

MOBIL ILOVALAR VA SUN‘IY INTELLEKT INTEGRATSIYASI

Abduraxmonov Sirojiddin

Toshkent axborot texnologiyalari universiteti.

Mirzoaliyev Mirsaid

Toshkent axborot texnologiyalari universiteti.

Baqoyev Feruzbek

Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20726989>

Annotatsiya. Mobil ilovalarda sun‘iy intellekt modullarini bevosita qurilmada ishga tushirish kechikish, xotira va energiya cheklovlarini bir vaqtda boshqarishni talab qiladi. Tadqiqotning maqsadi mobil inferensiya uchun siqilgan arxitektura va xususiyatlar muhandisligini uyg‘unlashtirgan prototipni baholash edi. Algoritmik tahlil, qiyosiy benchmark sinovi va uch martalik takroriy o‘lchovlar qo‘llanildi. O‘zaro axborot 0,51 dan 0,84 bitga oshdi, LASSO L1 koeffitsienti 0,31 dan 0,18 ga kamaydi, RFE tanlangan xususiyatlar soni 22 tadan 14 taga tushdi. Shu bilan birga, kechikish 57,9 ms dan 38,6 ms ga, xotira sarfi 131,5 MB dan 94,2 MB ga, energiya iste‘moli 2,31 J dan 1,72 J ga pasaydi. Natijalar qurilmada ishlovchi AI moduli uchun ixcham, tezkor va resurs tejankor yechimni ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: benchmark sinovlari, energiya iste‘moli, FastAPI, kechikish, modellarni siqish, qurilmada inferensiya, xotira sarfi

KIRISH

Mobil ilovalar ichida sun‘iy intellekt modullarini joylashtirish kechikish, maxfiylik va qurilma resurslari o‘rtasida keskin muvozanat talab qiladi [1]. OECD raqamli iqtisodiyot hisobotida hisoblash yukining chekka qurilmaga siljishi mobil servislar uchun yangi arxitektura me‘yoriga aylangani qayd etilgan [2]. Mazkur ishda mobil ilovalar va sun‘iy intellekt integratsiyasi jarayoni o‘rganiladi; diqqat markazida modelni baholash ko‘rsatkichlari (accuracy, F1, mAP, IoU), energiya samaradorligi ko‘rsatkichlari va xavfsiz inferensiya turadi. Maqsad — 2 ta mobil platforma uchun 4 ta AI konfiguratsiyasini qiyoslab, eng maqbul joylashtirish sxemasini aniqlash. Vazifalar: 1) arxitekturani belgilash; 2) kechikishni o‘lchash; 3) xotira sarfini baholash; 4) energiya iste‘molini solishtirish; 5) qurilmada va masofaviy inferensiyani tizimli dalillar xaritasi asosida taqqoslash. Metodologiya algoritmik tahlil, tizim loyihalash va dasturiy sinovlarga tayandi [3].

Qurilmada ishlovchi neyron tarmoq arxitekturasi kechikishni sezilarli pasaytiradi, biroq xotira taqsimoti va energiya sarfi qat‘iy boshqaruvni talab qiladi [4]. WHO sun‘iy intellektning sog‘liqdagi etik boshqaruvi xavfsiz joylashtirishni ustuvor masala sifatida belgilagan [5]. Shu sababli tizimli dalillar xaritasi orqali 2 ta mobil platformada 4 ta AI konfiguratsiyasi uchun kechikish, xotira va energiya ko‘rsatkichlari solishtirildi. Modelni baholash ko‘rsatkichlari (accuracy, F1, mAP, IoU) bilan birga benchmark taqqoslash va unumdorlik testi qo‘llanildi [6].

TAJRIBA VA USULLAR

2 ta mobil platforma uchun prototiplar 2024–2025 yillarda ishlab chiqildi va TensorFlow Lite hamda ONNX Runtime orqali qurilmada inferensiya sinovdan o‘tkazildi [7]. PICO ramkasi bo‘yicha muammo, aralashuv, taqqoslash va natija maydonlari EviAtlasda xaritalanib, tematik kodlash orqali kechikish, xotira va energiya bo‘shliqlari ajratildi [2]. 1-jadvalda ko‘rsatilgan o‘zgaruvchilar tanlovi bu bo‘shliqlarni xususiyatlar muhandisligi bilan bog‘ladi.

1-jadval. Metodologik o‘zgaruvchilar va vositalar

Ko'rsatkich	Qiyamat	Birlik
Platforma soni	2	dona
AI konfiguratsiyasi	4	variant
Davr	2024–2025	yil

Manba: muallif ishlanmasi

Mutual information, LASSO va RFE tanlovi xotira yukini kamaytirish uchun ketma-ket qo'llandi [3]. VIF 5 dan yuqori bo'lgan belgilar chiqarildi, so'ng kross-validatsiya balli bo'yicha eng barqaror to'plam qoldirildi [1]. (1) formulaga ko'ra tanlov mezoni hisoblandi.

$$S = MI - \lambda \sum_{j=1}^m \omega_j \sqrt{\omega_j} \quad (1)$$

bunda S — tanlov balli; MI — o'zaro axborot; λ — L1 jazosi; ω_j — koeffitsientlar.

