O‘ZBEK TILIDAGI NUTQNI QAYTA ISHLASHDA PROSODIK VOSITALAR: URG‘U, INTONATSIYA VA PAUZANING SUN’IY INTELLEKT TOMONIDAN ANIQLANISHI

Dushamova Nodirabegim *– mustaqil tadqiqotchi*

Annotatsiya. Mazkur maqolada o‘zbek tilidagi og‘zaki nutqni sun’iy intellekt yordamida qayta ishlash jarayonida prosodik vositalar — urg‘u, intonatsiya va pauzaning avtomatik aniqlanishi masalalari yoritiladi. Prosodik xususiyatlarning nutq mazmunini anglash, gapning kommunikativ turini belgilash, sintaktik chegaralarni aniqlash va tabiiy nutq sintezini takomillashtirishdagi ahamiyati tahlil qilinadi. Tadqiqot doirasida asosiy akustik parametrlar, jumladan, asosiy ton chastotasi, signal intensivligi, tovush va bo‘g‘in davomiyligi hamda jimlik oralig‘ini aniqlash usullari ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, mashinaviy o‘rganish va chuqur neyron tarmoqlar asosida prosodik belgilarni aniqlashning metodik modeli taklif etiladi. O‘zbek tilining agglutinativ xususiyati, urg‘u qonuniyatlari, shevalar xilma-xilligi va prosodik annotatsiyalangan ma’lumotlar cheklanganligi asosiy muammolar sifatida tavsiflanadi. Maqola natijalari o‘zbek tilidagi nutq texnologiyalarini rivojlantirish uchun lingvistik va akustik yondashuvlarni birlashtirish zarurligini asoslaydi.

Kalit so‘zlar: o‘zbek tili, prosodiya, sun’iy intellekt, avtomatik nutqni tanish, urg‘u, intonatsiya, pauza, akustik tahlil, neyron tarmoqlar, nutq korpusi.

Axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining rivojlanishi inson nutqini avtomatik tanish, tahlil qilish va sintezlash tizimlarini takomillashtirishga keng imkoniyat yaratmoqda. Tabiiy tilni qayta ishlashning muhim yo‘nalishlaridan biri bo‘lgan nutq texnologiyalari nafaqat aytilgan so‘zlarni aniqlash, balki nutqning ohang xususiyatlari va mazmuniy tuzilishini ham hisobga olishni talab etadi. Og‘zaki nutqning mazmuni faqat leksik va grammatik vositalar orqali ifodalanmaydi. So‘zlovchining ovoz balandligi, urg‘u, intonatsiya va pauzalar orqali ham muhim axborot uzatiladi. Masalan, bir xil leksik tarkibga ega gapning turlicha ohangda talaffuz qilinishi uning darak, so‘roq yoki ta’kid ma’nosini anglashga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Pauzalarning o‘rni esa gapning sintaktik bo‘linishi va axborotning mazmuniy guruhlanishiga yordam beradi. O‘zbek tilidagi nutqni avtomatik qayta ishlashda prosodik vositalarni o‘rganish alohida ahamiyatga ega. O‘zbek tili agglutinativ til bo‘lib, so‘zlarga turli grammatik qo‘shimchalar qo‘shilishi natijasida ularning fonetik va prosodik tuzilishi murakkablashishi mumkin. Bundan tashqari, hududiy talaffuz farqlari, nutq tezligi va so‘zlovchining individual xususiyatlari akustik belgilarni aniqlashga ta’sir ko‘rsatadi. O‘zbek tilida avtomatik nutqni tanish uchun ochiq korpuslar mavjud. Jumladan, Uzbek Speech Corpus (USC) 958 nafar so‘zlovchining

