

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc13/30.12.2019.T.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ АХБОРОТ-КОММУНИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ
ИЛМИЙ-ИННОВАЦИОН МАРКАЗИ**

ДАДАХАНОВ МУСОХОН ХОШИМХОНОВИЧ

**ҚЎЛЁЗМА МАТНИ ТАСВИРИГА ДАСТЛАБКИ ИШЛОВ БЕРИШ
АЛГОРИТМЛАРИ**

05.01.03 – Информатиканинг назарий асослари

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2021

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации
доктора философии (PhD) по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Дадаханов Мусохон Хошимхонович

Кўлёзма матни тасвирига дастлабки ишлов бериш алгоритмлари 3

Дадаханов Мусохон Хошимхонович

Алгоритмы предварительной обработки изображений рукописного
текста.....21

Dadakhonov Musokhon Khoshimkhonovich

Pre-processing algorithms of images of handwritten text 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works..... 43

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc13/30.12.2019.T.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ АХБОРОТ-КОММУНИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ
ИЛМИЙ-ИННОВАЦИОН МАРКАЗИ**

ДАДАХАНОВ МУСОХОН ХОШИМХОНОВИЧ

**ҚЎЛЁЗМА МАТНИ ТАСВИРИГА ДАСТЛАБКИ ИШЛОВ БЕРИШ
АЛГОРИТМЛАРИ**

05.01.03 – Информатиканинг назарий асослари

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2021

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (Phd) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2019.2.PhD/T1097 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион марказида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tuit.uz) ва «Ziyonet» Ахборот таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:	Фозилов Шавкат Хайруллаевич техника фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	Қобулов Анвар Василович техника фанлари доктори, профессор
	Бекмуратов Қосим Аллабердиевич техника фанлари номзоди, доцент
Етақчи ташкилот:	«UNICON.UZ» фан-техника ва маркетинг тадқиқотлари маркази

Диссертация ҳимояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc13/30.12.2019.T.07.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «22» июнь соат 11⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-64-43, факс: (99871) 238-65-52, e-mail: tuit@tuit.uz).

Диссертация билан Тошкент ахборот технологиялари университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (204 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-65-44).

Диссертация автореферати 2021 йил «11» июнь куни тарқатилди.
(2021 йил «08» июнь даги 16 рақамли реестр баённомаси.)



Р.Х.Ҳамдамов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Ф.М.Нуралнев
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., доцент

М.А.Исмаилов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда компьютер кўриш тизимларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Ушбу соҳада тасвирдаги объектларни таҳлил қилиш, таниб олиш усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқиш, такомиллаштириш ва амалга ошириш долзарб масалалардан бири ҳисобланади. Хорижий мамлакатларда, жумладан АҚШ, Россия Федерацияси, Франция, Швейцария, Греция, Эрон, Ҳиндистон ва бошқа мамлакатларда қўлёзма матн тасвирларини таҳлил қилиш ва уни таниб олишнинг назарий ҳамда амалий муаммоларини ҳал қилишга катта эътибор берилмоқда.

Жаҳонда қўлёзма матни тасвирларини қайта ишлаш ва таҳлил қилишнинг автоматлаштирилган тизимларини яратиш учун мавжуд усул ва алгоритмларни такомиллаштиришга, шунингдек янги ҳисоблаш алгоритмларини ишлаб чиқишга қаратилган кенг кўламли илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Тизим аниқлиги эса берилган қўлёзма матнни тасвири сифатига жиҳатдан боғлиқ бўлиб, тасвир сифатини ошириш учун, жумладан бинарлаш, сатр ва сўзларни сегментлаш алгоритмларини ишлаб чиқиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Республикамизда мазкур йўналишда суд-ҳуқуқ тизимида қўлёзма матнлари рақамли тасвирларини таҳлил қилишни автоматлаштирилган тизимларини ишлаб чиқиш ва кенг жорий этишга, шунингдек ҳуқуқни муҳофаза қилиш органларида тезкор тергов ҳаракатларини амалга оширишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан, «... иқтисодиётга, ижтимоий соҳага, бошқарув тизимларига ... судлар фаолиятига ахборот-коммуникация технологияларини кенг жорий этиш»¹ каби вазифалар белгиланган. Хусусан, ушбу вазифаларни амалга оширишда қўлёзма матнини таниб олиш муҳим масалалардан бири бўлиб, бу давлат идораларида сақланадиган қўлёзма матнлар асосида шакллантирилган катта ҳажмли маълумотларни қайта ишлаш жараёнини автоматлаштириш имконини беради. Шунинг учун қўлёзма матн рақамли тасвирларини таҳлил қилиш усул ва алгоритмларини, жумладан тасвирларга дастлабки ишлов бериш усул ва алгоритмларини ишлаб чиқиш долзарб муаммо ҳисобланади.

Ушбу диссертация тадқиқотлари маълум даражада Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги ПФ-4947-сонли Фармони, 2014 йил 3 апрелдаги ПҚ-2158-сонли «Иқтисодиётнинг реал секторида ахборот-коммуникация технологияларини янада жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида» ги, 2017 йил 18-апрелдаги ПҚ-2898-сонли «Ички ишлар органларининг жиноятларни тергов қилиш соҳасидаги фаолиятини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари» қарори,

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Фармони

2021 йил 17 февралдаги ПҚ-4996-сонли «Сунъий интеллект технологияларини жадал жорий этиш учун шарт-шароитлар яратиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, шунингдек ушбу соҳада қабул қилинган бошқа норматив-ҳуқуқий ҳужжатларда белгилаб берилган вазифаларни амалга оширишга хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологи ялари ривожлантириш» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Сўнгги йилларда тасвирларга ишлов бериш усуллари ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш, тимсолларни таниб олиш, шунингдек уларни амалиётга жорий этиш М.Булаку, Х.Бунке, Б.Гатос, Л.Местецкий, И.Пратикакис, Ж.Саувола, И.Сиддики, С.Срихари, А.Шлапбах ва бошқа хорижий олимларнинг илмий ишларида тадқиқ қилинган.

Ўзбекистонда тасвирларга ишлов бериш ва тимсолларни таниб олишнинг назарий асосларини ривожлантиришга М.М.Камилов, З.Т.Адилова, Ф.Т.Адилова, Э.М.Алиев, Ш.Х.Фозилов, Р.Ҳ.Ҳамдамов, Р.А.Лутфуллаев, Н.М.Мирзаев, С.С.Содиқов, Ш.Е.Туляганов ва бошқалар катта ҳисса қўшиб келмоқдалар.

Ҳозирги кунда қўлёзма матни тасвирларини таҳлил қилиш тизимлари юқори суръатларда ривожланмоқда, чунки бу тизимлар банк соҳаси, почта алоқаси, суд экспертизаси ва бошқа соҳаларда қўлёзма матнни таниб олишда кенг қўлланилади. Ушбу йўналишда олиб борилган тадқиқотлар таҳлили кўпинча берилган қўлёзма матни тасвирлари етарли даражада сифатли бўлмаслигини, бу эса уларни қайта ишлаш жараёнини автоматлаштиришда турли муаммоларни келтириб чиқишини кўрсатди. Бугунги кунга қадар тасвир сифатини оширишнинг бир қатор усул ва алгоритмлари ишлаб чиқилганига қарамай, қўлёзма матни тасвирлари сифатини оширадиган янги усул ва алгоритмларни такомиллаштириш ҳамда ишлаб чиқиш муаммоси етарлича ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги Ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион маркази илмий-тадқиқот ишлари режасининг №А-5-003 «Қўлёзма матнларни таҳлил қилиш тизимининг алгоритмик ва дастурий таъминотни ишлаб чиқиш ва амалий қўллаш» (2015-2017) мавзуси ҳамда №БВ-Атех-2018 (240+147) «Юз тасвирларини оқимли қайта ишлаш асосида шахсни идентификация қилиш алгоритмлари ва дастурий таъминотини ишлаб чиқиш» (2018-2020) мавзусидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади қўлёзма матни тасвирларига дастлабки ишлов бериш алгоритмларини ишлаб чиқиш, дастурий амалга ошириш ва амалий

қўллашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

қўлёзма матни тасвирларини қайта ишлаш ва таниб олиш муаммоларининг замонавий ҳолатини таҳлил қилиш;

берилган қўлёзма матни тасвири сифатини миқдорий баҳолаш муаммосини тадқиқ қилиш;

тасвирдаги даврий равишда такрорланадиган тўғри чизиқларни ажратиш; қўлёзма матни тасвирини бинарлаштириш;

тасвирдаги қўлёзма матн сатрлари ва сўзларини сегментация қилиш;

қўлёзма матни тасвирларига дастлабки ишлов бериш учун яратилган алгоритмларни тажрибавий тадқиқ қилиш ва самарадорлигини баҳолаш;

қўлёзма матни тасвирларига дастлабки ишлов бериш дастурлар мажмуасини яратиш ва амалий қўллаш.

Тадқиқотнинг объекти қўлёзма матни рақамли тасвирлари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг предмети қўлёзма матни тасвирларига дастлабки ишлов бериш усул ва алгоритмлари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация тадқиқотларини олиб бориш давомида тизимли таҳлил усуллари, дискрет математика, эҳтимоллар назарияси, математик статистика, тимсолларни таниб олиш ва рақамли тасвирларга ишлов бериш усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

берилган қўлёзма матни тасвири сифатини эталонсиз баҳолашга асосланган ва қўлёзма матни тасвирларини таҳлил қилиш тизимини яратишда ишлов бериш алгоритмлари кетма-кетлигини қуриш жараёнини автоматлаштириш имконини берувчи ёндашув ишлаб чиқилган;

тасвирдаги тўғри чизиқлар кўринишидаги ҳалақитларни бартараф қилиш ва қўлёзма матни сатрларини сегментация қилишга асосланган тасвирдаги даврий равишда такрорланувчи тўғри чизиқларни ажратиб олиш алгоритми ишлаб чиқилган;

матнни қайта ишлаш натижаларига варақнинг орқа тарафидаги матннинг билиниб қолиши, варақдаги эгриланишлар ва бир текис ёритилмаганлик каби ҳалақитларнинг таъсирини бартараф қилиш ёки камайтириш ҳисобига қўлёзма матни тасвирини бинарлаштириш алгоритми ишлаб чиқилган;

қўлёзма матннинг сатрларнинг нопараллеллиги ва тўлқинсимонлиги, битта сўз доирасидаги ҳарфларнинг узилиб қолиши каби ўзига хос хусусиятлари мавжуд бўлган ҳолларда сегментация натижалари турғунлигини таъминлаш асосида тасвирдаги қўлёзма матнини сатрлар ва сўзларга сегментация қилиш алгоритми ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйидагидан иборат:

қўлёзма матни тасвирларини қайта ишлаш ва таҳлил қилиш тизимларининг кирувчи тасвирларга дастлабки ишлов бериш қисмида амалий фойдаланиш учун йўналтирилган алгоритмик таъминот ишлаб чиқилди;

берилган қўлёзма матни тасвири сифатини миқдорий баҳолаш, ундаги даврий равишда такрорланувчи тўғри чизикларни ажратиш, қўлёзма матни тасвирини бинарлаштириш, тасвирдаги қўлёзма матни сатрлари ва сўзларини сегментация қилиш учун дастурлар мажмуа ишлаб чиқилди.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги алгоритмларни ишлаб чиқишда рақамли тасвирларга ишлов бериш ва тимсолларни таниб олишнинг математик аппаратининг тўғри қўлланилиши ҳамда тажрибавий тадқиқотларнинг ижобий натижалари билан тасдиқланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти ишлаб чиқилган алгоритмлар тасвирларга ишлов бериш назарий асосларини тасвирлар сифатини ошириш қисмини янада ривожлантиришга маълум ҳисса қўшишидан иборат.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ишлаб чиқилган дастурий мажмуа қўлёзма матни тасвирларини қайта ишлаш ва таҳлил қилишнинг амалий тизимларини яратиш учун таркибий қисм сифатида фойдаланилишдан иборат.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Диссертация ишининг асосий илмий натижалари қуйидаги объектларга жорий қилинган:

қўлёзма матни тасвирлари сифатини миқдорий баҳолаш, бинарлаштириш ва сегментация қилиш алгоритмлари асосида яратилган дастурий мажмуа қўлёзма экспертизасини ўтказиш учун Наманган вилояти ички ишлар бошқармасининг экспертиза ва криминалистика бўлимига жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 4 январдаги 33-8/27-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижаларини қўллаш қўлёзманинг сифатли намуналарини танлаш жараёнини автоматлаштириш ҳисобига қўлёзма экспертизаси учун сарфланадиган вақтни ўртача 16%га қисқартириш имконини берган;

қўлёзма матни тасвирларини бинарлаштириш, такрорланувчи тўғри чизикларни ажратиш, сегментация қилиш алгоритмлари асосида яратилган дастурий мажмуа архив қўлёзма ҳужжатларини қайта ишлаш учун Наманган вилоят Ҳокимлигининг архив бўлимига жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 4 январдаги 33-8/27-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқотлар натижаларидан фойдаланиш асосида архив ҳужжатлари сифати яхшиланган ва ушбу ҳужжатларни қўлда ишлов бериш муддатини ўртача 20%га қисқартириш имконини берган.

