frekvence za bariton akut <predsednikom> in oksiton akut <zato>



Primeri značilnih potekov osnovne frekvence

» Značilne krivulje osnovnega tona za cirkumfleksni naglas. Prvi dve predstavljata dvozložni in trozložni bariton cirkumfleks <mesto>, <dogodka>, tretja beseda je primer oksiton cirkumfleksa <kraj>.



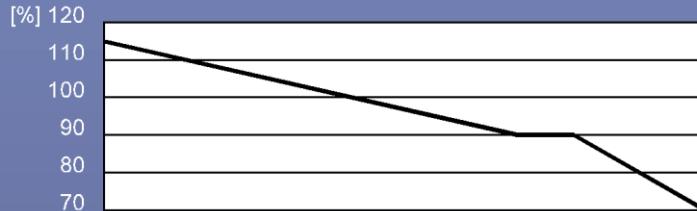
Oblikovanje stavčne intonacije

- » Vrsto intonacijskega vzorca, ki ga S6TTS priredi posamezni frazi, se določa izključno na podlagi ločila na koncu fraze, in to na naslednji način:

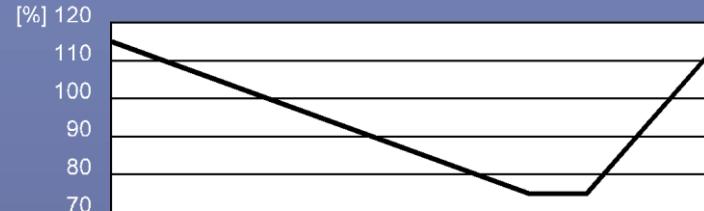
ločilo ob koncu fraze	intonacijski vzorec
pika, podpičje, dvopičje, vprašaj	pripovedna intonacija
vejica ali brez ločila	nekončna intonacija
klicaj	vzklična intonacija
vprašaj	vprašalna intonacija

- » Težišče intonacije se določi s pomočjo zbirke vprašalnic z označenimi mesti težišča.
- » Če se v stavku nahaja vprašalnica iz zbirke, je težišče na tej vprašalnici, sicer pa na naglašenem zlogu zadnje besede v frazi.

