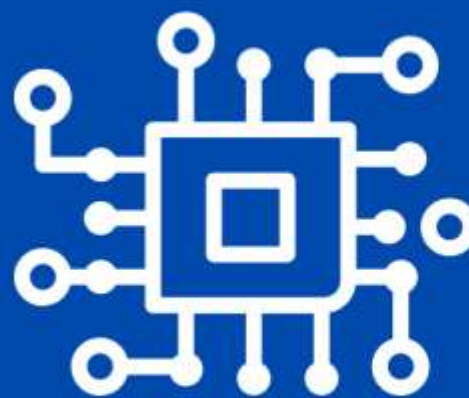




TECH SCIENCE

ISSN 3030-3702

**TEXNIKA FANLARINING
DOLZARB MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL
SCIENCES**



№ 3 (4) 2026

TECHSCIENCE.UZ

№ 3 (4)-2026

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES
OF TECHNICAL SCIENCES**

TOSHKENT-2026

BOSH MUHARRIR:

KARIMOV ULUG'BEK ORIFOVICH

TAHRIR HAY'ATI:

Usmankulov Alisher Kadirkulovich - Texnika fanlari doktori, professor, Jizzax politexnika universiteti

Fayziyev Xomitxon – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Rashidov Yusuf Karimovich – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Adizov Bobirjon Zamirovich– Texnika fanlari doktori, professor, O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti;

Abdunazarov Jamshid Nurmuxamatovich - Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax politexnika universiteti;

Umarov Shavkat Isomiddinovich – Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax davlat pedagogika universiteti;

Bozorov G'ayrat Rashidovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Maxmudov Muxtor Jamolovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Asatov Nurmuxammat Abdunazarovich – Texnika fanlari nomzodi, professor, Jizzax politexnika universiteti;

Mamayev G'ulom Ibroximovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Jizzax politexnika universiteti;

Ochilov Abduraxim Abdurasulovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Buxoro muhandislik-texnologiya instituti.

OAK Ro'yxati

Mazkur jurnal O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi Rayosatining 2025-yil 8-maydagi 370-son qarori bilan texnika fanlari bo'yicha ilmiy darajalar yuzasidan dissertatsiyalar asosiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM" mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB**

MASALALARI elektron jurnali
15.09.2023-yilda 130343-sonli
guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan
o'tkazilgan.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.
Elektron manzil:
scienceproblems.uz@gmail.com

Barcha huquqlar himoyalangan.