қўлёзма матни тасвирлари сифатини миқдорий баҳолаш, бинарлаштириш ва сегментация қилиш алгоритмлари асосида яратилган дастурий мажмуа қўлёзма экспертизасини ўтказиш учун Наманган вилояти Косонсой тумани ички ишлар бошқармасининг экспертиза ва криминалистика бўлимига жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 4 январдаги 33-8/27-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижаларини қўллаш қўлёзманинг сифатли намуналарини танлаш жараёнини автоматлаштириш ҳисобига қўлёзма экспертизасини ўтказишга сарфланадиган вақтни ўртача 16%га қисқартириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқотнинг назарий ва амалий натижалари 4 та халқаро ва 3 та республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Тадқиқотнинг асосий натижалари 19 та илмий ишда чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 10 та илмий мақола, жумладан, 8 таси республика ва 2 таси хорижий журналларда чоп этилган ҳамда 2 та ЭҲМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш гувоҳномалари олинган.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 111 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурлик даражаси асослаб берилган, мақсад ва вазифалар шакллантирилган, тадқиқот объекти ва предмети аниқланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фани ва технологияларининг устувор йўналишлари мослиги белгиланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари кўрсатиб ўтилган, олинган натижаларнинг ҳаққонийлиги асослаб берилган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга татбиқ этилиши рўйхати, ишнинг синов натижалари, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилмаси тўғрисидаги маълумотлар келтирилган.

Диссертация ишининг «**Қўлёзма матни тасвирларини таҳлил қилиш масаласи**» деб номланган биринчи бобида қўлёзма матни тасвирларини таҳлил қилиш муаммосининг ҳозирги ҳолатини таҳлил қилиш натижалари ва ушбу муаммони ҳал қилиш усуллари келтирилган бўлиб, таҳлил қилинган ҳар бир усулнинг афзалликлари ва камчиликлари баён этилган. Бундан ташқари, қўлёзма матни тасвирларини қайта ишлаш ва таҳлил қилиш соҳасида мавжуд бўлган асосий муаммолар шакллантирилган. Қўлёзма матни тасвирини қайта ишлаш ва таҳлил қилишнинг маълум усуллари ва алгоритмларини кўриб чиқиш асосида ушбу тадқиқот йўналишини ривожлантириш муаммолари ва уларни ҳал этиш йўллари аниқланган ҳамда ушбу илмий ишнинг мақсади ва вазифалари шакллантирилган.

1.1-параграфда қўлёзма матни тасвирини таҳлил қилишнинг замонавий жамиятдаги ўрни ва роли, машинада терилган матнни таҳлил қилиш масаласидан қўлёзма матнни таҳлил қилиш масаласининг фарқ қилувчи ўзига хос томонлари кўрсатилган.

Матнни ёзиш жараёни физиологик хусусиятларга боғлиқ бўлиб, қўлёзма матн стандартлаштирилмаган, яъни у муайян бузилишларга дуч келади, моҳиятан индивидуал, олдингисига ўхшаш бўлмайди. Бундан ташқари, машинали ёзувда белгилар бир-биридан технологик интервал билан

ажратилган. Қўлёзма матнларида асосан сўзни ифодалашда алоҳида белгиларни қўшиб ёзиш учрайди. Қўлёзма ва машинали ёзув матни орасидаги санаб ўтилган фарқлар қўлёзма матни таҳлил қилиш ва таниб олиш муаммоси босма матни таҳлил қилиш ва таниб олиш муаммога нисбатан анча мураккаб эканлигини кўрсатади. Бундан ташқари, қўлёзма матни таҳлил қилиш ва таниб олиш муаммосини ҳал қилишнинг мураккаблиги алоҳида шахсинг ёзуви доирасидаги қўлёзма белгиларнинг сезиларли даражада ўзгарувчанлиги, табиий тасвир нуқсонларини мавжудлиги, тизимдан фойдаланиш жараёнида маълум бир шахс ёзувини ўрганиш қобилиятини етишмаслиги билан белгиланади. Шунинг учун қўлёзма матнини таниб олишнинг белгилар ўзгарувчанлиги ва тасвир нуқсонларига бардошли бўлган янги усулларини ишлаб чиқиш шу куннинг долзарб муаммоларидан бири ҳисобланади.

1.2-параграфда қўлёзма матни тасвирларини таҳлил қилиш асосида ҳал қилинадиган амалий масалалар ва уларни ҳал қилиш усуллари келтирилган бўлиб, ушбу масалаларни ҳал қиладиган тизимларни яратишда тасвирларга дастлабки ишлов бериш босқичининг аҳамияти ёритиб берилган.

Қўлёзма матни рақамлаштириш босқичида техник ёки инсон омили туфайли қўлёзма матн тасвири бузилиши ёки маълум даражада халақит қўшилиши, айрим ҳолларда манбанинг ўзи (масалан, қадимий қўлёзма) ёмон аҳволда бўлиши мумкин. Шунинг учун 1.3-параграфда амалиётда энг кўп учрайдиган бузилиш ва уларни бартараф этиш ва қўлёзма матни тасвирларини қайта ишлаш натижаларига таъсир даражасини камайтиришнинг мавжуд алгоритмлари кўриб чиқилган. Қўлёзма матннинг ўзига хос хусусиятларидан ташқари, уни таҳлил қилиш жараёнини автоматлаштиришни мураккаблаштирадиган омилларга қуйидагилар киради: геометрик бузилишлар, нотекис ёрилганлик, заиф контраст, варақнинг орқа қисмидаги матн элементлари кўриниши, хира матн, тузатилган хатолар, доғлар, бурмалар ва бошқалар.

Қўлёзма матни тасвирларига ишлов бериш ва таҳлил қилиш муаммоси ҳолатини таҳлил қилиш натижалари асосида диссертация ишининг мақсади ва вазифалари 1.4-параграфда келтирилган.

Диссертация ишининг «**Қўлёзма матни тасвирларига дастлабки ишлов бериш алгоритмлари**» номли иккинчи боби берилган тасвир сифатини баҳолаш ва сифатини ошириш алгоритмларини таҳлил қилиш ҳамда танлашга тавсия этилган ёндашувни тавсифлашга, чизиқларни ажратиш ва қўлёзма матни тасвирини бинарлаштириш бўйича ишлаб чиқилган алгоритмларга бағишланган.

2.1-параграфда қўлёзма матни тасвирини таҳлил қилиш тизимларини ишлаб чиқишда юзага келадиган берилган қўлёзма матни тасвири сифатини эталонсиз баҳолаш муаммоси ўрганилган. Тасвир сифатини миқдорий баҳолаш масаласи жуда мураккаб масала бўлиб, шубҳасиз, унинг ечими дастлабки ишлов бериш алгоритмларини қўллашнинг самарали стратегиясини қуриш имкониятини таъминлайди. Бу эса келгусида таҳлил қилиш учун мос келадиган ва чиқишда юқори сифатли тасвирни олишга имкон беради.

Берилган қўлёзма матни тасвири ёрқинлигини миқдорий эталонсиз баҳолаш учун қуйидаги формула бўйича ҳисобладиган мезондан фойдаланилган

$$Y_{av} = \frac{1}{k} \sum_{i=0}^{k-1} Y_b(i),$$

бу ерда $Y_b(i) = \frac{Y_{av}(i)}{255}$; $Y_{av}(i) = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n 0.299 \cdot R(i \cdot m + x, i \cdot n + y) + 0.587 \cdot G(i \cdot m + x, i \cdot n + y) + 0.114 \cdot B(i \cdot m + x, i \cdot n + y)$.

Y_{av} қиймати $[0,1]$ оралиқда бўлиб, $Y_{av}=0$ қиймати мутлоқ қора тасвирга ва $Y_{av}=1$ эса мутлоқ оқ тасвирга мос келади. Оптимал ёрқинликда бўлган тасвирда Y_{av} қиймати 0,5 га яқин бўлиши керак.

Ёрқинлик контрастини баҳолаш мезони сифатида ўрта квадратик оғишнинг максимал ёрқинлик қийматига нисбатидан фойдаланилади:

$$C = \frac{2\sigma}{255},$$

бу ерда $\sigma = \sqrt{\frac{1}{M \cdot N} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (Y_{av} - Y(x, y))^2}$; $Y_{av} = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N 0.299 \cdot R(x, y) + 0.587 \cdot G(x, y) + 0.114 \cdot B(x, y)$.

Бунда C нинг қиймати $[0, 1]$ оралиқда бўлиб, $C = 0$ монотон тасвирга ва $C = 1$ эса максимал контрастга тўғри келади. Оптимал контраст қиймати тасвирда акс этган объект турига боғлиқ.

Берилган қўлёзма матни тасвиридаги ҳалақит даражаси ва тасвир хиралашганлик даражасини баҳолаш учун реал саҳналарни статистик таҳлил қилишга асосланган машҳур BRISQUE алгоритми қўлланилган. Ушбу алгоритм натижаларини таҳлил қилиш асосида қуйидаги қоидалар шакллантирилган:

- 1) агар $B \in [0, 25]$ бўлса, у ҳолда тасвир сифатли;
- 2) агар $B \in [50, 60]$ бўлса, у ҳолда тасвир ҳалақит кўшилган;
- 3) агар $B \in [70, 75]$ бўлса, у ҳолда тасвир хиралашган; (1)
- 4) агар $B \in [61, 69]$ бўлса, у ҳолда тасвир ҳалақит кўшилган ва хиралашган;
- 5) агар $B \in [90, 100]$ бўлса, у ҳолда тасвир хиралашган ва ҳалақит кўшилган.

Бу ерда B – BRISQUE алгоритми ёрдамида олинган тасвир сифатининг баҳоси.

Сўнгги икки қоида фақат таъсир элементлари тартиби билан фарқланади. Бу тасвир сифатини яхшилаш алгоритмларини қўллаш тартибини кўрсатади.

Ишнинг 2.2-параграфи қўлёзма матни тасвирларига дастлабки ишлов бериш алгоритмларини таҳлил қилиш ва танлашга бағишланган бўлиб, унда кенг тарқалган алгоритмларнинг қўлланиш шартлари ҳамда ютуқ ва камчиликлари баён этилган.

2.3-параграф тасвирдаги чизиқларни ажратиш масаласи ечишга бағишланган. Кўпинча қўлёзма матни хошияли қоғозга ёзилади. Шунинг учун

қўлёзма матни тасвирларини қайта ишлаш ва таҳлил қилишнинг муҳим масаласи уларни кейинчалик олиб ташлаш учун тасвирдаги тўғри чизиқларни ажратиш ҳисобланади.

Таклиф этилаётган алгоритм тасвирдаги чизиқлар даврий равишда такрорланиб туриши ҳақидаги априор билимга асосланган. Шу нуқтаи назардан, чизиқни такрорланиш қадамини аниқлаш орқали тасвир қисмида тўғри чизиқ бор ёки йўқлигини юқори эҳтимоллик билан тасдиқлаш мумкин. Бундан ташқари, ушбу алгоритмни амалга ошириш тасвирдаги сатрларни ажратиш заруриятини бекор қилади.

A1 алгоритм тасвирдаги тўғри чизиқларни ажратиш алгоритми қуйидагича амалга оширилади.

1-босқич. Берилган тасвирда тўғри чизиқлар ρ_i , θ_i ($i=1, \dots, k$) параметрларини Хаф алгоритми орқали аниқланади.

2-босқич. ρ_i , θ_i параметрлар қийматлари асосида тасвирдаги тўғри чизиқлар даври аниқланади.

1-қадам. Бурчаклар яқинлиги матрицаси элементлари ҳисобланади:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{агар } |\theta_i - \theta_j| < \varepsilon_\theta \text{ бўлса, } i, j=1, \dots, k. \\ 0, & \text{акс ҳолда;} \end{cases}$$

2-қадам. Агар $\frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^k a_{ij} > t$ шарт бажарилса, у ҳолда 3-қадамга, акс ҳолда 5 қадамга ўтилади.

3-қадам. Масофалар матрицаси элементлари ҳисобланади:

$$d_{ij} = \begin{cases} |\rho_i - \rho_j|, & \text{агар } a_{ij} = 1 \text{ бўлса, } i, j=1, \dots, k. \\ c, & \text{акс ҳолда;} \end{cases}$$

4-қадам. Δ қадамнинг қиймати сифатида d_{ij} да энг кўп учровчи сон қабул қилинади ($\Delta \neq c$).

5-қадам. Тамом.