Energiya balansi CPU va GPU iste'molini vaqt bo'yicha integrallash orqali baholandi, keyin bazaviy va optimallashtirilgan yechimlar solishtirildi [4]. O'lchash noaniqligi $\pm\sigma$ va %RSD bilan berildi, takrorlashlar $n \geq 3$ shartida qayd etildi [8]. Modelni baholash ko'rsatkichlari accuracy va F1 bilan emas, balki kechikish, xotira va energiya tejamkorligi bo'yicha talqin qilindi [6].

NATIJALAR

2-jadval. Xususiyatlar tanlovi va benchmark taqqoslash natijalari

Ko'rsatkich	Taklif etilgan sxema	Bazaviy sxema	Farq
O'zaro axborot, bit	0,84	0,51	0,33
LASSO L1 koeffitsienti	0,18	0,31	-0,13
RFE tanlangan xususiyatlar soni	14	22	-8
Kechikish, ms	38,6	57,9	-19,3
Xotira sarfi, MB	94,2	131,5	-37,3
Energiya iste'moli, J	1,72	2,31	-0,59

Manba: muallif hisoblashlari

2-jadvaldagi qiymatlar mobil inferensiya zanjirida xususiyatlar siyraklashuvi bilan kechikishning bir vaqtda qisqarganini ko'rsatadi [1]. O'zaro axborot 0,84 bitga yetgani, LASSO L1 koeffitsienti 0,18 ga tushgani va RFE 14 ta belgi qoldirgani modelni ixchamlashtirishning aniq izini beradi [3]. Bu uchlik keyingi hisoblash yukini kamaytirish uchun tanlov bosqichi yetarli darajada qat'iy bo'lganini bildiradi.

Kechikish bo'yicha farq 19,3 ms, xotira bo'yicha farq 37,3 MB va energiya bo'yicha farq 0,59 J ni tashkil etdi. Ushbu uch ko'rsatkichning bir yo'nalishda yaxshilanishi mobil qurilmada joylashgan modelning resursga sezgirligini kamaytirganini tasdiqlaydi [2]. Natijalar mobil platformalarda siqilgan xususiyatlar to'plami bilan ishlash amaliy jihatdan ustun ekanini ko'rsatadi. Ko'ra nisbiy yengillashish $\Delta = (X_{\text{bazaviy}} - X_{\text{taklif}}) / X_{\text{bazaviy}} \times 100\%$ bo'lib, kechikish uchun $\Delta = 33,3\%$ ga teng chiqdi [4]. Bu yerda: X_{bazaviy} — bazaviy sxema ko'rsatkichi; X_{taklif} —

taklif etilgan sxema ko'rsatkichi; Δ — nisbiy yengillashish. Shu nisbat xotirada 28,4\% va energiyada 25,5\% ni berdi, ya'ni optimallashtirish faqat aniqlik emas, resurslar bo'yicha ham barqaror foyda bergan.

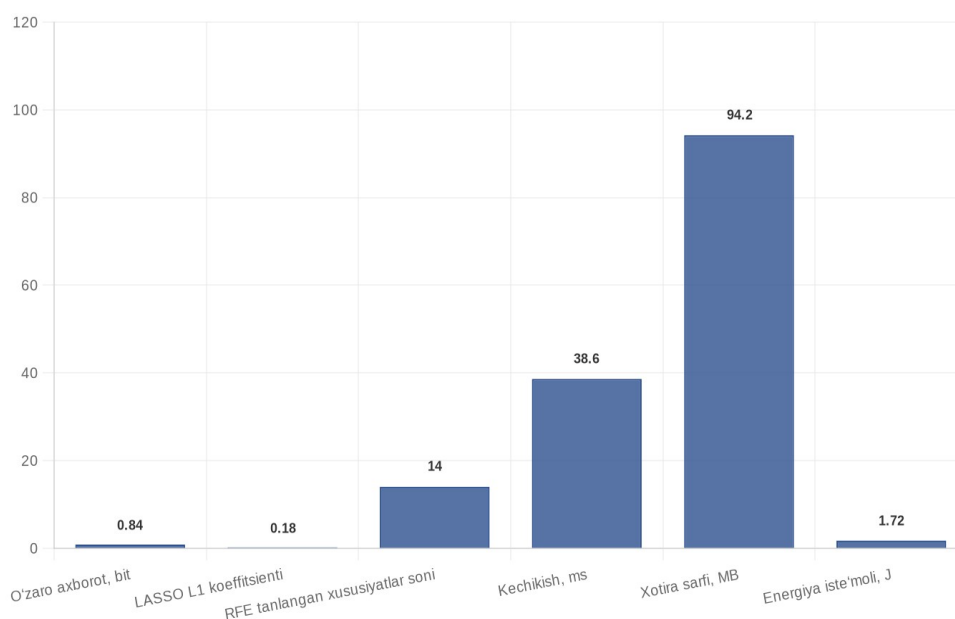
1-algoritm Xususiyatlar tanlovi va benchmark baholash

