

MUHANDISLIK

& IQTISODIYOT

№5

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

2026
MAY



Milliy nashrlar

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

05.00.00 – Texnika fanlari

08.00.00 – Iqtisodiyot fanlar



Google Scholar

OPEN ACCESS

ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

Academic Resource Index
ResearchBib

ISSN INTERNATIONAL STANDARD SERIAL NUMBER INTERNATIONAL CENTRE

CYBERLENINKA

OpenAIRE

ROAD

INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL

BASE

Crossref

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА LIBRARY.RU



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, may.

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 modellashtirish
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

STERJEN KO'NDALANG KESIM YUZASI ELLIPS SHAKLIDAGI TRANSFORMATORNING QISQA TUTASHUV PAYTIDAGI MEKANIK ZO'RIQISHGA CHIDAMLILIGI	10
Bekishev Allabergen Yergashevich, Yakubova Dilfuza Kuanishovna, Saidova Nozima Akkulovna	
ВЛИЯНИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ НА РАЗВИТИЕ СФЕРЫ УСЛУГ: ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕГИОНОВ УЗБЕКИСТАНА	19
Мусаева Шоира Азимовна, Муйинжонов Хусейн Алишерович	
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО АДАПТАЦИИ В УЗБЕКИСТАНАЕ	28
Габбарова Ильмира Володиевна	
BALAND BINOLAR FASADLARINI PARDOZLASH TEXNOLOGIYALARINI EKSPLUATATSION ISHONCHLILIK VA XIZMAT MUDDATINI UZAYTIRISH ASOSIDA OPTIMALLASHTIRISH	34
Amirov Shavkat Rahmatullayevich	
ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОГО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТУРИСТСКОГО ПОТЕНЦИАЛА БУХАРСКОЙ ОБЛАСТИ	41
Усманова Азиза Баходировна	
PEREGONDAGI HARAKATNI BOSHQARISH TIZIMLARINI MIKROPROTSESSORLI TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA TAKOMILLASHTIRILGAN TUZILMAVIY SXEMASINI ISHLAB CHIQISH	46
Xujamkulov Eldor G'ayratjon o'g'li	
INVESTITSIYALAR HAJMINI OSHIRISHGA QARATILGAN CHORA-TADBIRLAR VA ULARNI TAKOMILLASHTIRISH YO'LLARI	55
Alimova Dilafro'z Tohir qizii	
HUDUDLAR KESIMIDA AHOLI O'SISHINING BANDLIK DARAJASIGA TA'SIRINI EKONOMETRIK BAHOLASH (O'ZBEKISTON MISOLIDA)	61
Xusniddinova Gulnoza Ulug'bek qizi	
QUYOSH FOTOELEKTRIK PANELLARI SAMARADORLIGIGA ATROF-MUHIT OMILLARI VA CHANGLANISHNING TA'SIRI HAMDA ULARNI KAMAYTIRISHGA QARATILGAN INNOVATSION TEXNOLOGIYALAR	67
Botirov Bozorbek, Iskandarova Charos, Avazov Jonibek, Sultonov Abror	
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI QISHLOQ XO'JALIGINI RIVOJLANTIRISHNING HOZIRGI HOLATI TAHLILI ..	75
Rajapov Xayrulla Bekdurdievich, Sharipova Lobar Umrbek qizi	
INTERPOLATSION TIKLASH ALGORITMLARINING OCR ANIQLIGIGA TA'SIRINI BAHOLASH	82
Aliyev Nodirbek Hamidullo o'g'li	



INTERPOLATSION TIKLASH ALGORITMLARINING OCR ANIQLIGIGA TA'SIRINI BAHOLASH

Aliyev Nodirbek Hamidullo o'g'li

Namangan davlat texnika universiteti tayanch doktoranti

E-mail: nodiriyaa@gmail.com

Tel.: +998 93 555-33-00

ORCID: 0009-0006-2038-5755

Annotatsiya. Ushbu maqolada interpolatsion tiklash algoritmlarining optik belgilarni tanib olish (OCR) tizimlari aniqligiga ta'siri baholanadi. Past aniqlikdagi, shovqinlangan yoki siqish natijasida sifati pasaygan matnli tasvirlarda OCR natijalari ko'pincha belgilar chegaralarining xiralashishi, harflar orasidagi masofaning buzilishi hamda mayda strukturaviy elementlarning yo'qolishi sababli pasayadi. Shu nuqtayi nazardan, bilinear, bikubik, splaynli va adaptiv interpolatsion tiklash algoritmlarining matn tasvirlari sifatiga hamda OCR aniqligiga ta'siri qiyosiy tahlil qilinadi. Tadqiqotda tiklangan tasvir sifati PSNR va SSIM metrikalari orqali, OCR samaradorligi esa belgilar aniqligi, so'z aniqligi hamda xatolik darajasi asosida baholanadi.

Kalit so'zlar: interpolatsiya, tiklash algoritmlari, OCR, optik belgilarni tanib olish, raqamli tasvir, matn tasviri, bilinear interpolatsiya, bikubik interpolatsiya, splayn interpolatsiya, adaptiv interpolatsiya, PSNR, SSIM, belgilar aniqligi, so'z aniqligi.

Аннотация. В данной статье исследуется влияние алгоритмов интерполяционного восстановления на точность систем оптического распознавания символов (OCR). В текстовых изображениях низкого качества, зашумлённых или ухудшенных в результате сжатия, точность OCR снижается вследствие размытости границ символов, нарушения расстояния между буквами и потери мелких структурных элементов. В этой связи проводится сравнительный анализ влияния билинейных, бикубических, сплайн-интерполяционных и адаптивных алгоритмов восстановления на качество текстовых изображений и точность OCR. В исследовании качество восстановленного изображения оценивается с помощью метрик PSNR и SSIM, а эффективность OCR — на основе точности распознавания символов, точности распознавания слов и уровня ошибок.

Ключевые слова: интерполяция, алгоритмы восстановления, OCR, оптическое распознавание символов, цифровое изображение, текстовое изображение, билинейная интерполяция, бикубическая интерполяция, сплайн-интерполяция, адаптивная интерполяция, PSNR, SSIM, точность символов, точность слов.

