O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

MIRZO ULUG‘BEK NOMIDAGI O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETINING JIZZAX FILIALI

KOMPYUTER ILMLARI VA MUHANDISLIK TEXNOLOGIYALARI

mavzusidagi Xalqaro ilmiy-texnik anjuman materiallari to‘plami

2026-yil 25-26-sentabr

(2-qism)

JIZZAX-2026

Kompyuter ilmlari va muhandislik texnologiyalari. Xalqaro ilmiy-texnik anjuman materiallari to‘plami – Jizzax: O‘zMU Jizzax filiali, 2026-yil 25-26-sentabr. 315-bet.

Xalqaro miqyosidagi ilmiy-texnik anjuman materiallarida zamonaviy kompyuter ilmlari va muhandislik texnologiyalari sohasidagi innovatsion tadqiqotlar aks etgan.

Globallashuv sharoitida davlatimizni yanada barqaror va jadal sur’atlar bilan rivojlantirish bo‘yicha amalga oshirilayotgan islohotlar samarasini yaxshilash sohasidagi ilmiy-tadqiqot ishlariga alohida e’tibor qaratilgan. Zero iqtisodiyotning, ijtimoiy sohalarni qamrab olgan modernizatsiya jarayonlari, hayotning barcha sohalarini liberallashtirishni talab qilmoqda.

Ushbu ilmiy ma’ruza tezislari to‘plamida mamlakatimiz va xorijlik turli yo‘nalishlarda faoliyat olib borayotgan mutaxassislar, olimlar, professor-o‘qituvchilar, ilmiy tadqiqot institutlari va markazlarining ilmiy xodimlari, tadqiqotchilari, magistr va talabalarning ilmiy-tadqiqot ishlari natijalari mujassamlashgan.

Mas’ul muharrirlar: DSc.prof. Turakulov O.X., t.f.n., dots. Baboyev A.M.

Tahrir hay’ati a’zolari: p.f.d.(DSc), prof. Turakulov O.X., t.f.n., dots. Baboyev A.M., t.f.f.d.(PhD), prof. Abduraxmanov R.A., p.f.f.d.(PhD) Eshankulov B.S., p.f.n., dots. Aliqulov S.T., p.f.n., dots. Alimov N.N., p.f.f.d.(PhD), dots. Alibayev S.X., т.f.f.d.(PhD), dots. Abdumalikov A.A, p.f.f.d.(PhD) Hafizov E.A., f.f.f.d.(PhD) dots., Norbekova B.Sh. p.f.f.d.(PhD) dots. Sindorov L.K., t.f.f.d.(PhD), dots. Nasirov B.U., b.f.f.d. (PhD) O‘ralov A.I., p.f.n., dots. Aliqulov S.T., t.f.f.d.(PhD) Kuvandikov J.T., i.f.n., dots. Tsoy M.P., Sharipova S.F., Jo‘rayev M.M.

Mazkur to‘plamga kiritilgan ma’ruza tezislarining mazmuni, undagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligi hamda tanqidiy fikr-mulohazalar, keltirilgan takliflarga mualliflarning o‘zlari mas’uldirlar.

1) ishonchlilik nazoratini alohida arxitektura qatlami (Data Reliability Layer) sifatida loyihalash bosqichidayoq ko‘zda tutish, tekshiruvlarni soddadan murakkabga tartiblash;

2) har bir sifat mezoniga 1-jadvaldagi kabi o‘lchanadigan ko‘rsatkich biriktirib, doimiy monitoringga chiqarish;

3) MDM va dedublikatsiyada algoritmdan oldin normallashtirish lug‘atini tuzish;

4) Data Lineage mexanizmini majburiy qilish — taqsimlangan tizimda xatoni keyinchalik to‘g‘rilashning boshqa ishonchli asosi yo‘q;

5) statik qoidalar o‘rniga kontekstni o‘rganadigan modellarga tayanish, ayni paytda o‘qitish to‘plamiga soxta ma’lumot kiritilishidan (data poisoning) himoya choralarini ko‘rish.

Sun’iy intellektga asoslangan avtomatik tozalash vositalari takomillashgani sayin bu yo‘nalishning ahamiyati ortib boradi.

Adabiyotlar ro‘yxati

1. Batini, C., & Scannapieco, M. (2016). Data and Information Quality: Dimensions, Principles and Techniques. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-24106-7.

2. Chandola, V., Banerjee, A., & Kumar, V. (2009). Anomaly detection: A survey. ACM Computing Surveys (CSUR), 41(3), 1–58. DOI: 10.1145/1541880.1541882.

3. Zaharia, M., Xin, R. S., Wendell, P., et al. (2016). Apache Spark: A unified engine for big data processing. Communications of the ACM, 59(11), 56–65. DOI: 10.1145/2934664.

4. White, T. (2015). Hadoop: The Definitive Guide (4th ed.). O’Reilly Media.

5. Gilbert, S., & Lynch, N. (2002). Brewer's conjecture and the feasibility of consistent, available, partition-tolerant web services. ACM SIGACT News, 33(2), 51–59. DOI: 10.1145/564585.564601.

6. Karras, A., Theodorakopoulos, L., Karras, C., Theodoropoulou, A., Kalliampakou, I., & Kalogeratos, G. (2025). LLMs for Cybersecurity in the Big Data Era: A Comprehensive Review of Applications, Challenges, and Future Directions. Information, 16(11), 957. DOI: 10.3390/info16110957.

7. Hamid, I., & Rahman, M. M. H. (2025). AI, machine learning and deep learning in cyber risk management. Discover Sustainability, 6, 389. DOI: 10.1007/s43621-025-01012-3.

8. G‘aniyev, S. K., Karimov, M. M., & Tashev, K. A. (2016). Axborot xavfsizligi. Toshkent: “Aloqachi” nashriyoti. – 380 b.

9. G‘aniyev, S. K., & G‘ulomov, Sh. R. (2023). Axborot nazariyasi va kodlash. Toshkent: “Humo Istiqlol Press”. – 264 b.

10. G‘ulomov, S. S., Shermuhamedov, A. T., & Begalov, B. A. (2001). Axborot tizimlari va texnologiyalari. Toshkent: “Sharq”. – 480 b.