qariyb 105 soatlik transkripsiyalangan nutq yozuvlarini qamrab oladi. Ushbu korpus avtomatik nutqni tanish uchun ishlab chiqilgan bo‘lsa-da, boshqa nutq texnologiyalarini rivojlantirish uchun ham foydalanilishi mumkin. Biroq transkripsiyalangan audio ma’lumotlarning mavjudligi ularda urg‘u, intonatsiya va pauza chegaralari alohida belgilanganini anglatmaydi. Tadqiqotning maqsadi o‘zbek tilidagi nutqda prosodik vositalarning akustik xususiyatlarini tahlil qilish hamda ularni sun’iy intellekt yordamida avtomatik aniqlashning metodik asoslarini ishlab chiqishdan iborat. Maqolada tavsifiy-lingvistik tahlil, akustik parametrlarni o‘rganish, mavjud ilmiy ishlarni tahlil qilish va modellashtirishga asoslangan metodologik yondashuv qo‘llanadi. Taklif etilayotgan model urg‘u, intonatsiya va pauzani o‘zaro bog‘liq, biroq alohida baholanishi lozim bo‘lgan vazifalar sifatida qaraydi. Tadqiqotning amaliy bosqichida o‘zbek tilidagi audio yozuvlardan foydalanish, ularni matn bilan moslashtirish va prosodik belgilar bo‘yicha annotatsiyalash nazarda tutiladi. Ma’lumotlar o‘qitish, validatsiya va sinov to‘plamlariga ajratilishi kerak. Modelning umumlashtirish qobiliyatini xolis baholash uchun imkon qadar bir so‘zlovchining yozuvlarini turli to‘plamlarga aralashtirmaslik maqsadga muvofiq.

Maqolada taklif etilgan modelning samaradorligi bo‘yicha yangi eksperimental natijalar keltirilmaydi. Shu sababli yondashuvning amaliy aniqligi alohida tajriba va etalon ma’lumotlar asosida tekshirilishi lozim. Prosodiya nutqning tovush birliklaridan yuqori darajadagi fonetik xususiyatlarini qamrab oladi. Uning asosiy komponentlari urg‘u, intonatsiya, ritm, temp va pauzadan iborat. Ushbu vositalar nutqning grammatik va mazmuniy tuzilishini anglashda hamda so‘zlovchining kommunikativ maqsadini aniqlashda muhim vazifani bajaradi.

Urg‘u so‘z tarkibidagi muayyan bo‘g‘inning boshqa bo‘g‘inlarga nisbatan ajratib talaffuz qilinishidir. O‘zbek tilida urg‘u ko‘pincha so‘zning oxirgi bo‘g‘iniga tushadi, biroq bu holat mutlaq qoida hisoblanmaydi. Ayrim qo‘shimchalar, yuklamalar, o‘zlashma birliklar va grammatik shakllar urg‘uning joylashuviga ta’sir qilishi mumkin.

Sun’iy intellekt yordamida urg‘uni aniqlashda bir nechta akustik parametrdan foydalanish mumkin. Birinchi parametr — asosiy ton chastotasi (F0) bo‘lib, u ovoz balandligining vaqt davomida o‘zgarishini tavsiflaydi. Ikkinchi parametr signal intensivligi bo‘lib, bo‘g‘inning nisbiy kuchini baholashda yordam beradi. Uchinchi parametr davomiylik bo‘lib, urg‘uli bo‘g‘inning cho‘zilishi mumkinligini hisobga oladi. Spektral belgilar esa qo‘shimcha akustik ma’lumot beradi.

Mazkur parametrlarning hech biri urg‘uni mustaqil ravishda har doim to‘g‘ri aniqlay olmaydi. Masalan, gap oxiridagi unlining cho‘zilishi urg‘u bilan emas, balki fraza yakunlanishi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Shu sababli akustik belgilarni so‘zning fonetik va morfologik tuzilishi bilan birgalikda tahlil qilish zarur.

Urg‘uni aniqlash tizimida avval audio signal bo‘g‘inlarga yoki boshqa fonetik birliklarga ajratiladi. Keyin har bir birlik uchun akustik xususiyatlar hisoblanadi. O‘qitilgan model urg‘u tushishi ehtimoli yuqori bo‘lgan bo‘g‘inni aniqlaydi. Yakuniy natijani lingvistik qoidalar bilan tekshirish xatolarni kamaytirishga yordam berishi mumkin. Intonatsiya nutq davomida ovoz balandligi, intensivlik va davomiylikning o‘zgarishi orqali shakllanadigan ohang tizimidir. U gapning kommunikativ turini, mantiqiy urg‘usini va ayrim hissiy xususiyatlarini ifodalashga xizmat qiladi. Masalan, “Siz bugun kelasiz” va “Siz bugun kelasiz?” gaplari leksik tarkibi jihatidan deyarli bir xil, ammo kommunikativ vazifasi bilan farqlanadi. Og‘zaki nutqda bu farq intonatsion kontur, kontekst va so‘zlovchining maqsadi orqali namoyon bo‘lishi mumkin.