Abstract. This article investigates the impact of interpolation-based restoration algorithms on the accuracy of Optical Character Recognition (OCR) systems. In low-resolution, noisy, or compressed text images, OCR performance often decreases due to blurred character boundaries, distorted spacing between letters, and the loss of fine structural elements. From this perspective, a comparative analysis of bilinear, bicubic, spline-based, and adaptive interpolation restoration algorithms is conducted in terms of their effects on text image quality and OCR accuracy. In the study, the quality of restored images is evaluated using PSNR and SSIM metrics, while OCR performance is assessed based on character accuracy, word accuracy, and error rate.

Keywords: interpolation, restoration algorithms, OCR, optical character recognition, digital image, text image, bilinear interpolation, bicubic interpolation, spline interpolation, adaptive interpolation, PSNR, SSIM, character accuracy, word accuracy.

KIRISH

Raqamli transformatsiya sharoitida tasvirli va hujjatli axborot oqimining keskin ortishi optik belgilarni tanib olish (OCR) tizimlarining ahamiyatini sezilarli darajada oshirmoqda. Zamonaviy iqtisodiyotda hujjatlar, arxiv materiallari, skanerlangan matnlar hamda video oqimlardan avtomatik ravishda matn ajratib olish zarurati nafaqat axborotlarni raqamlashtirish, balki ularni tezkor qayta ishlash va tahlil qilish ehtiyojlari bilan ham bog'liq. UNCTAD tomonidan e'lon qilingan "Digital Economy Report" ma'lumotlariga ko'ra, global raqamli iqtisodiyotda ma'lumotlar hajmi jadal sur'atlarda ortib bormoqda hamda IoT qurilmalari sonining keskin ko'payishi natijasida tasvirli va strukturalanmagan ma'lumotlar ulushi tobora kengaymoqda [1]. Mazkur holat OCR, kompyuter ko'rishi va tasvirlarni qayta ishlash texnologiyalariga bo'lgan ehtiyojni yanada kuchaytirmoqda.



OCR tizimlarining samaradorligi bevosita kiruvchi tasvir sifatiga bog'liq bo'lib, past aniqlik, shovqin, xiralashish va siqish artefaktlari mavjud bo'lgan tasvirlarda tanib olish aniqligi sezilarli darajada pasayadi. Ilmiy tadqiqotlarda ko'rsatilishicha, tasvirlarni oldindan qayta ishlash, xususan, interpolatsion tiklash va filtratsiya usullarini qo'llash OCR aniqligini oshirish imkonini beradi [2]. Biroq mavjud interpolatsion usullar, jumladan, bilinear va bikubik yondashuvlar ko'pincha belgilar konturlarining xiralashishiga olib keladi. Bu esa OCR tizimlarida belgilarni noto'g'ri tanib olish holatlarining ortishiga sabab bo'ladi. Shu bois interpolatsion tiklash algoritmlarining OCR aniqligiga ta'sirini chuqur tahlil qilish muhim ilmiy masala sifatida qaralmoqda.

Xalqaro miqyosda ma'lumotlar hajmining ortib borishi ushbu muammoning dolzarbligini yanada kuchaytirmoqda. IDC hisobotlariga ko'ra, global datasfera hajmi 2025–yilga kelib 175 zettabaytga yetishi prognoz qilinmoqda. Bunda ma'lumotlarning katta qismi tasvir va video ko'rinishida shakllanadi [3]. Shu bilan birga, zamonaviy axborot tizimlarida strukturalanmagan ma'lumotlar ulushi ustunlik qilmoqda. Mazkur holat ularni avtomatik qayta ishlash texnologiyalariga, jumladan, OCR tizimlariga bo'lgan talabni yanada oshirmoqda [4]. Ushbu jarayonda tasvir sifatini yaxshilash usullari, ayniqsa, interpolatsion tiklash algoritmlari OCR samaradorligini oshirishning muhim bosqichi sifatida namoyon bo'lmoqda.

O'zbekiston sharoitida ham raqamlashtirish jarayonlari jadal sur'atlarda rivojlanmoqda. Rasmiy statistik ma'lumotlarga ko'ra, mamlakatda internet foydalanuvchilari soni 2025–yil boshiga kelib 32 milliondan oshgan hamda raqamli xizmatlardan foydalanish darajasi sezilarli ravishda ortgan [5]. Elektron hukumat tizimlari, raqamli arxivlar va avtomatlashtirilgan hujjat aylanishi tizimlarining keng joriy etilishi skanerlangan hujjatlar hamda tasvirli ma'lumotlarni avtomatik o'qish texnologiyalariga bo'lgan ehtiyojni kuchaytirmoqda. Shu sababli interpolatsion tiklash algoritmlarining OCR aniqligiga ta'sirini o'rganish nafaqat nazariy, balki muhim amaliy ahamiyatga ham ega hisoblanadi.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI

Raqamli tasvirlarga ishlov berish va interpolatsion tiklash algoritmlarining nazariy asoslari ko'plab fundamental tadqiqotlarda keng yoritilgan bo'lib, ular orasida R.C. Gonzalez va R.E. Woods tomonidan ishlab chiqilgan yondashuvlar alohida o'rin tutadi [6]. Mazkur manbada interpolatsiya jarayoni diskret signallarni uzluksiz model asosida qayta tiklash jarayoni sifatida talqin qilinadi hamda bilinear va bikubik interpolatsiya usullarining matematik formulalari, ularning silliqlash xususiyatlari va chastota sohasidagi ta'siri batafsil tahlil etiladi. Shu bilan birga, mualliflar ushbu usullar yuqori chastotali komponentlarning qisman yo'qolishi evaziga umumiy vizual sifatni yaxshilashini ta'kidlaydi. Bu holat ayniqsa matnli tasvirlarda muhim ahamiyat kasb etadi, chunki belgilar konturlarining xiralashishi OCR aniqligiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Interpolatsiya nazariyasining yanada chuqur tahlili W.K. Pratt tadqiqotlarida keltirilgan bo'lib, unda interpolatsion yadrolarning shakli va parametrlarining tiklangan tasvir sifatiga ta'siri o'rganilgan [7]. Muallifning xulosalariga ko'ra, interpolatsiya jarayonida yadroning kengligi va silliqlash darajasi o'rtasida muayyan muvozanat mavjud bo'lib, ushbu muvozanat buzilganda tasvirda artefaktlar yoki haddan tashqari silliqlanish yuzaga keladi. Ayniqsa, bikubik interpolatsiya yuqori sifatli vizual natija bersa-da, ayrim hollarda belgilar chegaralarining deformatsiyalanishiga olib kelishi mumkin. Shu jihatdan qaraganda, interpolatsiya usullarining OCR tizimlariga ta'sirini baholashda nafaqat vizual sifat, balki strukturaviy axborotning saqlanish darajasi ham muhim hisoblanadi.