© Scienceproblems team, 2026-yil

© Mualliflar jamoasi, 2026-yil

MUNDARIJA

Maxarov Qodirbek, Ismatillayev Muzaffar

SUN'IIY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA TEZ YORDAM

QO'NG'IROQLARINI QAYTA ISHLASH TIZIMI5-11

Ergasheva Oxuna, Raximova Mehrbonu

TABIIY TILNI QAYTA ISHLASH YONDASHUVI BILAN INTEGRATSIYALASHGAN RAQAMLI

TIBBIYOTNI MASOFADAN MONITORING QILISH DASTURINI ISHLAB CHIQISH12-18

Jamalova Gulchexra

O'ZBEKISTON SOLIQ MA'MURIYATCHILIGINI TASHKIL ETISHDA

SUN'IIY INTELLEKTDAN FOYDALANISHNING TIZIMLI TAHLILI VA

BOSHQARUV MEXANIZMLARINI TAKOMILLASHTIRISH 19-24

Arziqulov Husan

O'ZBEK TILI UCHUN SUN'IIY INTELLEKT ASOSIDA UZLUKSIZ NUTQNI TANISH TIZIMINI

YARATISH: KORPUS, AKUSTIK MODEL VA TIL MODELINI LOYIHALASH 25-31

Isakov Iskander, Xabibullaeva Dilnoza, Orazimbetov Temurbek

IDROKDAN AVTONOMIYAGACHA: KO'RISHGA YORDAM BERISH VA

NEYRONLARNI TIKLASHDA MULTIMODAL SUN'IIY INTELLEKTNING

NARRATIV SHARHI (2020-2026)..... 32-44

Daliyev Sherzod

YER OSTI SIZOT SUVLARI DINAMIKASI O'ZGARISH JARAYONINI

MATEMATIK MODELLASHTIRISH 45-52

Muradov Sirojiddin

EHTIMOLIY XAVFLARNI BAHOLASHDA FORSAYT

TEXNOLOGIYASIDAN FOYDALANISH 53-62

Vasiyev Xayrullo, Abduolimova O'g'iloy

TO'QIMACHILIK MAHSULOTLARI SIFATINI XALQARO 4 BALLI BAHOLASH TIZIMI

ASOSIDA BOSHQARISH METODIKASINI TAKOMILLASHTIRISH 63-68

Ergashxo'jayeva Sabohat, Shodmanov Jasur

ISHLAB CHIQARISH KORXONALARIDA CHANG HOSIL BO'LISH MANBALARI VA

UNI BARTARAF ETISH USULLARI 69-75

Ismoilov Muxriddin, Rahimov Anvarjon, Asatov Shavkat, Norbayeva Malikaxon

EKSPERIMENTAL O'LGACHSLARDA STATISTIK TAHLIL VA

XATOLIKLARNI KAMAYTIRISH USULLARINING TAHLILI 76-82

Jurayev O'tkirkbek

BULUTLI HISOBLASH TIZIMLARIDA MA'LUMOTLARNI XAVFSIZ SHIFRLASHNING

GIBRID KRIPTOGRAFIK ALGORITMI 83-91

<i>Ismailov Ilxom, Raximov Rustamjon</i> MACHINE LEARNING YONDASHUVI YORDAMIDA O'ZBEKISTON VILOYATLARINI QISHLOQ XO'JALIGI KO'RSATKICHLARI BO'YICHA KLASSTERLASH VA TASNIFLASH	92-100
<i>Almataev Tojiboy, Zokirjonov Azizbek</i> EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON LITHIUM-ION BATTERY AGING UNDER UZBEKISTAN'S CLIMATE	101-114
<i>Юнусалиев Эльмурод, Тошпулатов Ильхомжон</i> ИЗГОТОВЛЕНО ИЗ МЕСТНОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПОДГОТОВЛЕННЫЕ БАЛОЧНЫЕ КОНСТРУКЦИИ УСТОЙЧИВОСТЬ К РАСТЯЖЕНИЮ I	115-121
<i>To'xtaniyozova Muhayyo, To'rayev Azizbek</i> O'ZBEKISTON RESPUBLIKASIDA QURILISH MATERIALLARI SIFATI VA XAVFSIZLIGINI TA'MINLASHNING INNOVATSION USULLARI: KOMPLEKS TAHLIL VA METROLOGIK BAHOLASH	122-132

O'ZBEK TILI UCHUN SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA UZLUKSIZ NUTQNI TANISH TIZIMINI YARATISH: KORPUS, AKUSTIK MODEL VA TIL MODELINI LOYIHALASH

Arziqulov Husan Normurod o'g'li

Navoiy davlat universiteti dotsenti

Email: arziqulovhusannormurodovich@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0970-3766>

Annotatsiya. Ushbu maqolada o'zbek tili uchun sun'iy intellekt asosidagi uzluksiz nutqni tanishtirishning ilmiy asoslari tahlili. Tadqiqot tekshiriladigan birlamchi manbalarga tayangan holda korpusdan, ma'lumotlarni oldindan qayta ishlash, akustik modellashtirish, til modelini qurish, dekodlash va uni tikishni loyihalashtirish tizimlarini ravshan umumlashtirish. Metodologik asos sifatida qiyosiy tahlil, ishlab chiqarish va e'lon qilingan tahlilni sharhlash usullaridan foydalanildi. O'zbek tilidagi nutqni tanish sifati, avvalo, korpusning sifati va hajmi, preprocessing intizomi, gibrid chuqur o'qitish arxitekturalari, o'zbek tilining agglutinativ xususiyatga moslashtirilgan til modellari bilan bog'liq. Bu loyiha asosida, preprocessing, belgilovchi, akustik modellashtirish, til modelini qurish va xatolikni yaratish bilan dekodlashdan olti bosqichli arxitektura taklif.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt; o'zbek tili; avtomatik nutqni tanish; nutq korpusi; akustik model; til modeli; chuqur o'rganish; CTC - diqqat; WER; CER.

CREATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED CONTINUOUS SPEECH RECOGNITION SYSTEM FOR UZBEKISTAN: DESIGN OF CORPUS, ACOUSTIC MODEL AND LANGUAGE MODEL

Arzikulov Husan Normurod o'g'li

Associate Professor, Navoi State University

Annotation. This article analyzes the scientific basis for creating a continuous speech recognition system based on artificial intelligence for the Uzbek language. The study systematically summarizes the stages of corpus formation, data preprocessing, acoustic modeling, language model construction, decoding and results evaluation based on the primary sources under investigation. Comparative analysis, structural synthesis and interpretation of published results were used as a methodological basis. The studied literature shows that the quality of speech recognition in the Uzbek language is determined, first of all, by the quality and size of the corpus, the preprocessing discipline, hybrid deep learning architectures and language models adapted to the agglutinative nature of the Uzbek language. Based on these results, a six-stage architecture is proposed, consisting of corpus formation, preprocessing, character separation, acoustic modeling, language model construction and decoding with error evaluation.

Keywords: artificial intelligence; Uzbek language; automatic speech recognition; speech corpus; acoustic model; language model; deep learning; CTC-attention; WER; CER.

DOI: <https://doi.org/10.47390/ts-v4i3y2026N04>

Kirish

Sun'iy intellekt sohasida nutqni avtomatik tanish tizimlari inson va kompyuter o'rtasidagi tabiiy interfeyslarni yaratishda eng muhim yo'nalishlardan biridir. "Zamonaviy

nazariy manbalarda sun'iy intellekt mantiq, ehtimollik, uzluksiz matematika, idrok, o'rganish va harakatni birlashtiruvchi kompleks fan sifatida talqin qilinadi" [1]. "Chuqur o'qitish bo'yicha asosiy manbalar esa nutq, tasvir va matn kabi murakkab signallarni ko'p qatlamli neyron tarmoqlar orqali modellashtirish mumkinligini ko'rsatadi" [2], [3]. "Ehtimollik asosidagi yondashuvlar esa qaror qabul qilish va ketma-ketliklarni modellashtirishda til modeli, akustik model va dekodlash jarayonini yagona statistik doirada ko'rib chiqish imkonini beradi" [4].

O'zbek tili uchun bunday tizimni yaratish masalasi alohida dolzarbdir, chunki o'zbek tili agglutinatив tuzilishga ega, dialektal farqlar mavjud, ochiq va belgilangan ma'lumotlar bazasi cheklangan, so'z shakllarining ko'pligi esa til modelini murakkablashtiradi [7], [8]. Shu sababli, o'zbek tilida sun'iy intellekt asosida uzluksiz nutqni tanish tizimini yaratish oddiy dasturiy masala emas, balki korpus lingvistikasi, signalga ishlov berish, ehtimollik modellashtirish va chuqur o'qitishni birlashtiradigan ilmiy muammodir.

O'zbekistonlik olimlar ushbu yo'nalishda sezilarli ilmiy natijalarga erishgan. Musaev, Mussakhojayeva, Khujayarov, Ochilov va hamkorlari USC korpusini taqdim etib, uni "the first open-source Uzbek speech corpus dedicated to the ASR task" deb tavsiflaydi [5]. Keyingi tadqiqotlarda Musaev, Khujayarov va Ochilov o'zbekcha nutqni integral model asosida tanish usullarini, DNN-CTC arxitekturasini hamda fonema aniqligini oshirishga qaratilgan neyron yondashuvlarni taklif qilgan [6], [11]. Mukhamadiyev, Khujayarov, Djuraev va Cho esa chuqur o'qitish asosidagi gibrid tanish tizimini ishlab chiqib, uni "the first attempt to use deep-learning techniques to develop an E2E Uzbek language and dialects speech recognition system" deb baholaydi [7].