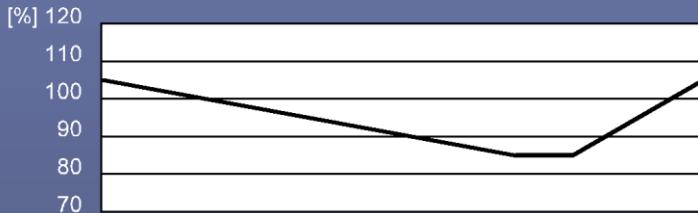
Značilni stavčni intonacijski vzorci



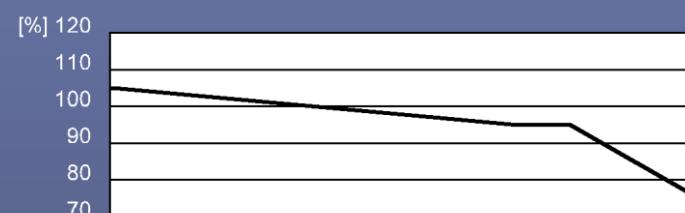
vzklična intonacija



vprašalna intonacija



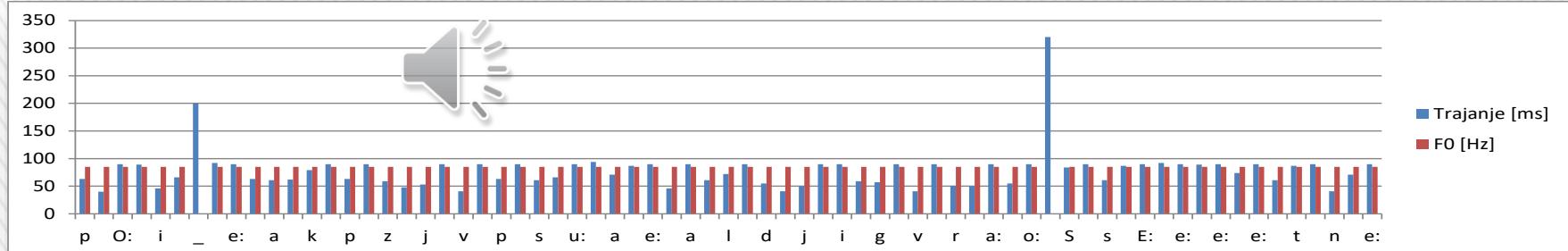
nekončana intonacija



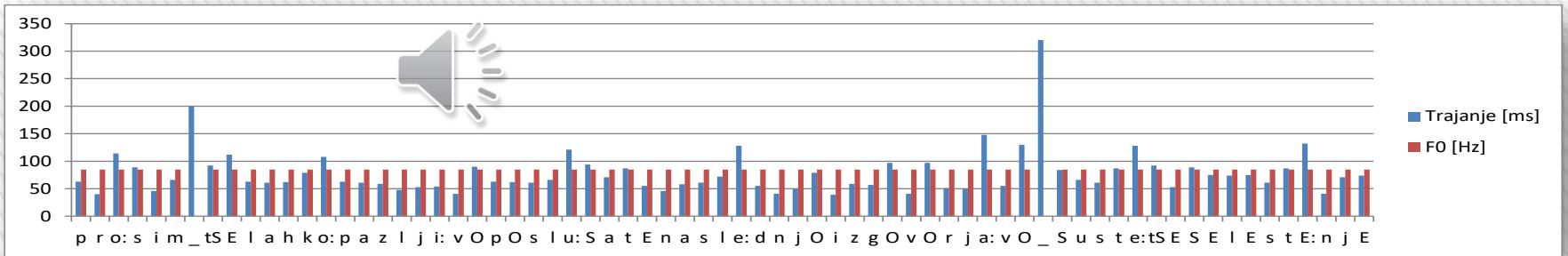
pripovedna intonacija

Demonstracija vpliva nastavljanja prozodičnih parametrov na umetni govor

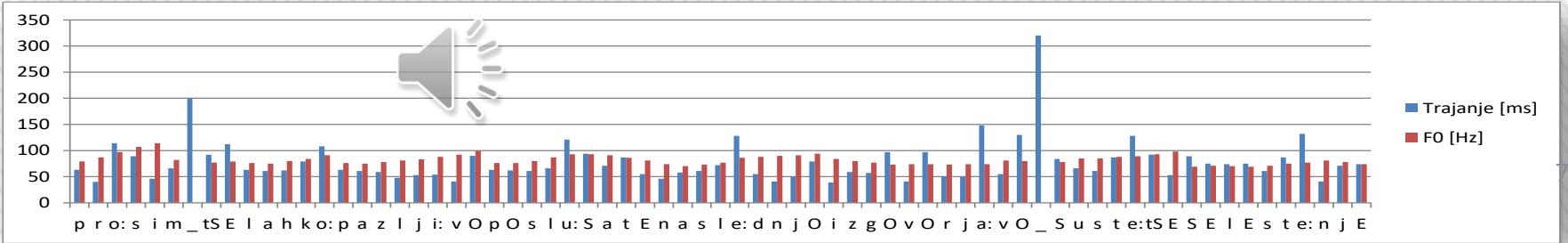
- » Umetni govor s privzetimi samoglasniki ter trajanji in konstantno osnovno frekvenco.



- » Umetni govor z nastavljenimi trajanji in pravilno izbiro ozkih in širokih samoglasnikov.