Kompyuter ko'rishi sohasida Forsyth va Ponce tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda tasvirni qayta ishlash bosqichlari, jumladan, interpolatsiya, filtratsiya va segmentatsiya jarayonlarining tanib olish tizimlari samaradorligiga bevosita ta'sir ko'rsatishi asoslab berilgan [8]. Mualliflar tasvirni yaxshilash jarayonlari bilan yuqori darajadagi semantik tahlil o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni ko'rsatib, past sifatli tasvirlarda hatto ilg'or tanib olish algoritmlari ham kutilgan natijani bermasligini qayd etadi. Bu esa interpolatsion tiklash algoritmlarining OCR tizimlaridagi rolini alohida o'rganish zarurligini ko'rsatadi.

OCR tizimlariga bag'ishlangan ilmiy ishlarda tasvir sifati asosiy omillardan biri sifatida qaraladi. R. Smith tomonidan ishlab chiqilgan Tesseract OCR tizimi tavsifida tasvirni dastlabki qayta ishlash bosqichlari, jumladan, binarizatsiya, kontrastni oshirish va shovqinni kamaytirish OCR aniqligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etishi ko'rsatib berilgan [9]. Keyingi tadqiqotlarda M. Shafait va hamkorlari tomonidan lokal adaptiv thresholding usullarining samaradorligi asoslab berilgan bo'lib, ular integral tasvirlar asosida tezkor hisoblash imkonini yaratadi hamda hujjat tasvirlarini segmentatsiyalash sifatini oshiradi [10]. Biroq ushbu tadqiqotlarda interpolatsiya usullarining OCR aniqligiga ta'siri yetarli darajada yoritilmagan. Bu esa mazkur yo'nalishda ilmiy bo'shliq mavjudligini ko'rsatadi.

Hujjat tasvirlarini qayta ishlashga bag'ishlangan tadqiqotlarda Gatos va hammualliflar tomonidan degradatsiyalangan hujjatlar uchun adaptiv binarizatsiya usuli taklif etilgan [11]. Ushbu yondashuv tasvir sifatini yaxshilash orqali OCR aniqligini oshirishga xizmat qiladi, biroq uni interpolatsion tiklash usullari bilan birgalikda

qo'llash masalasi ochiq qolmoqda. N. Otsu tomonidan taklif etilgan mashhur thresholding usuli esa tasvirni segmentatsiyalashning optimal chegarasini aniqlashga asoslangan bo'lib, ko'plab OCR tizimlarida standart usul sifatida qo'llaniladi [12]. Ammo mazkur usul interpolatsiya natijasida yuzaga keladigan silliqqlanish ta'sirini hisobga olmaydi.

Mahalliy ilmiy maktab doirasida S.S. Sodiqov va M.N. Malikov tomonidan tasvirlarga sonli ishlov berishning asosiy usullari, jumladan, interpolatsiya, filtratsiya va transformatsiya jarayonlari tahlil qilingan [13]. Ushbu tadqiqotlarda interpolatsiya tasvirni qayta tiklash vositasi sifatida qaralgan bo'lsa-da, uning OCR tizimlariga ta'siri alohida o'rganilmagan. M.T. Tuxtasinov tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda esa tasvirlarni dastlabki qayta ishlash, yoritilish notekisligini bartaraf etish va strukturaviy elementlarni ajratish algoritmlari ishlab chiqilgan [14]. Shuningdek, I.R. Samandarov tadqiqotlarida tasvirlardan informativ belgilarni ajratish algoritmlari ishlab chiqilgan bo'lib, ular tanib olish tizimlarining samaradorligini oshirishga yo'naltirilgan [15].

Yuqorida ko'rib chiqilgan adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, interpolatsion tiklash algoritmlari va OCR tizimlari zamonaviy ilm-fan doirasida keng va chuqur tadqiq etilgan istiqbolli yo'nalishlar hisoblanadi. Mavjud ilmiy ishlarda tasvir sifati asosan PSNR va SSIM kabi metrikalar orqali samarali baholangan bo'lib, bu kelgusida OCR aniqligini yanada takomillashtirish uchun mustahkam ilmiy asos yaratadi. Ayniqsa, OCR aniqligi bilan bog'liq amaliy ko'rsatkichlarni interpolatsion tiklash usullari bilan uyg'un holda tadqiq etish yangi ilmiy imkoniyatlarni ochib bermoqda. Shu nuqtayi nazardan, adaptiv va fazoviy-sezgir interpolatsiya usullarini ishlab chiqish hamda ularning samaradorligini eksperimental asosda tasdiqlash OCR tizimlari aniqligi va barqarorligini oshirishga xizmat qiluvchi muhim ilmiy-amaliy yo'nalish sifatida namoyon bo'ladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Mazkur tadqiqotda interpolatsion tiklash algoritmlarining OCR aniqligiga ta'sirini baholash maqsadida kompleks va ko'p bosqichli metodologik yondashuv qo'llanildi. Dastlab, tajriba uchun turli sifat darajasiga ega bo'lgan matnli tasvirlar to'plami shakllantirildi. Bunda yuqori aniqlikdagi original tasvirlar sun'iy ravishda diskretlash, shovqin qo'shish va siqish jarayonlari orqali past sifatli holatga keltirildi. Keyingi bosqichda ushbu tasvirlarga turli interpolatsion algoritmlar, jumladan, bilinear, bikubik, splaynli hamda taklif etilgan adaptiv interpolatsiya usullari qo'llanildi. Interpolatsiya jarayonida fazoviy va lokal intensivlik xususiyatlarini hisobga olish maqsadida gradientga asoslangan og'irlik funksiyalaridan foydalanildi.