Til modeli yo'nalishida ham muhim natijalar bor. Mukhamadiyev, Mukhiddinov, Khujayarov, Ochilov va Cho o'z ishida past resursli tillar uchun til modellarini yaratish zarurligini ko'rsatib, "language models of low-resource languages need to be studied and created" degan xulosani ilgari suradi [8]. Ularning UzLM modeli o'zbek tilining agglutinatив va nisbatan erkin so'z tartibli xususiyatlarini hisobga olgan holda qurilgan bo'lib, neyron til modeli tanish sifatiga ijobiy ta'sir ko'rsatishi isbotlangan [8]. Ma'lumotlarni tayyorlash masalasida Madrahimov, Makharov va Lolaev "we need quality data" deb alohida urg'u beradi va oldindan ishlov berish intellektual tahlil natijasiga to'g'ridan to'g'ri ta'sir qilishini ko'rsatadi [9]. Parallel hisoblash va o'qitish samaradorligi bo'yicha Zaynidinov va Mallayev sun'iy neyron tarmoqlarni tezroq o'qitish uchun parallel algoritmi taklif qiladi [10].

Mazkur maqolaning maqsadi o'zbek tili uchun sun'iy intellekt asosida uzluksiz nutqni tanish tizimini yaratishning ilmiy asoslarini tizimli bayon qilish, mavjud o'zbekistonlik va xalqaro manbalarni birlashtirib, korpus, akustik model va til modeli uchun ilmiy asoslangan arxitektura tavsiya etishdan iborat. Maqolada yangi eksperimental o'qitish amalga oshirilmaydi; buning o'rniga, tekshirilgan manbalar asosida ilmiy-tahliliy sintez beriladi. Natijada, o'zbek tili uchun ishonchli ASR tizimini qurishda qaysi komponentlar hal qiluvchi ahamiyatga ega ekanligi aniqlanadi.

Materiallar va usullar

Tadqiqot metodologiyasi birlamchi ilmiy manbalarni tanlash, ularni qiyosiy tahlil qilish va tarkibiy sintez asosida yagona tizimli model ishlab chiqishga tayandi. Manbalarni tanlashda uchta mezon qo'llandi: birinchidan, nashr rasmiy va ilmiy platformada chop etilgan bo'lishi; ikkinchidan, manba sun'iy intellekt, chuqur o'qitish, ehtimollik modellashtirish yoki o'zbek tili uchun nutq texnologiyasiga bevosita aloqador bo'lishi; uchinchidan, o'zbek olimlari ishlari

alohida qamrab olinishi. Shu asosda nazariy tayanch sifatida [1]–[4] manbalar, o'zbek tilidagi ASR bo'yicha amaliy va metodik manbalar sifatida esa [5]–[11] ishlar tanlandi.

Tahlil jarayonida maqolalar quyidagi tarkibiy mezonlar bo'yicha solishtirildi: korpus hajmi va sifati; audio belgilash usuli; preprocessing bosqichlari; belgilarni ajratish usuli; akustik model turi; til modeli turi; dekodlash yondashuvi; baholash mezonlari. Ushbu mezonlar asosida turli ishlardagi natijalar yagona jadvalga keltirildi va qaysi komponent tizim sifatiga eng kuchli ta'sir ko'rsatishi aniqlandi.

Nutqni tanish tizimining nazariy asosini ketma-ketlik ehtimolligi va xatolik ko'rsatkichlari tashkil etadi. Til modeli uchun asosiy ifoda quyidagi ko'rinishda beriladi:

$$P(W) = \prod P(w_t | w_1, \dots, w_{(t-1)})$$

bu yerda W — so'zlar ketma-ketligi, $P(W)$ esa ushbu ketma-ketlikning til modeli bo'yicha ehtimolligidir. Agglutativ o'zbek tilida so'z shakllarining ko'pligi sababli ushbu ehtimollikni baholashda oddiy trigram modeldan tashqari neyron til modellari ham zarur bo'ladi [4], [8].