2.4-параграф тасвирни бинарлаштириш масаласини ҳал қилишга бағишланган. Бинарлаштириш – бу қўлёзма матни тасвирларига ишлов бериш ва таҳлил қилиш тизимларини ишлаб чиқишнинг муҳим босқичларидан бири. Ушбу ишлов бериш босқичининг натижалари ишлаб чиқилган тизим натижаларига сезиларли даражада таъсир қилади. Шунинг учун тасвирни қайта ишлаш ва компьютер кўриши соҳасидаги тадқиқотчилар ушбу масалани ҳал қилишга алоҳида эътибор қаратишади.

Таклиф этилаётган **A2 бинарлаш алгоритми** морфологик амалларга асосланган ва қуйидаги босқичлардан иборат.

1-босқич. *Дастлабки ишлов бериш босқичи.* Ушбу босқичда дастлаб берилган тасвир силлиқланади. Бунда фон текстурасини силлиқлаш ва матн ҳамда фон орасидаги ёруғликни ошириш учун адаптив Винер фильтри қўлланилади. Винер фильтрининг умумий кўриниши қуйидагича:

$$I(x, y) = \mu + \frac{(\delta^2 - v^2)(I_s(x, y) - \mu)}{\delta^2},$$

бу ерда $\mu - 3 \times 3$ ўлчамли ойнадаги ўртача қиймат, $\delta^2 - 3 \times 3$ ўлчамли ойна дисперсияси, $v^2 -$ дисперсиянинг ўртача қиймати.

2-босқич. Юқори ва қуйи интенсивликка эга бўлган нуқталарни ажратиш босқичи. Мазкур босқичда юқори ва қуйи интенсивликка эга бўлган нуқталарни ажратиш учун силлиқланган қўлёзма матни тасвирида мос равишда туташтириш ва ажратиш амаллари бажарилади. Ажратиш ва туташтириш амалларининг умумий кўриниши қуйидагича.

Ажратиш амали:

$$I_o(x, y) = I(x, y) \otimes S_{m \times n} = (I(x, y) \oplus S_{m \times n}) \ominus S_{m \times n}.$$

Туташтириш амали:

$$I_c(x, y) = I(x, y) \otimes S_{m \times n} = (I(x, y) \ominus S_{m \times n}) \oplus S_{m \times n},$$

бу ерда $I(x, y) \oplus S_{m \times n}$ – тузилмалаштирувчи элемент $S_{m \times n}$ кучайтириш амали; $I(x, y) \ominus S_{m \times n}$ – тузилмалаштирувчи элемент $S_{m \times n}$ емириш амали. Ушбу босқичда $S_{m \times n}$ тузилмалаштирувчи элемент сифатида $S_{1 \times 7}$ элемент қуйидаги кўринишда олинган:

$$\boxed{1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1}.$$

3-босқич. Тасвирлар фарқларини шакллантириш. Олдинги босқичда олинган тасвирлар фарқи бўлган тасвир вертикал чегара нуқталарни ажратиш ғояси асосида шакллантирилади ва улар қуйидаги формула орқали аниқланади.

$$D(x, y) = abs(I_o(x, y) - I_c(x, y)).$$

4-босқич. Туташув. Мазкур босқичда $D(x, y)$ тасвир билан $S_{5 \times 5}$ тузилмалаштирувчи элемент таъсирлаштирилади. Бунда туташувдан ҳосил бўлган $D_c(x, y)$ қуйидаги формула орқали ҳосил қилинади.

$$D_c(x, y) = D(x, y) \otimes S_{5 \times 5}.$$

5-босқич. Бинарлаш. Ушбу босқичда қуйидаги формула асосида 4-босқичда олинган тасвир бинар тасвирга ўтказилади.

$$B(x, y) = \begin{cases} 255, & \text{агар } D_c(x, y) > t_o \text{ бўлса;} \\ 0, & \text{акс ҳолда,} \end{cases}$$

бу ерда t_o бинарлаш бўсағаси бўлиб, у Отсу усули орқали аниқланади [43].

Тажрибавий тадқиқотлар тасвирни бинарлаш учун тавсия этилган алгоритмдан фойдаланиш, асл тасвирда сканерланган ҳужжатнинг тескари томони элементларини кўриниб қолиши ва ёритилганликдаги кучли ўзгаришлар оқибатида пайдо бўлган бузилишларга эга бўлган ҳолатларда ҳам, фойдаланишга яроқли натижаларни олиш имконини беришини кўрсатди. Шу билан бирга, тасвирда морфологик амалларни қўллаш таклиф қилинган алгоритмнинг маълум алгоритмларга нисбатан паст тезликда ишлайди. Чунки ушбу амаллар кўп ресурс талаб қиладиган амаллар ҳисобланади.

Диссертация ишининг «**Тасвирдаги қўлёзма объектларни сегментация қилиш ва ингичкалаштириш алгоритмларини ишлаб чиқиш**» номли учинчи бобида тасвирдаги сатр ва сўзларни сегментация қилиш, сатрларни текислаш ва қўлёзма объектларни ингичкалаштириш масалалари кўриб чиқилган ҳамда ушбу масалаларни ҳал қилиш учун алгоритмлар таклиф қилинган.

3.1-параграфда қўлёзма матни тасвиридаги сатр ва сўзларни сегментация қилиш бўйича ишлаб чиқилган алгоритм тавсифи келтирилган. Маълумки, сегментация қилиш алгоритмлари тасвирдаги муҳим ҳудудларни кейинги таҳлил қилиш учун ажратиб олишга имкон беради. Тўғри сегментация қилиш қўлёзма матни тасвирларини қайта ишлаш ва таҳлил қилиш тизимларининг энг муҳим таркибий қисми ҳисобланади.

Қўлёзма матни тасвиридаги сатрларни сегментация қилиш мураккаб масала ҳисобланади, чунки чизиқлар параллел бўлмаган, эгилган, бир-бирига яқин бўлиши мумкин, турли сатрлардаги матн элементлари бир-бирининг устига чиқиши мумкин.

Машинада терилган матндан фарқли равишда қўлёзма матндаги сўзларни сегментация қилиш масаласининг мураккаблиги машинада терилган матнда сўзлар орасидаги масофа нисбатан доимий ва сўз ичидаги харфлар орасидаги масофа сўзлар орасидаги масофадан анча кам бўлади, қўлёзма матнда сўзлар орасидаги масофа кучли ўзгарувчан бўлиши мумкин.

Таклиф этилаётган қўлёзма матн сатр ва сўзларини ажратиш **A3 алгоритми** проекцион таҳлил ғоясига асосланади. Бунинг учун дастлаб чизиқларини аниқроқ олиш мақсадида тасвир чапланади. Ушбу алгоритм қуйидаги босқичлардан иборат.

1-қadam. Берилган B бинар тасвирга ўлчами $l \times l3$ бўлган, структуравий S элементи билан морфологик ёпилиш амали қўлланилади:

$$B' = B \otimes S.$$

2-қadam. B' тасвир k та тенг (ёки тахминан тенг) B_t ($t = \overline{1, k}$) қисмларга ажратилади.

3-қadam. Ҳар бир B_t блок учун қуйидаги формула асосида горизонтал проекция ҳисобланади:

$$P_t(i) = \sum_{j=1}^N B_t(i, j), \quad i = 1, \dots, M.$$

Тасвир қисми проекцияси юқори чўққига эга горизонтал ўқлар сатр номзодлари сифатида қабул қилинади.

4-қadam. Проекциядаги сатрларни ажратувчи чизиқлар ажратиб олиниши учун ҳар бир қисм учун бўсағалар қуйидаги формулалар бўйича ҳисобланади:

$$\theta_t = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M P_t(i)$$

ва сатрлар ажратилади:

$$L_t(i) = \begin{cases} 1, & \text{агар } P_t(i) > \theta_t; \\ 0, & \text{акс ҳолда.} \end{cases}$$

5-қadam. Олинган ҳар бир сатрда сўзларни сегментациялаш учун вертикал проекция 3-қadam амаллари каби ҳисобланади ва бу проекцияни таҳлил қилиш асосида сўзлар ажратиб олинади.

Тасвирдаги матн оғишини баҳолаш ва уни текислаш учун қуйидаги босқичлардан иборат **A4 алгоритм** таклиф этилган.

1-қadam. Матн сатрлари бўлган қора узлуксиз чизиқларни олиш учун B бинар тасвирга катта ўлчамли ниқобли морфологик ёпилиш оператори қўлланилади:

$$B_c(x, y) = B(x, y) \otimes S_{m \times n}.$$

2-қadam. Сатрости ва сатрусти ёй ёки чизиқлар сабабли ҳосил бўлган чизиқлардаги шовқинни йўқотиш учун олинган B_c тасвирга кичик ўлчамли квадрат ниқобли морфологик очилиш оператори қўлланилади:

$$B_o(x, y) = B_c(x, y) \odot S'_{m \times n}.$$

3-қadam. B бинар тавирига морфологик ёпилиш оператори қўлланилади:

$$B_c(x, y) = B(x, y) \otimes S'_{m \times n}.$$

4-қadam. Қора пикселдан оқ пикселга вертикал ўтиш нуқталари таянч чизиқлар учун номзод сифатида қабул қилинади.

5-қadam. Узунликлари маълум бир бўсагадан ошиб кетадиган таянч чизиқлар танланади.

6-қadam. Ҳар бир таянч чизиқнинг бурилиш бурчаги аниқланади ва уларнинг медианаси умумий текислаш бурчаги сифатида қабул қилинади.

7-қadam. Берилган тасвир текислаш бурчагига бурилади.

Тасвирда қўлёзма объектнинг тузилишини таҳлил қилишда кўпинча топологик таҳлил ва объектларни таснифлаш учун фойдали бўлган ихчам ва тахминий шаклда объектни акс эттириш ва характерлаш зарур. Таниб олиш учун зарур бўлган белгиларни ажратиб олиш учун қўлёзма объектлар чизиқларини скелет шаклида ифодалаш қулай ҳисобланади. 3.3-параграфда қўлёзма объектларни ингичкалаштиришнинг маълум усуллари, уларнинг афзалликлари ва камчиликлари таҳлил этилган.

Диссертациянинг «**Ишлаб чиқилган алгоритмларнинг тажрибавий тадқиқи ва амалий қўлланилиши**» номли тўртинчи боби қўлёзма матн тасвирларига дастлабки ишлов бериш бўйича тавсия этилган ва мавжуд алгоритмларга асосланган дастурий мажмуани яратиш, тажрибавий тадқиқотлар ва амалий масалаларга бағишланган.

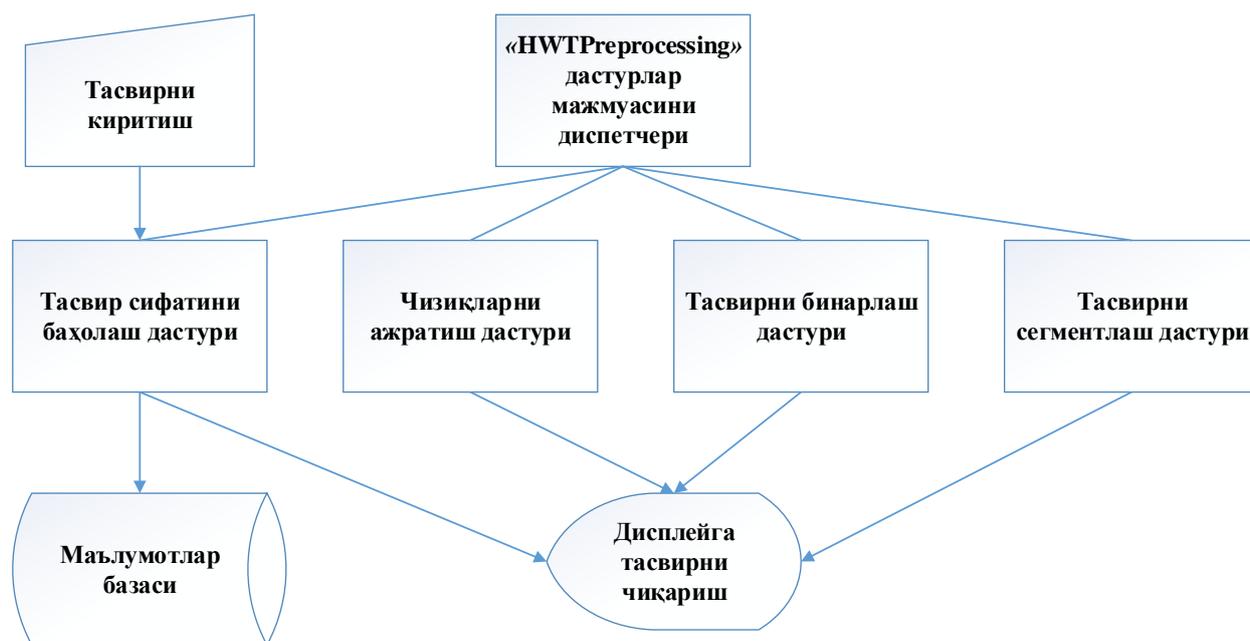
4.1-параграфда тавсия этилган ва мавжуд алгоритмлар асосида ишлаб чиқилган «NWTPreprocessing» дастурий мажмуанинг умумий схемаси, функционалиги ва график интерфейси келтирилган бўлиб, дастурий мажмуа Python тилида объектли дастурлаш методологиясини ҳисобга олган ҳолда ишлаб чиқилган ва қўлёзма матни тасвирларига дастлабки ишлов бериш учун мўлжалланган.