Navbatdagi bosqichda tiklangan tasvirlar asosida OCR aniqligi baholandi. Bunda ochiq kodli Tesseract OCR tizimidan foydalanildi. OCR natijalari belgilar aniqligi (Character Accuracy Rate), so'z aniqligi (Word Accuracy Rate) hamda xatolik koeffitsiyentlari — CER (Character Error Rate) va WER (Word Error Rate) asosida tahlil qilindi. Interpolatsiya usullarining OCR tizimi samaradorligiga ta'sirini aniqlash maqsadida ko'p omilli taqqoslash yondashuvi qo'llanildi. Har bir metod bo'yicha olingan natijalar statistik jihatdan qayta ishlanib, dispersiya ko'rsatkichlari hamda ishonchlilik darajalari hisoblab chiqildi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Mazkur tadqiqot doirasida interpolatsion tiklash algoritmlarining tasvir sifati hamda optik belgilarni tanib olish (OCR) tizimlari samaradorligiga ta'siri kompleks eksperimental yondashuv asosida baholandi. Tahlil jarayonida klassik va taklif etilgan interpolatsion usullar turli sifat darajasiga ega matnli tasvirlarga qo'llanilib, olingan natijalar nafaqat vizual sifat ko'rsatkichlari — PSNR, SSIM va MSE, balki amaliy ахамиятга эга бўлган OCR aniqligi mezonlari orqali ham baholandi. Mazkur yondashuv interpolatsiya natijasida hosil bo'ladigan tasvir sifatidagi o'zgarishlarning matnini tanib olish aniqligiga bevosita qanday ta'sir ko'rsatishini aniqlash imkonini berdi. Shu bilan birga, interpolatsiya jarayonida yuzaga keladigan silliqqlanish, kontur deformatsiyasi hamda yuqori chastotali komponentlarning yo'qolishi kabi omillar ham alohida tahlil qilindi.

Natijalarni tahlil qilishda ko'p omilli baholash metodologiyasi qo'llanilib, har bir interpolatsiya usuli uchun tasvir sifati va OCR natijalari o'rtasidagi bog'liqlik statistik hamda korrelyatsion tahlil asosida o'rganildi. Ushbu yondashuv interpolatsion algoritmlarning nafaqat umumiy vizual sifatni yaxshilashdagi, balki matnli strukturaning yaxlitligini saqlashdagi samaradorligini ham aniqlash imkonini berdi. Xususan, tadqiqot doirasida tasvir sifati metrikalari bilan OCR aniqligi o'rtasidagi bog'liqlik darajasi aniqlanib, interpolatsiya usullarining amaliy qo'llanilishdagi ustuvor jihatlari asoslab berildi. Olingan natijalar tasvirni tiklash algoritmlarini tanlashda faqat matematik mezonlarga emas, balki ularning amaliy tizimlardagi real samaradorligiga ham e'tibor qaratish zarurligini ko'rsatadi.

Turli interpolatsiya usullarining tiklangan tasvir sifati ko'rsatkichlari kompleks baholash asosida 1-jadvalda keltirilgan. Jadvalda klassik interpolatsiya usullari — bilinear, bikubik, splayn va Lanczos algoritmlari hamda taklif etilgan adaptiv interpolatsiya algoritmining natijalari bir nechta metrikalar, jumladan, PSNR, SSIM,



MSE, MAE, entropiya hamda chegaralarni saqlash ko'rsatkichi (EPI) orqali qiyosiy tahlil qilingan. Mazkur metrikalar tasvirning nafaqat umumiy vizual sifatini, balki strukturaviy yaxlitligi va lokal xususiyatlarini qayta tiklash darajasini ham aniqlash imkonini beradi. Ayniqsa, matnli tasvirlar uchun muhim hisoblangan chegaraviy elementlarning saqlanish darajasi (EPI) va strukturaviy o'xshashlik ko'rsatkichi (SSIM) interpolatsiya usullarining OCR tizimlaridagi samaradorligini baholashda muhim mezon sifatida qaraladi (1-jadval).

1-jadval

Interpolatsiya usullari bo'yicha tasvir sifati ko'rsatkichlari¹

№	Usul	PSNR (dB)	SSIM	MSE	MAE	Entropiya	Edge Preservation Index (EPI)	FSIM
1	Bilinear	28.4	0.81	0.0125	0.0081	6.12	0.68	0.79
2	Bicubic	30.7	0.87	0.0092	0.0064	6.35	0.75	0.84
3	Splayn	31.5	0.89	0.0084	0.0059	6.41	0.78	0.86
4	Lanczos	32.1	0.90	0.0073	0.0052	6.48	0.82	0.88
5	Adaptiv	33.2	0.92	0.0061	0.0043	6.56	0.87	0.91

Natijalar shuni ko'rsatadiki, interpolatsiya usullari o'rtasida tasvir sifati bo'yicha sezilarli tafovutlar mavjud. Xususan, bilinear interpolatsiya usulida PSNR qiymati 28.4 dB va SSIM ko'rsatkichi 0.81 darajasida bo'lib, bu usulning soddaligi evaziga sifat jihatdan ma'lum cheklovlarga ega ekanligini ko'rsatadi. Bicubic interpolatsiya usulida PSNR qiymati 30.7 dB ga, SSIM esa 0.87 ga oshgani kuzatiladi, bu esa tasvir strukturasi nisbatan yaxshiroq tiklanganini bildiradi. Splayn interpolatsiya usuli yanada yuqori natijalarni namoyon etib, PSNR qiymatini 31.5 dB va SSIM ko'rsatkichini 0.89 ga yetkazgan. Lanczos interpolatsiyasida ushbu ko'rsatkichlar mos ravishda 32.1 dB va 0.90 ni tashkil etib, yuqori chastotali komponentlarning nisbatan yaxshi saqlanganini ko'rsatadi. Eng yuqori natijalar taklif etilgan adaptiv interpolatsiya usulida kuzatilib, PSNR qiymati 33.2 dB ga, SSIM esa 0.92 ga yetgan hamda MSE qiymati 0.0061 gacha kamaygan. Shu bilan birga, Edge Preservation Index (EPI) ko'rsatkichining 0.87 ga yetishi tasvir chegaralarining ancha yaxshi saqlanganini anglatadi. Bu holat ayniqsa matnli tasvirlar uchun muhim ahamiyat kasb etadi.

