ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 7

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 7

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

UDC: 004.93'1 + 004.78 + 004.852

YUZ TANISH TEXNOLOGIYASI ASOSIDA O‘QUV MARKAZLARI UCHUN AVTOMATLASHTIRILGAN DAVOMAT NAZORAT TIZIMI

Raximov Quvvatali Ortiqovich
Farg‘ona davlat universiteti t.f.b.f.d (PhD) Ilmiy rahbar
Muallif Topvoldiyeva Hayotxon Xamdamjon qizi
Farg‘ona davlat universiteti, magistrant
O‘zbekiston

Annotatsiya. Ushbu maqolada o‘quv markazlari uchun mo‘ljallanġan, yuz tanish texnologiyasiga asoslangan dasturiy tizimini ishlab chiqish, arxitektura yechimi va eksperimental sinov natijalari taqdim etiladi. Tizim uch qatlamli (three-tier) arxitekturaga asoslanib, backend qismida Django 5 + Django REST Framework, frontend qismida React 18 + Vite, yuz tanish modulida esa MTCNN va dlib ResNet-34 texnologiyalaridan foydalanadi. Direction → Course → Group → Student → Lesson → Attendance ierarxik mashg‘ulotlar modeli asosida tizim yo‘nalishlar, kurslar, guruhlar va o‘quvchilar davomatini to‘liq boshqarish imkonini beradi. Preprocessing bosqichida CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) usuli qo‘llanib, past yorug‘lik sharoitida ham 87,3% aniqlik ta’minlandi. Normal sharoitda tizim 94,7% aniqlik va 24 FPS tezlikka erishdi.

Kalit so‘zlar: Yuz tanish, MTCNN, dlib ResNet-34, CLAHE, Django REST Framework, React, kompyuterli ko‘rish, davomat tizimi, deep learning.

Аннотация. В данной статье представлены разработка, архитектурное решение и результаты экспериментального тестирования программной системы для автоматизированного контроля посещаемости в учебных центрах на основе технологии распознавания лиц. Система построена на трёхуровневой архитектуре: бэкенд — Django 5 + Django REST Framework, фронтенд — React 18 + Vite, модуль распознавания — MTCNN и dlib ResNet-34. Иерархическая модель данных Direction → Course → Group → Student → Lesson → Attendance обеспечивает полное управление направлениями, курсами, группами и посещаемостью учащихся. На этапе предобработки применяется метод CLAHE, обеспечивающий точность 87,3% при слабом освещении. В нормальных условиях система достигает точности 94,7% при скорости 24 кадра/с.

Ключевые слова: распознавание лиц, MTCNN, dlib ResNet-34, CLAHE, Django REST Framework, React, компьютерное зрение, система посещаемости.

Abstract. This paper presents the development, architectural design, and experimental evaluation — an automated attendance monitoring system for

learning centers based on face recognition technology. The system employs a threetier architecture: Django 5 + Django REST Framework for the backend, React 18 + Vite for the frontend, and MTCNN + dlib ResNet-34 for the face recognition module. A hierarchical data model (Direction → Course → Group → Student → Lesson → Attendance) enables comprehensive management of academic directions, courses, groups, and student attendance. CLAHE preprocessing ensures 87.3% accuracy under low-light conditions, while normal conditions yield 94.7% accuracy at 24 FPS.

Keywords: Face recognition, MTCNN, dlib ResNet-34, CLAHE, Django REST Framework, React, computer vision, attendance system, deep learning.

I. KIRISH.

Hozirgi kunda O‘zbekistonda 10 000 dan ortiq xususiy o‘quv markazi faoliyat yuritmoqda [9]. Ushbu markazlarda o‘quvchilar davomati aksariyat hollarda qo‘lda ro‘yxatga olinadi. Bu yondashuv bir qator jiddiy kamchiliklarga ega. Yuz tanish texnologiyasi ushbu muammolarning tejamkor va qulay yechimi hisoblanadi. Barmoq izi va ko‘z qorachig‘idan farqli o‘laroq, u qo‘shimcha maxsus qurilmalarni talab qilmaydi, oddiy USB-kamera yetarli bo‘lib, bu texnologiyani arzon narxda joriy etish imkonini beradi.