Дастурий мажмуа ўзаро боғлиқ дастурий модуллардан иборат, қўлёзма ҳужжатларнинг асл тасвирларига ишлов беришнинг автоматлаштирилган ва (ёки) интерактив режимини таъминлайди, фойдаланувчилар учун қулай интерфейсга эга. Тизимнинг тузилмавий схемаси 1-расмда келтирилган.

Тажрибавий тадқиқотлар учун маълумотлар базасини шакллантириш жуда машаққатли жараёндир, шунинг учун уларнинг мавжудлиги барча тадқиқот соҳаларида алгоритм ва тизимларни ишлаб чиқиш ҳамда баҳолашда жуда муҳим омил ҳисобланади. Шунинг учун 4.2-параграф қўлёзма матн тасвирларининг энг кенг тарқалган базалари ва уларнидан фойдаланиш мақсадлари шарҳига бағишланган. Стандарт маълумотлар базаларининг

мавжудлиги нафақат тадқиқотчи учун дастлабки маълумотлар муаммосини ҳал қилади, балки унга ишлаб чиқилган алгоритмлар ва умуман тизим самарадорлигини объектив баҳолаш, шунингдек ишлаб чиқилган алгоритмларни мавжудлари билан таққослаш имкониятини беради.

Тажрибавий тадқиқотлар учун IUNT (Images of Uzbek Handwritten Text) деб номланган маълумотлар базаси шакллантирилган бўлиб, у 373 та муаллифга тегишли бўлган, 2242 та А4 форматидаги қўлёзма матнларнинг сканерланган саҳифаларидан иборат. Саҳифалар 600 dpi аниқликда сканерланган ва JPEG форматида кулранг тасвир кўринишида сақланган.



1-расм. «HWTPreprocessing» дастурлар мажмуасининг тузилмавий схемаси

4.3-параграфда “HWTPreprocessing” дастурий мажмуаси ва олдинги параграфда кўриб чиқилган қўлёзма матни тасвирлари маълумотлар базаларидан фойдаланиб олиб борилган тажрибавий тадқиқотлар натижалари келтирилган.

Берилган тасвирни сифатини баҳолаш асосида уни яхшилашнинг у ёки бу алгоритмидан фойдаланиш тўғрисида қарор қабул қилиш қоидаларини тузиш учун қуйидаги тажрибалар схемаси қўлланилди.

Берилган тасвирнинг бузилиш турини аниқлаш учун IUNT тасвирлар базасидан энг юқори сифатли тасвирлар визуал кўриниши бўйича танлаб олинади. Кейин ушбу тасвирлар қуйидаги тасвир бузилиш ҳолатларини моделлаштириш учун ўзгартирилди: ёркинлик ўзгариши, контраст ўзгариши, хиралашиш ва ҳар хил халақитларни қўшиш. Бузилган тасвир сифати ва унинг бузилиш усулининг миқдорий баҳоларини билиб, бу бузилишни йўқотишнинг самарали алгоритминини аниқлаш мумкин.

Қуйида жадвалда тасвир бузилишларини моделлаштириш учун қўлланилган кўрсаткичлар келтирилган.

4.4-параграфда “HWTPreprocessing” дастурий мажмуасини архив ҳужжатлари тасвирлари сифатини ошириш ва қўлёзма матн тасвирларидан фойдаланган ҳолда шахсни идентификациялаш бўйича амалий масалаларни ҳал қилишда амалий қўлланилиш натижалари келтирилган.

Ҳозирги кунда ташкилот ва муассасалар архивларида фақат бир нусхадан иборат бўлган кўплаб архив ва тарихий ҳужжатлар мавжуд. Уларни баъзиларида нотўғри сақлаш ёки жисмоний шикастланишлар натижасида нуқсонлар (ёриқлар, доғлар, қирилган ва бошқалар) юзага келган бўлиши мумкин. Бундан ташқари, баъзи бир қўлёзма ҳужжатларида матн устки қатламларида белгилар мавжуд бўлиб, улар матнни ўқишлигини мураккаблаштиради. Тасвир кўринишдаги матнли маълумотларини рақамлаштириш орқали ушбу диссертация ишининг олдинги бобларида таклиф қилинган тасвирга дастлабки ишлов бериш алгоритмлари ёрдамида нафақат ҳужжатларни ишончли сақлаш, балки уларни визуал сифатини яхшилаш ҳам мумкин.

Жадвал.

Тасвир бузилишларини моделлаштириш учун берилган маълумотлар

т/ р	Бузилиш	Формуласи	Кўр- сат- кич	Мин. қий- мат	Макс. қиймат	Қадам
1.	Ёрқинлик ўзгариши	$\hat{I} = I \cdot \left(1 + \frac{dI}{100}\right)$	dI	-70	70	10
2.	Контраст ўзгариши	$\hat{I} = \left(I - I_{min} - \frac{I_{max} - I_{min}}{2}\right) \cdot \frac{\alpha}{100} + I_{max} + \frac{I_{max} - I_{min}}{2}$	α	10	100	10
3.	Хиралашиш	sxs ўлчамли Гаусс фильтри	s	3	15	2
4.	Гаусс халақити	$p(z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(z-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	μ σ^2	0 0	0,2 0,1	0,05 0,01
5.	Импульс халақити	$1 - P_s$	P_s	0	0,2	0,05

Ташкилот ва муассасалар архивларида сақланаётган қўлёзма ҳужжатлар тасвирлари сифатини ошириш муаммоси пайдо бўлади. Диссертация ишида ушбу муаммо Наманган шаҳар ҳокимлигининг архив ҳужжатлари мисолида ҳал қилинган. Унинг моҳияти куйидагича бўлган.

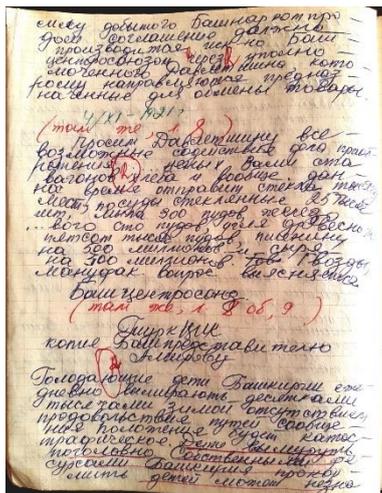
32000 дан ортиқ тасвирлардан иборат қўлёзма архив ҳужжатлари базаси берилган. Ушбу тасвирларнинг сифатини яхшилаш ва ушбу тасвирлардаги матнни ўқишни осонлаштирадиган дастурий таъминот шаклида воситалар тўпламини яратиш керак.

Тасвирларни таҳлил қилиш орқали юқорида санаб ўтилган асосий муаммолардан ташқари, кўпинча матнни ўқишни мураккаблаштирадиган кичик белгилар, асосий матндаги устки чизиклар ва қуйи чизиклар кўринишидаги халақитлар мавжуд бўлиши аниқланди. Шунинг учун қўйилган масала иккита қисм масалага ажратилган:

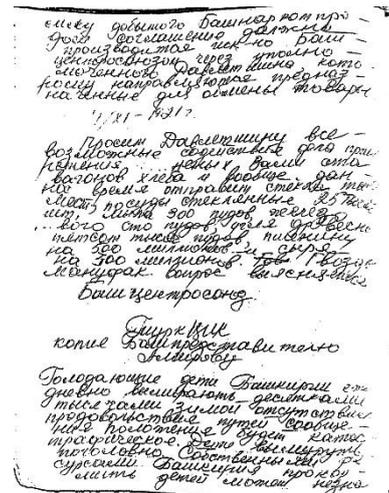
- ёрқинлик контрастни яхшилаш ва халақитларни йўқотиш;
- асосий матн ва белгилардан иборат тасвирни қатламларга ажратиш.

Биринчи қисм масалани ечиш тасвир сифатини оширишда маълум ва тавсия этилган алгоритмларни дастурий жорий этилиши ёрдамида амалга оширилди. Бунда берилган тасвирлар тўпламида бир хил амалларни бажаришга имкон берувчи маълумотларни пакетли ишлаш жараёни амалга оширилган.

Иккинчи қисм масалани ечиш учун тасвир ранг бўйича сегментлаш амалга ошириш орқали ундаги асосий матн қатламлари ва белгилари шакллантирилди. Тажрибалар натижалари тасвирдан асосий матнни ўқишга халақит берадиган қатламларни олиб ташлаш (2-расм) архив ҳужжатлари ўқиш қобилиятини оширишга имкон беришини кўрсатди. Бу Наманган ҳокимлиги Архив бўлими мутахассислари томонидан ҳам тасдиқланди.



а)



б)

2-расм. Қизил рангли тузатишлар ва матнларни йўқотиш орқали олинган (а) берилган тасвирга ишлов бериш натижаси (б)

Ушбу диссертация иши доирасида ишлаб чиқилган дастурий ва алгоритмик таъминот Наманган вилояти ҳокимлиги Архив бўлимида жорий этилиб, унда мавжуд бўлган кўлёзма ҳужжатларига ишлов беришда фойдаланилди. Дастурий таъминотдан фойдаланиш кўлёзма ҳужжатларига ишлов бериш муддатини 20 фоизга қисқартиришга ва улардаги матнни ўқиш учун қулай ҳолга келтиришга имкон берди.

Компьютерли кўриш соҳасидаги кўплаб мутахассисларнинг фикрига кўра, кўлёзма матнини таҳлил қилиш асосида ҳал қилинадиган энг кенг тарқалган ва муҳим масалалардан бири матн муаллифини аниқлаш масаласидир.

Қўлёзма матни экспертизасини амалга ошириш учун экспертиза давомида изчил тадқиқ қилиш учун ишлаб чиқилган махсус методика мавжуд.

Услуб анъанавий равишда 4 босқичга бўлинади:

- 1) дастлабки тадқиқотлар;
- 2) батафсил тадқиқотлар;
- 3) тадқиқот натижаларини баҳолаш ва эксперт хулосаларини шакллантириш;
- 4) ўтказилган эксперт тадқиқотлари натижаларини расмийлаштириш.

Терговчининг қўлёзма экспертизасини тайинлаш тўғрисидаги қарори билан танишишдан бошланадиган тадқиқотнинг дастлабки босқичи шартли равишда беш босқичга бўлинади:

- 1) экспертизага тақдим этилган материаллар билан танишиш;
- 2) тадқиқот масалаларини ўрганиш;
- 3) терговчининг экспертиза тайинлаш тўғрисидаги қарорида кўрсатилган ишнинг ҳолатлари билан танишиш;
- 4) дастлабки экспертиза ва ҳужжат-ашёвий далилларни текшириш;
- 5) қиёсий материалларни дастлабки баҳолаш.

Хулосанинг илмий асосланганлиги кўп жихатдан терговчи ёки суд томонидан экспертга тақдим этилган таққослаш материалининг (қўлёзма намуналари) миқдори ва сифатига боғлиқ. Фақатгина юқори сифатли қўлёзма намуналари мавжуд бўлганда, идентификация объектларини қиёсий тадқиқ қилиш жараёнида мутахассис ўзига юклатилган вазифаларни ҳал қилиши мумкин. Шунинг учун таққослаш материалларини дастлабки баҳолаш қўлёзма билан боғлиқ экспертизани ўтказишда муҳим масала ҳисобланади. Аммо шуни таъкидлаш керакки, ушбу босқич жуда машаққатли ва эксперт томонидан текширувга сарфланадиган вақтнинг 20% гача қисми шу ишга сарфланади. Шу муносабат билан ушбу жараёни автоматлаштириш масаласи пайдо бўлди.

Ушбу диссертация иши доирасида ишлаб чиқилган дастурий таъминот ва алгоритмик таъминот Наманган вилояти ИИБ Суд экспертизаси бўлимлари ва Наманган вилояти Косонсой тумани ИИБнинг амалий фаолиятига тадбиқ қилинди ва ундан қўлёзма экспертизалар пайтида қиёсий материалларини дастлабки баҳолаш босқичида фойдаланилди. Дастурий таъминотдан фойдаланиш қўлёзма экспертизаларини ўтказиш вақтини 16 фоизга қисқартиришга имкон берди.

Диссертациянинг **иловасида** тадқиқот натижаларининг амалий қўлланилишини тасдиқловчи ҳужжатларнинг нусхалари, шунингдек, Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлиги ҳузуридаги Интеллектуал мулк агентлиги томонидан берилган дастурларни расмий рўйхатдан ўтказиш тўғрисидаги гувоҳномаларнинг нусхалари мавжуд.

