

MUHANDISLIK

& IQTISODIYOT

*ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal*

2026-YIL
IYUN/6-SON, IV-QISM



Milliy nashrlar

OAK: <https://oak.uz/pages/4802>

05.00.00 – Texnika fanlari

08.00.00 – Iqtisodiyot fanlar



Google
Scholar

ISSN INTERNATIONAL
STANDARD
SERIAL
NUMBER
INTERNATIONAL CENTRE

OpenAIRE



ISSN: 3060-463X

РЭУ.РФ
РОССИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Г.В. ПЛЕХАНОВА
ТАШКЕНТСКИЙ ФИЛИАЛ



muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Elektron nashr, 2026-yil, iyun.

Bosh muharrir:

Zokirova Nodira Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

Bosh muharrir o'rinbosari:

Shakarov Zafar G'afarovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori, PhD, dotsent

Tahrir hay'ati:

Abduraxmanov Kalendar Xodjayevich, O'z FA akademigi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Sharipov Kongratbay Avezimbetovich, texnika fanlari doktori, professor

Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Abduraxmanova Gulnora Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Shaumarov Said Sanatovich, texnika fanlari doktori, professor

Turayev Bahodir Xatamovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Nasimov Dilmurod Abdulloyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Allayeva Gulchexra Jalgasovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Arabov Nurali Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Maxmudov Odiljon Xolmirzayevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Xamrayeva Sayyora Nasimovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bobonazarova Jamila Xolmurodovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Irmatova Aziza Baxromovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bo'taboyev Mahammadjon To'ychiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Shamshiyeva Nargizaxon Nosirxuja kizi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor,

Xolmuxamedov Muhsinjon Murodullayevich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Xodjayeva Nodiraxon Abdurashidovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Amanov Otabek Amankulovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Toxirov Jaloliddin Ochil o'g'li, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Qurbonov Samandar Pulatovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Zikriyoyev Aziz Sadulloyevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Tabayev Azamat Zaripbayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sxay Lana Aleksandrovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Ismoilova Gulnora Fayzullayevna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Djumaniyazov Umrbek Ilxamovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Kasimova Nargiza Sabitdjanovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Kalanova Moxigul Baxritdinovna, dotsent

Ashurzoda Luiza Muxtarovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sharipov Sardor Begmaxmat o'g'li, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Tursunov Ulug'bek Sativoldiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent

Bauyetdinov Majit Janizaqovich, Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti dotsenti, PhD

Botirov Bozorbek Musurmon o'g'li, Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sultonov Shavkatjon Abdullayevich, Kimyo fanlari doktori, (DSc)

Jo'raeva Malohat Muhammadovna, filologiya fanlari doktori (DSc), professor.

Yusupov Maxamadamin Abduxamidovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor

Kalonova Moxigul Baxritdinovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi (PhD), dotsent

Mirzayev Kulmamat Djanzakovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor.

Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Norboyev Odil Abrayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Nasimov Dilmurod Abdulloyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Mirzayev Kulmamat Djanzakovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Pardaev Umidjon Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Xolmirzayev Ulug'bek Abdulazizovich, Iqtisodiyot fanlari doktori (DSc)

muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

- 05.01.00 – Axborot texnologiyalari, boshqaruv va kompyuter grafikasi
- 05.01.01 – Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi. Audio va video texnologiyalari
- 05.01.02 – Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash
- 05.01.03 – Informatikaning nazariy asoslari
- 05.01.04 – Hisoblash mashinalari, majmualari va kompyuter tarmoqlarining matematik va dasturiy ta'minoti
- 05.01.05 – Axborotlarni himoyalash usullari va tizimlari. Axborot xavfsizligi
- 05.01.06 – Hisoblash texnikasi va boshqaruv tizimlarining elementlari va qurilmalari
- 05.01.07 – Matematik modellash
- 05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt
- 05.02.00 – Mashinasozlik va mashinashunoslik
- 05.02.08 – Yer usti majmualari va uchish apparatlari
- 05.03.02 – Metrologiya va metrologiya ta'minoti
- 05.04.01 – Telekommunikatsiya va kompyuter tizimlari, telekommunikatsiya tarmoqlari va qurilmalari. Axborotlarni taqsimlash
- 05.05.03 – Yorug'lik texnikasi. Maxsus yoritish texnologiyasi
- 05.05.05 – Issiqlik texnikasining nazariy asoslari
- 05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari
- 05.06.01 – To'qimachilik va yengil sanoat ishlab chiqarishlari materialshunosligi
- 05.08.03 – Temir yo'l transportini ishlatish
- 05.08.06 – "G'ildirakli va gusenisali mashinalar va ularni ishlatish" (texnika fanlari)
- 05.09.01 – Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar
- 05.09.04 – Suv ta'minoti. Kanalizatsiya. Suv havzalarini muhofazalovchi qurilish tizimlari
- 10.00.06 – Qiyosiy adabiyotshunoslik, chog'ishtirma tilshunoslik va tarjimashunoslik
- 10.00.04 – Yevropa, Amerika va Avstraliya xalqlari tili va adabiyoti
- 08.00.01 – Iqtisodiyot nazariyasi
- 08.00.02 – Makroiqtisodiyot
- 08.00.03 – Sanoat iqtisodiyoti
- 08.00.04 – Qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti
- 08.00.05 – Xizmat ko'rsatish tarmoqlari iqtisodiyoti
- 08.00.06 – Ekonometrika va statistika
- 08.00.07 – Moliya, pul muomalasi va kredit
- 08.00.08 – Buxgalteriya hisobi, iqtisodiy tahlil va audit
- 08.00.09 – Jahon iqtisodiyoti
- 08.00.10 – Demografiya. Mehnat iqtisodiyoti
- 08.00.11 – Marketing
- 08.00.12 – Mintaqaviy iqtisodiyot
- 08.00.13 – Menejment
- 08.00.14 – Iqtisodiyotda axborot tizimlari va texnologiyalari
- 08.00.15 – Tadbirkorlik va kichik biznes iqtisodiyoti
- 08.00.16 – Raqamli iqtisodiyot va xalqaro raqamli integratsiya
- 08.00.17 – Turizm va mehmonxona faoliyati

Ma'lumot uchun, OAK
Rayosatining 2024-yil 28-avgustdagi 360/5-son qarori bilan "Dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxati"ga texnika va iqtisodiyot fanlari bo'yicha "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali ro'yxatga kiritilgan.