FONETIK-PROSODIK XATOLAR ASOSIDA AVTOMATIK TAVSIYALAR SHAKLLANTIRUVCHI GAPIRISH MODULI

Kayumov Oybek Achilovich
O‘zbekiston Milliy universitetining Jizzax filiali, Jizzax, O‘zbekiston; e-mail: oybekuzonlined3@gmail.com
Kayumova Nazokat Rashitovna
O‘zbekiston Milliy universitetining Jizzax filiali, Jizzax, O‘zbekiston; e-mail: kayumovanazokat7@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada xorijiy og‘zaki nutqda aniqlangan fonetik va prosodik xatolarni pedagogik jihatdan amaliy tavsiyalarga aylantiruvchi gapirish moduli taklif etilgan. Modul majburiy fonetik tekislash, MDD va prosodik diagnostika natijalarini fonema–bo‘g‘in–so‘z–jumla darajasidagi yagona xato profilida birlashtiradi. Har bir nomzod tavsiya xatoning og‘irligi, takrorlanishi, aniqlash ishonchliligi, kutilgan tuzatish foydasi, kognitiv yuklamasi va prerequisite holati bo‘yicha baholanadi. Xavfsiz Top-3 selektor bir turdagi tavsiyaning ortiqcha takrorlanishini cheklaydi, past ishonchli dalilni foydalanuvchiga chiqarmaydi va qayta yozish yoki ekspert ko‘rigiga yo‘naltiradi. 180 virtual profil asosidagi deterministik simulyatsiyada model Precision@3=0,659, nDCG@3=0,912, oracle foyda qamrovi=0,922 va ishonchli tavsiya ulushi=0,969 natijalarini ko‘rsatdi. Tajriba real respondent yoki pedagogik samaradorlik natijasi emas; algoritm mexanizmini tekshirish uchun mo‘ljallangan.

Kalit so‘zlar: avtomatik talaffuz baholash, fonetik xato, prosodiya, MDD, avtomatik tavsiya, gapirish moduli, tushuntiriladigan sun’iy intellekt, ishonchlilik.

Kirish

Avtomatik talaffuz baholash tizimlarining aksariyati umumiy ball yoki xato joylashuvini beradi. Biroq foydalanuvchi uchun asosiy savol ‘qayerda xato qildim?’ bilan tugamaydi: xato nimadan kelib chiqdi, qaysi mashq uni tuzatadi, qaysi xatoni birinchi bartaraf etish lozim va o‘zlashtirish qachon qayta tekshiriladi? Faqat fonema labelini ko‘rsatish artikulyatsion sababni ochmaydi; faqat jumla darajasidagi prosodiya bali esa urg‘u, ritm, intonatsiya yoki fraza chegarasining qaysi biri buzilganini ajratmaydi.

CAPT tizimlari talaffuzni baholash (APA) hamda noto‘g‘ri talaffuzni aniqlash va diagnostika qilish (MDD) vazifalarini birlashtirganda mazmunli feedback bera oladi [1–5]. Hierarchical va multi-aspect modellar fonema, so‘z va jumla darajalaridagi bog‘lanishni hisobga oladi [6–9]. Artikulatsion belgilar esa ‘/t/ o‘rniga /d/’ kabi labeldan ko‘ra jaranglilik, hosil bo‘lish o‘rni va usuliga oid aniq tavsiya yaratishga imkon beradi [10, 11]. Prosodik feedback F0, urg‘u, ritm va fraza chegaralarini alohida tahlil qilishi kerak [12–15].

Tadqiqot maqsadi — fonetik-prosodik xatolarni ishonchlilik va tarix bilan birlashtirib, foydalanuvchiga bir sessiyada eng muhim uchta tushuntiriladigan tavsiyani beradigan hamda qayta mashq natijasida diagnostik profilni yangilaydigan gapirish moduli algoritmini ishlab chiqish. Ilmiy yangilik: (1) xato dalillarining ko‘p darajali diagnostik grafigi; (2) og‘irlik–davomiylik–ishonchlilik–kutilgan foyda–yuklama asosidagi utility funksiyasi; (3) tavsiya xilma-xilligi va prerequisitega ega

xavfsiz Top-3 selektor; (4) noaniq dalilni yashirish va ekspertga eskalatsiya; (5) o‘zlashtirish holatini yopiq konturda yangilash.

Adabiyotlar tahlili va masalaning qo‘yilishi

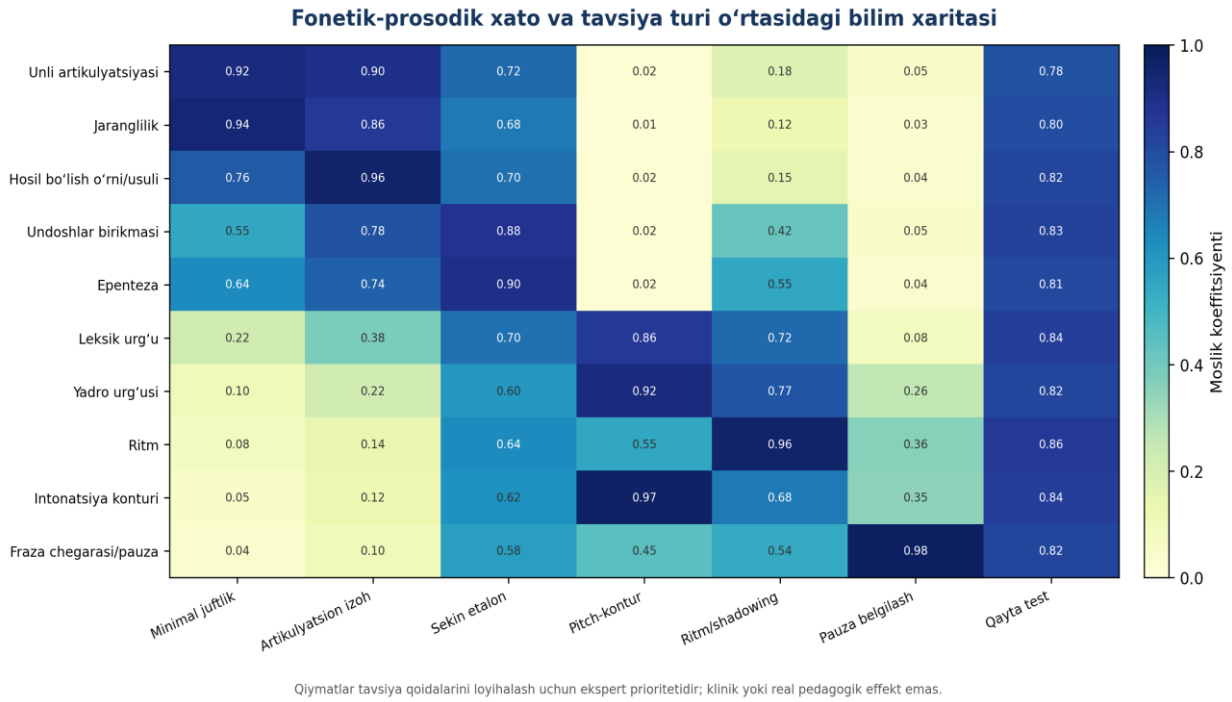
GOP va majburiy tekislash fonema darajasidagi baholashning klassik tayanchidir [2, 16, 17]. Biroq tekislash xatosi MDD natijasiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘tadi [18]. Shu sababli xato labeli bilan birga posterior margin, alignment entropy, audio sifati va bir necha urinishdagi takrorlanish saqlanishi lozim. Joint APA–MDD modellar umumiy baho va lokal diagnostikani bir vaqtda o‘rganish foydasini ko‘rsatgan [4, 5, 9]. 2025-yildagi artikulyatsion yondashuvlar subsegmental feedbackning informativligini oshirgan [10, 11].

