

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.13/30.12.2019.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

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

ИСКАНДАРОВА САЙЁРА НУРМАМАТОВНА

**ҚЎЛЁЗМА МАТНИ ТАСВИРЛАРИНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ВА ТАНИБ
ОЛИШНИНГ ГИБРИД 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**

Искандарова Сайёра Нурмаматовна

Қўлёзма матни тасвирларини қайта ишлаш ва таниб олишнинг гибрид
алгоритмлари 3

Искандарова Сайёра Нурмаматовна

Гибридные алгоритмы обработки и распознавания изображений рукописного
текста.....21

Iskandarova Sayyora Nurmamatomvna

Hybrid algorithms for processing and recognition of handwritten images.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works.....43

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.13/30.12.2019.T.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ АХБОРОТ-КОММУНИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ
ИЛМИЙ-ИННОВАЦИОН МАРКАЗИ

ИСКАНДАРОВА САЙЁРА НУРМАМАТОВНА

ҚЎЛЁЗМА МАТНИ ТАСВИРЛАРИНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ВА ТАНИБ
ОЛИШНИНГ ГИБРИД 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 В2020.4.PhD/Т895 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:

Мухамедиева Дилноз Тулкуновна
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Мирзаев Номаз
техника фанлари доктори
Бекмуродов Қосим Аллабердиевич
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

Самарқанд давлат университети

Диссертация ҳимояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc.13/30.12.2019.Т.07.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «13» июль соат 9⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темуր 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 (2/2 рақам билан рўйхатга олинган.). (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темуր кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-65-44).

Диссертация автореферати 2021 йил «22» июнь да тарқатилди.
(2021 йил «22» июнь даги 1 рақамли реестр баённомаси.)



Handwritten signature of R. X. Hamdamov

Р. Х. Хамдамов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, техника фанлар доктори, профессор

Ф. М. Нуралиев

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, техника фанлар доктори, доцент

О.Ж.Бабомурадов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси техника фанлар доктори

Handwritten signature of F. M. Nuraliyev

Handwritten signature of O. J. Babomuradov

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда қўлёзма матн тасвирига рақамли ишлов бериш, қўлёзма матн тасвирини босма матнга ўтказиш ҳамда қўлёзма матн тасвирини таниб олиш усул ва алгоритмларини такомиллаштириш, ишлаб чиқиш ва жорий қилишга катта эътибор қаратилмоқда. «Босма матнларни таниб олиш ечилган муаммо деб ҳисобланган бўлсада, қўлёзма матни тасвирини таниб олиш ҳали ҳам муаммоли масала ҳисобланади»¹. Қўлёзма услубидаги юқори хилма-хиллик ва босма матнга нисбатан сифатсиз қўлёзма ёзуви уни машинада ўқиладиган матнга ўтказишда катта тўсиқларни келтириб чиқармоқда. Шунинг учун ҳам кўплаб мамлакатларда, жумладан АҚШ, Япония, Испания, Германия, Буюк Британия, Франция, Россия Федерацияси, Ўзбекистон ва бошқаларда қўлёзма матни тасвирини таниб олиш моделларини ишлаб чиқиш ва жорий қилиш бўйича фаол илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Жаҳонда қўлёзма матни тасвирига ишлов бериш, уларни таниб олиш ва таҳлил қилиш учун автоматлаштирилган тизимлар яратишнинг мавжуд усул ва алгоритмларини такомиллаштириш ҳамда янги ҳисоблаш алгоритмларини ишлаб чиқишга йўналтирилган кенг қамровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ҳозирги вақтда аллақачон рақамлаштирилиши ва таниб олиниши керак бўлган қўлда ёзилган ҳужжатларнинг умумий сонини тахмин қилиш қийин, ўрганилиши керак бўлган қўлёзма матн тасвирлари бир неча мингдан ортиқдир. Қўлёзма матнларни таниб олиш масалаларини ечишга йўналтирилган усул ва алгоритмларни яратиш масалалари тўла даражада ўрганилмаган, бу эса қўлёзма матн тасвирларини таниб олишнинг гибрид алгоритмларини ишлаб чиқиш заруратини вужудга келтиради.