Muassis: "Tadbirkor va ishbilarmon" MChJ

Hamkorlarimiz:

1. Toshkent shahridagi G.V.Plexanov nomidagi Rossiya iqtisodiyot universiteti
2. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti
3. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti
4. Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
5. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
6. Toshkent davlat transport universiteti
7. Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
8. Toshkent kimyo-texnologiya universiteti
9. Jizzax politexnika instituti



MUNDARIJA

EPOKSID-DIAN VA FENOLFORMALDEGID GIBRID BOG'LOVCHISI ASOSIDA YUQORI YEYILISH VA KORROZIYABARDOSH ANTIFRIKSION QOPLAMALAR YARATISH	10
Bakirov Lutfillo Yuldoshaliyevich	
O'ZBEKISTONDA TURIZM SOHASIDA DAVLAT-XUSUSIY SHERIKLIKNI BOSHQARISH VA TARTIBGA SOLISHNING USTUVOR YO'NALISHLARI.....	16
Mamayusupova Dilovarxon, Maxmudaliyeva Manzuraxon, Toyirjonov Shokirjon	
FRANSUZ, RUS VA O'ZBEK TILLARI SPORT TURIZMI TERMINLARINING LEKSIK-SEMANTIK VA LINGVOMADANIY TADQIQI.....	20
Ma'rupova Gulnoz	
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ХРАНЕНИЯ ПЛОДОВ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН.....	24
Муратов Абдулазиз Уктамович	
DIGITAL TRANSFORMATION AND EMERGING TRENDS IN INFORMATION TECHNOLOGY.....	29
Daminova Barno, Esmurodova Zarnigor, Boltayev Javohir, Kuziboyeva Lobar	
FRANSUZ, RUS VA O'ZBEK TILLARI SPORT TURIZMI TERMINLARINING LEKSIK-SEMANTIK VA LINGVOMADANIY XUSUSIYATLARI.....	34
Ma'rupova Gulnoz Umarjonovna	
MINTAQA IQTISODIY O'SISHIDA XIZMATLAR SOHASI TARKIBIY O'ZGARISHLARINING STATISTIK TAHLILI: XORAZM VILOYATI MISOLIDA	38
Raximov Alisher Ibragimovich	
KREDIT SKORINGIDA XULQ-ATVOR OMILLARINI BAHOLASH: NAZARIY ASOSLAR VA AMALIY QO'LLANILISHI	45
BekmurodovAbbos Amiriddinovich	
ECONOMETRIC INVESTIGATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION ACTIVITIES IN KARAKALPAKSTAN REPUBLIC.....	49
Makhambetova Uringul Reimbaevna	
GETEROKOMPOZIT POLIMER QOPLAMALAR SIRTINING SHAKLLANISHI VA ULARNING PAXTA TOLALARI SIFATIGA TA'SIRINI TADQIQ ETISH	55
Bakirov Lutfillo Yuldoshaliyevich	
GRADIENT BOOSTING (XGBOOST) VA TEGISHLILIK FUNKSIYALARIGA TAYANGAN STATISTIK KLASSIFIKATSIYA USULINING SOLISHTIRMA BAHOLANISHI	62
Ergasheva Ma'mura Gayratovna	
QURILISH SOHASIDA KICHIK VA YIRIK BIZNES SUBYEKTLARI INTEGRATSIYASI SAMARADORLIGINI EKONOMETRIK BAHOLASH.....	69
Axmedova Nilufar Shuxratovna	
LARAVEL PLATFORMASIDA NEYROTARMOQLARNI QO'LLASH ORQALI FOYDALANUVCHI XATTI-HARAKATLARINI BASHORAT QILISH VA TAVSIYA TIZIMLARINI YARATISH	74
Jo'rayev To'xtasin, Abdusattarov Odiljon, Boymatov Mexrojiddin, Maxkamov A'zimjon, Nabijonov Abduqodir	
BEHIND THE 30% TARGET: A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR WOMEN'S ACADEMIC LEADERSHIP IN UZBEK UNIVERSITIES	82
Farida Nishanova	
QURILISH SANOATIDA TADBIRKORLIK FAOLIYATINI RIVOJLANTIRISH: NAZARIY-METODOLOGIK ASOSLAR VA AMALIY YONDASHUVLAR	87
Abdullayev Axror Jaxbarovich	
BALIQCILIKDA INNOVATSION TEXNOLOGIYALARNI JORIY ETISHNING OBYEKTIV ZARURIYATI	92
Iskandar Yunusov	



TADBIRKORLIK SUBYEKTLARINI KREDITLASHDAGI BANK KREDIT RISKLARINI PASAYTIRISH YO'LLARI	98
Toymuxamedov Ibrohim Rixsiboyevich	
KO'P KVARTIRALI UY-JOY FONDINI BOSHQARISHDA PROFESSIONAL XIZMAT KO'RSATISH TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISHNING TASHKILIY-IQTISODIY MEKANIZMLARI	108
Rahimov Qodir Ergashevich	
НИЗКОУГЛЕРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА КАК НАПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ УЗБЕКИСТАНА	115
Расулкулов Жамшидбек Акрамкулович	
ERKIN IQTISODIY ZONALARNING MOHIYATI VA ULARNING PRINSIPLARI	124
Ubaydullayev Muxammadjon, Akbarov Diyorbek	
RAQAMLI TRANSFORMATSIYA SHAROITIDA MEHMONXONA XIZMATLARINI AVTOMATLASHTIRISHNING IQTISODIY AFZALLIKLARI	128
Raxmonova Nigina Anvarovna	
EMPLOYEE WELL-BEING IN POST-REFORM UZBEKISTAN: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW AND RESEARCH AGENDA	132
Farida Nishanova	
TIJORAT BANKLARI TOMONIDAN TADBIRKORLIK SUBYEKTLARINI MOLIALASHTIRISHNI TAKOMILLASHTIRISH MEKANIZMLARI	137
Inobatov Abror Boshlarovich	
REAL SEKTORNING INSTITUTSIONAL TARKIBI VA TRANSFORMATSIYA TENDENSIYALARI	144
Isroilova Muhabbat Rustamjon qizi	
ОБЕСПЕЧЕНИЕ РОСТА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ (НА ПРИМЕРЕ ФИРМЕННЫХ МАГАЗИНОВ «SAG EXPRESS»)	151
Мусаева Шоира Азимовна	
O'ZBEKISTONDA YALPI ICHKI MAHSULOT DINAMIKASINING ICHKI ISTE'MOLGA TA'SIRI	161
Djumayev Zayniddin Axmedovich	
O'ZBEKISTON TASHQI IQTISODIY FAOLIYATIDA KICHIK BIZNES O'RNINI OSHIRISHNING STATISTIK USULLARDAGI TAHLILI	166
Yadgarova Nigora Rixsulla qizi	
KATTA HAJMDAGI MA'LUMOTLARNI REAL VAQT REJIMIDA VIZUALIZATSIYA QILISH UCHUN ADAPTIVE M4 GEOMETRIK-PERSEPTUAL AGREGATSIYA ALGORITMI	170
Nuraliyev Faxriddin, Hotamov Farhod, Muxamedjonova Zuxra	
АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ В РАЗВЕТВЛЁННЫХ ПАССИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЯХ (PON)	175
Киямов Рахматулло Рузиевич	
MARKETING KOMMUNIKATSIYALARI ORQALI HUDUDLARNING INVESTITSION SALOHİYATINI RIVOJLANTIRISH	180
Xolmurotova Diyoraxon, Xoliyorova Shoxista	
OZIQ-OVQAT XAVSIZLIGINI TA'MINLASHDA DAVLAT STRATEGIK ZAXIRALARINING O'RNINI	184
Bazarov Nazirjon, Normurodov Alibek	
O'ZBEKISTONDA KAMBAG'ALLIKNI QISQARTIRISH VA UNI BARTARAF ETISHDA TADBIRKORLIKNING ROLI: IQTISODIY TAHLIL VA TENDENSIYALAR	190
Uzakov Sh. Sh.	
MINTAQADA TABIIY KAPITALNI JAMG'ARISHNING TASHKILIY-IQTISODIY MEKANIZMLARINI TAKOMILLASHTIRISH (XORAZM VILOYATI MISOLIDA)	196
Raximov Faxriddin Shavkatovich	
СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ УГРОЗЫ ФИНАНСОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАХОВЫХ КОМПАНИЙ И ПРИЧИНЫ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ	201
Петр Ким	