Nutqni tanish sifatini baholash uchun adabiyotlarda asosan Word Error Rate va Character Error Rate ko'rsatkichlari qo'llanadi [5], [7], [8]. Ularning formulalari quyidagicha:

$$WER = (S + D + I) / N$$

$$CER = (S_c + D_c + I_c) / N_c$$

bu yerda S — almashtirishlar soni, D — tushirib qoldirishlar soni, I — ortiqcha qo'shimchalar soni, N esa etalon birliklar sonidir. Belgilar darajasidagi CER ayniqsa o'zbek tilining morfologik ko'pligi sharoitida foydalidir, chunki u kichik ortografik xatolarni ham alohida ko'rsatadi [8].

Gibrid CTC-attention arxitekturalarini tavsiflash uchun yo'qotish funksiyasi odatda quyidagi qo'shma ko'rinishda ifodalanadi [7]:

$$L = \lambda L_{CTC} + (1 - \lambda) L_{Att}$$

Mazkur ifodada CTC komponenti vaqt bo'yicha tekislashni, attention komponenti esa ketma-ketliklararo bog'lanishni kuchaytiradi. Ushbu yondashuv o'zbek tilining dialektal va fonetik farqlarini modellashtirishda samarali ekani bir necha ishlarda ko'rsatilgan [7], [11].

Tahlil qilingan asosiy manbalar va ularning ilmiy hissasi 1-jadvalda umumlashtirildi.

Manba	Asosiy yo'nalish	Muhim natija	Maqola uchun ahamiyati
[5] Musaev va boshq., 2021	USC korpusi	958 spiker, 105 soat audio; testda WER 17.4%	Korpus yaratish va baseline uchun tayanch
[7] Mukhamadiyev va boshq., 2022	Gibrid ASR	207 soat ma'lumot; WER 14.3%	CTC-attention va DNN-HMM kombinatsiyasining afzalligi
[8] Mukhamadiyev va boshq., 2023	UzLM til modeli	80 mln so'z; 68 ming noyob so'z; CER 5.26 gacha pasaygan	Til modelining o'zbekcha ASR sifati uchun roli

[9] Madrakhimov va boshq., 2021	Preprocessing	"we need quality data"	Ma'lumot sifati va tozalash bosqichi hal qiluvchi ekanini ko'rsatadi
[10] Zaynidinov va Mallayev, 2022	Parallel o'qitish	Neyron tarmoqni o'qitish jarayonini parallellashtirish	Hisoblash vaqtini qisqartirish va resurs tejamlilik
[11] Musaev va boshq., 2023	Integral modellar	200 soat korpus; WER 17.3%; CER 7.5%	Akustik model va dekodlash zanjirini amaliy shakllantirish

1-jadval. Tahlil qilingan asosiy manbalar va ularning ilmiy hissasi.

Natijalar

Qiyosiy tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, o'zbek tilidagi ASR tizimini yaratishda muvaffaqiyat uch omilga — korpus sifati va hajmiga, akustik model arxitekturasiga hamda til modelining lingvistik mosligiga bog'liq. USC bo'yicha manbada 105 soatli, 958 spikerli korpus asosida test to'plamida 17.4% WER qayd etilgan [5]. 2023-yilgi Springer bobida 200 soatli korpus va DNN-CTC yondashuvi asosida WER = 17.3% va CER = 7.5% ko'rsatkichlari berilgan [11]. Sensors jurnalidagi 2022-yilgi tadqiqotda esa 207 soatli yozuvlar asosida gibrid CTC-attention va DNN-HMM yondashuvi WER = 14.3% natijani ko'rsatgan [7]. Bu holat korpus hajmi o'sgani sari va arxitektura murakkabroq bo'lgani sari tanish sifati yaxshilanishini bildiradi.