ХУЛОСА

«Қўлёзма матни тасвирига дастлабки ишлов бериш алгоритмлари» мавзусида олиб борилган диссертация тадқиқотининг асосий натижалари асосида қуйидаги асосий хулосаларни чиқариш мумкин.

1. Қўлёзма матни тасвирига дастлабки ишлов беришнинг мавжуд алгоритмлари таҳлили асосида уларнинг ютуқ ва камчиликлари аниқланди. Бундан ташқари қўлёзма матн тасвирларига хос бўлган асосий хусусиятлар аниқланди. Бундан ташқари, қўлёзма матн тасвирларига хос бўлган, машинада ёзилган матн тасвирларини таҳлил қилишнинг анъанавий алгоритмлари уларни қайта ишлашга имкон бермайдиган асосий хусусиятлари аниқланди.

2. Берилган тасвир сифатининг миқдорий баҳосига асосланган қўлёзма матни тасвирлари сифатини ошириш учун самарали алгоритмни танлаш ёндашуви таклиф қилинди. Ушбу ёндашув қўлёзма матни тасвирларини таҳлил қилиш тизимларини яратишда ишлов бериш алгоритмлари кетма-кетлигини қуришни автоматлаштиришга имкон беради.

3. Қўлёзма матни тасвиридаги даврий равишда такрорланадиган тўғри чизиқларни ажратиш алгоритми ишлаб чиқилди. Ушбу алгоритм тасвирдаги тўғри чизиқ кўринишдаги ҳалақитларни йўқотиш ва тасвирдаги қўлёзма матн сатрларини сегментлаш имконини беради.

4. Морфологик амалларни қўллашга асосланган қўлёзма матни тасвирини бинарлаштириш алгоритми ишлаб чиқилди. Олиб борилган тажрибавий тадқиқотлар натижалари ушбу алгоритм варақнинг орти томонидаги мантни кўриниши, варақни букилиши натижасида ҳосил бўлган чизиқлар ва тасвир нотекис ёритилганлиги шароитларда ҳам турғун эканлигини кўрсатди.

5. Тасвирдаги қўлёзма матн сатрлари ва сўзларини сегментация қилиш учун тасвирни тенг қисмларга ажратиш ва морфологик амаллар ёрдамида хиралаштиришга асосланган алгоритм ишлаб чиқилди. Ушбу алгоритм қўлёзма матн сатрларининг нопараллел ва тўлқинсимон бўлиши, битта сўз ичидаги ҳарфларнинг узилиб қолиши каби ўзига хос хусусиятлари мавжуд бўлганда ҳам сегментация қилиш натижаларининг барқарорлигини таъминлайди.

6. Қўлёзма матни тасвирлари дастлабки ишлов беришнинг мавжуд ва таклиф этилган алгоритмларни ягона интерфейсга бирлаштирувчи дастурий мажмуа ишлаб чиқилди. Мазкур дастурий мажмуадан қўлёзма матн тасвирларига дастлабки ишлов бериш ва уларни таҳлил қилиш амалий тизимларини асосий қисми сифатида фойдаланиш мумкин.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПРИ НАУЧНОМ СОВЕТЕ
DSc13/30.12.2019.Т.07.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

**НАУЧНО-ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННО-
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

ДАДАХАНОВ МУСОХОН ХОШИМХОНОВИЧ

**АЛГОРИТМЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ
РУКОПИСНОГО ТЕКСТА**

05.01.03 – Теоретические основы информатики

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2019.2.PhD/T1097.

Диссертация выполнена в Научно-инновационном центре информационно-коммуникационных технологий при Ташкентском университете информационных технологий.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета (www.tuit.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель: **Фазылов Шавкат Хайруллаевич**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Кабулов Анвар Васильевич**
доктор технических наук, профессор

Бекмуратов Косим Аллабердиевич
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: «UNICON.UZ»-центр научно-технических и маркетинговых исследований

Защита диссертации состоится «22» июня 2021 г. в 11⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.07.01 при Ташкентском университете информационных технологий. (Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер №204). (Адрес: 100202, г.Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44).

Автореферат диссертации разослан «11» июня 2021 года.
(протокол рассылки №16 от «08» июня 2021 г.).



Председатель

Р.Х.Хамдамов
Председатель научного совета по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

Ф.М.Нуралиев
Учёный секретарь научного совета по присуждению учёных степеней, д.т.н., доцент

М.А.Исманлов
Председатель научного семинара при научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется разработке систем компьютерного зрения. В этой области одной из актуальных задач является разработка, усовершенствование и внедрение методов и алгоритмов анализа и распознавания объектов на изображении. В зарубежных странах, в том числе в США, Российской Федерации, Франции, Швейцарии, Греции, Иране, Индии и других странах, большое внимание уделяется решению теоретических и практических задач анализа изображений рукописного текста и его распознавания.

В мире ведутся широкомасштабные научно-исследовательские работы, направленные на усовершенствование существующих методов и алгоритмов, а также разработку новых вычислительных алгоритмов для создания автоматизированных систем обработки и анализа изображений рукописного текста. При этом считается, что точность результатов работы этих систем во многом определяется качеством входных изображений рукописного текста. В связи с этим, разработка алгоритмов повышения качества исходного изображения, включая его бинаризацию, сегментацию строк и слов на изображении является одной из важных задач.

В нашей республике в этом направлении особое внимание уделяется разработке и широкому внедрению автоматизированных систем анализа цифровых изображений рукописных текстов в судебно-правовую систему, а также для осуществления оперативно-следственных действий в силовых структурах. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены задачи, в том числе, «... внедрение информационно-коммуникационных технологий в экономику, социальную сферу, системы управления. ... в деятельность судов»¹. В частности, в реализации указанных задач одним из важных вопросов является распознавание рукописных текстов, позволяющее автоматизировать процесс обработки больших массивов информации, представленных рукописными текстами, которые хранятся в государственных учреждениях. Поэтому развитие методов и алгоритмов анализа цифровых изображений рукописных текстов, в том числе методов и алгоритмов предварительной обработки этих изображений, является актуальной проблемой.

Настоящее диссертационное исследование в определенной степени служит для реализации задач, определенных Указом Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан, постановлениями Президента №ПП-2158 от 3 апреля 2014 года «О мерах по дальнейшему внедрению информационно-коммуникационных технологий в реальном секторе экономики», №ПП-2898 от 18 апреля 2017 года «О мерах по коренному совершенствованию деятельности органов внутренних дел в сфере расследования преступлений», №ПП-4996 от 17 февраля 2021 года «О мерах

¹ Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

по созданию условий для ускоренного внедрения технологий искусственного интеллекта», а также другими нормативно-правовыми актами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. В последние годы задачи разработки и усовершенствования методов обработки изображений, распознавания образов, а также их практическое применение исследованы в научных трудах М.Булаку, Х.Бунке, Б.Гатоса, Л.Местецкого, И.Пратикакиса, Ж.Саувола, И.Сиддики, С.Срихари, А.Шлапбаха и других зарубежных ученых.

В Узбекистане в развитие теоретических основ распознавания образов и обработки изображений большой вклад внесли М.М.Камилов, З.Т.Адилова, Ф.Т.Адилова, Э.М.Алиев, Ш.Х.Фозылов, Р.Х.Хамдамов, Р.А.Лутфуллаев, Н.М.Мирзаев, С.С.Садиков, Ш.Е.Туляганов и другие.

В настоящее время высокими темпами развиваются системы анализа изображений рукописного текста, так как эти системы находят широкое применение для распознавания рукописного текста в банковской сфере, почтовом ведомстве, криминалистике и других сферах. Анализ исследований, проведенных в этом направлении, показывает, что часто исходные изображения рукописного текста являются не очень качественными, что затрудняет автоматизацию процесса их обработки. Несмотря на то, что к настоящему времени разработан ряд методов и алгоритмов повышения качества изображений, однако при этом в недостаточной степени исследована проблема усовершенствования существующих и разработка новых методов и алгоритмов, обеспечивающих повышение качества изображений рукописного текста.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Научно-инновационного центра информационно-коммуникационных технологий при Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразми в рамках проектов по теме №А-5-003 «Разработка и практическое применение алгоритмического и программного обеспечения системы анализа рукописных текстов» (2015-2017), а также по теме №БВ-Атех-2018(240+147) «Разработка алгоритмов и программного обеспечения идентификации личности на основе потоковой обработки изображений лиц» (2018-2020).

Целью исследования является разработка, программная реализация и практическое использование алгоритмов предварительной обработки изображений рукописного текста.

Задачи исследования:

анализ современного состояния проблемы обработки и распознавания изображений рукописного текста;

исследование вопросов количественной оценки качества исходного изображения рукописного текста;

выделение периодически повторяющихся прямых линий на изображении;

бинаризация изображения рукописного текста;

сегментация строк и слов рукописного текста на изображении;

экспериментальное исследование и оценка работоспособности созданных алгоритмов предварительной обработки изображений рукописного текста;

создание и практическое применение комплекса программ предварительной обработки изображений рукописного текста.

Объектом исследования являются цифровые изображения рукописных текстов.

Предметом исследования являются методы и алгоритмы предварительной обработки изображений рукописного текста.

Методы исследования. При проведении диссертационного исследования использовались методы системного анализа, дискретной математики, теории вероятностей, математической статистики, распознавания образов и обработки цифровых изображений.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан подход, основанный на безэталонной оценке качества исходного изображения рукописного текста и позволяющий автоматизировать процесс построения последовательности обрабатываемых алгоритмов при создании систем анализа изображений рукописного текста;

разработан алгоритм выделения периодически повторяющихся прямых линий на изображении, позволяющий устранить помехи в виде прямых линий и сегментировать строки рукописного текста на изображении;

разработан алгоритм бинаризации изображения рукописного текста, позволяющий устранить или снизить влияние на результаты обработки текста таких помех, как просвечивание текста с оборотной стороны листа, загибы листа и неравномерная освещенность;

разработан алгоритм сегментации строк и слов рукописного текста на изображении, обеспечивающий устойчивость результатов сегментации при наличии таких особенностей рукописного текста, как непараллельность и волнообразность строк, разрывность букв в рамках одного слова.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработано алгоритмическое обеспечение, предназначенное для практического применения в системах обработки и анализа изображения текста, написанного от руки, в части предварительной обработки входных изображений;

разработан комплекс программ количественной оценки качества исходного изображения рукописного текста, выделения на нем периодически повторяющихся прямых линий, бинаризации изображения рукописного текста, сегментации строк и слов рукописного текста на изображении.

Достоверность результатов исследования подтверждается корректным применением математического аппарата обработки цифровых изображений и распознавания образов при создании алгоритмов, а также положительными результатами экспериментальных исследований.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования определяется тем, что разработанные алгоритмы являются определенным вкладом в дальнейшее развитие теоретических основ обработки изображений в части повышения их качества.

Практическая значимость результатов исследования определяется тем, что разработанный программный комплекс можно использовать в качестве составной части для создания прикладных систем обработки и анализа изображений рукописных текстов.

Внедрение результатов исследования. Основные научные результаты диссертационной работы внедрены в следующих объектах:

созданный на основе алгоритмов количественной оценки качества, бинаризации, сегментации изображения рукописного текста программный комплекс внедрен в Экспертно-криминалистическом отделе УВД Наманганской области для проведения почерковедческих экспертиз (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций №33-8/27 от 4 января 2021 года). Использование результатов научного исследования позволило сократить время проведения почерковедческих экспертиз на 16% за счет автоматизации процесса отбора качественных образцов почерка;

созданный на основе алгоритмов бинаризации, выделения периодически повторяющихся прямых линий, сегментации изображения рукописного текста программный комплекс внедрен в архивном отделе Хокимията Наманганской области для обработки архивных рукописных документов (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций №33-8/27 от 4 января 2021 года). На основе использования результатов научного исследования повысилось качество архивных документов, что впоследствии дало возможность сократить время ручной обработки этих документов на 20%.

созданный на основе алгоритмов количественной оценки качества, бинаризации, сегментации изображения рукописного текста программный комплекс внедрен в Экспертно-криминалистическом отделе Касансайского РОВД Наманганской области для проведения почерковедческих экспертиз (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций №33-8/27 от 4 января 2021 года). Использование результатов научного исследования позволило сократить время проведения почерковедческих экспертиз на 16% за счет автоматизации процесса отбора качественных образцов почерка.

Апробация результатов исследования. Теоретические и практические результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на 4 международных и 3 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. Основные результаты исследования опубликованы в 19 научных работах, из которых 10 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 8 в республиканских и 2 в зарубежных журналах. Также получены 2 свидетельства об официальной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 111 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Обозначены цель и задачи исследования, а также определены объект и предмет исследования, обоснована достоверность полученных результатов, показаны их научная и практическая значимость, приведены сведения о внедрении результатов исследования, опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Проблема анализа изображения рукописного текста»** приведены результаты анализа современного состояния проблемы анализа изображения рукописного текста и методов ее решения, отмечены преимущества и недостатки каждого из этих методов, сформулированы основные проблемы, существующие в области обработки и анализа изображения рукописного текста. На основе рассмотрения известных методов и алгоритмов обработки и анализа изображения рукописного текста определены проблемы развития этого направления исследований и пути их решения, а также сформулированы цель и задачи данной научной работы.