Республикамызда барча иқтисодий ва ижтимоий соҳаларига ахборот-коммуникация технологияларини қўлёзма матн тасвирини таниб олишни жорий қилишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. 2017 йилда қадимий ёзма манбаларни сақлаш, тадқиқ ва тарғиб қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида Ўзбекистон Республикаси президентининг қарорида, жумладан «...Ўзбекистон Республикасининг турли ташкилотларида сақланаётган араб ёзувидаги қўлёзма асарлар, тошбосма китоблар ва тарихий ҳужжатларнинг сақланиш ва таъмирланиш ҳолатини мониторинг қилиш ва уларнинг электрон базасини яратиш»² вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда қўлёзма асарларнинг босма матн электрон базасини яратиш учун қўлёзма матнлар тасвирини таниб олиш бўйича маълум натижаларга эришилди. Бу соҳада нейрон тармоқ моделларини ўқитиш асосида тарихий қўлёзма манбаларни ўрганишда араб, кирил ва лотин қўлёзмаларни таниб олиш гибрид алгоритмлари ишлаб чиқилди. Қўлёзма

¹ B. Al-Badr and S. A. Mahmoud "Survey and Bibliography of Arabic Optical Text Recognition" Elsevier Signal Processing, vol. 41, pp. 49-77, 1995.

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 24 майдаги ПҚ-2995-сон « қадимий ёзма манбаларни сақлаш, тадқиқ ва тарғиб қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида »ги қарори

матни тасвирларини қайта ишлаш асосида маълумотларни излаш, қайта ишлаш, сақлаш муаммолари тез ҳал қилинганлиги сабабли таниб олиш гибрид алгоритмларини ишлаб чиқиш долзарб вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2018 йил 19 февралдаги ПФ-5349-сон «Ахборот технологиялари ва коммуникациялар соҳасини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Фармонлари, 2017 йил 29 августдаги ПҚ-3245-сон «Ахборот-коммуникация технологиялари соҳасида лойиҳа бошқаруви тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Қўлёзма матнларни таниб олиш масаласи кўп йиллар давомида бутун дунё олимларининг диққат марказида бўлиб келаётганлигига қарамадан, сўнгги йилларда ушбу мавзу бўйича илмий мақолалар сонининг мунтазам равишда ортиб бориши кузатилмоқда. Бунинг сабаби фан ва техниканинг турли масалаларини ечиш учун нейрон тармоқ моделлари ва алгоритмларини қўллаш соҳаларини узлуксиз кенгайтириши ҳисобланади. Қўл ёзма матнларни таниб олиш услубиятини ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш масалаларига бир қатор олимлар: Ф.Хуссаин, С.А.Маҳмуд, С.Музаффари, Эл-Хажж, Н.Д. Горский, Моҳит Жоин, Р.Манматҳа, Х. Ал-Ёусефи ва бошқа муаллифларнинг ишлари бағишланган. Ушбу олимларнинг ишларида қўлёзма матнларнинг сегментациялаш алгоритмлари, таниб олишда RNN (Recurrent neural network), CNN (Convolutional neural network), LSTM (Long short-term memory), CTC (Connectionist temporal classification) нейрон тармоқларининг турли хил гибрид ҳолатидаги натижалари олинган.

Ўзбекистонда маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш ва таниб олиш масалаларида М.М.Камилов, Ш.Х.Фозилов, Н.А.Игнатъев, Д.Т.Мухамедиева, М.М.Мусаев, Н.С.Маматов тадқиқотлар олиб борганлар ва бу соҳани ривожлантиришда ўз ҳиссаларини қўшиб келмоқдалар.