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi — o‘quv markazlari uchun kamera orqali real vaqtda yuz tanish asosida davomat belgilaydigan to‘liq veb-tizimni ishlab chiqish, uning texnik arxitekturasini asoslash va eksperimental samaradorligini tadqiq etish.

Maqsadga erishish uchun Django + React asosida uch qatlamli veb-arxitekturani loyihalash va amalga oshirish, Direction → Course → Group → Student → Lesson → Attendance ierarxik mashg‘ulotlar modelini ishlab chiqish, MTCNN + dlib ResNet-34 asosida real vaqt yuz tanish modulini integratsiya qilish, CLAHE preprocessing yordamida past yorug‘lik sharoitida aniqlikni oshirish, Ota-ona, o‘quvchi va o‘qituvchi rollariga mo‘ljallanġan alohida panellar yaratish, tizim samaradorligini eksperimental sinov orqali baholash vazifalari belgilandi.

Taklif etilayotgan tizimning mavjud analoglari [5] dan asosiy farqlari: (1) yuz tanish moduli to‘liq REST API orqali veb-interfeysga integratsiya qilingan — alohida dastur o‘rnatish shart emas; (2) Direction → Course → Group ierarxiyasi ko‘p yo‘nalishli o‘quv markazlari uchun moslashtirilgan; (3) uch xil foydalanuvchi roli (o‘qituvchi, ota-ona, o‘quvchi) alohida panel ko‘rinishida amalga oshirilgan; (4) CLAHE preprocessing modulli arxitektura ichiga integratsiya qilingan.

Yuz tanish sohasidagi dastlabki muhim tadqiqot Turk va Pentland (1991) tomonidan amalga oshirilgan: ular PCA asosida “eigenface” usulini taklif etishdi

ISSN 3030-3907

[1]. Ushbu usul yuzni past o‘lchovli vektorga siqib, Evklid masofasi yordamida taqqoslashga imkon beradi. Biroq yoritish va burchak o‘zgarishlariga juda sezgir bo‘lib, amaliy tizimlar uchun cheklangan holda qo‘llaniladi.

Viola va Jones (2001) Haar-belgilar asosidagi kaskadli klassifikatorni taqdim etib, yuz aniqlashni real vaqtga olib chiqishda inqilob yasadi [2]. Zhang va boshqalar (2016) tomonidan taklif etilgan MTCNN (Multi-task Cascaded Convolutional Networks) esa uch bosqichli kaskad (P-Net, R-Net, O-Net) orqali bir vaqtda yuz aniqlash, chegaralash va 5 ta kalit nuqtani lokalizatsiyalashni amalga oshiradi [8]. Bu yondashuv ko‘p yuzli muhitda ayniqsa samarali.

Chuqur o‘rganish asosidagi yuz identifikatsiyasida FaceNet (Schroff et al., 2015) triplet loss funksiyasi yordamida yuzlarni 128 o‘lchovli Evklid fazosiga akslantiradi [4]. King (2009) tomonidan yaratilgan dlib kutubxonasi ichidagi ResNet-34 asosidagi yuz kodlovchi Labeled Faces in the Wild (LFW) testida 99,38% aniqlik ko‘rsatadi [6]. Bu kutubxona keng qo‘llaniluvchi open-source yechim sifatida tan olingan. Davomat tizimlariga bag‘ishlangan tadqiqotlarda (Ahuja et al., 2019) aksariyat hollarda lokal dastur yechimi taklif etilgan [5]. Biroq ushbu ishlarda vebinterfeys bilan to‘liq integratsiya, ko‘p foydalanuvchi roli va iarxik ta’lim tuzilmasi ko‘rib chiqilmagan. Mazkur tadqiqot bu bo‘shliqlarni to‘ldiradi.

