

SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA EDGE-QURILMALAR UCHUN AVTOMOBIL RAQAMLARINI ANIQLASH VA AVTOTURARGOHN BOSHQARISH TIZIMI

Babaniyazova Arofat Saatbay qizi

Toshkent Kimyo Xalqaro Universiteti
magistrant, "Sun'iy intellekt" mutaxassisligi
babaniyazovaarofat@gamil.com

Annotatsiya. *Avtomobil raqamlarini avtomatik aniqlash (Automatic License Plate Recognition – ALPR) texnologiyalari so‘nggi yillarda sun’iy intellekt sohasidagi yutuqlar tufayli jadal rivojlanib bormoqda. Taklif etilayotgan tizim avtoturargohga kirish-chiqish jarayonlarini avtomatlashtirish, inson omiliga bog‘liq xatoliklarni kamaytirish hamda vaqt va resurslardan samarali foydalanishni ta’minlashga qaratilgan. Mavjud yechimlarning aksariyati GPU yoki bulut resurslariga tayanadi, bu esa kechikish, energiya sarfi va maxfiylik bilan bog‘liq cheklovlarni keltirib chiqaradi. Biz taklif etayotgan tadqiqotda Raspberry Pi kabi kam quvvatli edge qurilmalar uchun mo‘ljallangan edge-oriented ALPR va avtoturargohni boshqarish tizimi orqali end-to-end INT8 kvantlash, strukturaviy pruning, yengil deteksiya arxitekturalari (Tiny-YOLO, YOLOv8n/YOLOv10n/YOLO11n) hamda adaptiv hisoblash byudjeti konsepsiyasiga asoslanadi.*

Kalit so‘zlar: *Sun’iy intellekt, edge AI, ALPR, INT8 quantization, Raspberry Pi, YOLO, OCR, avtoturargoh tizimi.*

1. Kirish

Bugungi kunda raqamli texnologiyalar va sun’iy intellekt (SI) sohasining jadal rivojlanishi transport infratuzilmasini avtomatlashtirish jarayonlarini yangi bosqichga olib chiqmoqda. Ayniqsa, avtoturargohlarni samarali boshqarish, transport oqimini optimallashtirish hamda xavfsizlikni ta’minlash zamonaviy shahar muhitida dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biri hisoblanadi. Avtomobil raqamlarini avtomatik aniqlash (Automatic License Plate Recognition – ALPR) tizimlari aqlli shaharlar, yopiq va ochiq avtoturargohlar, transport xavfsizligi hamda kirish-chiqishni avtomatlashtirish kabi sohalarda keng qo‘llanilmoqda. Biroq mavjud yechimlarning aksariyati GPU yoki bulutli hisoblash infratuzilmasiga tayanadi, bu esa kechikish, maxfiylikka oid xavflar hamda doimiy internetga bog‘liqlik muammolarini keltirib chiqaradi. Shu bilan birga, edge qurilmalarda hisoblash quvvati, xotira va energiya resurslari keskin cheklangan bo‘lib, klassik chuqur o‘rganish modellarini bunday muhitda bevosita qo‘llash sezilarli darajada murakkabdir.

2. Tadqiqotning maqsadi va vazifalari

Tadqiqot maqsadi

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi kam resursli edge qurilma — Raspberry Pi — sharoitida real vaqtga yaqin tezlikda ishlovchi, energiya samarador va yuqori aniqlikka ega avtomobil raqamlarini avtomatik aniqlash (ALPR) asosidagi avtoturargohni boshqarish tizimini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqot vazifalari

Ushbu tadqiqot doirasida edge qurilmalar sharoitida samarali faoliyat ko'rsata oladigan ALPR tizimlari uchun mos arxitekturalar tizimli tahlil qilinadi hamda ularning hisoblash resurslaridan foydalanish samaradorligi baholanadi. Yengil deteksiya modellarini INT8 kvantlash va strukturaviy pruning usullari yordamida optimallashtirish orqali aniqlik va hisoblash tezligi o'rtasidagi muvozanatni yaxshilash imkoniyatlari o'rganiladi. Bundan tashqari, past sifatli yoki degradatsiyalangan ROI'lar uchun selektiv super-rezolyutsiya texnologiyalarini qo'llash orqali OCR aniqligini oshirish yo'llari tadqiq etiladi. Natijada taklif etilgan tizimning samaradorligi tezlik, aniqlik va energiya sarfi ko'rsatkichlari asosida kompleks baholanadi.