УЧЁТ ВЫБЫТИЯ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ФИНАНСОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОРГАНИЗАЦИИ.....	207
Туракулов Шахриёр, Пашаходжаева Дилдора	
HUDUDIIY IQTISODIY O'SISH DRAYVERLARINI KO'P OMILLI REGRESSION TAHLIL ASOSIDA MIQDORIY BAHOLASH (BUXORO VILOYATI TUMANLARI MISOLIDA).....	213
Ergashev Sherali Erali o'g'li	
NOAN'ANAVIY PUL-KREDIT SIYOSATI INSTRUMENTLARINING MAKROIQTISODIY KO'RSATKICHLARGA QISQA MUDDATLI TA'SIRINI EMPIRIK BAHOLASH	217
Djumonov Dilshod Safaroliyevich	
O'ZBEKISTONDA YALPI ICHKI MAHSULOT DINAMIKASINING ICHKI ISTE'MOLGA TA'SIRI	222
Djumayev Zayniddin Axmedovich	
JIZZAX VILOYATI KICHIK BIZNES TIZIMINING EMPIRIK MA'LUMOTLAR BAZASI VA TAVSIFIY STATISTIK TAHLILI	227
Atamuratova Gulrux Muzafarovna	
KIMYO SANOATI KORXONALARIDA DIVERSIFIKATSIYA SAMARADORLIGINI INTEGRAL BAHOLASH VA 2032-YILGACHA PROGNOZLASH	232
Razikov Otabek Rustamovich	
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАЗВОЛОКНЕНИЯ ПУТАНКИ	240
Одилхонова Нафиса, Атаханов Авазбек	
SOLIQ BOSHQARMALARIDA AGILE MENEJMENT TAMOYILLARIDAN FOYDALANISH ISTIQBOLLARINING EMPIRIK-STATISTIK TAHLILI	247
Sayfiyev Jasur Ravshanovich	
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASIDA DAVLAT XARIDLARI TIZIMIDA RAQOBAT MUHITI VA SHAFFOFLIKNI TA'MINLASHNING MOLIVAVIY-IQTISODIY MEXANIZMLARINI TAKOMILLASHTIRISH	253
Rizoqulova Elnora Otabek qizi	
YOSHLAR TADBIRKORLIGINI RIVOJLANTIRISHNING MINTAQAVIY OMILLARI.....	260
Ergashev Erkin Iroqovich	
QULOQ CHANOG'I VA YUZ YON TASVIRI ASOSIDA SHAXSNI IDENTIFIKATSIYALASH.....	264
Mamatov Narzillo, Samijonov Abdurashid, Abdullaeva Barno, Usarov Jurabek	

QULOQ CHANOG'I VA YUZ YON TASVIRI ASOSIDA SHAXSNI IDENTIFIKATSIYALASH

Mamatov Narzillo Solijonovich

Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti,
"Raqqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt" kafedrasi mudiri, t.f.d., professor

Samijonov Abdurashid Narzullo o'g'li

Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti,
Raqqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt kafedrasi

Abdullaeva Barno Mo'ydinjon qizi

Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti,
Raqqamli texnologiya va sun'iy intellekt kafedrasi

Usarov Jurabek Abdunazirovich

Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti,
Raqqamli texnologiya va sun'iy intellekt kafedrasi

Annotatsiya. Ushbu ishda yuz va quloq chanog'i tasvirlarini tahlil qilish asosida shaxsni identifikatsiyalashning yaxlit algoritmik yondashuvi taqdim etiladi. Tizim tasvir olish, dastlabki ishlov berish, belgi shakllantirish (geometrik, Gabor teksturasi va chuqur o'rganish belgilari), belgilar fazosini qisqartirish, belgilar darajasida birlashtirish hamda tasniflash bosqichlaridan tashkil topadi. Yuz va quloq belgilarini kanonik korrelyatsion tahlil (KKT) va uning kernel kengaytmasi (KKKT) yordamida birlashtirish nazoratsiz sharoit omillariga barqarorlikni ta'minlaydi. Tajribaviy natijalar multimodal yondashuv unimodal tizimlardan sezilarli ustun ekanini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: biometrik identifikatsiya, yuz tasviri, quloq chanog'i, geometrik belgilar, Gabor filtri, chuqur o'rganish (CNN), kanonik korrelyatsion tahlil.

Abstract. This paper presents an integrated algorithmic approach to person identification based on the analysis of face and ear images. The system comprises image acquisition, preprocessing, feature extraction (geometric features, Gabor-filter texture features, and deep convolutional neural network features), feature-space dimensionality reduction, feature-level fusion, and classification. Fusing the face and ear features by means of canonical correlation analysis (CCA) and its kernel extension (KCCA) ensures robustness to uncontrolled acquisition conditions. The experimental results demonstrate that the multimodal approach significantly outperforms unimodal systems.

Keywords: biometric identification, face image, ear (auricle), geometric features, Gabor filter, deep learning (CNN), canonical correlation analysis.

Аннотация. В данной работе представлен целостный алгоритмический подход к идентификации личности на основе анализа изображений лица и ушной раковины. Система включает этапы получения изображения, предварительной обработки, формирования признаков (геометрических, текстурных на основе фильтров Габора и глубоких признаков свёрточных нейронных сетей), снижения размерности признакового пространства, объединения на уровне признаков и классификации. Объединение признаков лица и ушной раковины с помощью канонического корреляционного анализа (ККА) и его ядерного расширения (КККА) обеспечивает устойчивость к неконтролируемым условиям съёмки. Экспериментальные результаты показывают, что мультимодальный подход существенно превосходит одномодальные системы.

Ключевые слова: биометрическая идентификация, изображение лица, ушная раковина, геометрические признаки, фильтр Габора, глубокое обучение (CNN), канонический корреляционный анализ.