Ҳозирги кунда қўлёзма матни тасвирларини таниб олишда тасвирга дастлабки ишлов бериш, сегментларга ажратиш, ўрамли нейрон тармоғи, рекуррент нейрон тармоқлар ва норавшан тўпламлар назариясини қўллаган ҳолда қўлёзма матни тасвирини қайта ишлаш ва таниб олишга қаратилган илмий тадқиқотлар етарли даражада олиб борилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент ахборот технологиялари университети хузуридаги Ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион марказининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг А-5-006 «Мониторинг ҳамда қарор қабул қилишнинг гибрид интеллектуал тизимларини қуриш учун алгоритм ва дастурларни ишлаб чиқиш» (2015-2017); БВ-В-Ф4-011 «Ноаниқлик шароитларида маълумотларни интеллектуал таҳлилининг норавшан-нокоррект масалаларини ечиш усул ва алгоритмлари» (2017-2020) мавзулардаги илмий лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади ўрамли нейрон тармоғи, рекуррент нейрон тармоқлар ва норавшан тўпламлар назариясини қўллаган ҳолда қўлёзма матн тасвирини қайта ишлаш ҳамда таниб олишнинг гибрид алгоритмларини такомиллаштириш ва ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқот вазифалари:

қўлёзма матн тасвирини таниб олиш алгоритмларини таҳлил қилиш асосида масаланинг қўйилишини аниқлаш ва қўлёзма матн тасвирларини таниб олишда фойдаланиладиган маълумотлар тўпламини шакллантириш;

қўлёзма матн тасвирига дастлабки ишлов беришда норавшан тўпламлар назарияси асосида такомиллаштириш;

қўлёзма матн тасвири учун қатор сегментациялаш алгоритминини ишлаб чиқиш;

қўлёзма матн тасвирини таниб олишда CNN+LSTM+fuzzyCTC гибрид нейрон тармоғи архитектурасини ишлаб чиқиш;

қўлёзма матн тасвирларини таниб олувчи дастурий таъминот ишлаб чиқиш, ишлаб чиқилган алгоритм ва дастурлар самарадорлигини баҳолаш бўйича ҳисоблаш экспериментларини ўтказиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида турли хил шаклларда ёзилган қўлёзма матн тасвирлари олинган.

Тадқиқотнинг предметини қўлёзма матн тасвири асосида тимсолларни таниб олиш усули ва алгоритми ҳамда дастурий таъминоти ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Ишнинг назарий тадқиқотлари математик таҳлил, тимсолларни аниқлаш, норавшан тўпламлар назарияси, нейрон тўрлар усуллари, шунингдек тасвирларни қайта ишлаш усуллари, нейрон тармоқлари асосида ўқитиш алгоритмлари, ечимларни таққослаш усул ва алгоритмларига асосланган, башоратлашнинг компьютерли моделидан тажрибалар асоси сифатида фойдаланилган ҳамда тадқиқ қилинган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

қўлёзма матн тасвирига ишлов беришда норавшан тўпламлар назарияси асосида тасвир контрастинини чизикли адаптив ошириш алгоритми такомиллаштирилган;

норавшан тўпламлар назарияси асосида қўлёзма матни тасвирига ишлов бериш жараёнида тасвир локал контрастларни ночизикли ўзгартириш алгоритми такомиллаштирилган;

қўлёзма матни тасвирини қатор сегментациялаш алгоритми қатор оғишини ҳисобга олган ҳолда энг қисқа масофани аниқловчи (A^*) алгоритми ёрдамида такомиллаштирилиб ишлаб чиқилди;

ўрамли нейрон тармоқ (CNN), узун қисқа нейрон тармоғи (LSTM) ва норавшан тўпламлар назарияси ёрдамида такомиллашган вақтинча таснифли уланишлар (fuzzyCTC) ҳисобига қўлёзма матн тасвирини таниб олишда гибрид нейрон тармоғи архитектураси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