Ikkinchi muhim natija til modelining roli bilan bog'liq. Mukhamadiyev va hammualliflari statistik hamda neyron til modellarini solishtirib, LSTM asosidagi til modelida perplexity ko'rsatkichlari sezilarli kamayganini, shuningdek neyron til modeli integratsiyasi tanish sifatini yaxshilaganini ko'rsatadi [8]. Mualliflar tajriba yakunida "the use of neural-network-based language models reduced the character error rate to 5.26%" deb qayd etadi [8]. Demak, akustik model kuchli bo'lishining o'zi yetarli emas; o'zbek tiliga mos, katta matn korpusida o'qitilgan til modeli zarur.

Uchinchi natija preprocessing va hisoblash samaradorligi bilan bog'liq. Madrakhimov va hamkorlari xatoli, takroriy yoki mantiqan imkonsiz qiymatlar qolgan ma'lumotlar noto'g'ri xulosalarga olib kelishini ko'rsatib, data cleaning va validatsiya bosqichini tizim sifatining birlamchi omili sifatida ko'rsatadi [9]. Zaynidinov va Mallayev taklif qilgan parallel algoritm esa neyron tarmoqlarni o'qitish jarayonida hisoblash yukini kamaytirish va tezlikni oshirish uchun foydali konseptual tayanch beradi [10].

Mazkur manbalar asosida ushbu maqolada o'zbek tili uchun uzluksiz nutqni tanish tizimining olti bosqichli tavsiya etilayotgan arxitekturasini ishlab chiqildi (1-rasm). U quyidagilarni o'z ichiga oladi: 1) korpus yig'ish va belgilash; 2) audio va matnni oldindan ishlov berish; 3) MFCC yoki log-Mel kabi belgilarni ajratish; 4) DNN-HMM yoki CTC-attention asosidagi akustik modelni o'qitish; 5) trigram va LSTM asosidagi til modelini shakllantirish; 6) beam search yordamida dekodlash va WER hamda CER bilan baholash. Ushbu tarkibiy model bir-biridan mustaqil komponentlar majmui emas, balki yagona ilmiy zanjirdir.



1-rasm. O'zbek tilidagi uzluksiz nutqni tanish tizimining tavsiya etilayotgan arxitekturası.

Taklif etilayotgan tizimni baholash uchun maqolada 2-jadval shakllantirildi. Bu jadvalda manbalarda keltirilgan amaliy natijalar komponentlar bo'yicha umumlashtirildi. Jadvaldagi ma'lumotlar yangi tajriba emas, balki mavjud birlamchi tadqiqotlarning tekshiriladigan ko'rsatkichlari asosidagi sintez hisoblanadi.

Tadqiqot	Korpus	Model	Ko'rsatkich	Asosiy xulosa
[5] USC, 2021	105 soat, 958 spiker	DNN-HMM, E2E	WER 17.4%	"promising results" va reproducibility
[7] Sensors, 2022	207 soat	CTC-attention + DNN-HMM	WER 14.3%	Ma'lumot hajmi va gibrid arxitektura natijani yaxshilaydi
[11] Springer, 2023	200 soat	DNN-CTC	WER 17.3% CER 7.5%	Integral model amaliy jihatdan barqaror
[8] Sensors, 2023	80 mln so'z, 15 mln gap	3-gram + LSTM UzLM	Perplexity 7.2 -> 2.56 CER 5.26%	Til modeli o'zbekcha ASRning majburiy komponenti

2-jadval. O'zbekcha ASR bo'yicha tanlangan manbalardagi asosiy ko'rsatkichlar

2-jadvaldagi umumlashma asosida o'zbek tilidagi sun'iy intellekt tizimini yaratishda quyidagi ilmiy-praktik ketma-ketlik tavsiya etiladi: birinchidan, kamida yuz soatdan ortiq, dialektlarni qamrab oluvchi, tekshirilgan va transkriptlangan nutq korpusi shakllantiriladi; ikkinchidan, data cleaning, VAD va segmentlash qat'iy bajariladi; uchinchidan, akustik model sifatida gibrid CTC-attention yoki DNN-HMM arxitekturası tanlanadi; to'rtinchidan, alohida katta matn korpusida trigram va LSTM asosidagi til modeli o'qitiladi; beshinchidan, dekodlash beam search yordamida amalga oshiriladi; oltinchidan, natija WER va CER bo'yicha baholanadi. Bu zanjir maqolada ko'rilgan barcha birlamchi manbalardagi umumiy ilmiy mantiqni aks ettiradi.