Mazkur natijalarni chuqurroq tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, interpolatsiya usullarining samaradorligi faqat umumiy xatolikni kamaytirish bilan emas, balki tasvirning strukturaviy xususiyatlarini saqlash darajasi bilan ham belgilanadi. Klassik usullar, ayniqsa bilinear va qisman bicubic interpolatsiya, silliqlash effektini kuchaytirib, mayda detallarni yo'qotishga moyil bo'lsa, yuqori tartibli usullar — splayn, Lanczos va adaptiv interpolatsiya algoritmlari strukturaviy elementlarni nisbatan yaxshiroq tiklaydi. Entropiya qiymatlarining 6.12 dan 6.56 gacha ortishi tasvirdagi axborot miqdorining oshganini bildiradi, bu esa tiklash jarayonining samaradorligini ko'rsatadi. Shuningdek, FSIM va EPI ko'rsatkichlarining yuqori darajada bo'lishi tasvirning semantik hamda geometrik xususiyatlari saqlanib qolganini anglatadi. Demak, interpolatsion tiklash algoritmlarini baholashda kompleks metrikalardan foydalanish zarur bo'lib, ayniqsa strukturaviy ko'rsatkichlar OCR tizimlari aniqligini oshirishda hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi.

Turli interpolatsion tiklash algoritmlarini qo'llash natijasida olingan tasvirlar asosida OCR tizimining aniqlik ko'rsatkichlari qiyosiy tahlil qilindi. Jadvalda har bir interpolatsiya usuli uchun belgilar aniqligi (Character Accuracy), so'z aniqligi (Word Accuracy), xatolik ko'rsatkichlari — CER (Character Error Rate) va WER (Word Error Rate), shuningdek, aniqlikni kompleks baholovchi Precision, Recall va F1-score metrikalari keltirilgan. Mazkur ko'rsatkichlar interpolatsiya jarayonining nafaqat tasvir sifati, balki matnli strukturani saqlash darajasi orqali OCR tizimi samaradorligiga qanday ta'sir ko'rsatishini aniqlash imkonini beradi. Natijada interpolatsiya usullarining amaliy qo'llanilishdagi ustunliklari va cheklovlari aniqlanib, eng samarali yondashuvni tanlash uchun ilmiy asos yaratiladi (2-jadval).

2-jadval

Interpolatsiya usullariga bog'liq holda OCR aniqligi ko'rsatkichlarining qiyosiy tahlili²

№	Usul	Character Accuracy (%)	Word Accuracy (%)	CER ↓	WER ↓	Precision	Recall	F1-score
1	Bilinear	78.6	71.2	0.214	0.288	0.79	0.76	0.77

¹ Muallif tomonidan ishlab chiqilgan interpolatsion algoritmlar asosida o'tkazilgan eksperimental tadqiqotlar natijalari.

² Muallif tomonidan ishlab chiqilgan interpolatsion algoritmlar asosida o'tkazilgan eksperimental tadqiqotlar natijalari.

2	Bicubic	84.3	79.5	0.157	0.205	0.85	0.82	0.83
3	Splayn	86.1	81.7	0.139	0.183	0.87	0.84	0.85
4	Lanczos	88.0	84.2	0.120	0.158	0.89	0.86	0.87
5	Adaptiv	90.4	87.6	0.096	0.124	0.92	0.89	0.90

2-jadvalda keltirilgan natijalar interpolatsion tiklash algoritmlarining OCR tizimi samaradorligiga sezilarli va tizimli ta'sir ko'rsatishini yaqqol namoyon etadi. Xususan, bilinear interpolatsiya usulida Character Accuracy ko'rsatkichi 78.6% va Word Accuracy 71.2% darajasida bo'lib, CER = 0.214 hamda WER = 0.288 qiymatlari qayd etilgan. Bu esa tasvirda belgilar konturlarining yetarli aniqlikda tiklanmaganligini ko'rsatadi. Bicubic interpolatsiya usulida ushbu ko'rsatkichlar mos ravishda 84.3% va 79.5% gacha oshgan, CER qiymati esa 0.157 gacha kamaygan. Biroq ayrim hollarda konturlarning silliqilanish effekti saqlanib qolishi kuzatiladi. Splayn interpolatsiyasi natijasida Character Accuracy 86.1% ga yetib, CER ko'rsatkichi 0.139 gacha pasaygan. Bu esa yuqori tartibli interpolatsiya yadrolarining lokal strukturani nisbatan yaxshiroq tiklash imkoniyatini tasdiqlaydi. Lanczos interpolatsiyasi esa 88.0% Character Accuracy va 0.120 CER qiymatlari bilan yuqori chastotali komponentlarning yaxshiroq saqlanishini ko'rsatadi.

Eng yuqori natijalar taklif etilgan adaptiv interpolatsiya usulida kuzatilib, Character Accuracy 90.4% va Word Accuracy 87.6% ga yetgan, CER qiymati esa 0.096 gacha kamaygan. Shu bilan birga, Precision (0.92), Recall (0.89) hamda F1-score (0.90) ko'rsatkichlari ushbu usulning belgilarni to'g'ri aniqlash va noto'g'ri aniqlash o'rtasidagi muvozanatni optimal darajada ta'minlayotganini ko'rsatadi.

Mazkur natijalarni chuqurroq ilmiy tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, OCR tizimlari uchun interpolatsiya algoritmlarining samaradorligi tasvirning umumiy silliqiligi bilan emas, balki uning strukturaviy invariantlarini saqlash darajasi bilan belgilanadi. Klassik interpolatsiya usullari, ayniqsa bilinear interpolatsiya, lokal gradientlarni hisobga olmagan holda silliqilashni amalga oshiradi. Bu esa belgilar segmentatsiyasida xatolarga olib kelib, natijada OCR tizimi tomonidan noto'g'ri klassifikatsiya ehtimolini oshiradi. Yuqori tartibli interpolatsiya usullari — bicubic, splayn va Lanczos algoritmlari ushbu muammoni qisman bartaraf etsa-da, ayrim holatlarda ortiqcha silliqilanish yoki ringing artefaktlarining yuzaga kelishi kuzatilishi mumkin.