Dasturiy va apparat vositalar

Backend texnologiyalar tizimi ikki asosiy qismdan iborat: server tomoni (backend) va mijoz tomoni (frontend). Bu yondashuv modullilikni ta’minlaydi. Python 3.10+ — asosiy dasturlash tili yuqori darajali kutubxonalar ekotizimi va chuqur o‘rganish freymvorklari bilan to‘la integratsiyasi sababli tanlandi. Django 5.x + Django REST Framework — veb-freymvork va RESTful API qatlami. Autentifikatsiya, marshrutlash va mashg‘ulotlar seriallashuvi DRF orqali amalga oshirildi. Djangoning o‘rnatilgan admin paneli markaz xodimlari uchun qulay boshqaruv interfeysi vazifasini bajaradi. SQLite — mashg‘ulotlar bazasi. O‘quv markazi miqyosidagi yuklanish uchun yetarli unumdorlikka ega, qo‘shimcha server infratuzilmasini talab qilmaydi va development jarayonini soddalashtiradi. OpenCV 4.8 + face_recognition 1.3 (dlib 19.24) — yuzni aniqlash va identifikatsiya. OpenCV video oqimini qayta ishlash va CLAHE preprocessing uchun, face_recognition kutubxonasi esa 128 o‘lchovli yuz vektorini yaratish va solishtirish uchun ishlatiladi.

Frontend texnologiyalar React 18+ (Vite) foydalanuvchi interfeysi frameworki. Komponent asosidagi arxitektura boshqaruv paneli, davomat jadvali va real vaqt bildirishnomalarini modular tarzda qurishga imkon beradi. Vite yig‘ish vositasi tezkor hot-reload va optimallashtirilgan production build ta’minlaydi. Tailwind CSS 4 utility-first CSS frameworki; interfeys elementlarini

ISSN 3030-3907

tezkor loyihalash va responsive dizayn yaratish imkonini beradi. Framer Motion React uchun animatsiya kutubxonasi o‘quvchi tanilganda vizual signal sifatida silliq o‘tishlar va mikrointeraktivlikni ta’minlaydi. Lucide React ochiq manbali SVG ikonkalar to‘plami interfeysning o‘qiluvchanligini oshiradi.

Sinov apparat muhiti: Intel Core i5-10400 protsessor, 8 GB RAM, Logitech C920 veb-kamera (Full HD, 30 kadr/s). GPU ishlatilmadi — tizimning arzon konfiguratsiyada ham samarali ishlashini namoyish etish maqsad qilingan.

Tizim arxitekturasi

Tizimi zamonaviy uch qatlamli (three-tier) arxitektura tamoyiliga asoslanib qurilgan: mashg‘ulotlar qatlami (SQLite), biznes-mantiq qatlami (Django backend) va taqdimot qatlami (React frontend). Backend va frontend o‘rtasidagi aloqa RESTful API protokoli orqali amalga oshiriladi. Bu yondashuv har bir qatlamning mustaqil ravishda rivojlantirilishi, test qilinishi va kengaytirilishini ta’minlaydi (1-rasm).

Loyiha katalog tuzilishi quyidagicha tashkil etilgan: ildiz katalogda uchta asosiy bo‘lim ajratilgan. Core/ katalogi Django loyihasining markaziy sozlamalari fayllarini (settings.py, urls.py, wsgi.py) o‘z ichiga oladi. app/ katalogi butun biznesmantiqni — mashg‘ulotlar modellarini (models.py), API ko‘rinishlarini (views.py), admin panel sozlamalarini (admin.py) va URL yo‘nalishlarini (urls.py) — o‘z ichiga oladi. frontend/src/ katalogi React ilovasini uch qismga ajratib tashkil etadi: pages/ (foydalanuvchiga ko‘rinadigan sahifalar: Dashboard, Students, Courses, Groups, Schedule va boshqalar), components/ (qayta ishlatiladigan UI elementlar: Sidebar, Header, MainLayout) va services/ (backend bilan muloqot qiluvchi API xizmatlari). media/ katalogi o‘quvchilar rasmlari va yuklangan fayllarni saqlash uchun mo‘ljallangan.