Munozara

Tahlil ko'rsatadiki, o'zbek tili uchun sun'iy intellekt asosidagi nutqni tanish tizimini yaratish faqat kuchli neyron arxitektura tanlash bilan hal bo'lmaydi. Birlamchi manbalarda qayta-qayta uchraydigan asosiy muammo — resurs tanqisligi. Past resursli tillarda ma'lumotlar bazasi kichik, dialektal tafovutlar katta va matn-normalizatsiya qoidalari noturg'un bo'lgani sababli, model sifati ko'pincha ma'lumot sifati bilan cheklanadi [5], [7], [8], [9]. Shu ma'noda, preprocessing bosqichi yordamchi emas, balki ASR tizimining alohida ilmiy komponentidir.

Ikkinchi muhim masala o'zbek tilining agglutinatib tabiatidir. So'z ildiziga ko'plab qo'shimchalar ulanib yangi shakllar hosil bo'lishi sababli, oddiy so'z darajasidagi til modellari ko'pincha kam qamrovli bo'ladi. Shu bois, [8] dagi UzLM yondashuvi kabi, kattaroq matn korpusi va neyron ketma-ketlik modeli zarur. Bunday model akustik model chiqishidagi bir nechta ehtimoliy gipotezadan til nuqtayi nazaridan eng mantiqli variantni tanlashga yordam beradi. Demak, o'zbek tili uchun ASR tizimida til modeli periferik emas, markaziy bo'g'indir.

Uchinchi jihat — akustik modelning tanlanishi. [11] da DNN-CTC, [7] da esa gibrid CTC-attention va DNN-HMM kombinatsiyasi ishlatilgani ko'rinadi. [7] dagi pastroq WER ko'rsatkichi shuni anglatadiki, vaqt bo'yicha tekislash va ketma-ketliklararo bog'lanishni birlashtirgan gibrid model o'zbekcha nutqda yaxshiroq umumlashadi. Shunga qaramay, bunday arxitektura ko'proq hisoblash resursini talab qiladi. Shu o'rinda [10] da berilgan parallel o'qitish g'oyasi dolzarb bo'lib, real amaliyotda GPU yoki ko'p yadroli hisoblash muhitidan samarali foydalanish lozim.

Maqoladagi yana bir muhim natija shundaki, o'zbek olimlari ishlari alohida-alohida komponentlarni emas, balki to'liq ekotizimni shakllantira boshlaganini ko'rsatadi. USC korpusi [5], integral va gibrid ASR modellar [6], [7], [11], preprocessing bo'yicha yondashuv [9], parallel o'qitish [10] va til modeli [8] birgalikda ko'rilganda, o'zbek tili uchun to'laonli sun'iy intellekt asosidagi nutq texnologiyasini yaratish uchun yetarli ilmiy poydevor mavjudligi ayon bo'ladi. Bu xulosa amaliy jihatdan ham muhim, chunki ta'lim, davlat xizmatlari, media monitoring, subtitrlash, tibbiy hujjatlashtirish va ovozli interfeyslarda o'zbekcha ASR tizimlariga talab ortib bormoqda.

Shu bilan birga, maqolaning cheklovi shundaki, unda yangi eksperimental o'qitish va laboratoriya sinovi o'tkazilmadi. Natijalar faqat birlamchi tadqiqotlarda e'lon qilingan ma'lumotlar sintezi asosida berildi. Biroq bu yondashuvning afzalligi — iqtiboslarning tekshiriladigan, manbalarining esa rasmiy va ishonchli ekani. Kelgusidagi izlanishlar aynan mana shu tavsiya etilgan arxitekturani yagona eksperimental platformada sinab ko'rishi, dialektlar bo'yicha xatolik xaritasini tuzishi va o'zbek tilining morfologik xususiyatlariga mos subword yoki morfema darajasidagi til modellarini yaratishi kerak.