PESAA talaffuz, ritm va phrase-break feedback modullarini integratsiyalagan [12]. PTeacher xatoni sezilarli qilish uchun bo‘rttirilgan audio-vizual etalon va shaxsiy mashq kurslarini taklif qilgan [19]. MultiPA ochiq javobda jumla darajasidagi aniqlik, ravonlik, prosodiya va so‘z aniqligini birlashtiradi [20]; HiPPO esa erkin nutqni hierarchical tarzda baholash masalasini ko‘taradi [21]. Bu ishlarda diagnostika kuchli bo‘lsa-da, qaysi feedbackni hozir berish, foydalanuvchini ortiqcha yuklamaslik va noaniq xatoni ko‘rsatmaslik uchun formal ranking va safety mexanizmi alohida talab etiladi.

Shunday qilib, gapirish modulida baholash va tavsiya bir xil narsa emas. Baholash xatoning ehtimoli va og‘irligini chiqaradi; tavsiya moduli esa pedagogik foyda, o‘zlashtirish tarixi, mashq xarajati, prerequisite va feedback xilma-xilligini optimallashtiradi. Huquqiy maqom, jazo muddati yoki intizomiy ma’lumot tavsiya relevanti bilan bog‘liq emas va modelga kiritilmasligi kerak.

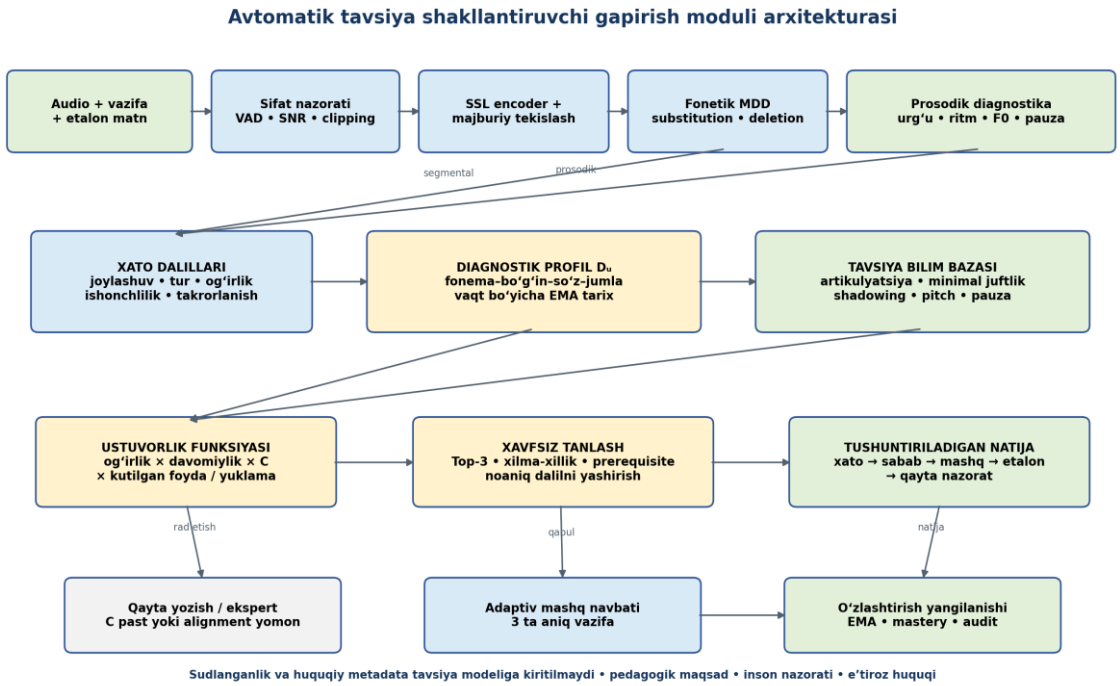
1-jadval. Diagnostik xato va tavsiya mazmunining mosligi

Xato sinfi	Aniqlash dalili	Tavsiya mazmuni	Qayta nazorat
Fonema almashtirish	GOP, posterior margin, confusion	minimal juftlik + artikulyatsion izoh	3–5 so‘z va yangi kontekst
Tushirib qoldirish/epenteza	alignment deletion/insertion	sekin etalon + bo‘g‘inlash	birikma va gap darajasi
Jaranglilik/o‘rin/usul	artikulyatsion atribut	til-lab-havo-ovoz ko‘rsatmasi	kontrastiv fonema jufti
Leksik/yadro urg‘usi	F0, energiya, duration peak	urg‘u belgisi + pitch overlay	yangi so‘z/fraza
Ritm/sur’at	nPVI, bo‘g‘in intervali, articulation rate	shadowing + ritmik takror	metronomsiz erkin takror
Intonatsiya/pauza	F0 contour, ToBI-tip chegara, pauza	kontur etaloni + phrase marking	yangi kommunikativ niyat



1-rasm. Fonetik-prosodik xatolarni tavsiya turlari bilan bog‘lovchi bilim xaritasi.

Avtomatik tavsiya algoritmi



2-rasm. Diagnostik profil, utility ranking va xavfsiz Top-3 selektordan iborat modul arxitekturasi.