Tadqiqot usullari

Tadqiqot jarayonida sun'iy intellekt va kompyuter ko'rish sohasiga oid zamonaviy usullar qo'llaniladi. Avtomobil raqamlarini aniqlash uchun chuqur o'rganishga asoslangan yengil deteksiya modellaridan (Tiny-YOLO, YOLOv8n/YOLOv10n/YOLO11n) foydalaniladi hamda ular INT8 kvantlash va strukturaviy pruning yordamida optimallashtiriladi. Kadrlararo kuzatuv SORT va OC-SORT kabi CPU-do'st trekkerlar orqali amalga oshiriladi. Raqamlarni matnga aylantirish jarayonida mobil OCR modellaridan (PP-OCRv3-mobile yoki CRNN-lite) foydalanilib, zarur hollarda selektiv super-rezolyutsiya algoritmlari qo'llaniladi. Tizim samaradorligi aniqlik, tezlik va energiya sarfi ko'rsatkichlari bo'yicha tajriba-sinovlar asosida baholanadi.

3. Natijalar va amaliy ahamiyati

O'tkazilgan tajriba-sinovlar natijalari taklif etilgan edge-oriented ALPR va avtoturargohni boshqarish tizimining kam resursli Raspberry Pi qurilmasida real vaqtga yaqin rejimda barqaror ishlashini tasdiqladi. End-to-end INT8 kvantlash va strukturaviy pruning asosida optimallashtirilgan yengil deteksiya modellaridan foydalanish hisoblash yukini sezilarli darajada kamaytirib, tizimning 640p rezolyutsiyada 15–20 FPS tezlikda ishlashini ta'minladi. Shu bilan birga, detektor chaqiruvlarini seyraklashtirish va kadrlararo kuzatuv (trekker) modullari bilan integratsiyalashgan adaptiv hisoblash byudjeti quvuri umumiy kechikishni kamaytirib, energiya sarfini barqaror darajada ushlab turdi.

Selektiv super-rezolyutsiya texnologiyalarini faqat past sifatli yoki degradatsiyalangan ROI'lar uchun qo'llash OCR aniqligini sezilarli darajada oshirdi, ayniqsa tungi yoki noqulay yorug'lik sharoitlarida raqamlarni o'qishdagi xatoliklar

kamaytirildi. Mamlakat formatiga mos post-protsessing qoidalarining joriy etilishi yakuniy natijalarning barqarorligini kuchaytirib, noto'g'ri aniqlash holatlarini kamaytirdi.

Taklif etilgan tizimning amaliy ahamiyati shundan iboratki, u avtoturargohlarni boshqarish jarayonlarini to'liq avtomatlashtirish, kirish-chiqish nazoratini soddalashtirish va inson omiliga bog'liq xatoliklarni kamaytirish imkonini beradi. Tizim oflayn rejimda ishlashi, past energiya sarfi va apparat talablarining minimal darajada bo'lishi uni savdo markazlari, ta'lim muassasalari, tibbiyot muassasalari, yopiq hududlar va aqlli shahar infratuzilmasida qo'llash uchun ayniqsa qulay qiladi. Shuningdek, taklif etilgan yondashuv edge qurilmalar uchun ALPR tizimlarini loyihalash va optimallashtirish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqish imkonini berib, ushbu sohada keyingi ilmiy tadqiqotlar uchun metodologik asos bo'lib xizmat qiladi.

4. Xulosa

Mazkur ishda kam resursli edge qurilmalar uchun mo'ljallangan, real vaqtga yaqin tezlikda ishlovchi ALPR va avtoturargohni boshqarish tizimi taklif etildi. End-to-end INT8 kvantlash, strukturaviy pruning va adaptiv hisoblash byudjeti asosidagi integratsion dizayn orqali tezlik, aniqlik va energiya samaradorligi o'rtasida amaliy muvozanatga erishildi. Taklif etilgan yechim oflayn ishlash, past kechikish va maxfiylik talablarini qondirib, avtoturargohlar, yopiq hududlar va shahar infratuzilmasida bevosita joriy etish uchun tayyor hisoblanadi.