KIRISH

So'nggi yillarda inson yuz tasviri shaxsni identifikatsiyalashda eng ishonchli vositalardan biriga aylandi. Biroq, ayrim hollarda yuz tasvirining o'zi shaxsni tanib olish uchun yetarli bo'lmaydi. Masalan, yuzning yon tomondan olingan tasvirlari. Bunday hollarda quloq biometrikasini birlashtirish orqali identifikatsiyalash masalasini hal etish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Quloq biometrikasi ham so'nggi yillarda shaxsni identifikatsiyalashning ishonchli va tezkor usullaridan biriga aylanib bormoqda. Yuz tasviri kabi quloq chanog'i tasviri ham kirishni nazorat qilish, tijorat va jamoat xavfsizligi, maxfiylikni himoyalash kabi ko'plab sohalarida shaxsni identifikatsiyalash va tekshirishda keng qo'llanilmoqda [1, 2]. Shuning uchun quloq biometrikasi jadal ommalashib, tezkor rivojlanmoqda. Tadqiqotchilar undan shaxsni aniqlash, kriminalistika va kuzatuv tizimlari sohalarida ko'plab izlanishlar olib bormoqda. Biroq, unimodal, xususan, faqat quloqqa asoslangan biometrik tizimlar nazoratsiz muhitlarda turli muammolarga duch keladi. Bunga shovqin, past kontrast, yorug'lik o'zgarishi, burilish va qisman to'silish kabi omillar kiradi. Bu kabi omillar tanib olishning umumiy aniqligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi va uni oshirishga to'sqinlik qiladi. Shuning uchun quloqni tanib olish sohasida yanada ko'proq tadqiqotlar o'tkazish zarur.

Bir nechta biometrik belgilarni birlashtirish orqali yuqoridagi muammolarni bartaraf etish va tanib olish tizimlari samaradorligini yanada oshirish mumkin. Quloq chanog'iga asoslangan multimodal tanib olish bo'yicha ko'plab tadqiqotlar olib borilgan [3-14]. So'nggi yillarda amalga oshirilgan ko'plab ishlarda quloq va yuz yon tasvirlari asosida shaxsni tanib olish bo'yicha ko'plab ishlar amalga oshirilmoqda [5, 15, 16]. Ana shunday ishlarning birida quloq va yuz tasvirlari belgilarini birlashtirish orqali inson yoshi va jinsini aniqlash amalga oshirilgan [17]. Ushbu yondashuv ma'lumotni qabul qilmaslik ehtimolini kamaytirish, sensor xarajatlarini qisqartirish, hisoblash va ma'lumot yig'ish vaqtini kamaytirish imkonini beradi. Biroq, belgilarni birlashtirish orqali shaxsni tanib olish yo'llari hozirgi kunda yetarlicha darajada o'rganilmagan.

Ushbu ishda unimodal tizim kamchiliklarini bartaraf etish uchun quloq va yuz yon tasviriga asoslangan multimodal biometrik usul taklif etiladi. Bunda yorug'lik va burilish ta'sirini kamaytirishda Gabor filtrlaridan foydalanilgan [18-19]. Gabor filtrlari lokal chastota va yo'nalish belgilarini ajratib olish imkoniga ega bo'lib, ular inson ko'rish tizimiga o'xshash xususiyatga ega hisoblanadi. Ushbu ishda quloq va yuz tasvirlaridan turli masshtab va yo'nalishlarda lokal tekstura belgilarini ajratib olish uchun Gabor filtrlari foydalanildi. Bu yorug'lik va burilish ta'sirini kamaytirishga xizmat qiladi. Gabor belgilar vektori yuqori o'lchamli bo'lganligi uchun ularni qisqartirish va muhim belgilarni ajratib olish zarur [20-40]. Bunda olingan ikkita qisqartirilgan belgilar to'plami birlashtiriladi va bu belgilar darajasidagi birlashtirish bosqichida amalga oshiriladi. Ushbu ishda uch xil belgilar darajasidagi birlashtirish usullari, ya'ni ketma-ket (KK), kanonik korrelyatsion tahlil (KKT) va kengaytirilgan kanonik korrelyatsion tahlil (KKKT) qo'llanildi va o'zaro taqqoslandi. Klassik hamda ko'p qatlamli perseptron asosida shaxsni tekshirish va identifikatsiyalash amalga oshirildi. Tajriba natijalari KKKT asosidagi birlashtirish usuli mavjud usullarga nisbatan yuqori natija ta'minlashini ko'rsatdi. Quyida hozirgi kunda mavjud ishlar tahlili keltirilgan.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI

Quloq biometrikasi bo'yicha eng so'nggi va mukammal ishlar Zh. Emersic, V. Struc, P. Peer, H. Alshazly, C. Linse, E. Barth, T. Martinetz, A. Pflug, C. Busch, A. Abaza, A. Ross, K. Bowyer, K. Abdel-Mottaleb, A. Kumar, C. Wu, S. Islam, M. Bennamoun, R. Owens, A. Lumini, L. Akarun, E. Akarun, S. Prakash, P. Gupta, Z. Huang, Y. Li, X. Li, J. Li, B. Mishra, S. Deluri tomonidan amalga oshirilgan. Shuningdek, [1-2] ishlarda quloq biometrikasi sohasi to'liq tahlil qilinib, quloqni aniqlash, belgilarni ajratish va tanib olish bosqichlari bo'yicha mavjud klassik va zamonaviy usullar solishtirilgan, 2D va 3D usullar, multimodal tizimlar, belgilar fazosini qisqartirish hamda tizim samaradorligiga ta'sir etuvchi omillar tahlil qilingan. Biroq, turli tadqiqotlarga qaramasdan, nazorat qilinmagan sharoitlarda aniqlash samaradorligi hali yetarli darajada emas.

Quloqdan asosiy modallik sifatida foydalanilgan ko'plab multimodal biometrik tizimlar ham mavjud. Biroq, quloq va yuz tasvirlarini birlashtirishga asoslangan tadqiqotlar kam amalga oshirilgan. Bunda tasvir odatda bitta kamera orqali bir vaqtda olinadi. Quloq va yuz yon tasviriga asoslangan multimodal yondashuv [20] ishda taklif etilgan bo'lib, unda ularning har ikkisi ham yon tomondan olingan yuz tasviridan ajratib olingan. Ishda belgilarni ajratishda KKKT qo'llanilgan bo'lib, u KKTga nisbatan yuqori natija bergan. Yuz yon va quloq tasvirlari yadroli Fisher diskriminant tahlili (YAFDT) usuli orqali birlashtirilgan va belgilar darajasidagi birlashtirish aniqlikni sezilarli darajada oshirgan. Rathore va uning hammualliflari quloq va yuz yon tasviri asosida multimodal tizim taklif etgan bo'lib, unda SURF deskriptorlaridan foydalangan va natijada score-level birlashtirish feature-levelga nisbatan yaxshiroq natija bergan. Mavjud tadqiqotlar tahlili asosida bu kabi multimodal yondashuvlarda katta imkoniyatlar mavjud, deb aytish mumkin. Shuning uchun mazkur ishda KKKTga asoslangan samarali multimodal tizim taklif etilgan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Quloq va yuz yon tasviriga asoslangan multimodal biometrik tizim. Quyida quloq va yuz yon tasviri belgilarini birlashtirish orqali shaxsni tanib olish tizimi bayon etiladi. Tizim quyidagi asosiy bosqichlarda amalga oshiriladi:

- 1-bosqich. Yon tomondan olingan yuz tasviridan quloq va yuzni ajratish amalga oshiriladi.
- 2-bosqich. Dastlabki ishlov berish amalga oshiriladi.
- 3-bosqich. Gabor filtrlari orqali turli masshtab va yo'nalishlarda tasvirlarni shakllantirish amalga oshiriladi.
- 4-bosqich. Namunalash chastotasini pasaytirish amalga oshiriladi.
- 5-bosqich. Belgilarni normallashtirish amalga oshiriladi.
- 6-bosqich. KKKKT orqali belgilarini birlashtirish amalga oshiriladi.
- 7-bosqich. Identifikatsiyalash amalga oshiriladi.

Qiziqish sohasini ajratish. Bunda ishda quloq va yuz sohalari kamera orqali olingan yon yuz tasviridan ajratib olindi. Dastlab quloq avtomatik lokalizatsiyalanadi, so'ngra yuzning yon qismi ajratiladi. Bu biometrik tizim samaradorligiga katta ta'sir ko'rsatuvchi asosiy omil hisoblanadi.

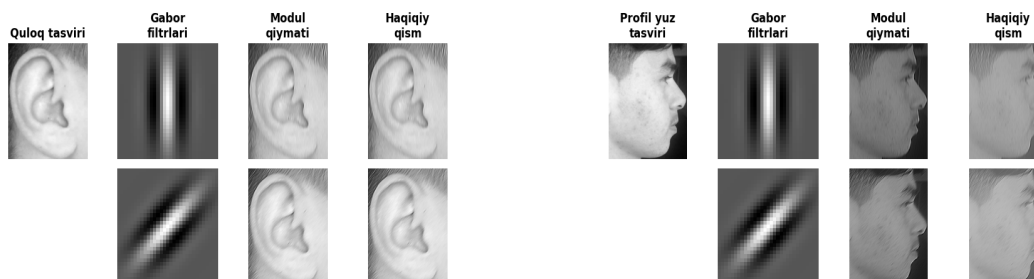
Dastlabki ishlov berish. Shovqin va yoritish ta'sirini kamaytirish uchun tasvirlarga Gauss past chastotali filtri qo'llanildi. Bunda Gauss yadrosi bilan tasvirga o'ramli ishlov beriladi.

$$I' = I * G(u, v, \sigma) \quad (1)$$

$$G(u, v, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} \exp\left(-\frac{u^2 - v^2}{2\sigma^2}\right)$$

bu yerda σ - Gauss yadrosi standart og'ishi.

Gabor filtrlari yordamida belgilarini ajratish. Gabor filtrlari tasvir teksturasini tahlil qilishda keng qo'llaniladi, chunki ularning biologik xususiyatlari inson ko'rish qobig'idagi oddiy hujayralar faoliyatiga juda yaqin. Gabor filtrlari yoritish va burilish o'zgarishlari ta'sirini samarali inobatga olgan holda lokal tekstura belgilarini ajratish imkonini beradi. Shuning uchun ular ko'plab biometrik tizimlarda belgilarini ajratishda keng qo'llaniladi va yuz biometrikasida eng keng tarqalgan usullardan biri hisoblanadi.



3-rasm. Quloq va yuz yon tasvirlarini ikki xil Gabor filtri yordamida o'ramlash natijasi

Gabor filtrlar banki yoritish o'zgarishlariga nisbatan juda barqaror ekanligi [19] ishda ko'rsatib berilgan. Ushbu ishda ham quloq va yuz yon modalliklaridan lokal tekstura belgilarini ajratib olish uchun Gabor filtrlar bankidan foydalaniladi. Ikki o'lchamli Gabor filtri Gauss funksiyasi va sinusoidal to'lqin ko'paytmasi sifatida ifodalanadi va quyidagicha ifodalanadi.

$$g(x, y; \lambda, \theta, \phi, \gamma) = \exp\left(-\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}\right) \cos\left(2\pi \frac{x'}{\lambda} + \phi\right) \quad (2)$$

bu yerda $x' = x \cos \theta + y \sin \theta$ va $y' = -x \sin \theta + y \cos \theta$ sinusoidal to'lqinni burilishi, θ -

Gabor filtr yo'nalishi, λ to'lqin uzunligi, ϕ fazaviy siljish, γ ellipslik darajasi, σ (sigma) esa Gauss qobig'i standart og'ishi.

Gabor filtrlar banki turli chastota va yo'nalishlarga ega bo'lgan filtrlar to'plamidan iborat bo'lib, u tekstura belgilarini ajratib olish uchun qo'llaniladi. Ushbu ishda quloq va profil yuz tasvirlariga turli masshtab va yo'nalishlardagi ikki o'lchamli Gabor filtrlari qo'llanilib, natijada Gabor tasvirlari hosil qilingan. Ayrim



adabiyotlarda ko'pincha 5 ta masshtab va 8 ta yo'nalishli Gabor filtrlar bankidan foydalaniladi [20]. Quloq va yuz yon tasvirlarini ikki xil Gabor filtri orqali olingan o'ram natijalari 3-rasmda keltirilgan. Bunda (3) va (4)-ifodalarda Gabor filtrlar banki uchun beshta masshtab va sakkizta yo'nalish olingan.

$$\omega_u = \frac{\pi}{2} \cdot (\sqrt{2})^u \quad \theta_v = \frac{\pi}{8} \cdot v \quad (3)$$

$$(4)$$

Bunda har bir quloq va yuz yon tasviri $I_e(x, y)$ va $I_{pf}(x, y)$ 40 ta Gabor filtrlar to'plami bilan o'ramlanadi va natijada 40 ta Gabor veyvlet koefitsiyentlari $G_{u,v}(x, y)$ hosil qilinadi.

Har bir $G_{u,v}(x, y)$ tasvir o'lchami k koefitsiyentga kamaytiriladi, ya'ni tasvir hajmi $(k \times k)$ marta qisqartiriladi.

