

UDK: 81.33

O'ZBEK TILI FONETIKASINI TTS TIZIMLARI UCHUN FORMALLASHTIRISH

Maxmudjonova Gulshaxnoz Ulug'bek qizi,
tayanch doktorant
gulshaxnozmahmudjonova@gmail.com
ToshDO'TAU

Annotatsiya: Matndan ovozga aylantirish tizimlari (Text-To-Speech, TTS) o'zbek tilida sifatli ishlashi uchun ushbu tilning fonetik va fonologik jihatlarini aniq formallashtirish zarur. Ya'ni, o'zbek yozuvining harflarini fonemalarga birma-bir moslab, tovush o'zgarishlari, urg'u va intonatsiya qonuniyatlarini ham aniq belgilash kerak. Tilshunoslikda o'zbek tilining tovush tizimi yaxshi o'rganilgan bo'lib, unli va undosh fonemalar, ularning xususiyatlari va o'zaro munosabatlari ko'plab ilmiy manbalarda yoritilgan. Ushbu maqolada o'zbek tili fonetik-fonologik tizimi TTS uchun qanday formal ifodalash mumkinligi tahlil qilinadi.

Abstract: To ensure the high-quality performance of Text-To-Speech (TTS) systems in the Uzbek language, it is essential to formally define its phonetic and phonological properties. This includes establishing a clear mapping between written letters and phonemes, as well as systematically accounting for sound alternations, stress, and intonation patterns. While the sound system of Uzbek has been extensively studied in linguistics, with detailed analyses of its vowels, consonants, and their features, this article explores how these phonetic-phonological aspects can be formally represented for effective TTS development.

Аннотация: Для обеспечения качественной работы систем синтеза речи (Text-To-Speech, TTS) на узбекском языке необходимо чётко формализовать его фонетические и фонологические особенности. Это включает в себя установление точного соответствия между буквами письма и фонемами, а также описание звуковых изменений, ударений и интонационных закономерностей. Несмотря на то, что звуковая система узбекского языка хорошо изучена в лингвистике и подробно описана в научных источниках, в данной статье анализируется, как эти фонетико-фонологические аспекты могут быть формализованы для целей построения TTS-систем.

Kalit so'zlar: *fonema, fonologiya, singarmonizim, ohang, urg'u, formalizatsiya, TTS, konversiya*

O'zbek tilining fonetik-fonologik xususiyatlari. O'zbek tili turkiy tillar oilasiga mansub bo'lib, fonetik tizimi o'ziga xos tarixiy rivojlanish yo'lini bosib o'tgan. Fonetik tizimning kelib chiqishini o'rganish, til tarixidagi tovush o'zgarishlarini tushunish orqali ularni zamonaviy texnologik tizimlarga to'g'ri integratsiya qilish mumkin. Xususan, turkologiyada mashhur bo'lgan A.N. Samoylovich va N.A.Baskakov [1] singari olimlarning tasniflari o'zbek tilining fonetik shakllanish bosqichlarini chuqur tahlil qilish imkonini beradi. A.N. Samoylovich turkiy tillarni fonetik belgilar asosida bir nechta guruhlariga ajratgan. Unga ko'ra, o'zbek tili “*Тазлуқ*” guruhiga mansub bo'lib, ushbu guruhga xos asosiy fonetik belgilar — *тоғ, тоққуз, айақ, бол, саруғ, қалған* kabi qadimiy fonetik shakllarning saqlanib qolganidir. Bu guruhdagi tillarda, ayniqsa, *тоғ* so'zining *тағ* shaklida talaffuz qilinishi, qadimgi til qatlamining saqlanganligidan dalolat beradi. Samoylovichning ta'kidlashicha, ushbu guruhga qadimgi o'zbek tili, hozirgi o'zbek va uyg'ur tillari kiradi. Turkiy tillarning fonetik jihatdan shakllanishini yanada chuqurroq tahlil qilgan N.A. Baskakov esa o'zbek tilini *Qarluq guruhi* tarkibida ko'rsatadi. Bu guruhga xos bo'lgan fonetik belgilar orasida quyidagilar ajralib turadi:

unlilar sonining 6 tadan 9 tagacha o'zgaruvchanligi;

q va k fonemalarining farqlanishi;