Adaptiv interpolatsiya yondashuvi esa lokal intensivlik gradientlari va fazoviy strukturani hisobga olgan holda kontur elementlarini selektiv ravishda tiklaydi. Bu esa OCR tizimining segmentatsiya va klassifikatsiya bosqichlarida yuzaga keladigan xatoliklarni sezilarli darajada kamaytiradi. Shunday qilib, olingan natijalar interpolatsiya algoritmlarini baholashda faqat tasvir sifati metrikalari bilan cheklanib qolmasdan, ularning yuqori darajadagi semantik tizimlar, xususan OCR tizimlari bilan integratsiyadagi samaradorligini ham hisobga olish zarurligini ilmiy jihatdan asoslaydi.

Interpolatsion tiklash algoritmlarining hisoblash samaradorligi va algoritmik murakkablik ko'rsatkichlari qiyosiy tahlil asosida keltirilgan. Jadvalda har bir usul uchun hisoblash vaqti, iteratsiyalar soni, algoritmik murakkablik darajasi, xotira sarfi hamda real vaqt rejimida ishlash imkoniyatini ifodalovchi FPS (frames per second) ko'rsatkichlari berilgan. Mazkur parametrlar interpolatsiya algoritmlarining nafaqat sifat jihatidan, balki amaliy tizimlarda qo'llash samaradorligini ham baholash imkonini beradi. Ayniqsa, real vaqt OCR tizimlarida algoritmning ishlash tezligi va resurslardan foydalanish darajasi muhim omil hisoblanadi. Shu sababli mazkur jadval interpolatsiya usullarining amaliy qo'llanish imkoniyatlarini aniqlashda muhim ahamiyat kasb etadi (3-jadval).

3-jadval

Interpolatsiya usullarining hisoblash samaradorligi va murakkablik ko'rsatkichlari

№	Usul	Hisoblash vaqti (ms)	Iteratsiya soni	Algoritmik murakkablik	Xotira sarfi (MB)	FPS (real vaqt)
1	Bilinear	12	1	$O(N)$	18	83
2	Bicubic	25	1	$O(N \log N)$	26	40
3	Splayn	33	2	$O(N \log N)$	31	30
4	Lanczos	37	2	$O(N \log N)$	35	27
5	Adaptiv (taklif etilgan)	29	2	$O(N \log N)$	33	34

Natijalar interpolatsion algoritmlar o'rtasida hisoblash samaradorligi bo'yicha sezilarli tafovutlar mavjudligini ko'rsatadi. Xususan, bilinear interpolatsiya usuli eng tez ishlov beruvchi yondashuv bo'lib, o'rtacha 12 ms hisoblash vaqti hamda 83 FPS natijasi bilan real vaqt tizimlari uchun yuqori moslashuvchanlikni ta'minlaydi. Bu holat algoritmning $O(N)$ murakkablikka ega ekanligi bilan izohlanadi. Bicubic interpolatsiya usulida hisoblash



vaqti 25 ms gacha oshib, FPS ko'rsatkichi 40 gacha pasayadi. Bu esa algoritmik murakkablikning $O(N \log N)$ darajasiga o'tishi bilan bog'liqdir. Splayn va Lanczos interpolatsiya usullarida hisoblash vaqti mos ravishda 33 ms va 37 ms ni tashkil etib, FPS ko'rsatkichlari 30 va 27 gacha kamayadi. Mazkur holat yuqori tartibli interpolatsiya yadrolarining hisoblash xarajatlari ortishi bilan izohlanadi.

Taklif etilgan adaptiv interpolatsiya usuli esa 29 ms hisoblash vaqti va 34 FPS natijani ko'rsatib, yuqori sifat hamda o'rtacha tezlik o'rtasida optimal muvozanatni ta'minlaydi. Shu bilan birga, xotira sarfi ham usullar o'rtasida farqlanadi. Jumladan, bilinear interpolatsiyada xotira sarfi 18 MB ni tashkil etgan bo'lsa, adaptiv usulda ushbu ko'rsatkich 33 MB gacha yetadi. Bu esa qo'shimcha hisoblash bloklari hamda lokal parametrlarni qayta ishlash zarurati bilan bog'liqdir.

Mazkur natijalarni ilmiy nuqtayi nazardan tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, interpolatsiya algoritmlarining samaradorligi ko'p mezonli optimallashtirish masalasi sifatida qaralishi lozim. Bir tomondan, soddaroq algoritmlar, xususan bilinear interpolatsiya, yuqori tezlikni ta'minlasa-da, tasvir sifati va OCR aniqligi nuqtayi nazaridan yetarli natija bermaydi. Ikkinchi tomondan, yuqori tartibli interpolatsiya usullari — splayn va Lanczos algoritmlari tasvir sifatini sezilarli darajada yaxshilaydi, biroq hisoblash xarajatlarning ortishi ularni real vaqt tizimlarida qo'llash imkoniyatini cheklaydi.

Taklif etilgan adaptiv interpolatsiya algoritmi esa fazoviy lokal xususiyatlarni hisobga olgan holda hisoblash resurslarini selektiv taqsimlash orqali optimal yechimni taklif etadi. Ya'ni, ushbu yondashuv murakkablik va sifat o'rtasida samarali kompromissga erishish imkonini beradi. Shunday qilib, olingan natijalar interpolatsiya algoritmlarini tanlashda faqat aniqlik ko'rsatkichlari bilan cheklanib qolmasdan, hisoblash samaradorligi, xotira sarfi va real vaqt rejimida ishlash imkoniyatlarini ham kompleks tarzda hisobga olish zarurligini ilmiy jihatdan asoslaydi.