Ko‘p darajali xato dalili

u foydalanuvchining t urinishidagi k xato turi uchun dalil vektori e_{utk} fonetik/prosodik og‘ish, joylashuv, alignment ishonchliligi, audio sifati va kontekst qiyinligidan tuziladi:

$$e_{utk} = [s_{utk}, p_{utk}, a_{utk}, q_{ut}, d_t, g_k] \quad (1)$$

Bu yerda s — normallangan og‘irlik, p — xato ehtimoli, a — alignment ishonchliligi, q — audio sifati, d — topshiriq qiyinligi, g — fonema/bo‘g‘in/so‘z/jumla granulasi. Bir dalildan qat’iy xulosa chiqarilmaydi; umumiy ishonchlilik multiplikativ emas, kalibrlangan logit agregatsiyasi bilan olinadi:

$$C_{utk} = \sigma(\beta_0 + \beta_1 \text{logit}(p_{utk}) + \beta_2 a_{utk} + \beta_3 q_{ut} - \beta_4 H_{utk}) \quad (2)$$

H posterior yoki alignment entropy. C<τshow bo‘lsa, xato foydalanuvchiga ko‘rsatilmaydi; past q/a holatida qayta yozish, qarama-qarshi dalilda ekspert ko‘rigi tanlanadi.

Vaqt bo‘yicha diagnostik profil

Tasodifiy bir martalik xatoni barqaror muammo deb ko‘rsatmaslik uchun og‘irlik va ishonchlilik EMA orqali yangilanadi. Yangilanish faqat C≥τupdate bo‘lganda bajariladi:

$$S_{uk}^{(t)} = \lambda S_{uk}^{(t-1)} + (1-\lambda) C_{utk} s_{utk} \quad (3)$$

$$P_{uk}^{(t)} = \lambda P_{uk}^{(t-1)} + (1-\lambda) \cdot 1[s_{utk} > \tau err] \quad (4)$$

S — silliqlangan og‘irlik, P — takrorlanish. Profil xato turi, fonetik kontekst, tavsiya tarixi, oldingi mashq, mastery va eskalatsiya sabab kodini saqlaydi. Audio asl nusxasi profil uchun majburiy emas; minimallashtirilgan xususiyat va vaqt chegaralangan audit yozuvi yetarli.

Nomzod tavsiyalar va utility funksiyasi

Bilim bazasidagi har r tavsiya xato turi k bilan W_{kr} moslik matritsasi orqali bog‘lanadi. Tavsiya artikulyatsion izoh, minimal juftlik, sekin audio etalon, pitch-kontur, shadowing, phrase marking yoki qayta testdan iborat bo‘lishi mumkin. Foydalanuvchi uchun nomzod foydasi:

$$U_{ukr} = W_{kr} \cdot S_{uk} \cdot (\alpha + \beta P_{uk}) \cdot C_{uk} \cdot G_{kr} / (\text{Cost}_r + \varepsilon) \quad (5)$$

G kutilgan tuzatish foydasi bo‘lib, xato–mashq juftining learnabilitysi, foydalanuvchining oldingi javobi va prerequisite o‘zlashtirilishidan olinadi. Takroran foydasiz bo‘lgan mashq bandit-style reward bilan pasaytiriladi:

$$\hat{G}_{ukr} \leftarrow (1-\eta)\hat{G}_{ukr} + \eta \cdot \text{clip}((S\text{before} - S\text{after})/S\text{before}, -1, 1) \quad (6)$$

Xavfsiz va xilma-xil Top-3 tanlash

Bir sessiyada ko‘pi bilan uch tavsiya beriladi. Greedy tanlashda avvalgi tanlovga semantik o‘xshashlik, bir xil kanalning takrorlanishi va prerequisite buzilishi jarima qilinadi:

$$r^* = \text{argmax}_{r \notin R} [U_{ukr} - \mu \max_{j \in R} \text{sim}(r,j) - \nu \text{PrereqViolation}(r)] \quad (7)$$

Kamida bitta segmental va bitta prosodik nomzodning utilitysi τmin dan yuqori bo‘lsa, ikkala kanal qamrab olinadi. Bu qoidani mexanik majburiyat deb bo‘lmaydi: juda og‘ir uchta segmental xato mavjud bo‘lsa, relevanti yuqori tanlov saqlanadi. Past C yoki alignment qarama-qarshiligida avtomatik feedback o‘rniga ‘qayta yozing’ yoki ‘ekspert ko‘rib chiqishi kerak’ holati qaytariladi:

Action = recommend, agar C≥τshow va A≥τalign; aks holda retry/review (8)

Tushuntiriladigan tavsiya paketi

Har tavsiya besh qismdan iborat: (1) xato joyi; (2) akustik-fonetik sabab; (3) bajariladigan aniq harakat; (4) etalon audio-vizual namuna; (5) yangi kontekstdagi

qayta nazorat. Matn neytral bo‘lib, ‘Siz ayta olmaysiz’ kabi stigmalovchi jumla ishlatilmaydi. Misol: ‘think so‘zidagi /θ/ tovushida til uchi tishlar orasiga yetarli chiqmagan; havo uzluksiz chiqishi kerak. Avval /s–θ/ minimal juftligini, keyin uchta so‘zni takrorlang.’

Feedback = {where, evidence, action, model, retest, confidence_code} (9)

3.6. O‘zlashtirish va qayta test

Mashqdan oldingi va keyingi og‘irlik farqi tavsiya rewardini, mastery esa Beta-Bernoulli yangilanishini beradi. Muvaffaqiyat faqat o‘sha audio qayta takrorida emas, yangi so‘z yoki kommunikativ kontekstda tekshiriladi:

$$M_{uk} = (a_0+\Sigma success)/(a_0+b_0+Nretest) \quad (10)$$

$$Resolved(k) = 1[M_{uk} \geq \tau M \wedge S_{uk} \leq \tau S \wedge transfer_test=pass] \quad (11)$$

Agar uch siklda S kamaymasa, bir xil mashq takrorlanmaydi: tavsiya turi almashtiriladi yoki ekspertga yuboriladi. Shu tariqa modul feedbackni natija bilan bog‘laydi, ammo insonning umumiy qobiliyati yoki huquqiy holati haqida xulosa chiqarmaydi.