қўлёзма матн тасвиридаги халақитларни камайтириш, силлиқлаш, нормаллаштириш, сегментлаш ва таниб олиш масалаларини ечиш учун дастлабки ишлов бериш ҳамда қўлёзма матни тасвирини таниб олиш CNN+LSTM+ fuzzyCTC гибрид нейрон тармоғи қуриш алгоритмлари ишлаб чиқилди;

мавжуд ҳамда ишлаб чиқилган алгоритмларга асосланган қўлёзма матни тасвирига дастлабки ишлов бериш ва таниб олиш дастурий мажмуаси ишлаб чиқилди.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги алгоритмларни ишлаб чиқишда қўлёзма матн тасвирларига ишлов бериш ва тимсолларни таниб олишнинг математик аппаратининг тўғри қўлланилиши ҳамда реал ва тажриба синовида ечимларни солиштириш жараёнида модел адекватлиги таъминланганлиги билан тасдиқланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти норавшан муҳитда қўлёзма матн тасвирларига дастлабки ишлов бериш алгоритмларини яратишдан иборат бўлиб, қўлёзма матн тасвирларини таниб олиш имконини бериш билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ишлаб чиқилган алгоритмлар ва яратилган дастурий воситалар қўлёзма матн тасвирлари билан шуғулланувчи фойдаланувчилар томонидан таниб олишга кўмаклашувчи тизимларни ривожлантиришда қўллаш мумкинлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Қўлёзма матни тасвирларини таниб олишнинг гибрид алгоритми асосида яратилган қўлёзма матнларни таниб олиш дастурий воситалари ёрдамида:

(A^*) алгоритмига асосланиб қўлёзма матн тасвирларини қатор сегментациясини такомиллаштириш асосида ишлаб чиқилган дастурий мажмуа Самарқанд давлат музей-қўриқхонаси қўлёзмалар фондига жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 09 февралдаги 33-8/929-сон маълумотномаси). Ишлаб чиқилган қўлёзма матнлар сегментацияси учун қатор сегментациялаш алгоритмини қўллаш натижасида 70-80% таниб олишга ва 10% иш самарадорлигини ошириш имконини берган;

норавшан тўпламлар назарияси асосида такомиллаштирилган гибрид нейрон тармоқ асосида яратилган қўлёзма матн тасвирини таниб олиш дастурий мажмуаси Имом Бухорий халқаро илмий тадқиқот маркази фондида жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 09 февралги 33-8/929-сон маълумотномаси). Қўлёзма матн тасвирларини босма шаклга ўтказиб, 70-80% аниқликда таниб олиш натижаларига эришилган. Қўлёзма матнларни таниб олиш орқали маълумотларни қайта ишлаш ва излаб топиш самарадорлигини 10% ошириш имконини берган;

қўлёзма матн тасвирларини халақитларни камайтириш норавшан тўпламлар назарияси асосида такомиллаштирилган алгоритмлари Ички Ишлар вазирлиги Малака ошириш институтининг Ахборот-ресурс марказида жорий қилинган (Ички ишлар вазирлигининг 2020 йил 14 ноябрдаги 02/3842-сон маълумотномаси ва Ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 09 февралдаги 33-8/929-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида такомиллаштирилган қўлёзма матн тасвирларига дастлабки ишлов бериш асосида 80-90% аниқликда таниб олишга эришилган ва натижа иш самарадорлигини 15% га ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 4 та халқаро ва 7 та республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Тадқиқотнинг асосий натижалари 18 та илмий ишларда эълон қилинган, улардан 7 таси Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда, 4 таси хорижий журналларда ва 3 таси республика журналларида нашр қилинган, ҳамда 3 та ЭҲМ учун дастурларни расмий рўйхатдан олинганлиги тўғрисидаги гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш қисми, тўртта боб, хулоса ва фойдаланилган адабиётлар рўйхати, иловадан ташкил топган. Диссертациянинг ҳажми 111 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Киришда диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган. Тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари белгилаб олинган ҳамда тадқиқот объекти ва предмети аниқланган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асослаб берилган, уларнинг назарий ва амалий аҳамияти кўрсатилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш ҳолати, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «Қўлёзма матни тасвирларини таниб олишнинг аналитик таҳлили» деб номланган биринчи боби қўлёзма матнларни таниб олишда хорижий олимларнинг олиб борган тадқиқотлари таҳлил қилинган. Марков моделлари ишлаш принципларининг алгоритми камчиликлари таҳлил қилинган, персептрон кўп қатламли персептрон, ресуррент нейрон тўрлар моделлари таҳлил қилиниб, улардаги юзага келиши мумкин бўлган камчиликлари ўрганилган. Шу вақтгача мавжуд қўлёзма матнларни таниб олиш дастурлари таҳлил қилинган. Қўлёзма матнларни таниб олишнинг мавжуд муаммолари таҳлил қилинган ва масалалар қўйилиши шакллантирилган.