So'ng nol o'rtacha qiymat va birlik dispersiya asosida normallashtiriladi va $z_{u,v}$ vektor shakllantiriladi. Yakunda barcha normallashtirilgan Gabor belgilar vektorlari birlashtirilib, umumiy barqaror belgilar vektori $z_{u,v}$ shakllantiriladi:

$$\mathbf{z} = [\mathbf{z}_{0,0}^T, \mathbf{z}_{0,1}^T, \dots, \mathbf{z}_{4,7}^T] \quad (5)$$

Belgilar darajasidagi birlashtirish. Multimodal biometrikada bir nechta manbadan olingan belgilar yagona vektorga birlashtiriladi va bu jarayon «birlashtirish» deb ataladi. Belgilar darajasidagi birlashtirish bir nechta belgilar vektorini bitta umumiy vektorga birlashtirishni anglatadi. Adabiyotlarda qayd etilishicha, dastlabki bosqichda amalga oshirilgan birlashtirish navbatdagi bosqichlarga nisbatan ko'proq ajratuvchi xususiyatlarni saqlaydi [42]. Shuning uchun mazkur ishda uchta belgilar darajasidagi birlashtirish, ya'ni ketma-ket, KKT va KKKT o'zaro taqqoslandi. Bu usullar tekshirish va identifikatsiya qilish tizimi asosida baholandi.

Belgilarni ketma-ket birlashtirish. Bu belgilar darajasidagi eng sodda birlashtirish usuli bo'lib, unda bir nechta belgilar vektorlari to'g'ridan to'g'ri ketma-ket qo'shiladi va yagona vektor hosil qilinadi. Agar belgilar o'zaro mos bo'lmasa, u holda mazkur usul tanib olish samaradorligiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin [15]. Birlashtirilgan vektor o'lchami katta bo'lib ketishi hisoblash va xotira xarajatlarini oshiradi. Shuning uchun birlashtirishdan oldin o'lchamni kamaytirish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Buning uchun bosh komponentalar (Principal Component Analysis – PCA) qo'llaniladi va normallashtirish uchun z-score usuli qo'llaniladi. So'ngra nazoratli chiziqli fazoga o'tkazish uchun Chiziqli diskriminant tahlil (Linear Discriminant Analysis – LDA) qo'llanilib, belgilar o'lchami yana qisqartiriladi va tasniflash uchun informativ belgilar ajratib olinadi.

Kanonik korrelyatsion tahlil asosida birlashtirish. Bu nazoratsiz va kuchli statistik tahlil usuli bo'lib, u ikki ko'p o'lchamli belgilar vektori orasidagi o'zaro bog'liq komponentlarni ajratish imkonini beradi va kam o'lchamli yagona vektor shakllantiradi. So'nggi tadqiqotlarda KKT quloq va kaft izi kabi multimodal biometrik ma'lumotlarni birlashtirishda keng qo'llanilgan [3]. Biroq, KKT chiziqli bo'lganligi uchun u ikki belgilar vektori orasidagi murakkab va noqiziq bog'lanishlarni to'liq ifodalay olmaydi.

Yadroviy kanonik korrelyatsion tahlil (YAKKT). KKTning umumlashtirilgan ko'rinishi bo'lib, u nazoratli statistik tahlil usuli hisoblanadi va yadro asosida noqiziq bog'lanishlarni aniqlash orqali kuchli ajratuvchi belgilarni shakllantiradi. Ushbu yondashuvda dastlab belgilar vektorlarini noqiziq fazoga o'tkazish uchun yadro matrisalari hisoblanadi. Mercer teoremasi shartlarini qanoatlantiruvchi yadrolarga polinomial, yarim chiziqli va Gauss yadrolari misol bo'ladi. Ushbu ishda ushbu uchala yadro turi tadqiq etilgan. Olingan natijalar polinomial yadro boshqalariga nisbatan yuqori samaradorlikni ta'minlashini ko'rsatdi.

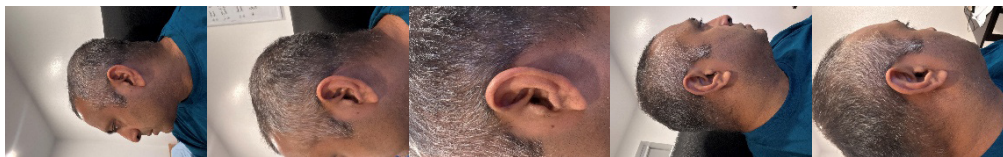
TAHLIL VA NATIJALAR

Mazkur bo'limda taklif etilgan usul samaradorligi yuz yon tasvirlarining ikkita ommabop bazasida sinovdan o'tkazilib, baholanadi. Bunda ketma-ket, KKT va KKKT belgilarni birlashtirish usullari o'zaro taqqoslanadi.

Ma'lumotlar bazasi. Barcha tajribalar kafedra xodimlari tomonidan yaratilgan yuz yon tasvirlari (YYTB) bazasida amalga oshirildi. Mazkur baza 60 ta sinfga tegishli 354 ta rangli yuz yon tasvirini o'z ichiga oladi. Har bir sinfdan kamida 3 ta va ko'pi bilan 7 ta tasvir mavjud. Barcha tasvirlar turli masofa, burchak, yoritish sharoitlari va kunlarda olingan. Sinflardagi namunalar soni turlicha bo'lganligi uchun tajribalarda har bir sinfdan 3 tadan namuna tanlab olingan. Tajribalarda har bir sub'yekt uchun tasodifiy 3 ta namuna tanlangan. Namunalar o'qitish va test to'plamlariga ajratilgan.

Ushbu ishda quloq va yuz tasvirlari o'lchami (256×180) bo'lib, Gabor belgilar vektori o'lchami $(256 \times 180) \times (5 \times 8) = 1843200$ tani tashkil etadi. Bu juda katta o'lcham bo'lganligi uchun ular keyinchalik diskretlash orqali

qisqartirilgan.



4-rasm. Bir xil sub'yektga tegishli quloq va yuz yon tasvirlari

Belgilar o'lchamini kamaytirish uchun $k = 5 \times 5 = 20$ koeffitsiyent qo'llanilib, natijada belgilar vektori o'lchami $z = 46080$ gacha qisqartirildi. [18] ishda ta'kidlab o'tilganidek, 5 ta masshtab va 8 ta yo'nalishga ega Gabor filtrlar banki eng yaxshi natijani beradi. Shuning uchun ham ushbu ishda aynan shu konfiguratsiya asos sifatida olingan. YAKKT usulida 2.1 darajali va $\sigma = 1$ bo'lgan polinomial yadro funksiyasidan foydalanilgan.

Belgilar darajasidagi biriktirish natijalari tahlili. Biometrik nazorat tizimi samaradorligi odatda aniqlik (ACC) va teng xatolik darajasi (EER) orqali baholanadi. Bunda aniqlik quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$ACC = 100 - \frac{FAR + FRR}{2}$$

bu yerda FAR — noto'g'ri qabul qilish darajasi, FRR — noto'g'ri rad etish darajasi. EER esa FAR va FRR teng bo'lgan nuqtadagi qiymatdir. Amaliyotda EER qancha past bo'lsa, tizim shuncha aniq hisoblanadi.