Xulosa

Maqolada o'zbek tili uchun sun'iy intellekt asosida uzluksiz nutqni tanish tizimini yaratishning ilmiy asoslari birlamchi va ishonchli adabiyotlar asosida yoritildi. Tahlil natijasida korpus sifati va hajmi, preprocessing intizomi, gibrid akustik model, agglutinatib tuzilmani hisobga oluvchi til modeli hamda samarali dekodlash usullari o'zbekcha ASR tizimining asosiy komponentlari ekanligi aniqlandi.

Adabiyotlar sintezi shuni ko'rsatdiki, USC korpusi va keyingi 200–207 soatli korpuslar o'zbek tilida ASR tizimlarini o'qitish uchun amaliy poydevor yaratgan; gibrid CTC-attention va DNN-HMM yondashuvlari WER ko'rsatkichini yaxshilagan; neyron til modellari esa CER va perplexity ni pasaytirib, tanish sifatini oshirgan [5], [7], [8], [11].

Amaliy tavsiya sifatida, o'zbekcha nutqni tanish tizimini yaratishda kamida olti bosqichli arxitekturadan foydalanish lozim: korpus yig'ish, data cleaning, feature extraction, akustik model, til modeli va dekodlash. Ilmiy tavsiya sifatida esa kelgusida dialektlarga moslashgan korpuslar, morfema darajasidagi til modellar, shovqinli muhitda robust o'qitish va parallel hisoblashga asoslangan tezkor trening strategiyalari ishlab chiqilishi maqsadga muvofiq.

Adabiyotlar/Литература/References:

1. Russell, S., & Norvig, P. (2022). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.). Pearson.
2. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
3. Bishop, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. Springer.
4. Murphy, K. P. (2022). Probabilistic Machine Learning: An Introduction. MIT Press.
5. Musaev, M., Mussakhojayeva, S., Khujayarov, I., Khassanov, Y., Ochilov, M., & Varol, H. A. (2021). USC: An Open-Source Uzbek Speech Corpus and Initial Speech Recognition Experiments. In A. Karpov & R. Potapova (Eds.), Speech and Computer, SPECOM 2021, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 12997 (pp. 437–447). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87802-3_40
6. Musaev, M., Khujayarov, I., & Ochilov, M. (2020). Development of integral model of speech recognition system for Uzbek language. In 2020 IEEE 14th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT) (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/AICT50176.2020.9368719>
7. Mukhamadiyev, A., Khujayarov, I., Djuraev, O., & Cho, J. (2022). Automatic Speech Recognition Method Based on Deep Learning Approaches for Uzbek Language. Sensors, 22(10), 3683. <https://doi.org/10.3390/s22103683>
8. Mukhamadiyev, A., Mukhiddinov, M., Khujayarov, I., Ochilov, M., & Cho, J. (2023). Development of Language Models for Continuous Uzbek Speech Recognition System. Sensors, 23(3), 1145. <https://doi.org/10.3390/s23031145>
9. Madrakhimov, S., Makharov, K., & Lolaev, M. (2021). Data preprocessing on input. AIP Conference Proceedings, 2365(1), 030003. <https://doi.org/10.1063/5.0058132>
10. Zaynidinov, H., & Mallayev, O. (2022). Parallel algorithm for calculating the learning processes of an artificial neural network. AIP Conference Proceedings, 2647(1), 050006. <https://doi.org/10.1063/5.0104178>
11. Musaev, M., Khujayarov, I., & Ochilov, M. (2023). Speech Recognition Technologies Based on Artificial Intelligence Algorithms. In H. Zaynidinov, M. Singh, U. S. Tiwary, & D. Singh (Eds.), Intelligent Human Computer Interaction, IHCI 2022, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 13741 (pp. 51–62). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-27199-1_6

TECHSCIENCE.UZ

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

№ 3 (4)-2026

TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL SCIENCES

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB MASALALARI**
elektron jurnali 15.09.2023-yilda 130346-
sonli guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan
o'tkazilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM"
mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.

Elektron manzil:

scienceproblems.uz@gmail.com