2-jadval. Tavsiya rankingida ishlatiladigan belgilar

Belgi	Oraliq	Vazifasi	Xavfsizlik cheklovi
S — og‘irlik	0–1	xato ta’siri	topshiriq qiyinligiga normallash
P — takrorlanish	0–1	barqaror muammoni ajratish	bir urinish bilan keskin oshmaydi
C — ishonchlilik	0–1	feedbackni ko‘rsatish/rad etish	kalibrlash va threshold auditi
G — kutilgan foyda	−1–1	mashq samarasi proksisi	real ta’lim effekti deb talqin qilinmaydi
Cost — yuklama	>0	vaqt va murakkablik	bir sessiyada Top-3
Prerequisite	0/1	oldingi ko‘nikma holati	buzilsa tavsiya bloklanadi
Diversity	0–1	bir xil feedbackni takrorlamaslik	relevanti yuqori xatoni siqib chiqarmaydi

3-jadval. Gapirish moduli dasturiy komponentlari

Komponent	Kirish	Chiqish	Nazorat
Audio gateway	audio, task ID	16 kHz PCM, q	VAD, SNR, clipping
Aligner/MDD	audio, etalon	fonema labeli, C, vaqt	lug‘at/model versiyasi
Prosody analyzer	F0, energy, duration	urg‘u, ritm, pauza	speaker ichki normallash
Profile store	xato dalili, history	D_u, S, P, M	psevdonim ID, retention
Knowledge base	xato turi, til	W, mashq, etalon	fonetist tasdig‘i
Ranker	D_u, W, Cost, G	Top-3 + sabab	confidence, diversity
Feedback renderer	tavsiya paketi	matn/audio/vizual	neytral til, accessibility
Retest/audit	yangi audio, old score	reward, mastery, log	rollback, e’tiroz

Algoritm bosqichlari

Audio sifati va etalon topshiriqni tekshirish; minimal sifat bajarilmasa qayta yozishni so‘rash.

SSL encoder, majburiy tekislash va MDD orqali fonetik xatolarni joylashtirish va tasniflash.

F0, energiya, davomiylik, ritm va pauza belgilaridan prosodik og‘ishlarni hisoblash.

Og‘irlik, alignment, entropy va audio sifati asosida C ni kalibrlash; noaniq dalilni yashirish.

Ishonchli dalil bilan S, P va diagnostik xato grafigini EMA asosida yangilash.

Bilim bazasidan mos mashqlarni olish va U utilitysini hisoblash.

Prerequisite, semantik takror va kanal xilma-xilligi cheklovi bilan Top-3 ni tanlash.

Xato–sabab–harakat–etalon–qayta test shaklida tushuntiriladigan feedback chiqarish.

Yangi kontekstdagi qayta testdan reward va mastery olish; samarasiz siklda mashqni almashtirish yoki ekspertga yuborish.

Sintetik tajriba metodikasi

Real etik korpus taqdim etilmagani sababli tavsiya rankingining xatti-harakatini tekshirish uchun 180 virtual profil yaratildi. Har profil uchun beshta segmental va beshta prosodik xato turi bo‘yicha yashirin og‘irlik, takrorlanish,

learnability va kognitiv xarajat hosil qilindi. To‘rtta diagnostik kuzatuvga mos takrorlanish dalili, audio/alignment sifati va o‘lchov shovqini qo‘shildi. Hamma sonlar 20260831 tasodifiy urug‘i bilan takrorlanadi.

Oracle relevance yashirin og‘irlik × davomiylik × learnability / cost sifatida belgilandi. Tasodifiy, faqat og‘irlik, og‘irlik+ishonchlilik, tarixsiz gibrid, taklif etilgan tarixli/xilma-xil va oracle ranking variantlari taqqoslandi. Har profil uchun Top-3 chiqarildi. Metrikalar Precision@3, nDCG@3, oracle foyda qamrovi, C≥0,58 tavsiyalar ulushi va segmental-prosodik xilma-xillikdan iborat. Besh siklli dinamika oldindan belgilangan kamayish mexanizmi bo‘lib, inson o‘rganishini isbotlamaydi.

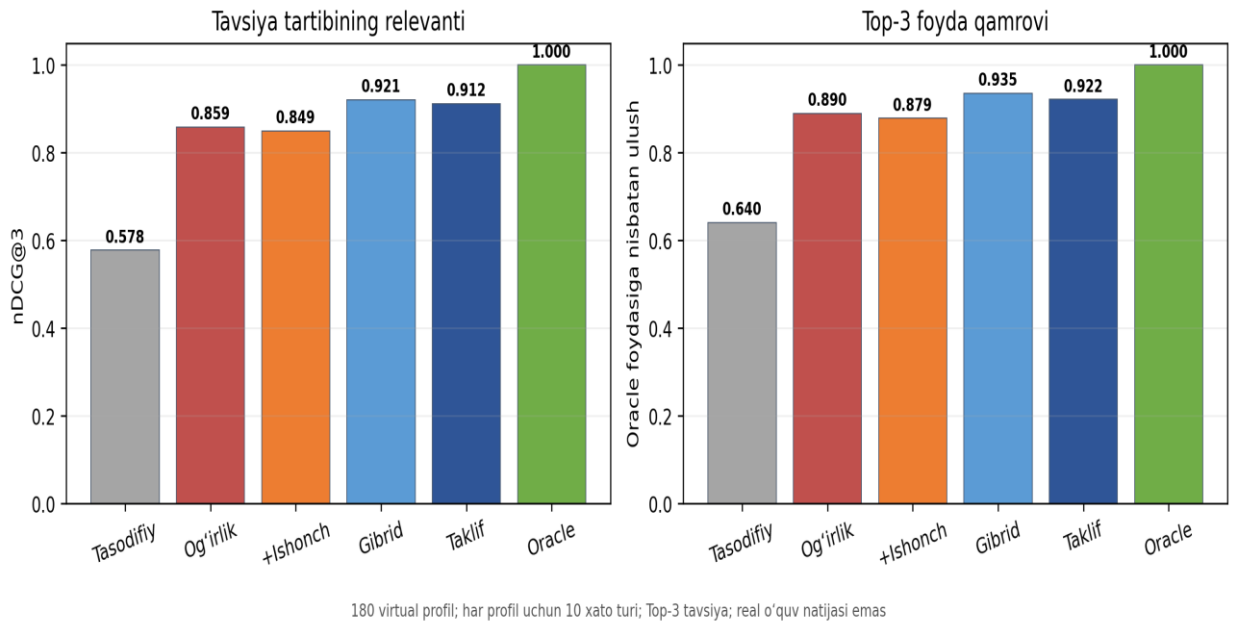
4-jadval. Sintetik tajriba protokoli

Parametr	**Qiymat**	**Izoh**
Tasodifiy urug‘	20260831	deterministik takrorlanuvchanlik
Virtual profil	180	real shaxs yoki biometrik yozuv emas
Xato turi	10	5 segmental + 5 prosodik
Diagnostik kuzatuv	4/profile	takrorlanish proksisi
Tavsiya soni	Top-3	kognitiv yuklamani cheklash
Ishonch thresholdi	C≥0,58	sintetik safety ish nuqtasi
Ranking metrikasi	P@3, nDCG@3, capture	oracle relevanti bilan
Dinamik sikl	5	mexanizm namoyishi, real learning emas