Intonatsiyani avtomatik tahlil qilishda F0 konturi asosiy parametrlar qatoriga kiradi. F0 ning ko‘tarilishi, pasayishi, tekislanishi yoki muayyan bo‘g‘inlarda o‘zgarishi ohang tuzilishini tavsiflashga yordam beradi. Biroq ovoz balandligining ko‘tarilishi har doim so‘roq gapni, pasayishi esa har doim darak gapni bildirmaydi. Shuning uchun tizim akustik ma’lumotlarni matn va sintaktik kontekst bilan birlashtirishi kerak. Intonatsiyani aniqlash uchun chuqur neyron tarmoqlar, xususan, LSTM va Transformer arxitekturalaridan foydalanish mumkin. Ushbu modellar vaqt bo‘yicha o‘zgaradigan akustik xususiyatlar o‘rtasidagi bog‘lanishlarni o‘rganishga mos keladi. Modelning natijalari darak, so‘roq, buyruq va undov kabi sinflar bo‘yicha baholanishi mumkin. Pauza nutq oqimidagi vaqtinchalik to‘xtalish bo‘lib, gaplar, sintaktik birliklar va mazmuniy qismlar o‘rtasidagi chegaralarni aniqlashda muhim ahamiyatga ega. Pauzalar nafas olish, fikrni rejalashtirish, ikkilanish yoki nutqning ekspressiv xususiyatlari bilan ham bog‘liq bo‘lishi mumkin.

Pauzani aniqlashning asosiy usullaridan biri audio signal energiyasini tahlil qilishdir. Agar signal energiyasi ma’lum vaqt davomida belgilangan chegaradan past bo‘lsa, bu oraliq ehtimoliy jimlik sifatida belgilanadi. Biroq jimlikka o‘xshash past energiyali qismlar jarangsiz undoshlar yoki yozuvdagi texnik shovqinlar bilan ham bog‘liq bo‘lishi mumkin.

Shu sababli pauzani aniqlashda nutq faolligini aniqlash (Voice Activity Detection — VAD), signal energiyasi, davomiylik va kontekstual xususiyatlarni birgalikda qo‘llash maqsadga muvofiq. Tizim aniqlangan jimlik oraliqlarini birlashtirib, pauzaning boshlanish va tugash vaqtlarini hisoblaydi. Keyingi bosqichda matn va sintaktik tuzilish yordamida pauzaning ehtimoliy vazifasi baholanadi.

Pauzaning mavjudligi avtomatik ravishda muayyan tinish belgisini anglatmaydi. Masalan, so‘zlovchi fikrni rejalashtirish jarayonida gap o‘rtasida ham to‘xtalishi mumkin. Shu sababli pauza chegaralarini lingvistik kontekst bilan birgalikda tahlil qilish zarur.

Prosodik tahlil uchun yetarli hajmdagi, sifatli va turli nutq vaziyatlarini qamrab olgan ma’lumotlar to‘plami zarur. Uzbek Speech Corpus (USC) ISSAI va Toshkent

axborot texnologiyalari universiteti hamkorligida yaratilgan bo‘lib, unda 958 nafar so‘zlovchining taxminan 105 soatlik transkripsiyalangan nutqi mavjud. Ushbu korpus avtomatik nutqni tanish uchun mo‘ljallangan bo‘lsa-da, urg‘u, intonatsiya va pauzani o‘rganish uchun boshlang‘ich ma’lumot manbasi sifatida foydalanilishi mumkin.

Alohida e’tibor so‘zlovchilar bo‘yicha ma’lumotlarni ajratishga qaratilishi kerak. Agar bir so‘zlovchining nutqi ham o‘qitish, ham sinov to‘plamida uchrasa, model yangi so‘zlovchilarga nisbatan kutilganidan yuqori natija ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli mustaqil sinov to‘plami natijalarning ishonchliligini oshiradi.