В параграфе 1.1 показаны место и роль проблемы анализа изображения рукописного текста в современном обществе, отличительные аспекты задачи анализа рукописного текста от задачи анализа машинописного текста.

Ввиду физиологических особенностей процесса написания текста, рукописный текст не стандартизован, чаще хаотичен, чем структурирован, подвергается определённым искажениям, существенно индивидуален. Кроме того, в рукописном тексте, в отличие от машинописного, преимущественно имеет место слитное написание отдельных символов при изображении слова, строки часто непараллельны, могут быть волнообразными, а некоторые рукописные объекты могут пересекаться с объектами соседних строк. Таким образом, учитывая перечисленные отличия между рукописным и машинописным текстом, можно сделать вывод о том, что проблема анализа и распознавания рукописного текста намного сложнее аналогичной проблемы, связанной с машинописным текстом.

Кроме того, сложность решения проблемы анализа и распознавания рукописного текста определяется существенной вариативностью рукописных символов в рамках почерка отдельного человека, наличием

естественных дефектов изображения, отсутствием возможности обучения конкретному почерку в процессе использования системы. В связи с этим обстоятельством современный этап исследований по проблеме анализа рукописного текста связан с разработкой новых методов распознавания рукописного текста, малочувствительных к вариабельности символов и к дефектам изображения.

В параграфе 1.2 приведены прикладные задачи, решаемые на основе анализа изображений рукописного текста, и методы их решения, а также показана важность этапа предварительной обработки этих изображений при создании систем, решающих данные задачи.

На этапе оцифровки рукописного текста в силу технических или человеческих факторов возможно искажение его изображения, добавление некоторых шумов. Кроме того, сам источник (например, древняя рукопись) может быть в плохом состоянии. Поэтому в параграфе 1.3 рассмотрены наиболее часто встречающиеся на практике такие искажения и существующие на сегодняшний день алгоритмы их устранения или снижения уровня их влияния на результаты обработки текста. Кроме особенностей рукописного текста, к факторам, усложняющим автоматизацию процесса анализа изображения рукописного текста, отнесены: геометрические искажения, неравномерное освещение, плохой контраст, просвечивание элементов текста с обратной стороны листа, блеклый текст, наличие помарок, пятен, загибов и т.п.

Основываясь на результатах проведенного анализа состояния проблемы обработки и анализа изображений рукописного текста, в параграфе 1.4 сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Вторая глава диссертации **«Разработка алгоритмов предварительной обработки изображений рукописного текста»** посвящена описанию предложенного подхода к оценке качества исходного изображения, анализу и выбору алгоритмов повышения качества изображения, а также описанию разработанных алгоритмов выделения линий и бинаризации изображения рукописного текста.

В параграфе 2.1 изучена проблема безэталонной оценки качества исходного изображения рукописного текста, возникаемая при разработке систем анализа этого изображения. Задача количественной оценки качества изображения является достаточно сложной задачей, и, очевидно, ее решение обеспечит возможность построения эффективной стратегии применения алгоритмов предварительной обработки, позволяющей на выходе получить более качественное изображение, пригодное для дальнейшего анализа.

Для количественной безэталонной оценки яркости исходного изображения рукописного текста использован критерий, вычисляемый по формуле

$$Y_{av} = \frac{1}{k} \sum_{i=0}^{k-1} Y_b(i),$$

где $Y_b(i) = \frac{Y_{av}(i)}{255}$; $Y_{av}(i) = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n 0.299 \cdot R(i \cdot m + x, i \cdot n + y) + 0.587 \cdot G(i \cdot m + x, i \cdot n + y) + 0.114 \cdot B(i \cdot m + x, i \cdot n + y)$.

При этом значение Y_{av} будет лежать в диапазоне $[0,1]$. При этом значение $Y_{av}=0$ будет соответствовать абсолютно чёрному изображению, а $Y_{av}=1$ – абсолютно белому. Изображение оптимальной яркости должно иметь значение Y_{av} , близкое к 0,5.

В качестве критерия оценки яркостной контрастности использовано отношение среднеквадратического отклонения к максимально возможному значению яркости:

$$C = \frac{2\sigma}{255},$$

где $\sigma = \sqrt{\frac{1}{M \cdot N} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (Y_{av} - Y(x, y))^2}$; $Y_{av} = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N 0.299 \cdot R(x, y) + 0.587 \cdot G(x, y) + 0.114 \cdot B(x, y)$.

Значение C изменяется в диапазоне $[0,1]$, где $C = 0$ соответствует однотонному изображению, а $C = 1$ – максимально контрастному. Оптимальное значение контрастности зависит от типа объекта, представленного на изображении.

Для оценки уровня шума на исходном изображении рукописного текста и уровня размытия этого изображения использован известный алгоритм BRISQUE, базирующийся на статистическом анализе реальных сцен. На основе анализа результатов данного алгоритма сформулированы следующие правила:

- 1) если $B \in [0, 25]$, то изображение качественное;
- 2) если $B \in [50, 60]$, то изображение зашумленное;
- 3) если $B \in [70, 75]$, то изображение размытое; (1)
- 4) если $B \in [61, 69]$, то изображение зашумленное и размытое;
- 5) если $B \in [90, 100]$, то изображение размытое и зашумленное.

Здесь B – оценка качества изображения, полученная с помощью алгоритма BRISQUE.

Последние два правила отличаются только порядком элементов следствия. Это указывает на порядок применения алгоритмов повышения качества изображения.

Параграф 2.2 работы посвящён анализу и выбору алгоритмов повышения качества изображений рукописного текста. Рассмотрены наиболее распространенные алгоритмы, приведены условия их применения, достоинства и недостатки.

В параграфе 2.3 рассмотрена задача выделения линий на изображении. На практике рукописный текст часто пишется на пролинованной бумаге. Поэтому важной задачей обработки и анализа рукописных изображений является выделение на изображении прямых линий для последующего их удаления.

Предлагаемый алгоритм основан на априорных знаниях о том, что

прямые на изображении периодически повторяются. В связи с этим, определив шаг, с которым повторяется линия, можно с большой вероятностью утверждать о присутствии или отсутствии на рассматриваемом фрагменте изображения прямой. Кроме того, реализация данного алгоритма исключает необходимость сегментации строк на изображении.

Алгоритм А1 выделения прямых на изображении реализуется следующим образом.

Этап 1. Определяются значения параметров прямых ρ_i, θ_i ($i = 1, \dots, k$) на исходном изображении с помощью алгоритма Хафа.

Этап 2. Определяется значение шага периода линий Δ на изображении на основе анализа значений параметров прямых ρ_i, θ_i . Данный этап состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Вычисляются значения элементов матрицы углов:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } |\theta_i - \theta_j| < \varepsilon_\theta, \\ 0, & \text{иначе;} \end{cases} \quad i, j=1, \dots, k.$$

Шаг 2. Если выполняется условие $\frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^k a_{ij} < t$, то $\Delta = 0$ и осуществляется переход к шагу 5.

Шаг 3. Вычисляются значения элементов матрицы расстояний:

$$d_{ij} = \begin{cases} |\rho_i - \rho_j|, & \text{если } a_{ij} = 1, \\ c, & \text{иначе;} \end{cases} \quad i, j=1, \dots, k.$$

Шаг 4. В качестве значения шага Δ принимается число ($\Delta \neq c$), наиболее часто встречающееся в d_{ij} .

Шаг 5. Конец.

Параграф 2.4 посвящен решению задачи бинаризации изображения. Бинаризация – это один из важных этапов процесса обработки изображений рукописного текста. Результаты данного этапа значительно влияют на конечный результат анализа текста. В связи с этим исследователи в области обработки изображений и компьютерного зрения уделяют особое внимание решению данной задачи.

Предлагаемый **алгоритм А2** бинаризации изображения основан на использовании морфологических операций и состоит из следующих этапов.

Этап 1. Предварительная обработка. На этом этапе производится сглаживание исходного изображения. Для сглаживания фоновой текстуры и повышения контраста между фоном и текстом используем адаптивный фильтр Винера

$$I(x, y) = \mu + (\delta^2 - v^2)(I_s(x, y) - \mu)/\delta^2,$$

где μ – средняя и δ^2 – дисперсия окна размером 3×3 , а v^2 – среднее значение дисперсий.

Этап 2. Выделение точек высокой и низкой интенсивности. На данном этапе для выделения точек высокой и низкой интенсивности к сглаженному изображению рукописного текста применяются соответственно операции размыкания

$$I_o(x, y) = I(x, y) \circledast S_{m \times n} = (I(x, y) \oplus S_{m \times n}) \ominus S_{m \times n}$$

и замыкания

$$I_c(x, y) = I(x, y) \otimes S_{m \times n} = (I(x, y) \ominus S_{m \times n}) \oplus S_{m \times n},$$

где $I(x, y) \oplus S_{m \times n}$ – операция наращивания структурирующим элементом $S_{m \times n}$; $I(x, y) \ominus S_{m \times n}$ – операция эрозии тем же элементом. На данном этапе использован структурирующий элемент $S_{1 \times 7}$ вида

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}.$$

Этап 3. Формирование разности изображений. Изображение, представляющее собой разность полученных на предыдущем этапе изображений, формируется на основе идеи выделения вертикальных краевых точек

$$D(x, y) = \text{abs}(I_o(x, y) - I_c(x, y)).$$

Этап 4. Замыкание. На данном этапе производится замыкание изображения $D(x, y)$ структурирующим элементом $S_{5 \times 5}$

$$D_c(x, y) = D(x, y) \otimes S_{5 \times 5}.$$

Этап 5. Бинаризация. На данном этапе производится бинаризация полученного изображения

$$B(x, y) = \begin{cases} 255, & \text{если } D_c(x, y) > t_0; \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

где порог бинаризации t_0 определяется методом Отсу.

Как показали результаты экспериментального исследования, использование предложенного алгоритма для бинаризации изображения позволяет получить приемлемые результаты даже в случаях, когда исходное изображение имеет такие искажения, как просвечивание элементов обратной стороны сканированного документа, сильные перепады освещенности. Однако необходимо отметить факт низкого быстродействия предлагаемого алгоритма относительно известных алгоритмов в связи с использованием морфологических операций над изображением, являющихся, как известно, ресурсоемкими операциями.

В третьей главе диссертации «**Разработка алгоритмов сегментации и уточнения рукописных объектов на изображении**» рассмотрены задачи сегментации строк и слов на изображении, выравнивания строк и уточнения изображений рукописных объектов, а также предложены алгоритмы решения этих задач.

В параграфе 3.1 приведено описание разработанного алгоритма сегментации строк и слов на изображении рукописного текста. Как известно, алгоритмы сегментации позволяют выделить области интереса на изображении для последующего их анализа. Правильная сегментация является важнейшей составляющей систем обработки и анализа изображений рукописного текста.

Сегментация строк на изображении рукописного текста является сложной задачей в силу того, что строки могут быть непараллельными, изгибаться, находиться близко друг к другу, элементы текста разных строк могут налагаться друг на друга. Сложность задачи сегментации слов рукописного текста заключается в том, что в отличие от машинописного текста, в котором расстояние между словами более-менее постоянно, а расстояния между

буквами внутри слова гораздо меньше, чем расстояния между слов, в рукописном тексте расстояние между словами может сильно варьировать.

Предлагаемый **алгоритм А3** выделения строк и слов рукописного текста основан на идее анализа проекции. Для этого сначала производится размытие изображения для получения более четких границ строк и слов. Данный алгоритм состоит из следующих шагов.

Шаг 1. К исходному бинарному изображению B применяется морфологическая операция замыкания со структурирующим элементом S , размер которого 1×13 :

$$B' = B \otimes S.$$

Шаг 2. Изображение B' делится на k равных (либо приблизительно равных) блока B_t ($t = \overline{1, k}$).

Шаг 3. Для каждого блока B_t вычисляется горизонтальная проекция по формуле

$$P_t(i) = \sum_{j=1}^N B_t(i, j), \quad i = 1, \dots, M.$$

В качестве кандидатов на строки приняты оси по горизонтали, где проекция блока изображения достигает пиков.

Шаг 4. Для выделения линий разделения строк на проекции вычисляется порог для каждого блока по формуле

$$\theta_t = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M P_t(i)$$

и выделяются строки

$$L_t(i) = \begin{cases} 1, & \text{если } P_t(i) > \theta_t; \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Шаг 5. Для сегментации слов в каждой полученной строке вычисляется вертикальная проекция по аналогии с действиями шага 3 и на основе анализа этой проекции выделяются слова.