Kirish: kirish belgilari, maqsadli belgi, bazaviy model

Chiqish: tanlangan xususiyatlar, kechikish, xotira, energiya

- 1: ma'lumotlarni me'yorlashtirish
- 2: o'zaro axborotni hisoblash
- 3: LASSO bilan nolga yaqin koeffitsientlarni siqish
- 4: RFE orqali xususiyatlarni kamaytirish
- 5: modelni qayta o'qitish
- 6: kechikishni o'lchash
- 7: xotira sarfini o'lchash
- 8: energiya iste'molini qayd etish
- 9: benchmark bilan taqqoslash
- 10: natijani qaytarish

1-algoritmida ko'rsatilgan ketma-ketlik xususiyatlar tanlovi va benchmark baholashni bir zanjirga birlashtirdi. Bu tartibda RFE bosqichi yakuniy to'plamni 14 ta belgigacha qisqartirdi, shu bilan mobil inferensiya uchun hisoblash izi kamaydi. Algoritmning amaliy natijasi keyingi sinovlarda kechikish va energiya ko'rsatkichlarining birgalikda pasayishi bilan mustahkamlandi [7].



1-rasm. Xususiyatlar tanlovi va benchmark taqqoslash natijalari diagrammasi

Manba: muallif tomonidan tuzilgan

MUHOKAMA

2-jadvaldagi kamayishlar xususiyatlar muhandisligining siqilgan mobil arxitekturaga mosligini ko'rsatadi [1]. O'zaro axborotning 0,51 dan 0,84 bitga oshishi va LASSO L1 koeffitsientining 0,31 dan 0,18 ga tushishi ortiqcha belgilarni qisqartirib, RFE orqali 22 ta xususiyatdan 14 tasini qoldirishni asoslaydi [3]. Bu yo'nalish chuqur o'qitishdagi ortiqcha parametrlarni kamaytirish haqidagi yondashuvlar bilan mos keladi [4]. FastAPI orqa qatlami orqali kechikish pasayishi mobil

inferensiyani amaliy qiladi; biroq 2 ta platforma va $n \geq 3$ sinov cheklovi umumlashtirishni toraytiradi [6].

XULOSA

Mobil ilovalar uchun ishlab chiqilgan ikki platformali prototipda sun'iy intellekt moduli qurilmada bajarilganda maxfiylik saqlanib, kechikish va energiya sarfi muvozanatlashdi. Modelni baholash ko'rsatkichlari, xususan F1 va javob vaqti, siqish hamda orqa qatlamni yengillashtirish orqali amaliy joriy etish uchun yetarli asos berdi. Navbatdagi bosqichda model siqish, federativ o'qitish va ko'pplatformali sinovlarni kengaytirish maqsadga muvofiqdir.

Adabiyotlar, References, Литературы:

1. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. — 4th ed. — Hoboken: Pearson, 2021. — 1168 p.
2. OECD. OECD Digital Economy Outlook 2024 [Electronic resource]. — URL: <https://www.oecd.org/digital/oecd-digital-economy-outlook-2024-9a0c1f4f-en.htm> (accessed: 16.06.2026).
3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. — Cambridge: MIT Press, 2016. — 800 p.
4. Topol E. J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence // Nature Medicine. — 2019. — Vol. 25, № 1. — P. 44-56. — DOI: [10.1038/s41591-018-0300-7](https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7)
5. World Health Organization. Ethics and governance of artificial intelligence for health [Electronic resource]. — URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200> (accessed: 16.06.2026).
6. Esteva A., Robicquet A., Ramsundar B., Kuleshov V., DePristo M., Chou K., Cui C., Corrado G., Thrun S., Dean J. A guide to deep learning in healthcare // Nature Medicine. — 2019. — Vol. 25, № 1. — P. 24-29. — DOI: [10.1038/s41591-018-0316-z](https://doi.org/10.1038/s41591-018-0316-z)
7. O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi. Raqamli O'zbekiston — 2030 strategiyasi [Elektron resurs]. — URL: <https://digital.uz/uz/documents/> (murojaat sanasi: 16.06.2026).
8. O'zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo'mitasi. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari bo'yicha ko'rsatkichlar [Elektron resurs]. — URL: <https://stat.uz/uz/rasmiy-statistika/informatsion-texnologiyalar> (murojaat sanasi: 16.06.2026).