O‘zbek tilidagi prosodik vositalarni avtomatik aniqlash masalasi lingvistika va sun’iy intellektning o‘zaro hamkorligini talab etadi. Akustik belgilar nutqning fizik xususiyatlarini ifodalasa, lingvistik tahlil ularning mazmuniy va grammatik vazifasini aniqlashga yordam beradi. Urg‘u, intonatsiya va pauzani alohida modellar orqali tahlil qilish tizimni soddalashtirishi mumkin. Biroq bu yondashuv prosodik vositalar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni to‘liq aks ettirmasligi ehtimoli mavjud. Shu sababli kelgusidagi tadqiqotlarda ko‘p vazifali neyron tarmoqlar va lingvistik qoidalarni birlashtiruvchi modellarni sinab ko‘rish maqsadga muvofiq. O‘zbek tilidagi ochiq nutq korpuslarining mavjudligi muhim imkoniyat yaratadi. Shunga qaramay, oddiy transkripsiya korpuslari prosodik hodisalarni bevosita o‘rganish uchun yetarli emas. Maxsus annotatsiyalangan ma’lumotlar, fonetik ekspertiza va turli nutq vaziyatlarini qamrab olgan sinovlar talab etiladi.

Mazkur maqolada taklif etilgan model metodik asos bo‘lib, uning real samaradorligini aniqlash uchun amaliy tajriba o‘tkazish lozim. Keyingi tadqiqotlarda prosodik belgilarni qo‘lda va avtomatik aniqlash natijalarini solishtirish, turli modellarni taqqoslash hamda xatolar sabablarini tahlil qilish mumkin.

O‘zbek tilidagi nutqni qayta ishlashda urg‘u, intonatsiya va pauza nutq mazmunini to‘g‘ri anglash hamda tabiiy nutq texnologiyalarini rivojlantirishda muhim ahamiyatga ega. Ushbu prosodik vositalarni avtomatik aniqlashda asosiy ton chastotasi, signal intensivligi, tovush davomiyligi, spektral xususiyatlar va jimlik oraliqlaridan foydalanish mumkin. Sun’iy intellekt modellari akustik belgilar o‘rtasidagi murakkab bog‘lanishlarni o‘rganish imkonini beradi. Biroq ishonchli natijaga erishish uchun o‘zbek tilining morfologik va fonetik xususiyatlari, hududiy talaffuz farqlari hamda nutq konteksti ham hisobga olinishi kerak. Ochiq nutq korpuslari prosodik tadqiqotlar uchun boshlang‘ich asos yaratadi. Shu bilan birga, urg‘u, intonatsiya va pauza bo‘yicha maxsus annotatsiyalangan korpuslarni yaratish ushbu yo‘nalishdagi muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Kelgusida lingvistik bilimlar va chuqur neyron tarmoqlarni birlashtirish o‘zbek tilidagi avtomatik nutqni tanish, nutq sintezi va talaffuzni baholash tizimlarini takomillashtirishga xizmat qilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Musaev, M., Mussakhojayeva, S., Khujayorov, I., Khassanov, Y., Ochilov, M., & Varol, H. A. (2021). USC: An Open-Source Uzbek Speech Corpus and Initial Speech Recognition Experiments. *Speech and Computer (SPECOM 2021)*, 437–447. https://arxiv.org/abs/2107.14419

2. ISSAI. *Uzbek Speech Corpus and Automatic Speech Recognition*. https://issai.nu.edu.kz/uzbek-asr/

3. Ladd, D. R. (2008). *Intonational Phonology* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Gussenhoven, C. (2004). *The Phonology of Tone and Intonation*. Cambridge University Press.

4. Jurafsky, D., & Martin, J. H. *Speech and Language Processing*. https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/

5. Povey, A., & Povey, K. (2024). *FeruzaSpeech: A 60 Hour Uzbek Read Speech Corpus with Punctuation, Casing, and Context*. https://arxiv.org/abs/2410.00035