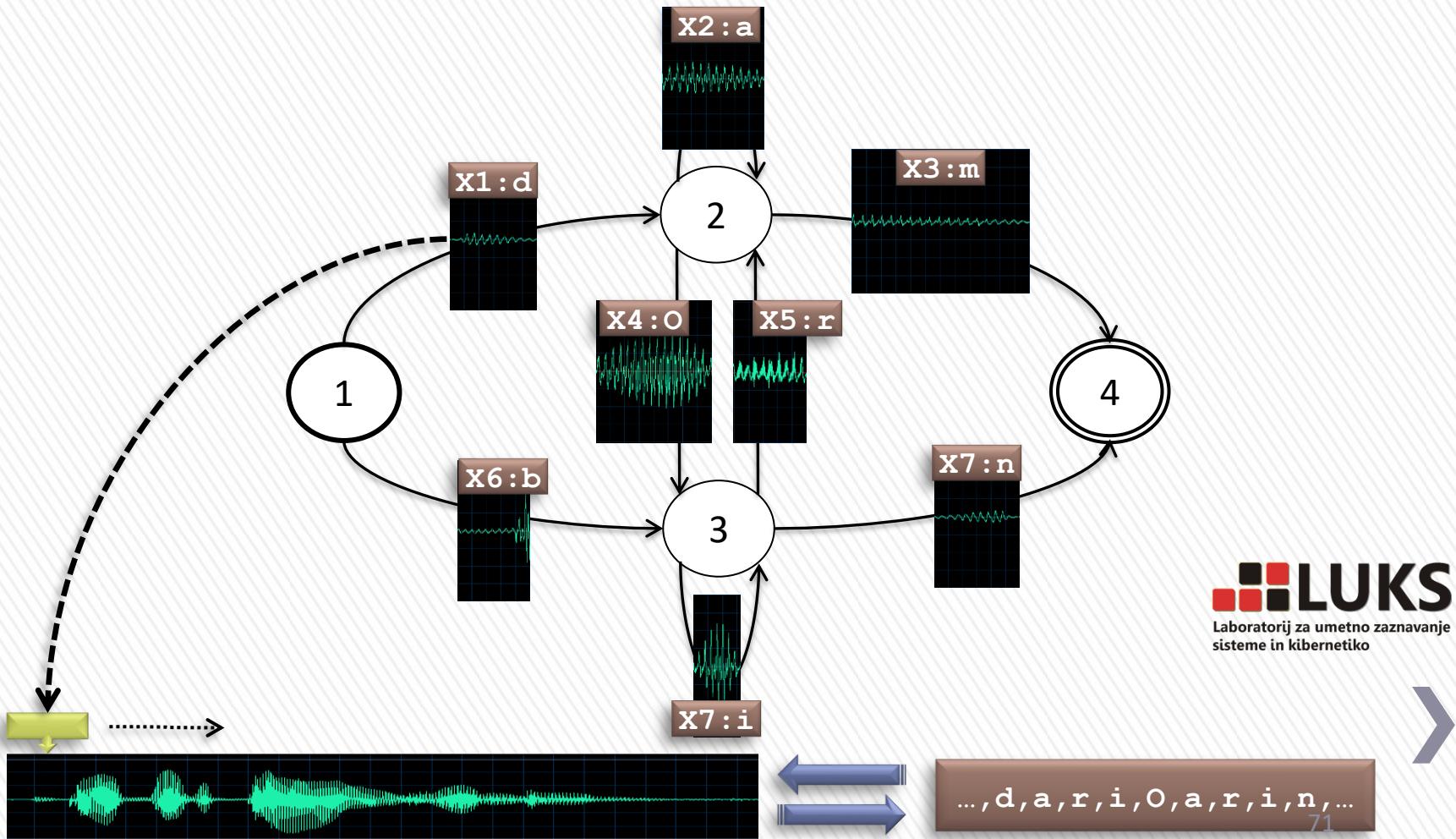


- » Umetni govor z vsemi samodejno nastavljenimi prozodičnimi parametri.



Demonstracija novejše sinteze govora na osnovi Prikritih Markovovih modelov

- » Obravnavava govora kot naključnega procesa in govorjenega jezika kot končnega avtomata/pretvornika.



Demonstracija novejše sinteze govora na osnovi Prikritih Markovovih modelov

» Samodejno tvorjenje slovenskega govora (Frekvenca X)

> HMM – Aleš Valič



> HMM – Tanja Cegnar



> HMM – Janez Markošek



> S6TTS – France Mihelič



Orodja za izgradnjo ali uporabo sintetizatorjev govora

- » Obstaja več odprtakodnih orodij za izgradnjo in uporabo sintetizatorjev govora (v različnih programskih jezikih – C/C++, Java, C#, Jscript, ...).
- » Primerjava različnih pogonov za samodejno tvorjenje govora
 - [*http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison of speech synthesizers*](http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_speech_synthesizers)
- » Java FreeTTS - <http://freetts.sourceforge.net>
- » The MARY Text-to-Speech System (MaryTTS) - <http://mary.dfki.de>
- » Festvox - <http://festvox.org/>
- » HMM-based Speech Synthesis System (HTS) - <http://hts.sp.nitech.ac.jp/>
- » Microsoft Speech API (SAPI) 5.4
 - <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ee125079%28v=vs.85%29.aspx>

VPRAŠANJA

- » Razložite, zakaj je tvorjenje umetnega govora pomembna sestavina umetnih inteligenčnih sistemov.
- » Podajte primere takšnih sistemov in razložiti vlogo umetnega govora v teh sistemih.
- » Opišite osnovne značilnosti tvorjenja govora.
- » Kateri je najbolj enostaven način tvorjenja umetnega govora in katere so njegove slabosti?
- » Opišite zasnovo sistema za tvorjenja umetnega govora v slovenščini?
- » Katere komponente takšnega sistema je najtežje razviti in imajo velik vpliv na naravnost umetnega govora?