Ҳозирги кунда кўп қатламли нейрон тармоқ, рекурруент нейрон тармоқ уларнинг кенгайтмалари қарорларни қабул қилишда ўзига хос хусусияти туфайли замонавий қўлёзмаларни таниб олиш тизимларининг муҳим босқичини ақс эттирилган. Бундай таниш моделлар ЯММ(Яширин Марков модел)идан фарқли равишда, дискриминациялайдиган таниб олиш моделлар тоифасига киради.

ЯММга асосланган таниб олиш моделлар учун Витерби тўғридан-тўғри ва тескари йўналишли алгоритмлари каби кутишни максимал даражага кўтариш алгоритмлари ёрдамида таниб олиш моделларини ўқитиш мумкин. Шу билан бирга таниб олиш нейрон тармоқ моделлари тескари тарқатиш, вақт бўйича тескари тарқатиш ва СТС ўрганиш алгоритми каби градиент тушиш алгоритмлари ёрдамида ўрганилиши мумкин. Рекуррент нейрон тармоқлари асосида таниб олиш тизимлари қўлёзмаларни таниш бўйича адабиётларда айтиб ўтилганидек, ЯММ асосидаги тизимларга қараганда яхшироқ ишлаши таҳлил қилиниб чиқилди.

Таҳлиллар натижасидан келиб чиқиб қўлёзма матн тасвирини таниб олиш масаласини ечишда мавжуд усулларига нисбатан самара берувчи интеллектуал гибрид алгоритмларни ишлаб чиқиш зарур. Шу сабабли қўлёзма матн тасвири тасвирига дастлабки ишлов бериш алгоритмларини такомиллаштириш, матнни самарали таниб олишда сегментация масалаларини ечиш алгоритмларини ишлаб чиқиш, қўлёзма матн тасвирини таниб олиш масалаларни ечишнинг гибрид алгоритмларини такомиллаштиришни келтириб чиқаради.

Диссертациянинг «Қўлёзма матни тасвирларини таниб олишда дастлабки ишлов бериш ва сегментациялаш алгоритмларини ишлаб чиқиш» иккинчи бобида қўлёзма матнида тасвирни дастлабки ишлов беришда норавшан алгоритми ёрдамида такомиллаштирилган. Қўлёзма тасвирни дастлабки ишлов беришда фильтрация алгоритмлари ёритилган. Сегментация қилиш масалаларини ечиш учун алгоритм ва ёндашувлар ишлаб чиқилган. Тасвирга қайта ишлов бериш алгоритмлари учун одатда тасвирни қайта ишлаш ва шовқиндан тозалаш орқали тасвир сифати оширилади. Тасвирни қайта ишлаш масалаларида кўплаб норавшан алгоритмлардан фойдаланилади. Ушбу алгоритмлар тасвир шовқинини самарали олиб ташлашга хизмат қилади.

Тасвир ёркинлигини оширишда норавшан математик аппарат ёрдамида такомиллаштириш орқали тасвир тиниклигини ошириш амалга оширилди.

Тасвирларни контрастини чизиқли адаптив ошириш алгоритмини такомиллаштириш амалга оширилган.