so'z oxirida j, g, g' tovushlarining saqlanishi;

p, t, k, q jarangsiz fonemalarining ikki unli orasida ham jarangsizligicha qolishi;

qaratqich kelishigining -ning shakli bilan to'liq qo'llanilishi

Bu belgilar hozirgi adabiy o'zbek tili fonetik sistemasining tarkibiy qismlarini tashkil etadi va ularni zamonaviy G2P (grafema-fonema konversiyasi) yoki TTS modellarida qat'iy formal qoidalarga solish lozimligini ko'rsatadi. Tarixiy fonetik tavsiflardan foydalanish TTS modellarida fonetik birliklar to'plami yanada chuqurroq aniqlashga yordam beradi. Masalan, eski o'zbek til qatlamlarida mavjud bo'lgan [ü], [ö], [i] fonemalari hozirgi o'zbek tilda rasmiylashtirilmagan bo'lsa-da, ayrim dialektlar yoki tarixiy matnlarni ovozli sintezlashda bu fonemalar kerak bo'lishi mumkin. Shu sababli tarixiy fonetik tahlil zamonaviy texnologik model uchun kengaytirilgan fonema tizimi yaratishga asos bo'lib xizmat qiladi. Umuman olganda, o'zbek tilining fonetik formallashtirilishi tarixiy taraqqiyot bosqichlarini inobatga olgan holda amalga oshirilsa, semantik va morfologik jihatdan aniq, barqaror fonemik modelga ega bo'lish mumkin bo'ladi. Fonemalar tizimini ilmiy tavsiflashda Mirtojiyev [2], Abduazizov [3] kabi olimlar unli va undoshlarning farqlovchi belgi va variantlarini chuqur tahlil qilgan. Jumladan, unlilarning cho'ziqlik-qisqaligi, lablanish darajasi, undoshlarning portlovchi yoki sirg'aluvchan turi kabi xususiyatlar fonologik tahlillarda e'tiborga olingan.

Hozirgi o'zbek tili tovush tizimida unli fonemalar soni an'anaviy ravishda 6 ta deb qabul qilingan: *a, e, i, o, u, o'*. Ushbu unlilar til pozitsiyasi (old-orqa) va lablarning ishtirokiga ko'ra farqlanadi. Masalan, *i* – tor, old qator, lablanmagan unli; *u* – tor, orqa qator, lablangan unli; *a* – keng, old qator (yoki markaziy) lablanmagan unli; *o* – orta-keng, orqa qator, biroz lablangan unli tovush. O'zbek tilining undosh fonemalarini Irisqulov, Tursunov va Rahmatullayev 25 ta deb keltiradi [4], Jamolxonov va Sayfullayeva esa kitoblarida 24 ta ekani ko'rsatiladi [5]. Undoshlar ovoz va shovqinning ishtirokiga ko'ra: jaranglilik (jarangli va jarangsiz), hosil bo'lish o'rni va usuli kabi belgilarga ko'ra tasniflanadi.

O'zbek tili fonologiyasining muhim xususiyati – singarmonizm (unli fonemalarning uyg'unlashuvi)nin mavjudligidir. Qadimgi turkiy til va eski o'zbek tilida qat'iy fonetik uyg'unlashuv bo'lib, unlilar **old** va **orqa qator** opozitsiyasini hosil qilgan (masalan, *i/ы, ü/u, ö/o, ä/a* qarama-qarshi juftliklari). O'zbek tilida ham ba'zan bir bo'g'inli so'zlarning struktura elementlarini — unli va undosh tovushlar o'rtasida tovush qatorlari bo'yicha o'zaro xoslanish hollari kuzatiladi. Xususan, GC, CGC strukturali so'zlarda tovushlar palatal garmoniyaga muvofiq birikadi: *қил, хил, бил, тил, сиз, жил* va bosh. Ba'zan old va orqa qator variantlari ma'no farqlash funksiyasini ham bajarishi mumkin. Masalan, *тиқ — тик*. Bir qator so'z yasovchi va forma yasovchi affikslar variativlikka ega. O'zak fonetik strukturasiga muvofiq affikslarning variantlaridan biri qo'llaniladi. Affikslar variantlari shu fonetik qurshovda biri o'rnida, ikkinchisi qo'llanilmaydi. Masalan: — ық ё — ик (қылық — кичик), — қы (— ғы) — ги (чопқы — чоғы — сузги), — қа — га (тоққа — бизга) va boshqalar. Bu faktorlar turkiy tillar uchun xarakterli bo'lgan singarmonizm qonuniyatining o'zbek tilida ham ayrim o'rinlarda mavjudligini ko'rsatadi [6]. Yuqoridagi umumiy tavsifdan ko'rinadiki, o'zbek tilining fonemalar majmuasi va ularning xususiyatlarini aniqlash TTS tizimi uchun poydevor vazifasini o'taydi. Quyida avvalo o'zbek tilidagi unlilarni formal tizimga solish va harflardan fonemalarga mapping (mos tushirish) masalasi ko'rib chiqiladi.