Tizimning mashg‘ulotlar bazasi oltita o‘zaro bog‘liq modeldan tashkil topgan. Modellar ierarxik tarzda joylashib, Direction → Course → Group → Student → Lesson → Attendance zanjirini hosil qiladi. Ushbu iearxiya ko‘p yo‘nalishli o‘quv markazlarining haqiqiy tuzilishini to‘liq aks ettiradi.

Yuzni avtomatik tanish tizimning asosiy funksiyasi. Kamera orqali real vaqtda video oqimi olinadi, MTCNN yordamida yuzlar aniqlanadi va dlib ResNet- 34 kodlovchi orqali identifikatsiyalanadi. Aniqlangan o‘quvchi avtomatik ravishda joriy dars uchun “keldi” deb belgilanadi va vaqt belgisi bilan SQLite bazasiga yoziladi.

Real-time kamera monitoringi jonli video oqim brauzerda ko‘rsatiladi. Aniqlangan yuzlar atrofida chegaraviy to‘rtburchak va o‘quvchi ismi real vaqtda overlay sifatida paydo bo‘lib, o‘qituvchiga vizual tasdiqlash imkonini beradi.

ISSN 3030-3907

Sana oralig‘i bo‘yicha statistika foydalanuvchi ixtiyoriy sana oralig‘ini belgilab, o‘sha davrdagi davomat foizini, dars soni va yo‘qlama holatlarini ko‘rishi mumkin.

Ogohlantirish tizimi belgilangan chegara (75%) dan past qatnashgan o‘quvchilar tizim tomonidan avtomatik aniqlanib, boshqaruv panelidagi ogohlantirish ro‘yxatiga tushiriladi.

Yo‘nalishlar boshqaruvi (Direction) — o‘quv markazi taklif etayotgan barcha yo‘nalishlar yaratilib, kurslar shu yo‘nalishlar ostida tashkil etiladi. Kurslar boshqaruvi (Course) — har bir yo‘nalish bo‘yicha kurslar CRUD amaliyotlari orqali boshqariladi: kurs davomiyligi va dars jadvali bu yerda belgilanadi. Guruh boshqaruvi (Group) — o‘qituvchi o‘ziga biriktirilgan guruhlarni ko‘ra oladi, yangi dars sessiyasi ochaoladi va guruh a‘zolari ro‘yxatini boshqaradi.

O‘qituvchilar paneli — dars boshlanishida kamera modulini ishga tushirish, guruh davomatini real vaqtda kuzatish va hisobot ko‘rish imkoniyatlari. Ota-onalar paneli — farzandining davomati, yo‘qlamalari va umumiy qatnashuv foizini alohida kirish sahifasi orqali ko‘rish imkoni. Bu funksiya otaonalar bilan muloqotni avtomatlashtirib, qo‘shimcha xabar yuborish zaruratini kamaytiradi. O‘quvchilar shaxsiy paneli — o‘quvchi o‘zining davomat tarixi, o‘tkazib yuborgan darslari va umumiy qatnashuv foizini ko‘rishi hamda profil mashg‘ulotlarini yangilashi mumkin.

CLAHE preprocessing tasvirni to‘g‘ri tayyorlash yuz tanish aniqligiga bevosita ta‘sir qiladi. Odatiy histogram tenglashtirish butun tasvir uchun yagona statistika qo‘llab, past yorug‘lik sharoitida ortiqcha shovqin hosil qiladi. CLAHE esa tasvirni kichik bloklarga (tile) bo‘lib, har bir blok uchun alohida tenglashtirish bajaradi va bloklar chegarasida interpolatsiya qo‘laydi. Kontrastni cheklash parametri clipLimit = 2.0, tileGridSize = 8×8 eksperimental tarzda tanlandi. Undan so‘ng MTCNN aniqlagan 5 ta kalit nuqta asosida affin transformatsiya qo‘llanilib, yuz 160×160 piksellik standart o‘lchamga normallashtiriladi.