Tekshirish samaradorligi grafik ko'rinishda ROC (Receiver Operating Characteristic) chizig'i orqali ham ifodalanadi. Tanib olish tizimlarida esa samaradorlik "rank" yoki aniqlash darajasi bilan baholanadi. Bu test namunasining to'g'ri aniqlangan holatlari soniga asoslanadi. Ushbu natijalar odatda CMC (Cumulative Match Characteristic) chizig'i orqali ko'rsatiladi.

Tajriba natijalari (1-jadvalda) YAKKTga asoslangan biriktirish usuli eng yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko'rsatdi. Xususan, aniqlik 90.1%, EER 1.81%, Rank-1 — 90.2%. Bu ko'rsatkichlar ketma-ket va KKT usullariga nisbatan yuqori. ROC chiziqlari va CMC grafiklari orqali ham YAKKT usulining ustunligi tasdiqlandi. Nochiziqli yadroviiy kanonik korrelyatsion tahlil (NYAKKT) usuli chiziqli LDA va KKT asosidagi biriktirish usullariga nisbatan ancha yuqori samaradorlikka ega ekanligi tajribaviy tadqiqotlarda aniqlandi. Taklif etilgan usulda quloq va yuz yon tasvirlarini ifodalash uchun besh xil masshtab va sakkizta yo'nalishga ega Gabor filtrlari qo'llanilgan. Bu tasvirni holat va yorug'lik o'zgarishlariga nisbatan mustahkam qiladi. Gabor+KKT va Gabor+NKKT usullari mavjud yondashuvlarga nisbatan yuqori aniqlikni ta'minladi. Tajriba natijalari taklif etilgan usul mavjud tadqiqotlarda qo'llanilgan to'g'ridan to'g'ri belgi darajasidagi biriktirish sxemalariga nisbatan ancha yaxshi tanib olish samaradorligini ta'minlaydi.

Quloq va yuz yon tasvirlarini belgi darajasidagi biriktirish shaxsiy identifikatsiyani tekshirish va tanib olish tizimlari ishlashini sezilarli darajada yaxshilaydi. Bundan tashqari, taklif qilingan biriktirish sxemalari quloqqa asoslangan mavjud unimodal va multimodal biometrik tizimlarga nisbatan yuqori aniqlikni ta'minlaydi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Ushbu maqolada cheklanmagan muhitda ishonchli tanib olish uchun takomillashtirilgan multimodal quloq va yuz yon tasviriga asoslangan tizim taqdim etildi. Taklif etilgan yondashuvda quloq va yuz yon tasvirlaridan lokal tekstura xususiyatlarini ajratib olish uchun bir nechta masshtab va yo'nalishlarga ega Gabor filtrlar bankidan foydalanildi. Gabor belgilar vektorlari normallashtirilib, global xususiyat vektoriga biriktirildi, bu tasvirni yorug'lik va holat o'zgarishlariga nisbatan mustahkam qilish imkonini beradi. Informativ belgilarni ajratib olish uchun uchta biriktirish sxemasi, ya'ni ketma-ket, KKT va NYAKKT qo'llanildi. NYAKKTga asoslangan biriktirish usuli boshqa biriktirish usullaridan samarali ekanligi tajribaviy tadqiqotlarda aniqlandi. Taklif etilgan tizimda quloq va yuz yon belgilari vektorlari NYAKKT yordamida bitta vektorga birlashtirildi. Klassik tasniflagichlar yordamida shaxsni tasdiqlash va tanib olish amalga oshirildi. Shakllantirilgan bazada o'tkazilgan tajribalar taklif etilgan yondashuv samaradorligini tasdiqladi. Kelgusi tadqiqotlarda zamonaviy neyron modellaridan o'rganilgan belgilardan foydalangan holda yanada samarali multimodal biometrik tizimni ishlab chiqish, shuningdek, quloq va yuz kabi bir nechta modalliklarni birlashtiruvchi avtomatlashtirilgan multimodal tizimni yaratish orqali tanib olish samaradorligini yanada oshirish nazarda tutilgan.



FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Emeršič Ž., Štruc V., Peer P. Ear recognition: more than a survey // *Neurocomputing*. - 2017. - Vol. 255. - P. 26-39.
2. Wang Z., Yang J., Zhu Y. Review of ear biometrics // *Archives of Computational Methods in Engineering*. - 2019. - P. 1-32.
3. Hreizl N., Bourkhrouche A. Multimodal biometric recognition using human ear and palm-print // *IET Biometrics*. - 2017.
4. Huang Z., Li Y., Li X., Li J. An adaptive bimodal recognition framework using sparse coding for face and ear // *Pattern Recognition Letters*. - 2015. - Vol. 53. - P. 69-76.
5. Kumar A. M., Chandralekha A., Himaja Y., Sai S. M. Local binary pattern based multimodal biometric recognition using ear and fingerprint feature level fusion // *Proc. of the 2019 IEEE Int. Conf. on Intelligent Techniques in Control, Optimization and Signal Processing (INCOS)*. - IEEE, 2019. - P. 1-5.
6. Sarangi P. P., Mishra B., Deluri S. Multimodal biometric recognition using human ear and profile face // *Proc. of the 4th Int. Conf. on Recent Advances in Information Technology (RAIT)*. - IEEE, 2018.-P. 1-6.
7. Sarangi P. P., Mishra B., Deluri S. Fusion of HPOG and LDP local descriptors for kernel-based ear biometric recognition // *Multimedia Tools and Applications*. - 2018. - Vol. 78. - P. 9595-9623.
8. Toygar Ö., Akarun L., Akarun E. On the use of ear and profile faces for distinguishing identical twins and non-twins // *Expert Systems with Applications*. - 2020. - Vol. 371. - Art. 112389.
9. Islam S., Bennamoun M., Owens R. Multibiometric human recognition using 3D ear and face features // *Pattern Recognition*. - 2013.
10. Yan P., Bowyer K. Biometric recognition using 3D ear shape // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. - 2007.
11. Chang K., Bowyer K., Sarkar S., Victor B. Comparison and combination of ear and face images in appearance-based biometrics // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. - 2003.
12. Kisku D. R., Gupta P., Singh J. K. Multimodal biometric recognition using face and ear images // *International Journal of Computer Applications*. - 2010.
13. Nanni L., Lumini A. Fusion of face and ear biometrics // *Pattern Recognition Letters*. - 2007.
14. Abaza A., Ross A. Towards understanding the symmetry of human ears: a biometric perspective // *Proc. of IEEE International Conference on Biometrics*. - 2010.
15. Rathore P., Prakash S., Gupta P. Efficient human recognition system using ear and profile face // *Proc. of the 6th IEEE Int. Conf. on Biometrics: Theory, Applications and Systems (BTAS)*. - IEEE, 2013. - P. 1-6.
16. Toygar Ö., Akarun L., Akarun E. Symmetric ear and profile face fusion for identical twins and non-twins recognition // *Signal, Image and Video Processing*. - 2018.- P. 1-8.
17. Yaman D., Eyiokur F. I., Ekenel H. K. Multimodal age and gender classification using ear and profile face images // *Proc. of the IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*. - 2019.
18. Shen L., Bai L., Fairhurst M. Gabor wavelets and general discriminant analysis for face identification and verification // *Image and Vision Computing*. - 2007. - Vol. 25, No. 5. - P. 553-563.
19. Zou J., Li Q., Nagy G. A comparative study of local matching approach for face recognition // *IEEE Transactions on Image Processing*. - 2007. - Vol. 16, No. 10. -P. 2617-2628.
20. Xu X., Mu Z. Feature fusion method based on KCCA for ear and profile face based multimodal recognition // *Proc. of IEEE Int. Conf. on Automation and Logistics*. - IEEE, 2007. - P. 620-623.
21. Mamatov N. S. et al. Gabor filtering method for formation features vector for person recognition based on face image // *AIP Conference Proceedings*. - AIP Publishing LLC, 2025. - Vol. 3377, No. 1. - P. 060011.
22. Mamatov N. S. et al. Principal component analysis method in reducing the size of the feature space // *AIP Conference Proceedings*. - AIP Publishing LLC, 2025. - Vol. 3377, No. 1. - P. 060012.
23. Mamatov N. S. et al. Algorithm for selecting optimal features in face recognition systems // *Proc. of the 19th International Asian School-Seminar on Optimization Problems of Complex Systems (OPCS)*. -IEEE, 2023. - P. 59-64.
24. Niyozmatova N. A. et al. Method for selecting informative and non-informative features // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. - IOP Publishing, 2020. - Vol. 919, No. 4. - P. 042013.
25. Samijonov A. et al. Gradient method for determining non-informative features on the basis of a homogeneous criterion with a positive degree // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. - IOP Publishing, 2020. - Vol. 919, No. 4. - P. 042011.
26. Mamatov N. S. et al. The choice of informative features based on heterogeneous functionals // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. - IOP Publishing, 2020. - Vol. 919, No. 4. - P. 042009.
27. Niyozmatova N. A. et al. Unconditional discrete optimization of linear-fractional functionals of “-1” order // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. - IOP Publishing, 2020. - Vol. 862, No. 4. - P. 042028.
28. Niyozmatova N. A. et al. Algorithm for determining the coefficients of the interpolation polynomial of Newton with divided differences // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. - IOP Publishing, 2020. - Vol. 862, No. 4. - P. 042019.
29. Fazilov S. et al. Reducing the dimensionality of feature space in pattern recognition tasks // *Journal of Physics: Conference Series*. - IOP Publishing, 2020. - Vol. 1441.
30. Mamatov N. S., Samijonov A., Yuldashev Z. Selection of features based on relationships // *Journal of Physics: Conference Series*. - IOP Publishing, 2020. - Vol. 1260.
31. Niyozmatova N. A. va boshq. Bezuslovnaya diskretnaya optimizatsiya drobno-lineynykh funkcionalov «-1»-poryadka // *Проблемы вычислительной и прикладной математики*. - 2020. - № 5. - S. 67-74.
32. Fazylov Sh. X. va boshq. Gradiyentnyy metod opredeleniya neinformativnykh priznakov na osnove odnorodnogo



- kriteriya s polojitel'noy stepenyu // Problemy vychislitel'noy i prikladnoy matematiki. - 2020. - № 5. - S. 87-94.
33. Mamatov N. S., Samijonov A., Niyozmatova N. A. Determination of non-informative features based on the analysis of their relationships // Journal of Physics: Conference Series. - IOP Publishing, 2020. – Vol. 1441, No. 1. - P. 012149.
 34. Mamatov N. S. et al. Definition of line formula on images // Journal of Physics: Conference Series. - IOP Publishing, 2020. – Vol. 1441, No. 1. - P. 012150.
 35. Fazilov S. et al. Reducing the dimensionality of feature space in pattern recognition tasks // Journal of Physics: Conference Series. - IOP Publishing, 2020. - Vol. 1441, No. 1. - P. 012139.
 36. Mamatov N. S. et al. Selection of informative features based on interrelationship of features // Techno-Societal 2018: Proc. of the 2nd Int. Conf. on Advanced Technologies for Societal Applications. – Cham: Springer, 2019. - P. 12-129.
 37. Mamatov N. S. et al. Discrete optimization of linear fractional functionals // Proc. of the 15th International Asian School-Seminar on Optimization Problems of Complex Systems (OPCS). - IEEE, 2019. - P. 96-99.
 38. Mamatov N. S., Samijonov A., Yuldashev Z. Selection of features based on relationships // Journal of Physics: Conference Series. - IOP Publishing, 2019. - Vol. 1260, No. 10. - P. 102008.
 39. Fazilov S., Mamatov N. S. Formation of an informative description of recognizable objects // Journal of Physics: Conference Series. - IOP Publishing, 2019. - Vol. 1210, No. 1. - P. 012043.
 40. Fazilov S., Mamatov N. S., Niyozmatova N. A. Developing methods and algorithms for forming informative feature space based on K-type uniform criteria // International Journal of Recent Technology and Engineering. - 2019.-Vol. 8, No. 2. - P. 3784-3786.
 41. Xu X. N., Mu Z. C., Yuan L. Feature-level fusion method based on KFDA for multimodal recognition using ear and profile face // Proc. of the Int. Conf. on Wavelet Analysis and Pattern Recognition (ICWAPR). - IEEE, 2007. - Vol. 3. - P. 1306-1310.
 42. Ross A., Jain A. K. Multimodal biometrics: an overview // Proc. of the 12th European Conf. on Signal Processing. - IEEE, 2004. - P. 1221-1224.
 43. University of Notre Dame. Ear Database: Collection E and Collection J2 [Elektron manba]. - Kirish rejimi: http://www.nd.edu/~cvtl/UND_Datasets.html
 44. Mamatov N. S. et al. Gabor filtering method for formation features vector for person recognition based on face image // AIP Conference Proceedings. - AIP Publishing LLC, 2025. - Vol. 3377, No. 1. - P. 060011.



Ingliz tili muharriri: Feruz Hakimov

Musahhih: Zokir Alibekov

Sahifalovchi va dizayner: Abdurahmon Qurbonov

2026. № 6

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar ma'sul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelamasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

"Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali 26.06.2023-yildan
O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi
Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan
№S-5669245 reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan.
Litsenziya raqami: №095310.

**Manzilimiz: Toshkent shahri Yunusobod
tumani 15-mavze 19-uy**





+998 93 718 40 07



<https://muhandislik-iqtisodiyot.uz/index.php/journal>



t.me/yait_2100