Tovush hodisalarini formalizatsiya qilish: pozitsion o'zgarishlar va assimilyatsiya. O'zbek nutqida tovushlar kombinatsiyasiga ko'ra turli fonetik hodisalar sodir bo'ladi. Eng ko'p uchraydigan – assimilyatsiya, ya'ni bir xil kategoriyadagi tovushlarning (undosh bilan undoshning) bir-biriga moslashuvi [7]. Dissimilyatsiya – bir tovushning boshqa tovushga ko'chishi) Bundan tashqari, fonetik hodislarning boshqa turlariga eliziya – unli tovush bilan tugagan so'zga unli bilan boshlangan so'zning qo'shilishi natijasida bir unli tovushning tushishi (ayta oladi > aytoladi) ham kuzatiladi. Nutqda ortiqcha tovush aytilmaydi. Masalan, “*shanba*” so'zini [shamba] deb talaffuz qilish odatiy. Bunday hodisalarni TTS matnni sintezlaganda odatda muhim hisoblamaydi (chunki u yozuvga to'liq amal qiladi). Ammo jonliroq intonatsiya uchun ba'zi holatlarda qo'llanishi mumkin. Formal jihatdan, eliziyaga oid qoidalar kiritilishi murakkab bo'lib har doim ham kerak emas, chunki orfografik matnni imkon qadar to'liq o'qish TTSning vazifasi.

TTS tizimi matnni ovozga aylantirishda bu hodisalarni hisobga olib, sun'iy nutqni tabiiy nutqqa yaqinlashtirishi lozim. Buning uchun fonetik qoidalar bazasi yoki formal tovush o'zgartirish modullari tuziladi. **Pozitsion o'zgarishlar** – tovushning so'z boshida, o'rtasida yoki oxirida kelishiga bog'liq holda o'zgarishi. O'zbek tilida ba'zi jarangli undoshlar so'z oxirida kuchsiz pozitsiyada qisman jarangsizlanishi mumkin. Masalan, **g'** harfi so'z oxirida [q] yoki [x]ga yaqin eshitiladi: “*yorug'*” [yoruq] kabi. Yoki aksincha, **q** so'z oxirida ba'zan [g'] tarzida jarangli eshitilishi mumkin (Toshkent shevasida: “*yo'q*” → [yog']). Bu holatlar ko'proq shevada namoyon bo'ladi. TTSda bunday o'zgarishlarni aks ettirishda odatda adabiy me'yorga yaqinroq talaffuz tanlanadi. Bunday hodisalarni qoida sifatida kiritish-kiritmaslik sintezatorni qanday nutq modeliga yo'naltirilganiga bog'liq – standart shaklda kiritmaslik ham mumkin. Yuqoridagi misollar shuni ko'rsatadiki, o'zbek tilining fonetik hodisalarini formalizatsiya qilish – ya'ni, qoidalar ko'rinishida ifodalash – TTS sifatini oshirishga yordam beradi. Maxsus fonologik qoidalar to'plami tuzilib, grafemadan fonemaga o'tkazishda qo'llanadi. Bu jarayon tabiiy tilni qayta ishlashda muhim ahamiyatga ega bo'lib, matndan nutqqa va avtomatik nutq tanish tizimlarida ham qo'llanadi. Grafema-fonema konversiyasi va unga oid qoidalarni ishlab chiqish o'zbek tili uchun juda dolzarb [8] – bu borada maxsus modellarning nazariy asoslari va texnik yechimlari ishlab chiqilmoqda. Demak, TTS tizimi uchun fonetik hodisalarni bir mexanizmga solish – sintezator “qoidalar bazasi”ni yaratish deganidir. Reallashgan misol (qoidalar qo'llanilishi): masalan, TTS tizimi “*Yaxshi ko'rishingizni bilaman*” jumlasini ovozga aylantiradi. Avvalo grafemalar fonemaga o'tkaziladi:

yaxshi	j'æxfy
ko'rishingizni	k,oryfyn'yzny
bilaman byl'æmæn	byl'æmæn

Keyin qoidalar qo'llanadi: /j'æxfy/ shu tarzda qoladi: /k,oryfyn'yzny/ ichida “ng” → [ŋ] qoidasiga binoan, ya'ni ng harfi oldidan unli kelsa, n va g talaffuz qoidasi kiritiladi va /k,oryfyn'yzny/ bo'ladi; /bilæmæn/ ichida esa biror o'zgarish talab qilinmaydi. So'ngra urg'u va ohang belgilari qo'shib, tovush sintezi amalga oshiriladi. Natijada iloji boricha tabiiy jarangga ega nutq hosil bo'ladi.

Urg'u va ohangning TTSda modellashtirilishi. Ovoz sintezida faqat fonemalarni to'g'ri aniqlash yetarli emas – prozodiya, ya'ni urg'u va ohang (intonatsiya)ni ham to'g'ri berish kerak. O'zbek tilida urg'u so'z tarkibidagi bo'g'inlardan biriga tushadigan urg'udir. Intonatsiya esa gap turiga ko'ra shakllanadi (masalan, so'roq gap ohangi ko'tariladi, hayrat ohangi maxsus intonatsiya bilan ifodalanadi). TTS tizimida buni modellashtirish uchun bir necha yondashuv mavjud: matnga maxsus belgi qo'yish, qoida asosida ohang yaratish yoki

neyron tarmoqlar orqali prozodiya sintezi. Bizning vazifamiz – formallashtirish nuqtai nazaridan buni qanday ifodalash mumkinligini ko'rsatish.

Urg'uni formal belgilash: o'zbek tilida urg'u qoidasi sodda – so'zning ohirgi bo'g'ini urg'uli. Demak, TTS bu qoidani default holat sifatida qabul qilishi mumkin. Biroq ba'zi so'zlar (yoki qo'shimchalar) urg'uga ega emasligi ma'lum: masalan, -mi so'roq yuklamasi, -dir tasdiq yuklamasi urg'u olmaydi, urg'u so'zning oxirgi asosiy bo'g'inida qoladi (*“keldimmi”* so'zida **mi** urg'usiz). Shuning uchun TTS uchun quyidagi qoidalarni formallashtirish kerak:

Urg'u qoidasining formal ifodasi: “har bir so'zda oxirgi bo'g'in urg'uli, agar so'z -mi, -chi, -dir kabi urg'usiz yuklamalar bilan tugasa, urg'u o'sha yuklamadan oldingi bo'g'inga ko'chadi”. Bu qoida asosida sintezator fonemik chiqishda urg'uli bo'g'in oldiga ['] belgisini qo'yishi mumkin (IPA transkripsiyada urg'u belgisi). Masalan: *“yaxshi ko'rishingizni bilaman”* misolidagi *“bilaman”* so'zi bo'lsa, urg'u oxirgi bo'g'inda, yoki *“keldingizmi”* (urg'u **-ingiz** bo'g'inida, chunki **mi** urg'usiz) deb belgilash. Buni belgilash uchun ko'p tizimlarda matnga diakritik belgi qo'yiladi yoki maxsus markup ishlatiladi. Masalan, SSML (Speech Synthesis Markup Language) da `<emphasis level="strong">` kabi teglar bilan urg'uni ko'rsatish mumkin. Bizning holatda, soddalik uchun, fonetik notatsiyaga ['] belgisini qo'yish kifoya.