Для оценки перекоса текста на изображении и выравнивания этого текста предложен **алгоритм А4**, состоящий из следующих шагов.

Шаг 1. Для получения черных неразрывных полос, являющихся строками текста, к бинарному изображению B применяется морфологический оператор замыкания с маской большого размера:

$$B_c(x, y) = B(x, y) \otimes S_{m \times n}.$$

Шаг 2. Для удаления в полученных полосах помех, образовавшихся за счет надстрочных и подстрочных дуг и линий, к полученному изображению B_c применяется морфологический оператор размыкания квадратной маской маленького размера:

$$B_o(x, y) = B_c(x, y) \odot S'_{m \times n}.$$

Шаг 3. К бинарному изображению B применяется морфологический оператор замыкания:

$$B_c(x, y) = B(x, y) \otimes S'_{m \times n}.$$

Шаг 4. В качестве кандидатов на базовые линии принимаются точки перехода с черного пикселя на белый пиксель по вертикали.

Шаг 5. Отбираются базовые линии, длина которых превышает определенный порог.

Шаг 6. Определяется угол перекоса каждой базовой линии и в качестве общего угла выравнивания берется медиана этих углов.

Шаг 7. Исходное изображение поворачивается на угол выравнивания.

При анализе структуры рукописного объекта на изображении часто необходимо представлять и характеризовать объект в компактной и приблизительной форме, полезной для топологического анализа и классификации объекта. Для выделения необходимых для распознавания признаков, легче всего представить линии рукописных объектов в виде скелета. В параграфе 3.3 проведен аналитический обзор известных методов утончения рукописных объектов, приведены их достоинства и недостатки.

Четвертая глава диссертации **«Экспериментальное исследование и практическое применение разработанных алгоритмов»** посвящена созданию программного комплекса на основе предложенных и существующих алгоритмов предварительной обработки изображений рукописного текста, описанию результатов экспериментальных исследований и решению практических задач.

В параграфе 4.1 приведены общая схема, функциональные возможности и графический интерфейс программного комплекса «HWTPreprocessing», разработанного на основе предложенных и существующих алгоритмов. Программный комплекс предназначен для предварительной обработки изображений рукописного текста, реализован с учетом методики объектного программирования на языке Python.

Комплекс состоит из взаимосвязанных программных модулей, обеспечивает автоматизированную и (или) диалоговую процедуры обработки исходных изображений рукописных документов, имеет дружественный с пользователем интерфейс. Структурная схема комплекса приведена на рисунке 1.

Формирование базы данных для проведения экспериментальных исследований является трудоемким процессом, поэтому их доступность является весьма важным фактором при разработке и оценке алгоритмов и систем во всех научно-исследовательских областях. В связи с этим, в параграфе 4.2 проведен обзор наиболее распространенных баз изображений рукописного текста и их назначение. Наличие стандартных баз данных не только решают проблему исходных данных для исследователя, но и предоставляет ему возможность объективно оценить эффективность разработанных алгоритмов и системы в целом, а также сравнить их с существующими.

Для проведения экспериментальных исследований сформирована база изображений IUNT (Images of Uzbek Handwritten Text), состоящая из 2242 страниц отсканированного рукописного текста формата А4 и принадлежащих

373 авторам. Страницы отсканированы с разрешением 600 dpi и сохранены в формате JPEG в виде полутоновых изображений.

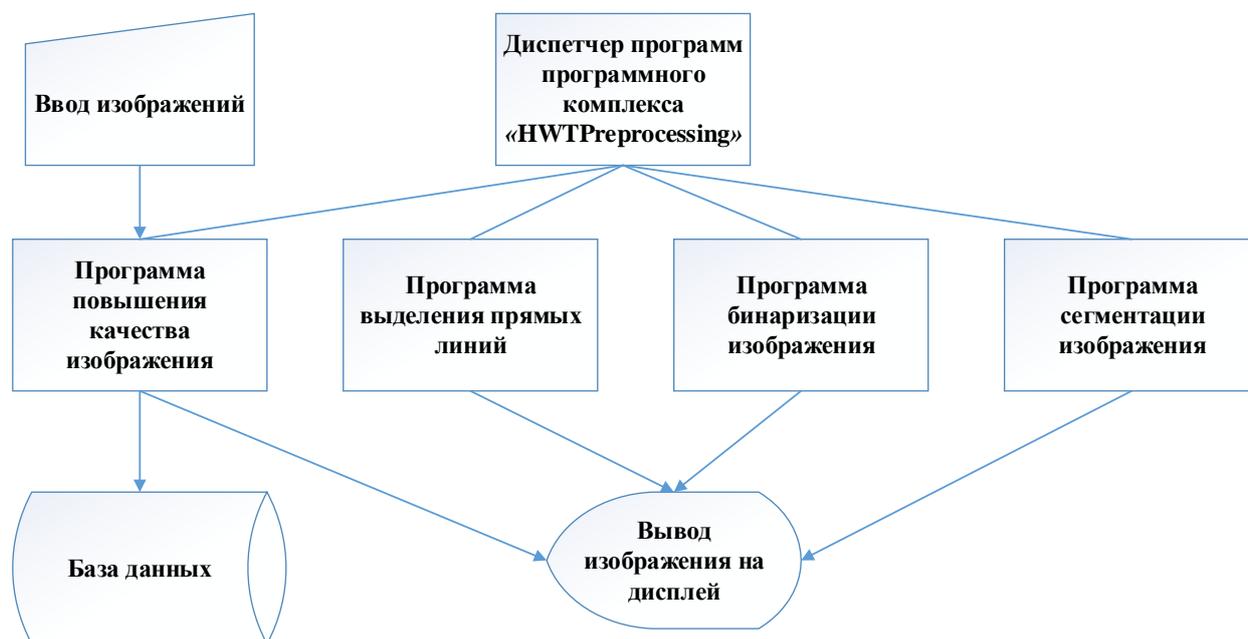


Рис. 1. Структурная схема программного комплекса «HWTPreprocessing»

В параграфе 4.3 приведены результаты экспериментальных исследований, проведенных с использованием программного комплекса «HWTPreprocessing» и рассмотренных в предыдущем параграфе баз изображений рукописного текста.

Для построения правил принятия решений об использовании того или иного алгоритма повышения исходного изображения на основе оценки его качества применена следующая схема экспериментов.

Для определения вида искажения исходного изображения из базы изображений ИУНТ визуально отображены наиболее качественные изображения. Затем эти изображения преобразовывались для моделирования следующих условий искажения изображения: изменение яркости, изменение контраста, размытие и добавление различных шумов. Зная количественные оценки качества искаженного изображения и способ его искажения, можно определить эффективный алгоритм для устранения этого искажения.

В таблице приведены показатели, использованные для моделирования искажений изображения.

В параграфе 4.4 приведены результаты практического применения программного комплекса «HWTPreprocessing» при решении прикладных задач повышения качества изображений архивных документов и идентификации личности по изображениям рукописного текста.

В настоящее время в архивах организаций и учреждений имеется большое количество архивных и исторических документов, существующих только в единственном экземпляре. На некоторых из них могут присутствовать

дефекты в результате неправильного хранения или физического повреждения (трещины, пятна, царапины и т.д.). Кроме того, в некоторых рукописных документах поверх основного текста имеются пометки, усложняющие чтение текста в данном документе. Путем оцифровывания данных изображений можно не только надежно сохранить, но и улучшить их визуальное качество с использованием предложенных алгоритмов предварительной обработки изображений.

Таблица.
Исходные данные для моделирования искажений изображений

№ п/п	Искажение	Формула	Показатель	Мин. знач.	Макс. знач.	Шаг
1.	Изменение яркости	$\hat{I} = I \cdot \left(1 + \frac{dI}{100}\right)$	dI	-70	70	10
2.	Изменение контраста	$\hat{I} = \left(I - I_{min} - \frac{I_{max} - I_{min}}{2}\right) \cdot \frac{\alpha}{100} + I_{max} + \frac{I_{max} - I_{min}}{2}$	α	10	100	10
3.	Размытие	Фильтр Гаусса размером $S \times S$	s	3	15	2
4.	Гауссовские шумы	$p(z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(z-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	μ σ^2	0 0	0,2 0,1	0,05 0,01
5.	Импульсные шумы	$1 - P_s$	P_s	0	0,2	0,05

В связи с этим возникает задача повышения качества изображений рукописных документов, хранящихся в архивах организаций и учреждений. В диссертационной работе эта задача решена на примере архивных документов Хокимията города Намангана. Суть ее заключалась в следующем.

Дана база рукописных архивных документов, состоящая из более чем 32000 изображений. Необходимо повысить качество этих изображений и создать инструментарий в виде программного обеспечения, позволяющего повысить читабельность текста на этих изображениях.

Анализ изображений показал, что кроме перечисленных выше основных проблем часто встречаются помехи в виде небольших пометок, зачеркиваний и подчеркиваний основного текста, усложняющие чтение текста. Поэтому поставленная задача разделена на две подзадачи:

- повышение контраста, яркости и устранение шумов;
- декомпозиция изображения на слои, состоящие из основного текста и пометок.

Первая подзадача решена программной реализацией известных и предлагаемых алгоритмов повышения качества изображения. При этом реализована удобная для пользователя пакетная обработка данных, позволяющая производить одни и те же операции над выбранным множеством изображений.

Для решения второй подзадачи реализована процедура сегментации изображения по цвету, на основе которой формируются слои основного текста

и пометок на этом тексте. Как показали результаты экспериментов, удаление из изображения слоев, создающих помехи для чтения основного текста (рис. 2), позволило повысить читабельность архивных документов, что также подтвердили специалисты Архивного отдела Хокимията города Намангана.

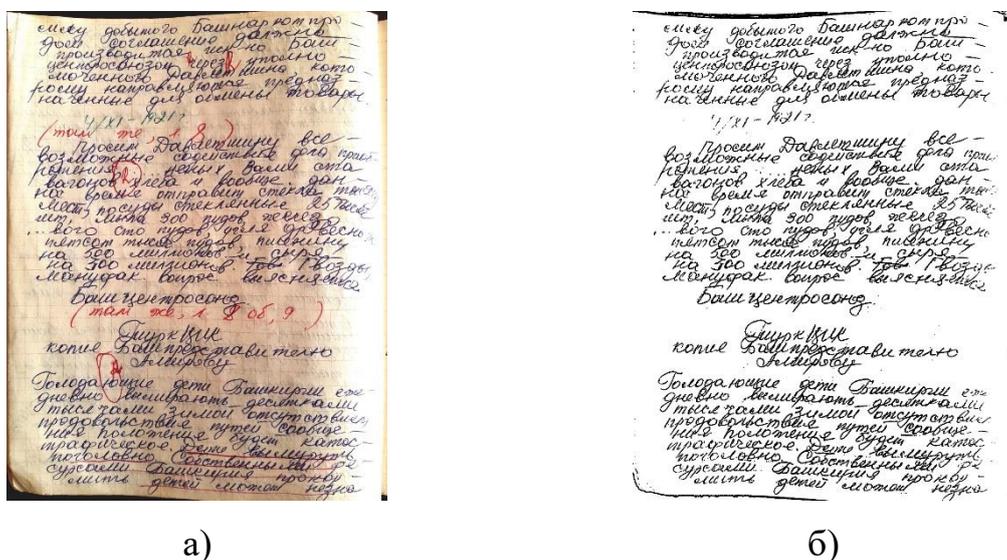


Рис. 2. Результат обработки исходного изображения (а) с удаленным слоем текста и пометок красного цвета (б)

Программное и алгоритмическое обеспечение, разработанное в рамках данной диссертационной работы, внедрены в практическую деятельность Архивного отдела Хокимията Наманганской области и использованы при обработке рукописных документов данного отдела. Использование программного обеспечения позволило сократить время обработки рукописных документов на 20%.

По мнению многих специалистов в области компьютерного зрения, наиболее часто встречаемой и важной задачей, решаемой на основе анализа рукописного текста, является задача идентификации автора этого текста.

Для производства почерковедческой экспертизы существует специальная методика, разработанная для последовательного исследования на протяжении всей экспертизы.

Методика традиционно делится на 4 стадии:

- 1) предварительное исследование;
- 2) детальное исследование;
- 3) оценка результатов проведенного исследования и формирование выводов эксперта;
- 4) оформление результатов проведенного экспертного исследования.

Предварительную стадию исследования, которая начинается с ознакомления с постановлением следователя о назначении почерковедческой экспертизы, условно делят на пять этапов.

- 1) ознакомление с материалами, поступившими на экспертизу;
- 2) изучение задач исследования;

3) ознакомление с обстоятельствами дела, изложенными в постановлении следователя о назначении экспертизы;

4) предварительный экспертный осмотр и изучение документов-вещественных доказательств;

5) предварительная оценка сравнительных материалов.