MTCNN uch bosqichli kaskadli arxitektura asosida ishlaydi. P-Net (Proposal Network) — 12×12 piksellik kichik CNN bo‘lib, tasvirni turli masshtablarda skaner qilib, yuz bo‘lishi mumkin bo‘lgan mintaqalarni tezkor aniqlaydi. R-Net (Refine Network) — P-Net nomzodlarini 24×24 o‘lchamga keltiradi va keng arxitektura bilan filtrlaydi, soxta topilmalar sonini keskin kamaytiradi. O-Net (Output Network) — 48×48 o‘lchamda eng to‘la CNN hisoblanadi: yuzni tasdiqlaydi, to‘rtburchak chegaralarni aniqlaydi va 5 ta kalit nuqtani piksel aniqligida lokalizatsiyalaydi. Non
Maximum Suppression (NMS) har bir bosqich oxirida qo‘llanilib, ortiqcha chegaralarni birlashtiradi.

ISSN 3030-3907

Normallashtirilgan yuz tasviri dlib kutubxonasining ResNet-34 asosidagi chuqur neyron tarmoqdan o‘tkaziladi. Tarmoq chiqishida 128 elementdan iborat haqiqiy sonlar vektori — yuz tasviri (face descriptor) — hosil bo‘lib, u o‘sha yuz uchun noyob imzo vazifasini o‘taydi. Identifikatsiya Evklid masofasi solishtiruvchisi orqali amalga oshiriladi. Agar ikki vektor orasidagi masofa 0,50 dan kichik bo‘lgan holda, o‘quvchi tanilgan deb e‘lon qilinadi. Bu chegara (threshold) qiymati eksperimental tarzda aniqlanib, soxta ijobiy va soxta salbiy xatolar o‘rtasidagi muvozanat sifatida belgilangan.

Tizimni baholash uchun maxsus mashg‘ulotlar to‘plami yaratildi. 50 nafar o‘quvchi ishtiroki bilan turli sharoitlarda suratga olish sessiyalari o‘tkazildi. Har bir o‘quvchidan uch xil — yaxshi yorug‘lik, past yorug‘lik va burchak o‘zgarishi — da 10 tadan tasvir olindi. Jami 1 500 ta tasvir yig‘ildi. O‘quv uchun 1 050 ta (70%), sinov uchun 450 ta (30%) tasvir ajratildi. Sinov to‘plami o‘quv jarayonida umuman ishlatilmadi. Baholash mezonlari sifatida Aniqlik (Accuracy), Precision, Recall, F1-score va bitta kadrni qayta ishlash vaqti (ms) ishlatildi.

NATIJALAR.

Sinov mashg‘ulotlar to‘plamida o‘tkazilgan tajribalar quyidagi natijalarni ko‘rsatdi (2-jadval):

1-jadval.

Turli sinov sharoitlarida tizim samaradorligi ko‘rsatkichlari

Sinov sharoiti	Aniqlik (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1-score (%)
Yaxshi yorug‘lik	94,7	95,2	94,1	94,6
Past yorug‘lik (CLAHE bilan)	87,3	88,0	86,5	87,2
Past yorug‘lik (CLAHE siz)	71,4	72,1	70,8	71,4
Ko‘p yuzli muhit (5+ kishi)	91,2	92,0	90,4	91,2
Burchak o‘zgarishi (±30°)	88,6	89,3	87,9	88,6
Yuz qisman to‘silgan (30%)	78,5	79,1	77,9	78,5
O‘rtacha (barcha sharoitlar)	**86,6**	**87,3**	**85,9**	**86,6**

ISSN 3030-3907

1-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, CLAHE preprocessing usuli past yorug‘lik sharoitida 71,4% bo‘lgan aniqlikni 87,3% ga, ya‘ni 15,9 foizga oshirdi. Bu natija CLAHE qo‘llashning naqadar muhimligini yaqqol ko‘rsatadi va ushbu tadqiqotning asosiy amaliy hissalaridan biri hisoblanadi.