Тасвирларнинг асосий камчиликлари, аксарият ҳолларда, бузилган ёркинлик хусусиятлари ва паст контрастдир.

Маҳаллий контрастни мослашувчан ўзгартириш усуллари белгиланган талабларга жавоб беради. Бунинг учун қуйидаги белгилар қўлланилади:

$F, f(x, y)$ - (x, y) координатага мувофиқ дастлабки тасвир ва унинг элементи;

$C(x, y)$ - (x, y) координатали тасвир элементининг контрасти;

$G(C(x, y))$ - ўзгартирилган контраст $C(x, y)$ қиймати;

ε, σ, h - локал жойлар хусусиятлари (ε - энтропия, σ - ўртаквадратик оғиш, h - гистограмма кўлами функцияси);

$g(x, y)$ - (x, y) координатали қайта ишланган тасвир элементи.

Тасвир контрастини чизиқли адаптив ошириш алгоритми:

1-қадам. Нормаллаштириш:

$$u(x, y) = l \frac{f(x, y) - f_{\min}}{f_{\max} - f_{\min}}.$$

2-қадам. Фаззификация:

$$\mu_F^i(x, y) = \frac{1}{1 + \frac{u(x, y) - c_i}{\sigma_f}}, \quad i = \overline{1, k}.$$

3-қадам. Фаззификацияни аниқлаштириш:

$$\mu_F^i(x, y) = \begin{cases} 2(\mu_F^i(x, y))^2, & 0 \leq \mu_F^i(x, y) \leq \frac{1}{2}, \\ 1 - 2(1 - \mu_F^i(x, y))^2, & \frac{1}{2} < \mu_F^i(x, y) \leq 1. \end{cases}$$

4-қадам. $f \in \{0, \dots, L-1\}$ билан $h_F(f)$ кетма-кетлиги бўйича рақамли тасвирнинг норавшан гистограммаси аниқланади:

$$h_F(f) = \left\| \left\{ \langle (x, y), \mu_F(f) \rangle \mid x \in \{1, \dots, M\}, y \in \{1, \dots, N\} \right\} \right\|,$$

бу ерда $\|\cdot\|$ норавшан тўплам элементлари сонини билдиради.

Бундан ташқари, $h_F(f)$ - "тахминан g " ёркинлик даражасининг пайдо бўлиш частотаси. Аммо, унинг таърифи туфайли норавшан гистограмма эҳтимоллик зичлиги функцияси бўлиб қолмайди.

5-қадам. Нормаллашган гистограмма аниқланади:

$$\bar{h}_F(f) = \frac{h_F(f)}{\sum_{f=0}^{L-1} h_F(f)},$$

бу ерда $f \in \{0, \dots, L-1\}$.

6-қадам. Тасвирнинг дискрет интенсивлигини аниқлайдиган f - синглтон, $h_f(f(x,y))$ - гистограмманинг мос қийматлари бўлсин. W маҳаллий жой элементлари ёрқинлигининг ўртача қийматига нисбатан $f(x,y)$ нинг n -моменти қуйидаги формула билан белгиланади:

$$M_n(f) = \sum_{(x,y) \in W} \left(f(x,y) - \frac{\sum_{i=1}^k f_i(x,y) \cdot \mu'_F(x,y)}{\sum_{i=1}^k \mu'_F(x,y)} \right)^n h_f(f(x,y)).$$

7-қадам. Контраст ўлчами қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$C(x,y) = 1 - \frac{1}{1 + k \frac{\sum_{j=1}^n [f_j - M[f_j]]^2 \mu_j}{\sum_{j=1}^n \mu_j}}, \quad (1)$$

$C(x,y)$, (1) ифодага мувофиқ, доимий интевсивликка эга жой учун нолга тенг, шунингдек $\sigma^2(L)$ нинг катта қийматлари учун 1 га тенг. Ушбу (1) ифоданинг хоссаси локал контрастни аниқлаш талабларига тўлиқ жавоб беради.