Ohang (intonatsiya) modellashtirish: Intonatsiyani formallashtirish urg'uga nisbatan qiyinroq, chunki ohang uzluksiz o'zgaruvchi kattalik (ton) bo'lib, gapning turiga va ichki tuzilishiga bog'liq. Ammo TTSda asosan quyidagi qoidalar qo'llanadi:

Gap tugagach, ohangning ko'tarilish-pasayishi gapning maqsad bog'lanishiga (kommunikativ funksiyasiga) bog'liq. Darak gap ohangi odatda pasayish bilan yakunlanadi (kuchli nuqta intonatsiyasi), so'roq gap ohangi ko'tarilib tugaydi (so'roq intonatsiyasi), buyruq yoki undov gaplarda esa ohang mazmuniga ko'ra maxsus egri chiziq hosil qiladi (masalan, buyruqda qat'iy pasayish).

Bu qoidalarni formal ifodalash uchun TTS kirish matnida belgilar yoki teglar ishlatiladi. Masalan, so'roq gapni belgilovchi **?** belgisi tizimga ohangni ko'tarib tugatishni buyuradi. Agar oddiy matn bo'lsa, TTS punktuatsiya belgilariga qarab intonatsiya tanlaydi.

Formal misol: “Siz keldingiz.” va “Siz keldingizmi?” jumllarini olaylik. Birinchisi darak gap, ikkinchisi so'roq. TTS uchun qoidalar: “agar gap oxirida [**?**] bo'lsa, ohang = so'roq ohangi (intonatsiya ko'tariladi)”, “agar [**.**] bo'lsa, ohang = tugash ohangi (pasayadi)”. Bu qoida asosida sintezator ohangni belgilaydi.

Intonatsion pauza va urg'u ham muhim: murakkab gaplarda pauzalar kerak bo'ladi. Masalan, “Men, albatta, ertaga boraman” gapida verguldan keyin qisqa pauza bor, ohang biroz tushadi va keyin davom etadi. TTS buning uchun vergulni pauza sifatida qabul qilib, intonatsiyani moslashtiradi. Bu ham qoidaga keltiriladi: “, belgisi = qisqa pauza, ohang biroz ko'tarilib davom ettirilsin” kabi.

TTS uchun urg'u va intonatsiya modellashirishni formal qoidalar orqali hal etish mumkin, lekin bugungi kunda ko'proq neyron tarmoqli sintezatorlar bu jarayonni o'z-o'zidan o'rganadi.

Fonetik formallashtirishning zarurligi. TTS tizimlari uchun fonetik formallashtirish – ya'ni, tilning tovush tizimini va talaffuz qoidalarini rasmiy qoidalarga solish – nihoyatda muhim ahamiyatga ega. Buning bir necha asosli sabablari bor:

To'g'ri va tabiiy talaffuz: Agar o'zbek tilining harf-fonema mosligi va tovush hodisalari aniq formalashmasa, TTS noto'g'ri yoki notabiiy talaffuz chiqarishi mumkin.

Yozuv va talaffuzdagi farqlarni aniqlash: O'zbek tilida ayrim so'zlarda yozuv va talaffuz farqlanishi mumkin (transliteratsiya, qadimiy ismlarda, xorijiy nomlarda). Qaysi so'zlarda ng harfi, qaysi so'zlarda n va g harfi talaffuz qilinishini qoidaga kiritish kerak. Masalan: *Tungi, keyingi, oldingi* kabi so'zlarda n va g harflari ajratilsa, ko'ngil, singil, tong so'zlarida ajratilmaydi. Formal qoidalar esa har bir mumkin bo'lgan grafik kombinatsiyani to'g'ri talaffuzga xaritalaydi.

Standartlashtirish: Fonetik formallashtirish tilni standart me'yor asosida “kompyuter tushuna olish” shakliga keltiradi. Bu til me'yorini saqlash va targ'ib qilishga ham xizmat qiladi. Masalan, yuqorida aytilganidek, ayrim kishilar “yo'q” so'zini [yok] deb talaffuz qilishi mumkin, boshqalar [yoq] deb, yoki [yog'] shaklida. TTS esa to'g'ri standart [yo'q] tarzida aytishi lozim. Formal model buni ta'minlaydi. TTS shu me'yorni ushlab qoladi va butun auditoriyaga yagona, aniq talaffuzni yetkazadi.