Bitta kadrni qayta ishlash uchun jami 41,6 ms ketadi (24 FPS). Eng ko‘p vaqt sarflaydigan bosqich MTCNN yuz aniqlash (29,8%) va dlib kodlash (27,2%) ekanligi aniqlandi (3-jadval).

2-jadval.

Bitta kadrni qayta ishlash vaqti bo‘yicha taqsimot

Qayta ishlash bosqichi	O‘rtacha vaqt (ms)	Ulushi (%)
Tasvirni olish (kamera)	**8,2**	**19,7**
Preprocessing (CLAHE + norm.)	**6,1**	**14,7**
Yuz aniqlash (MTCNN)	**12,4**	**29,8**
Yuz kodlash (dlib ResNet-34)	**11,3**	**27,2**
Solishtirish va yozish (SQLite)	**3,6**	**8,6**
Jami (1 kadr)	**41,6**	**100,0**

Taklif etilayotgan tizim mavjud o‘xshash echimlar bilan solishtirildi (4-jadval). GPU talab qilmasdan 94,7% aniqlikka erishilgani va to‘liq veb-interfeys mavjudligi tizimni amaliy jihatdan eng qulay yechim sifatida ajratib ko‘rsatadi.

3-jadval.

Mavjud tizimlar bilan qiyosiy tahlil

Tizim	Aniqlik	FPS	GPU	Veb-interfeys	Past yorug.	Narxi
AqilliDavomat (ushbu ish)	94,7%	24	Yo‘q	Ha	Ha	Past
Ahuja et al. [5]	91,2%	18	Yo‘q	Yo‘q	Yo‘q	Past
DeepFace-based [3]	97,3%	12	Ha	Qisman	Qisman	Yuqori
RFID karta tizimi	99,9%	—	Yo‘q	Yo‘q	—	O‘rta

MUHOKAMA.

Olingan natijalar bir qator muhim xulosalarga imkon beradi. Birinchidan, tizimning normal sharoitdagi 94,7% aniqligi Ahuja et al. [5] ishidagi 91,2% ko‘rsatkichidan yuqori bo‘lib, bu CLAHE preprocessing va MTCNN uyg‘unlashtirilmasining samaradorligini tasdiqlaydi. Ikkinchidan, GPU talab

ISSN 3030-3907

qilmasdan 24 FPS tezlikka erishilgani tizimni o‘rtacha narxli kompyuterlarda ham ishlatish mumkinligini ko‘rsatadi. Biroq natijalarni baholashda muayyan cheklovlarni ham hisobga olish zarur. Past yorug‘lik sharoitida CLAHE yordamida erishilgan 87,3% aniqlik yaxshi ko‘rsatkich bo‘lgan holda ham, yuqori xavfsizlik talab qiladigan muhitlarda (masalan, imtihon nazorati) bu yetarli bo‘lmasligi mumkin. Shuningdek, 78,5% ko‘rsatkichi bilan yuz qisman to‘silgan stsenariy tizimning eng zaif tomoni bo‘lib qolmoqda.

Tizimining asosiy amaliy afzalliklari: o‘qituvchining davomat belgilashga sarflaydigan vaqtini seansiga o‘rtacha 5–6 daqiqa tejash (50 o‘quvchili guruh uchun); inson omilidan kelib chiqadigan xatolarni yo‘qqa chiqarish; ota-onalarga farzand davomati haqida real vaqtda mashg‘ulot berish imkoni; Direction → Course → Group ierarxiyasi ko‘p yo‘nalishli markazlar uchun moslashuvchanligi; oddiy USB-kamera va mavjud kompyuter bilan ishlash qobiliyati.