Natijalar

5-jadval. Tavsiya rankingining sintetik natijalari

Variant	**Precision@3**	**nDCG@3**	**Foyda qamrovi**	**Ishonchli ulush**	**2-kanal qamrovi**
Tasodifiy	0.320	0.578	0.640	0.937	0.828
Faqat og‘irlik	0.613	0.859	0.890	0.935	0.606
Og‘irlik + ishonchlilik	0.581	0.849	0.879	0.972	0.594
Tarixsiz gibrid	0.702	0.921	0.935	0.967	0.717
Taklif etilgan	0.659	0.912	0.922	0.969	0.789
Oracle	1.000	1.000	1.000	0.950	0.611

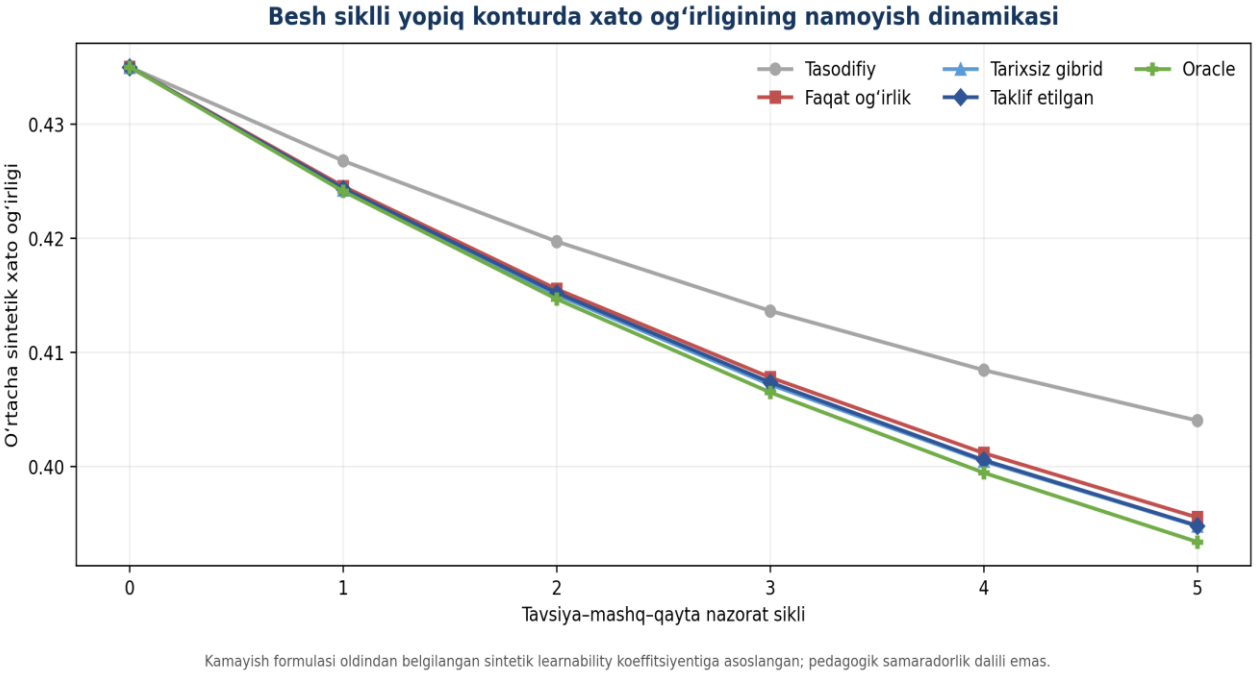


3-rasm. Ranking relevanti va oracle foyda qamrovining sintetik taqqoslanishi.

Taklif etilgan model faqat og‘irlik rankingiga nisbatan nDCG@3 ni 0,053 ga, oracle foyda qamrovini 0,032 ga oshirdi. Precision@3=0,659 bo‘lib, Top-3ning o‘rtacha 1,98 tasi oracle muhim xatolari bilan mos tushdi. C≥0,58 bo‘lgan tavsiyalar ulushi 0,969, ikki kanal qamrovi 0,789 bo‘ldi. Oraclega yetmaslik diagnostika shovqini, ishonchlilik filtri va xilma-xillik jarimasining narxini ifodalaydi.

6-jadval. Xavfsizlik va sintetik sikl diagnostikasi

Ko‘rsatkich	Faqat og‘irlik	Tarixsiz gibrid	Taklif etilgan	Talqin
Past C tanlov ulushi	0.065	0.033	0.031	kam bo‘lishi ma’qul
Boshlang‘ich xato	0.435	0.435	0.435	bir xil start
5-sikldan keyin	0.396	0.395	0.395	mexanizm proksisi
Nisbiy kamayish	0.091	0.092	0.092	real effekt emas



4-rasm. Besh sintetik tavsiya–mashq–qayta nazorat siklidagi xato og‘irligi dinamikasi.

Sintetik trayektoriya taklif etilgan ranking xato og‘irligini tezroq kamaytirishi mumkinligini mexanik jihatdan ko‘rsatdi, chunki utility davomiy xato, ishonchlilik va learnabilityni birga tanlaydi. Biroq bu natija algoritmga kiritilgan kamayish qoidalaridan hosil bo‘lgan; randomizatsiyalangan nazoratli pedagogik tajriba o‘rnini bosa olmaydi.