Yuqoridagi omillar tufayli fonetik formallashtirish TTS jarayonining muhim qismi sanaladi. O'zbek tilining fonetik formallashtirilgan modeli TTS tizimining “miya”sidir. Aynan shu model matnning harflar ketma-ketligini jonli tovushlarga aylantirish yo'lini belgilab beradi. Bu model qanchalik to'liq va ilmiy asosli tuzilgan bo'lsa, TTS ovozi shunchalik tabiiy va ravon chiqadi.

Maqolada “O'zbek tili fonemasini TTS tizimlari uchun formallashtirish” masalasi har tomonlama ko'rib chiqildi. Avvalo, o'zbek tilining fonetik va fonologik tizimi – unli va undosh fonemalar majmuasi – ilmiy manbalar asosida tahlil qilindi. O'zbek tilida 6 ta unli va ~24 ta undosh fonema adabiy me'yorda mavjud bo'lsa-da, ayrim tadqiqotchilar fonologik oppozitsiyalarni e'tiborga olib unlilar sonini 8–9 tagacha deb hisoblashadi. O'zbek tili uchun harflardan fonemalarga o'tkazish qoidalari aniq ifodalash TTSning grafema-fonema konversiya modulini shakllantiradi. Urg'u va intonatsiya uchun TTSga qoida berish usullari muhokama qilinib, so'z urg'usini belgilash va gap ohangini tinish belgilari orqali boshqarish yondashuvlari keltirildi.

Fonetik formallashtirishning zarurligi, xususan, TTS sifatini oshirish, to'g'ri talaffuzni ta'minlash va integratsiyalashgan tizimlar uchun muhim qoidalar asoslandi. Ilmiy manbalarga tayanib aytish mumkinki, har bir yangi til uchun TTS

yaratishda birinchi qadam – shu tilning fonema inventari va orfoepik qoidalarini to‘liq ishlab chiqishdir [9]. O‘zbek tili ham bundan mustasno emas. Ta’kidlash joiz, o‘zbek tilida ilgari bunday formal model va qoidalar to‘plami yaratilgan ishlar kam (yoki ichki loyihalar doirasida qolgan).

O‘zbek tilining TTS tizimi uchun fonetik formallashtirilishi – bu tilning ilmiy asosda “raqamlashtirilishi” demakdir. Ushbu maqolada keltirilgan tavsif va takliflar real TTS tizim qurishda dastlabki qo‘llanma vazifasini o‘tashi mumkin. Kelgusida bu sohada yanada chuqurroq izlanishlar olib borilib, o‘zbek tilining intonatsion modellari, kontekstga oid ko‘p variantli talaffuz (masalan, omonim so‘zlarni farqlash) kabi masalalar ham hal etilsa, ona tilimiz zamonaviy nutq texnologiyalarida to‘laqonli qo‘llanilishiga erishiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Mahmudov Q. O‘zbek tilining tarixiy fonetikasi. — Toshkent: Fan, 2006. — 168 b.
2. Mirtojiyev M.M. O‘zbek tili fonetikasi. — Toshkent: Fan nashriyoti, 2013.
3. Abduazizov A.A. O‘zbek tilining fonologiyasi va morfonologiyasi. — Toshkent: O‘qituvchi, 1992.
4. Irisqulov M.T. Tilshunoslikka kirish. 2-nashr. — Toshkent: Yangi asr avlodi, 2009.
5. Sayfullayeva R.R., Mengliyev B.R., Qurbonova M.M., Raupova L.R., Abuzalova M.Q., Yo‘ldosheva D.N. Hozirgi o‘zbek tili. — Buxoro: Durdona nashriyoti, 2021.
6. Nurmonov A. O‘zbek tilining fonologiyasi va morfonologiyasi. – Toshkent: O‘qituvchi, 1990. – 128 b.
7. Jamolxonov H. Hozirgi o‘zbek adabiy tili. — Toshkent: Talqin, 2005.
8. Maxmudjonova G.U. Grafema-fonema (G2P) modeli: nazariy asoslari va o‘zbek tili uchun ahamiyati. Qo‘qon DPI ilmiy xabarlar, 2025.
9. Nath C., Sarma B. A Grapheme to Phoneme Based Text to Speech Conversion Technique in Unicode Language // Data and Metadata, 2023.