Научная обоснованность вывода во многом зависит от количества и качества сравнительного материала (образцов почерка), представленного эксперту следователем или судом. Только при наличии качественных образцов почерка эксперт в процессе сравнительного исследования объектов идентификации может решить поставленные перед ним задачи. Поэтому предварительная оценка сравнительных материалов является важной задачей при проведении почерковедческой экспертизы. Однако необходимо отметить, что данный этап является весьма трудоемким и занимает до 20% времени от всего времени, затрачиваемого экспертом на проведение экспертизы. В связи с этим, возникла задача автоматизации данного процесса.

Программное и алгоритмическое обеспечение, разработанное в рамках данной диссертационной работы, внедрены в практическую деятельность Экспертно-криминалистических отделов УВД Наманганской области и РОВД Касансайского района Наманганской области и использованы на этапе предварительной оценке сравнительных материалов при проведении почерковедческих экспертиз. Использование программного обеспечения позволило сократить время проведения почерковедческих экспертиз на 16%.

В приложении диссертации приведены копии документов, подтверждающих практическое применение результатов исследования, а также копии свидетельств об официальной регистрации программ, выданных Агентством по интеллектуальной собственности при Министерстве юстиции Республики Узбекистан.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов проведенного диссертационного исследования на тему «Разработка алгоритмов предварительной обработки изображений рукописного текста» можно сделать следующие основные выводы.

1. На основе анализа известных алгоритмов предварительной обработки изображений рукописного текста определены их достоинства и недостатки. Кроме того, выявлены основные особенности, свойственные изображениям рукописных текстов, что не позволяет использовать для их обработки традиционные алгоритмы анализа изображений машинописных текстов.

2. Предложен подход к выбору эффективного алгоритма повышения качества исходного изображения рукописного текста, основанный на количественной оценке качества этого изображения. Данный подход позволяет автоматизировать процесс построения последовательности обрабатывающих алгоритмов при создании систем анализа изображений рукописного текста.

3. Разработан алгоритм выделения периодически повторяющихся прямых линий на изображении рукописного текста. Данный алгоритм позволяет устранить помехи в виде прямых линий и сегментировать строки рукописного текста на изображении.

4. Разработан алгоритм бинаризации изображения рукописного текста, основанный на использовании морфологических операций. Результаты проведенных экспериментальных исследований показали устойчивость данного алгоритма к таким помехам, как просвечивание текста с оборотной стороны листа, загибы листа и неравномерная освещенность.

5. Разработан алгоритм сегментации строк и слов рукописного текста на изображении, основанный на разбиении этого изображения на равные части и размытии морфологическими операциями. Данный алгоритм обеспечивает устойчивость результатов сегментации даже при наличии таких особенностей рукописного текста, как непараллельность и волнообразность строк, разрывность букв в рамках одного слова.

6. Разработан программный комплекс, объединяющий в единый интерфейс существующие и предложенные алгоритмы предварительной обработки изображений рукописного текста. Данный программный комплекс может быть использован в качестве составной части для создания прикладных систем обработки и анализа изображений рукописных текстов.

**AD HOC SCIENTIFIC COUNCIL AT THE SCIENTIFIC COUNCIL
AWARDING SCIENTIFIC DEGREES DSc13/30.12.2019.T.07.01 AT
TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

**SCIENTIFIC AND INNOVATION CENTER OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES AT THE TASHKENT
UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

DADAKHANOV MUSOKHON KHOSHIMKHONOVICH

**PRE-PROCESSING ALGORITHMS OF IMAGES OF HANDWRITTEN
TEXT**

05.01.03 – Theoretical basis of computer science

**DISSERTATION ABSTRACT
OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent-2021

The theme of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2019.2.PhD/T1097.

The dissertation has been prepared at Scientific and Innovation Center of Information and Communication Technologies at the Tashkent University of Information Technologies.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website www.tuit.uz and on the website of «Ziyonet» Information and educational portal www.ziyonet.uz.

Scientific adviser: **Fazilov Shavkat Khayrullaevich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents: **Kabulov Anvar Vasilovich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Bekmuratov Kosim Allaberdiyevich
Candidate of Technical Sciences, Docent

Leading organization: **Scientific-Engineering and Marketing
Researches Center «UNICON.UZ»**

The defense will take place “22” June 2021 at 11⁰⁰ on the meeting of Scientific council No. DSc.27.06.2017.T.07.01 at Tashkent University of Information Technologies (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52, e-mail: tuit@tuit.uz).

The dissertation is available at the Information Resource Centre of the Tashkent University of Information Technologies (is registered under No. 204). (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52).

Abstract of dissertation sent out on “11” June 2021 y.
(mailing report No. 16 on “08” June 2021 y.).



R.Kh. Khamdamov
Chairman of the scientific council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

F.M. Nuraliev
Scientific secretary of scientific council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Docent

M.A. Ismailov
Chairman of the academic seminar under the
scientific council awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is the development, software implementation and practical use of algorithms for preprocessing images of handwritten text.

The object of the research work is digital images of handwritten texts.

The subject of the research work is methods and algorithms for preprocessing images of handwritten text.

The scientific novelty of the research work is as follows:

an approach based on a standard-free assessment of the quality of the original image of handwritten text has been developed;

an algorithm for the selection of periodically repeating straight lines in the image has been developed;

an algorithm for binarization of the image of handwritten text has been developed;

an algorithm for segmentation of lines and words of handwritten text on the image has been developed.

Research objectives:

analysis of the current state of the problem of processing and recognition of images of handwritten text;

research on the issues of quantitative assessment of the quality of the original image of handwritten text;

selection of periodically repeating straight lines in the image;

binarization of the image of handwritten text;

segmentation of lines and words of handwritten text on the image;

experimental research and evaluation of the efficiency of the created algorithms for preliminary processing of handwritten images;

creation and practical application of a complex of programs for preliminary processing of images of handwritten text.

Implementation of the research results. The main scientific results of the dissertation work are implemented in the following objects:

The software complex created on the basis of algorithms for quantitative quality assessment, binarization, and segmentation of the image of handwritten text was implemented in the Forensic Department of the Internal Affairs Directorate of the Namangan region to conduct handwriting examinations (reference of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications No. 33-8/27 dated January 4, 2021). The use of the results of scientific research made it possible to reduce the time for conducting handwriting examinations by 16% due to the automation of the process of selecting high-quality handwriting samples;

created on the basis of binarization algorithms, allocation of periodically repeating straight lines, segmentation of the image of handwritten text, the software complex was introduced in the archival department of the Khokimiyat of the Namangan region for processing archival handwritten documents (reference of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications No. 33-8/27 dated January 4, 2021). Based on the use of the results of scientific

research, the quality of archival documents improved, which subsequently made it possible to reduce the time for manual processing of these documents by 20%.

The software complex created on the basis of algorithms for quantitative quality assessment, binarization, and segmentation of the image of handwritten text was implemented in the Forensic Department of the Kasansay District Department of Internal Affairs of the Namangan region to conduct handwriting examinations (reference of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications No. 33-8/27 dated January 4, 2021). The use of the results of scientific research made it possible to reduce the time for conducting handwriting examinations by 16% due to the automation of the process of selecting high-quality handwriting samples.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, the list of used literature and appendix. The volume of the dissertation is 111 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Дадаханов М.Х. Қўлёзмали матн тасвирларини морфологик амалларга асосланган бинарлаш алгоритми //Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари. – Тошкент, 2020. – №1(53). – 112-121 б. (05.00.00; №10)

2. Раджабов С.С., Дадаханов М.Х., Асраев М.А., Маматов А.А. Қўлёзмали матн тасвирларини сегментациялаш алгоритмлари //Информатика ва энергетика муаммолари. – Тошкент, 2020. – №3. – 137-142 б. (05.00.00; №5)

3. Маматов Н.С., Самижонов А.Н., Дадаханов М.Х., Рахмонов Э.Д. Определение формулы контурных линий на изображениях //Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари. –Ташкент, 2020. – №3(13). – 24-29 б. (05.00.00; №10)

4. Фазылов Ш.Х., Раджабов С.С., Дадаханов М.Х. Базы данных, используемые для анализа изображений рукописного текста //Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари. – Ташкент, 2018. – №3. – С. 5-10. (05.00.00; №10)

5. Фозилов Ш.Х., Маматов Н.С., Дадаханов М.Х., Юлдашев З.Б. Маълумотларга дастлабки ишлов бериш муаммолари //Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари. – Ташкент, 2018. – №3. – 40-44 б. (05.00.00; №10)

6. Radjabov S.S., Abdullaev Sh.Sh., Urinov E.M., Dadakhanov M.X. Algorithms for the preprocessing of facial images on biometric systems //Problems of computational and applied mathematics. – Tashkent, 2019. – №1(19). – P. 130-139. (05.00.00; №23)

7. Фазылов Ш.Х., Мамарауфов О.А., Дадаханов М.Х., Асраев М.С. Алгоритмы обработки изображений динамических объектов в системах видеонаблюдения //Проблемы вычислительной и прикладной математики. – Ташкент, 2019. – №1(19). – С. 44-56. (05.00.00; №23)

8. Дадаханов М.Х., Асраев М.А. Қўлёзма матни тасвирларига дастлабки ишлов бериш алгоритмлари //Информатика ва энергетика муаммолари. – Тошкент, 2019. – №1. – 54-61 б. (05.00.00; №5)

9. Fazilov S., Mirzaev N., Radjabov S., Dadakhanov M., Asraev M., Shamsiev F. State of the art of writer identification //An International Journal of Advanced Computer Technology COMPUSOFT. – №8 (12). – Pp. 3514-3524. (№3, Scopus, IF= 0.1).

10. N.Mamatov, A.Samijonov, N.Niyozmatova, M.Dadakhanov, E.Rahmonov. Definition of line formula on images //Journal of Physics: Conference Series: In Proc. of XIII International Scientific and Technical Conference "Applied Mechanics and Systems Dynamics", 5-7 November 2019. – Omsk, Russian Federation, Vol. 1441, 2019. (№3, Scopus, IF= 0.7).

II бўлим (II часть; II part)

11. Фазылов Ш.Х., Раджабов С.С., Дадаханов М.Х., Асраев М.А. Бинаризация изображений рукописного текста //Нейрокомпьютеры и их

применение: Тез. докл. XVII Всеросс. науч. конф. 19 марта 2019. – Москва, 2019. – С. 308.

12. Асраев М.А., Мирзаева Г.Р., Дадаханов М.Х. Модель выделения признаков изображения рукописного текста //Нейрокомпьютеры и их применение: Тез. докл. XVII Всеросс. науч. конф. 19 марта 2019. – Москва, 2019. – С. 313.

13. Раджабов С.С., Асраев М.А., Рустамов Б.Х., Дадаханов М.Х. Модель формирования признаков изображений рукописного текста //Нейрокомпьютеры и их применение: Тез. докл. XVII Всеросс. науч. конф. 19 марта 2019. – Москва, 2019. – С. 314.

14. Дадаханов М.Х. Теория текста, проверка орфографии //Modern science in the XXI century: main problems and stages of development. Vol. 1: collection of international scientific articles/team of authors. – Moscow: RU-SCIENCE, 2017. – 194-199 с.

15. Дадаханов М.Х. Масалаларни дастурлашга имкон бериш орқали дастурлаш тилларининг қиёсий таҳлили //Амалий математика ва инфор­мацион технологияларнинг долзарб муаммолари – ал-Хоразмий-2016. Ҳалқаро конференция. Бухоро, 9-10 ноябрь. – 67-68 б.

16. Фозилов Ш.Х., Уринов Э.М., Дадаханов М.Х. Тасвирлардаги халақитларни бартараф этиш усуллари //Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении: Тез. докл. Респ. научно-техн. конф. 5-6 сентября 2019. – Самарканд, 2019. – С. 356-361.

17. Дадаханов М.Х., Хашимов А.А., Асраев М.А. Алгоритм бинаризации изображений рукописного текста, основанный на морфологических операциях //Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении: Тез. докл. Респ. научно-техн. конф. 5-6 сентября 2019. – Самарканд, 2019. – С. 273-276.

18. Фозилов Ш.Х., Дадаханов М., Шамсиев Ф., Хашимов А.А. Тасвир контур чизикларини ажратиш дастури //ЎзР Адлия вазирлиги ҳузуридаги интеллектуал мулк агентлиги электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳнома DGU 07191 27.09.2019.

19. Фазылов Ш.Х., Раджабов С.С., Дадаханов М.Х., Асраев М.А. «НWTPreprocessing» қўл­лёмали матн тасвирларига дастлабки ишлов бериш дастури //ЎзР Адлия вазирлиги ҳузуридаги интеллектуал мулк агентлиги электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳнома DGU 07190 27.09.2019.

Автореферат «Информатика ва энергетика муаммолари» Ўзбекистон илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди.

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитура рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3,5. Адади 100. Буюртма № 5.

«ЎзР Фанлар академияси Асосий кутубхонаси» босмахонасида чоп этилди.
100170, Тошкент, Зиёлилар кўчаси, 13-уй.