Muhokama

Taklif etilgan yondashuvning asosiy farqi diagnostikani feedback bilan tenglashtirmasligidir. Fonema yoki prosodiya xatosi aniqlangach, modul uning qanchalik ishonchli, takroriy, tuzatiladigan va ayni vaqtda ustuvor ekanini baholaydi. Top-3 chegarasi va diversity jarimasi foydalanuvchini o‘nlab rangli xato belgilariga ko‘mib yubormaydi. Shu bilan birga diversity hech qachon og‘ir relevant xatoni faqat ‘kanallar teng bo‘lsin’ degan sabab bilan chiqarib tashlamasligi kerak; μ koeffitsiyenti real validatsiyada sozlanadi.

Artikulatsion atributlar feedbackni tushuntirishda muhim: foydalanuvchiga noma’lum fonetik kod emas, til joylashuvi, lab holati, havo oqimi va jaranglilik bo‘yicha amaliy ko‘rsatma beriladi. Prosodik tavsiya absolyut F0ni emas, gapiruvchining diapazonidagi contour, urg‘u joyi va fraza maqsadini baholaydi. Erkin nutqda ASR transkripti noaniq bo‘lsa, word-level xato bilan kommunikativ mazmun xatosi aralashmasligi uchun feedback confidence bilan chegaralanadi.

Real validatsiya uch qatlamli bo‘lishi zarur: (1) MDD aniqligi — phone error rate, precision/recall/F1 va alignment calibration; (2) tavsiya relevanti — fonetist va til o‘qituvchilarining blinded bahosi, inter-rater κ/ICC, nDCG va unsafe-feedback rate; (3) pedagogik samara — pretest/posttest, transfer topshirig‘i, kechiktirilgan retention va nazorat guruhi. Profil, aksent/L1, yosh, ovoz diapazoni, mikrofon va shovqin kesimlarida MAE/FNR gap auditi alohida o‘tkaziladi.

Xulosa

Fonetik va prosodik xato dalillarini tushuntiriladigan amaliy tavsiyalarga aylantiruvchi gapirish moduli ishlab chiqildi. Modul ko‘p darajali diagnostik profil, kalibrlangan ishonchlilik, tarixiy EMA, xato–mashq bilim xaritasi, utility ranking, prerequisite va xilma-xillik chekloviga ega Top-3 selektor hamda yangi kontekstdagi qayta nazoratdan iborat. Past sifat yoki noaniq alignmentda feedback bermaslik algoritmning ajralmas qismidir.

Sintetik tajribada taklif etilgan model Precision@3=0,659, nDCG@3=0,912, foyda qamrovi=0,922 va ishonchli ulush=0,969 ko‘rsatdi. Bu raqamlar real sudlangan shaxslar yoki o‘quv samaradorligiga tegishli emas. Keyingi bosqich etik tasdiqlangan ko‘p aksentli korpus, ikki bosqichli fonetist/o‘qituvchi annotatsiyasi, tashqi ranking validatsiyasi va nazorat guruhli pedagogik tajribadan iborat.

Adabiyotlar

El Kheir Y., Ali A., Chowdhury S.A. Automatic Pronunciation Assessment — A Review. Findings of EMNLP 2023. P. 8304–8324. DOI: 10.18653/v1/2023.findings-emnlp.557.

Witt S.M., Young S.J. Phone-Level Pronunciation Scoring and Assessment for Interactive Language Learning. Speech Communication. 2000;30(2–3):95–108. DOI: 10.1016/S0167-6393(99)00044-7.

Ryu H., Kim S., Chung M. A Joint Model for Pronunciation Assessment and Mispronunciation Detection and Diagnosis with Multi-Task Learning. Interspeech 2023. P. 959–963. DOI: 10.21437/Interspeech.2023-337.

Chao F.-A., Chen B. Towards Efficient and Multifaceted Computer-Assisted Pronunciation Training Leveraging Hierarchical Selective State Space Model and Decoupled Cross-Entropy Loss. NAACL 2025. P. 1947–1961. DOI: 10.18653/v1/2025.naacl-long.98.

Yang T.-H., He Y.-Y., Chen B. JCAPT: A Joint Modeling Approach for CAPT. SLaTE 2025. P. 96–100. DOI: 10.21437/SLaTE.2025-20.

Yan B.-C., Li J.-T., Wang Y.-C., et al. An Effective Pronunciation Assessment Approach Leveraging Hierarchical Transformers and Pre-Training Strategies. ACL 2024. P. 1737–1747. DOI: 10.18653/v1/2024.acl-long.95.

Chao F.-A., Lo T.-H., Wu T.-I., Sung Y.-T., Chen B. A Hierarchical Context-Aware Modeling Approach for Multi-Aspect and Multi-Granular Pronunciation Assessment. Interspeech 2023. P. 974–978. DOI: 10.21437/Interspeech.2023-550.

Pei H.-C., Fang H., Luo X., Xu X.-S. Gradformer: A Framework for Multi-Aspect Multi-Granularity Pronunciation Assessment. IEEE/ACM TASLP. 2024;32:554–563. DOI: 10.1109/TASLP.2023.3335807.

Gong Y., Chen Z., Chu I.-H., Chang P., Glass J. Transformer-Based Multi-Aspect Multi-Granularity Non-Native English Speaker Pronunciation Assessment. ICASSP 2022. P. 7262–7266. DOI: 10.1109/ICASSP43922.2022.9746743.

Wei X., Dong W., Cucchiarini C., van Hout R., Strik H. Leveraging Articulatory Information to Enhance End-to-End Models for L2 Mispronunciation Detection and Diagnosis. SLaTE 2025. P. 76–80. DOI: 10.21437/SLaTE.2025-16.

Wei X., Cucchiarini C., van Hout R., Strik H. Articulatory-Enhanced Mispronunciation Detection and Diagnosis Models: A Multi-Dimensional Error Analysis. SLaTE 2025. P. 31–35. DOI: 10.21437/SLaTE.2025-7.

Bang J., Kang S., Lee G.G. An Automatic Feedback System for English Speaking Integrating Pronunciation and Prosody Assessments. SLaTE 2013. P. 83–89. DOI: 10.21437/SLaTE.2013-14.

Dong W., van Hout R., Cucchiarini C., Strik H. L2 Prosody Assessment by Combining Acoustic and Neural Model Features. Speech Prosody 2024. P. 165–169. DOI: 10.21437/SpeechProsody.2024-34.