8-қадам. F норавшанлик ўлчами кўринишида Шеннон энтропияси билан ўхшашлиги бўйича аниқланиши мумкин:

$$\varepsilon(\mu_F) = -a \sum_{i=1}^n \{ \mu_F(f_i) \ln \mu_F(f_i) + [1 - \mu_F(f_i)] \ln [1 - \mu_F(f_i)] \}.$$

9-қадам. $C(x,y)$ локал контрастни чизиксиз ўзгартириш амалга оширилади.

$$C^*(x,y) = C(x,y)^{\alpha_{\min} + (\alpha_{\max} - \alpha_{\min})(\varepsilon(x,y) - \varepsilon_{\min}) / (\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min})^s}.$$

Бу ерда α даража кўрсаткичнинг минимал α_{\min} ва максимал α_{\max} қийматлари бериледи. Мослашув сирпаниш маҳаллий элементлари ёрқинлигининг энтропияси ε қийматлари асосида уни аниқлаш орқали α_{\min} га қўшимча атама ҳосил қилишдан иборат.

10-қадам. (x,y) координаталар билан $g(x,y)$ элементни янги қийматини аниқлаш йўли билан тасвир тикланади. Бунинг учун (1) формуладан аниқланувчи ифодадан фойдаланамиз:

$$g(x,y) = f(x,y) + \left(\frac{C^*(x,y) * n * m}{1 - C^*(x,y)} - \sum_{\forall (x,y) \in W_2 - W_1} \left(\frac{\sum_{i=1}^k f_i(x,y) \cdot \mu'_F(x,y)}{\sum_{i=1}^k \mu'_F(x,y)} - f(x,y) \right)^2 h_f(f(x,y)) \right)^{0,5}.$$

Ҳар бир тасвир элементи учун тавсифланган процедура такрорланади

Тавсия этилган усулда маҳаллий қарама-қаршиликларнинг статистик аниқланиши қўлланилади, бунда текстуранинг бир хиллиги, дағаллиги ва донадорлиги каби хусусиятлари ҳисобга олинади. Шунинг учун бу усул кичик деталларни ўз ичига олган расмларни қайта ишлаш учун тавсия этилади.

Локал контрастларни нозизиқли ўзгартириш алгоритмини такомиллаштириш тартиби келтирилиб ўтилган.

Норавшан муҳитда тасвирланган F тасвири қуйидагича:

$$F = \{ \langle f(x, y), \mu_F(f(x, y)) \rangle \mid f(x, y) \in \{0, \dots, L-1\} \},$$

бу ерда $x \in \{1, \dots, M\}$, $y \in \{1, \dots, N\}$, $\mu_F(f(x, y))$ тасвир хоссаларига мос тўпламга (x, y) -нинг пикселнинг мувофиқ тегишлилик даражасини аниқлайди.

Локал контрастни нозизиқли ошириш алгоритми қуйидаги қадамларни бажариш билан амалга оширилади:

1-қадам. Локал контрастни миқдорий ўлчамини аниқлаш.

8-битли кулранг рақамли тасвирнинг контрастини тавсифлаш учун иккита формула таклиф этилади:

Локал контрастни ҳисоблаш:

$$C(x, y) = (C_{\max} - C_{\min}) / 255.$$

Глобаль контрастни ҳисоблаш:

$$C(x, y) = \left(\frac{\sum_{j=1}^n [f_j - M[f_j]]^2 \mu_j}{\sum_{j=1}^n \mu_j} \right)^{0.5} / 255,$$

бу ерда C_{\max} , C_{\min} – пикселлар жойларида ёрқинликни максимал ва минимал қийматлари.

Турли даражадаги силлиқликка эга бўлган бир нечта жойларни кўриб чиқинг:

а) ёрқинлиги бир хил бўлган локал жой (бир хил жой);

б) элементлари диапазоннинг қарама-қарши учларида жойлашган ёрқинлик қийматларига эга бўлган локал жой (шартли равишда иккитомонлама қўшни);

с) ёрқинлиги бир хил бўлмаган ва диапазоннинг чеккаларида бўлмаган элементларни ўз ичига олган локал жой.