Tadqiqotning asosiy cheklovlari sinov guruhi 50 kishi bilan cheklanganligi, tizim bitta xona sharoitiga moslashtirilganligi, shaxsiy mashg‘ulotlarni himoya qilish qonunchiligiga (PDPL) muvofiqlik masalasi qo‘shimcha yuridik tekshirishni talab etishi. Kelajakdagi ishlar yo‘nalishi Vision Transformer (ViT) arxitekturasini sinab ko‘rish, yuz qisman to‘silgan senariylar uchun mashg‘ulotlar to‘plamini kengaytirish, mobil ilova sifatida deploy qilish, PostgreSQL ga o‘tish orqali ko‘p foydalanuvchili muhitda ishlash imkoniyatini kengaytirish.

XULOSA.

Ushbu tadqiqotda o‘quv markazlari uchun mo‘ljallangan to‘liq veb-tizim ishlab chiqildi, amalga oshirildi va eksperimental jihatdan baholandi. Tizim Django 5 + DRF backend, React 18 + Vite frontend, MTCNN yuz aniqlovchi, dlib ResNet-34 yuz kodlovchi va CLAHE preprocessing modullarini uch qatlamli arxitektura doirasida birlashtiradi. Asosiy ilmiy va amaliy natijalar normal yorug‘lik sharoitida tizim 94,7% aniqlik va 24 FPS tezlikka erishdi, CLAHE preprocessing past yorug‘lik sharoitida aniqlikni 71,4% dan 87,3% ga ko‘tardi (15,9 foizlik yaxshilanish), GPU talab qilmasdan, o‘rtacha unumli kompyuterda real vaqt rejimida ish yuritish ta’minlandi, Direction → Course → Group iearxiyasi ko‘p yo‘nalishli o‘quv markazlari uchun moslashuvcha tuzilmani ta’minladi, uch xil foydalanuvchi roli (o‘qituvchi, ota-ona, o‘quvchi) alohida panel sifatida muvaffaqiyatli joriy qilindi. Natijalar davomat tizimi o‘quv markazlari uchun tejamkor, yetarlicha aniq va amaliy jihatdan qulay muqobil ekanligini tasdiqlaydi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Turk M., Pentland A. Eigenfaces for recognition // Journal of Cognitive Neuroscience. — 1991. — Vol. 3, №1. — P. 71–86.

ISSN 3030-3907

2. Viola P., Jones M. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features // Proc. IEEE CVPR. — 2001. — P. 511–518.
3. Taigman Y., Yang M., Ranzato M., Wolf L. DeepFace: Closing the Gap to Human-Level Performance in Face Verification // Proc. IEEE CVPR. — 2014. — P. 1701–1708.
4. Schroff F., Kalenichenko D., Philbin J. FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering // Proc. IEEE CVPR. — 2015. — P. 815–823.
5. Ahuja R., Jain M., Kasana G. Automated Attendance Management System Based on Face Recognition Algorithms // International Journal of Computational Intelligence Research. — 2019. — Vol. 15, №1. — P. 1–10.
6. King D. E. Dlib-ml: A Machine Learning Toolkit // Journal of Machine Learning Research. — 2009. — Vol. 10. — P. 1755–1758.
7. Bradski G. The OpenCV Library // Dr. Dobb's Journal of Software Tools. — 2000. — Vol. 25, №11. — P. 120–126.
8. Zhang K., Zhang Z., Li Z., Qiao Y. Joint Face Detection and Alignment Using Multitask Cascaded Convolutional Networks // IEEE Signal Processing Letters. — 2016. — Vol. 23, №10. — P. 1499–1503.
9. O'zbekiston Respublikasi Maktabgacha va maktab ta'limi vazirligi. Xususiy ta'lim muassasalari registri. — Toshkent, 2024. — URL: https://edu.uz (murojaat: 10.03.2025).
10. Parkhi O. M., Vedaldi A., Zisserman A. Deep Face Recognition // Proc. BMVC. — 2015. — P. 41.1–41.12.
11. Raza M., Mehmood A., Ullah S. Face Recognition using Deep Learning: A Review // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. — 2022. — Vol. 13, №3. — P. 114–125.

ISSN 3030-3907