Dong W., Cucchiarini C., van Hout R., Strik H. Automatic Pronunciation Assessment for L2 English by Incorporating Suprasegmental Features and Weighted Loss Function. SLaTE 2025. P. 21–25. DOI: 10.21437/SLaTE.2025-5.

Fu K., Gao S., Shi S., Tian X., Li W., Ma Z. Phonetic and Prosody-Aware Self-Supervised Learning Approach for Non-Native Fluency Scoring. Interspeech 2023. P. 949–953. DOI: 10.21437/Interspeech.2023-587.

McAuliffe M., Socolof M., Mihuc S., Wagner M., Sonderegger M. Montreal Forced Aligner: Trainable Text-Speech Alignment Using Kaldi. Interspeech 2017. P. 498–502. DOI: 10.21437/Interspeech.2017-1386.

Lee A., Glass J. Mispronunciation Detection without Nonnative Training Data. Interspeech 2015. P. 643–647. DOI: 10.21437/Interspeech.2015-231.

Mathad V.C., Mahr T.J., Scherer N., et al. The Impact of Forced-Alignment Errors on Automatic Pronunciation Evaluation. Interspeech 2021. P. 1922–1926. DOI: 10.21437/Interspeech.2021-1403.

Qian M., et al. PTeacher: A Computer-Aided Personalized Pronunciation Training System with Exaggerated Audio-Visual Corrective Feedback. arXiv:2105.05182, 2021. DOI: 10.48550/arXiv.2105.05182.

Chen Y.-W., Yu Z., Hirschberg J. MultiPA: A Multi-Task Speech Pronunciation Assessment Model for Open Response Scenarios. Interspeech 2024.

Yan B.-C., Wang H.-W., Chao F.-A., et al. HiPPO: Exploring a Novel Hierarchical Pronunciation Assessment Approach for Spoken Languages. IJCNLP-AACL 2025. P. 810–823. DOI: 10.18653/v1/2025.ijcnlp-long.45.

Lin B., Wang L., Feng X., Zhang J. Automatic Scoring at Multi-Granularity for L2 Pronunciation. Interspeech 2020. P. 3022–3026. DOI: 10.21437/Interspeech.2020-1282.

Zhang J., Zhang Z., Wang Y., et al. speechocean762: An Open-Source Non-Native English Speech Corpus for Pronunciation Assessment. Interspeech 2021. P. 3710–3714. DOI: 10.21437/Interspeech.2021-1259.

Baevski A., Zhou H., Mohamed A., Auli M. wav2vec 2.0: A Framework for Self-Supervised Learning of Speech Representations. NeurIPS. 2020;33:12449–12460. DOI: 10.48550/arXiv.2006.11477.

Hsu W.-N., Bolte B., Tsai Y.-H.H., et al. HuBERT: Self-Supervised Speech Representation Learning by Masked Prediction of Hidden Units. IEEE/ACM TASLP. 2021;29:3451–3460. DOI: 10.1109/TASLP.2021.3122291.

Chen S., Wang C., Chen Z., et al. WavLM: Large-Scale Self-Supervised Pre-Training for Full Stack Speech Processing. IEEE JSTSP. 2022;16(6):1505–1518. DOI: 10.1109/JSTSP.2022.3188113.

Eyben F., Scherer K.R., Schuller B.W., et al. The Geneva Minimalistic Acoustic Parameter Set (GeMAPS). IEEE Transactions on Affective Computing. 2016;7(2):190–202. DOI: 10.1109/TAFFC.2015.2457417.

de Jong N.H., Wempe T. Praat Script to Detect Syllable Nuclei and Measure Speech Rate Automatically. Behavior Research Methods. 2009;41(2):385–390. DOI: 10.3758/BRM.41.2.385.

Koenecke A., Nam A., Lake E., et al. Racial Disparities in Automated Speech Recognition. PNAS. 2020;117(14):7684–7689. DOI: 10.1073/pnas.1915768117.

ISO/IEC 25010:2023. Systems and Software Engineering — Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Product Quality Model. Geneva: ISO, 2023.

XORIJIY YOZMA NUTQDA GRAMMATIK XATOLARNI KLASSIFIKATSIYALASH ALGORITMINI ISHLAB CHIQISH

Kayumov Oybek Achilovich
O‘zbekiston Milliy universitetining Jizzax filiali, Jizzax, O‘zbekiston; e-mail: oybekuzonlined3@gmail.com
Kayumova Nazokat Rashitovna
O‘zbekiston Milliy universitetining Jizzax filiali, Jizzax, O‘zbekiston; e-mail: kayumovanazokat7@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada xorijiy tildagi yozma matnlarda aniqlangan grammatik xatolarni yirik va mayda lingvistik sinflarga avtomatik ajratish uchun ierarxik va noaniqlikni nazorat qiluvchi GXKA-HC algoritmi taklif etilgan. Algoritm xato segmenti va uning ikki tomonlama kontekstidan Transformer tasvirini, morfologik teglar, sintaktik bog‘lanishlar, tahrir operatsiyasi va topshiriq metama’lumotlarini yagona xususiyatlar vektoriga birlashtiradi. Yirik sinf ehtimoli va shu sinf ichidagi mayda tur ehtimoli shartli ko‘paytma orqali bog‘lanadi; sinflar nomutanosibligi effective-number vazni va focal loss bilan, ierarxik nomuvofiqlik esa KL-konsistensiya hadi bilan cheklanadi. Qaror ishonchliligi entropiya va maksimal posterior marja orqali hisoblanadi; kalibrlash to‘plamida conformal prediction yordamida xato turi bitta yorliq yoki kichik yorliqlar to‘plami ko‘rinishida qaytariladi. Reproduktiv sintetik verifikatsiya 144 virtual profil, 1152 yozma sessiya va 9216 grammatik xato kandidati bilan, profil bo‘yicha ajratilgan olti blokli kross-validatsiyada bajarildi. To‘liq qamrovda GXKA-HC Macro-F1=0,894±0,006 va MCC=0,889±0,006 ko‘rsatdi; ishonchlilik τ=0,75 bo‘lganda 83,2% avtomatik qamrovda Macro-F1=0,948 ga yetdi. α=0,10 conformal rejimida empirik qamrov 0,901, o‘rtacha yorliqlar to‘plami hajmi 1,032 bo‘ldi. Ushbu qiymatlar real respondentlarning empirik ma’lumoti emas, algoritm va validatsiya protokolining sintetik tekshiruvidir.