Interpolatsion tiklash algoritmlari yordamida olingan tasvir sifati metrikalari bilan OCR aniqligi o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik korrelyatsion tahlil asosida keltirilgan. Jadvalda PSNR, SSIM va chegaralarni saqlash ko'rsatkichi (EPI) kabi asosiy tasvir sifati metrikalari bilan Character Accuracy hamda CER ko'rsatkichlari o'rtasidagi bog'liqlik darajasi baholangan. Ushbu yondashuv interpolatsiya natijasida yaxshilangan tasvir sifati ko'rsatkichlarining OCR tizimlarining real ishlash samaradorligiga qanday ta'sir ko'rsatishini aniqlash imkonini beradi. Natijada tasvir sifati va tanib olish aniqligi o'rtasidagi funksional bog'liqlikni aniqlash orqali interpolatsion algoritmlarning amaliy samaradorligini yanada chuqurroq baholash imkoniyati yaratiladi (4-jadval).

4-jadval

Tasvir sifati metrikalari va OCR aniqligi o'rtasidagi bog'liqlikning korrelyatsion tahlili³

№	Usul	PSNR (dB)	SSIM	EPI	OCR Accuracy (%)	CER	Korrelyatsiya (PSNR-OCR)	Korrelyatsiya (SSIM-OCR)
1	Bilinear	28.4	0.81	0.68	78.6	0.214	0.72	0.75
2	Bicubic	30.7	0.87	0.75	84.3	0.157	0.81	0.83
3	Splayn	31.5	0.89	0.78	86.1	0.139	0.84	0.86
4	Lanczos	32.1	0.90	0.82	88.0	0.120	0.87	0.88
5	Adaptiv	33.2	0.92	0.87	90.4	0.096	0.89	0.91

Keltirilgan korrelyatsion tahlil natijalari interpolatsion tiklash algoritmlarida qo'llaniladigan tasvir sifati metrikalari bilan OCR aniqligi o'rtasida barqaror va ijobiy bog'liqlik mavjudligini ko'rsatadi. Xususan, PSNR va OCR aniqligi o'rtasidagi korrelyatsiya koeffitsiyenti bilinear interpolatsiya usulida 0.72 dan adaptiv interpolatsiya usulida 0.89 gacha oshgan. Bu esa xatolik darajasining kamayishi bilan tanib olish aniqligi ortishini tasdiqlaydi. Shunga o'xshash holat SSIM metrikasida ham kuzatilib, uning OCR aniqligi bilan korrelyatsiyasi 0.75 dan 0.91 gacha oshgan. Mazkur natijalar strukturaviy o'xshashlik ko'rsatkichi (SSIM) OCR tizimlari uchun muhimroq indikator ekanligini ko'rsatadi, chunki ushbu metrika tasvirning geometrik va semantik xususiyatlarini yaxshiroq aks ettiradi.

Shu bilan birga, Edge Preservation Index (EPI) qiymatlarining 0.68 dan 0.87 gacha ortishi belgilar konturlarining yaxshiroq tiklanganini bildiradi. Bu esa CER ko'rsatkichining 0.214 dan 0.096 gacha kamayishiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Demak, tasvir sifatining oshishi va OCR aniqligi o'rtasidagi bog'liqlik oddiy chiziqli bog'lanishdan iborat emas, balki strukturaviy komponentlar orqali vositalangan murakkab funksional munosabat sifatida namoyon bo'ladi.

Natijalarni chuqurroq ilmiy talqin qilish shuni ko'rsatadiki, tasvir sifati metrikalari va OCR aniqligi o'rtasidagi bog'liqlik ko'p omilli hamda nolinear xarakterga ega. Yuqori PSNR qiymatlari har doim ham maksimal OCR

3 Muallif tomonidan ishlab chiqilgan interpolatsion algoritmlar asosida o'tkazilgan eksperimental tadqiqotlar natijalari.

aniqligini kafolatlamaydi, chunki PSNR asosan global xatolikni o'lchaydi va lokal strukturaviy buzilishlarga yetarli darajada sezgir emas. Aksincha, SSIM va EPI kabi metrikalar tasvirning lokal tuzilmasi hamda kontur xususiyatlarini aks ettirgani sababli OCR tizimlari bilan kuchliroq korrelyatsiyaga ega hisoblanadi.

Adaptiv interpolatsiya usulida kuzatilgan yuqori korrelyatsiya qiymatlari ushbu yondashuvning lokal gradientlarga moslashuvchanligi bilan izohlanadi. Bu esa belgilar segmentatsiyasi va klassifikatsiyasi bosqichlarida yuzaga keladigan xatoliklarni minimallashtiradi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Mazkur tadqiqotda interpolatsion tiklash algoritmlarining tasvir sifati hamda OCR tizimlari aniqligiga ta'siri kompleks eksperimental va statistik yondashuv asosida o'rganildi. Olingan natijalar interpolatsiya jarayonining nafaqat vizual sifatni yaxshilash, balki matnli strukturani saqlash orqali OCR tizimlari samaradorligini oshirishdagi muhim rolini tasdiqladi. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, turli interpolatsiya usullarining samaradorligi tasvir sifati metrikalari — PSNR, SSIM va EPI hamda OCR aniqligi ko'rsatkichlari — Character Accuracy, CER va WER o'rtasidagi murakkab nolinear bog'liqlik bilan belgilanadi. Shu asosda quyidagi ilmiy xulosalar, amaliy tavsiyalar va istiqbolli yo'nalishlar ishlab chiqildi.

Birinchiidan, olingan natijalarga ko'ra, tasvir sifati metrikalari va OCR aniqligi o'rtasida barqaror ijobiy bog'liqlik mavjudligi aniqlandi. Jumladan, PSNR qiymatining 28.4 dB dan 33.2 dB gacha oshishi OCR aniqligining 78.6% dan 90.4% gacha yaxshilanishiga olib kelgani kuzatildi. Shu bilan birga, CER ko'rsatkichining 0.214 dan 0.096 gacha kamayishi belgilarni tanib olish jarayonidagi xatoliklarning sezilarli darajada qisqarganini ko'rsatadi. Mazkur natijalar interpolatsion tiklash algoritmlari sifatini oshirish OCR tizimlarining umumiy samaradorligiga bevosita ta'sir qilishini ilmiy jihatdan asoslaydi.

Ikkinchiidan, SSIM va EPI kabi strukturaviy metrikalarning OCR aniqligi bilan yuqori korrelyatsiyaga ega ekanligi aniqlandi. Xususan, korrelyatsiya ko'rsatkichlari 0.75 dan 0.91 gacha oshgani kuzatildi. Bu holat tasvirning geometrik va kontur xususiyatlarini saqlash OCR tizimlari uchun global xatolik ko'rsatkichlariga nisbatan muhimroq ekanligini ko'rsatadi. Natijada interpolatsiya algoritmlarini baholashda strukturaviy metrikalarga ustuvor ahamiyat berish zarurligi ilmiy jihatdan asoslandi.

Uchinchiidan, hisoblash samaradorligi tahlili natijalariga ko'ra, interpolatsiya usullari o'rtasida tezlik va aniqlik o'rtasidagi muvozanat mavjudligi aniqlandi. Jumladan, bilinear interpolatsiya usuli 12 ms tezlik bilan ishlagan bo'lsa-da, OCR aniqligi nisbatan past darajada qolgan. Aksincha, adaptiv interpolatsiya usuli 29 ms hisoblash vaqtida eng yuqori aniqlikni ta'minlagan. Bu esa real vaqt tizimlari uchun optimal algoritmni tanlashda ko'p mezonli optimallashtirish yondashuvi zarurligini ko'rsatadi.

To'rtinchiidan, ilmiy taklif sifatida interpolatsion tiklash algoritmlarini ishlab chiqishda lokal gradientlar, fazoviy-sezgir og'irliklar va strukturaviy invariantlarni hisobga oluvchi adaptiv yondashuvlardan foydalanish tavsiya etiladi. Bunday algoritmlar belgilar konturlarini yaxshiroq tiklash orqali OCR tizimlarining segmentatsiya va klassifikatsiya bosqichlarida yuzaga keladigan xatoliklarni kamaytiradi. Shuningdek, tasvir sifati va OCR aniqligini birgalikda optimallashtiruvchi kompleks mezonlar asosida yangi interpolatsiya modellari ishlab chiqish istiqbolli ilmiy yo'nalish sifatida qaraladi.

Beshinchiidan, amaliy tavsiya sifatida OCR tizimlariga interpolatsiya bosqichini integratsiyalashda algoritm tanlash faqat tasvir sifati ko'rsatkichlariga emas, balki OCR natijalariga asoslangan holda amalga oshirilishi zarur. Ayniqsa, davlat xizmatlari, raqamli arxivlar, bank va sug'urta tizimlarida qo'llaniladigan OCR platformalarida adaptiv interpolatsiya usullarini joriy etish hujjatlarni avtomatik qayta ishlash aniqligini sezilarli darajada oshirish imkonini beradi. Shu bilan birga, real vaqt tizimlari uchun soddalashtirilgan, biroq strukturaviy xususiyatlarni saqlab qoluvchi interpolatsiya algoritmlarini ishlab chiqish muhim amaliy vazifa hisoblanadi.

Oltinchiidan, kelgusidagi tadqiqotlar doirasida interpolatsiya va sun'iy intellekt asosidagi yondashuvlarni, jumladan, chuqur o'rganish modellari bilan integratsiyalash orqali OCR tizimlari samaradorligini yanada oshirish mumkinligi ta'kidlanadi. Shuningdek, turli tillardagi matnlar, murakkab shriftlar hamda real sharoitdagi tasvirlar asosida kengroq eksperimental bazani shakllantirish tadqiqot natijalarining universalligini oshirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. UNCTAD. *Digital Economy Report 2024: Shaping an Environmentally Sustainable and Inclusive Digital Future*. United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). – Geneva, 2024.
2. Smith R. *An Overview of the Tessera OCR Engine* // Proceedings of the Ninth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR). – IEEE Computer Society. – Curitiba, Brazil, 2007. – Pp. 629–633.
3. IDC. *The Digitization of the World: From Edge to Core (Data Age 2025)*. International Data Corporation (IDC). – Framingham, MA, USA, 2018.
4. NVIDIA. *AI and Data Processing Trends: Accelerating Data-Centric Computing in the Era of Artificial Intelligence*.



- NVIDIA Technical Report. – Santa Clara, CA, USA, 2023.
5. DataReportal. *Digital 2025: Uzbekistan – Insights into Internet Usage, Mobile Connectivity, and Digital Adoption*. Kepios & DataReportal, 2025.
 6. Gonzalez R.C., Woods R.E. *Digital Image Processing*. 4th Edition. – New York, USA: Pearson Education, 2018.
 7. Pratt W.K. *Digital Image Processing: PIKS Scientific Inside*. 4th Edition. – Hoboken, NJ, USA: Wiley-Interscience, 2007.
 8. Forsyth D.A., Ponce J. *Computer Vision: A Modern Approach*. 2nd Edition. – Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 2012.
 9. Smith R. *An Overview of the Tesseract OCR Engine // Proceedings of the Ninth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR)*. – IEEE Computer Society, 2007. – Pp. 629–633.
 10. Shafait F., Keysers D., Breuel T.M. *Efficient Implementation of Local Adaptive Thresholding Techniques Using Integral Images // Proceedings of the International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR)*. – IEEE, 2008. – Pp. 136–140.
 11. Gatos B., Pratikakis I., Perantonis S.J. *Adaptive Degraded Document Image Binarization // Pattern Recognition*. – Elsevier, 2006. – Vol. 39, No. 3. – Pp. 317–327.
 12. Otsu N. *A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. – 1979. – Vol. 9, No. 1. – Pp. 62–66.
 13. Sodiqov S.S., Malikov M.N. *Tasvirlarga sonli ishlov berish asoslari*. – Toshkent: “Fan” nashriyoti, 1994. – 147 bet.
 14. Tuxtasinov M.T. *Tasvirlarni dastlabki qayta ishlash algoritmlari: texnika fanlari nomzodi ilmiy darajasini olish uchun yozilgan dissertatsiya*. – Toshkent, 2007. – 120 bet.
 15. Samandarov I.R. *Tasvirlarni tahlil qilish algoritmlari va ularning qo'llanilishi: texnika fanlari nomzodi ilmiy darajasini olish uchun yozilgan dissertatsiya*. – Toshkent, 1986. – 110 bet.

muhandislik **& iqtisodiyot**

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

Ingliz tili muharriri: Feruz Hakimov

Musahhih: Zokir Alibekov

Sahifalovchi va dizayner: Abdurahmon Qurbonov

2026. № 5

© 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 kelmasligi 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