Юқоридаги турдаги жойлар локал хусусиятларнинг ҳар хил қийматлари билан тавсифланади. Буни энтропия, гистограмма узунлиги функцияси ва стандарт оғиш мисолида батафсил кўриб чиқилади.

2-қадам. Гистограмма ифода билан ҳисобланадиган узунлик функциясини аниқлаш

$$h_F(x, y) = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{h_{\max}},$$

бу ерда f_{\min}, f_{\max} - координаталари (x, y) бўлган элемент марказида жойлашган сирпанувчи W жойда минимал ва максимал ёрқинлик қийматлари;

h_{\max} - координаталари (x, y) бўлган элемент марказида жойлашган сирпанувчи W жой гистограммасининг максимал қиймати.

Локал жойнинг бу хусусияти бир хил ҳудудларда минимал қийматларни, иккилик майдонларда максимал қийматларни олади.

3-қадам. Локал қарама-қаршиликларнинг трансформация даражасини гистограмма функциялари бўйича аниқлаш:

$$\alpha_1 = (\alpha_{\min} - \alpha_{\max}) \left(1 - \exp\left(-\frac{(h_F - a)^2}{2\pi^2}\right) \right)^s,$$

бу ерда $s > 0$, $a \in [0; 1]$ кесмадаги ўзгармас сон.

4-қадам. $n \times m$ ўлчамлар билан сирпаниувчи локал жойда норавшан энтропияни қуйидаги ифода бўйича аниқланади:

$$\varepsilon(\mu_F) = -a \sum_{i=1}^n \{ \mu_F(f_i) \ln \mu_F(f_i) + [1 - \mu_F(f_i)] \ln [1 - \mu_F(f_i)] \} / \log(nm), \quad (2)$$

бу ерда $a \in [0; 1]$ кесмадаги ўзгармас сон;

$\mu_F(f_i)$ қуйидагича ҳисобланади:

$$\mu_F(f_i) = h_F(f_i(x, y)) / (n \times m)$$

Бу ерда: $h_F(f_i(x, y))$ - (x, y) координатали элементнинг ёрқинлиги катталиги учун W (W жойда $f_i(x, y)$ ёрқинлик билан элементлар миқдори) локал жой гистограммаси қиймати.

(2) ифодага мувофиқ, ноаниқ энтропия бир хил соҳаларда максимал қийматга, минимал қиймат эса ёрқинлиги диапазоннинг қарама-қарши чегараларида жойлашган элементларга эга майдонларда олинади.

5-қадам. Локал контрастларни α_2 норавшан энтропия билан ўзгартириш даражасини аниқлаш:

$$\alpha_2 = \alpha_{\min} + (\alpha_{\max} - \alpha_{\min}) \left(\frac{\varepsilon(\mu_F) - \varepsilon_{\min}}{\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}} \right)^s,$$

бу ерда $s > 0$.

6-қадам. W сирпанувчи жой элементларини ёрқинлик қийматларини ўртача квадратик оғишини аниқлаш:

$$\sigma(x, y)_F = \sqrt{\frac{1}{nm} \frac{\sum_{j=1}^n [f_j - M[f_j]]^2 \mu_j}{\sum_{j=1}^n \mu_j}}, \quad (3)$$

бу ерда $M[f_j]$ - (x, y) координатали $M[f_j(x, y)]$ элемент марказида W жой элементларини ёрқинлик қийматларини норавшан ўрта арифметиги қуйидагича ҳисобланади:

$$M[f_j] = \frac{1}{NM} \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M f_j(x, y),$$

бу ерда N, M - $(x = \overline{1, N}, y = \overline{1, M})$ тасвир ўлчамлари.

(3) - ифода бир хил жойлар учун нолга тенг ва бир хил бўлмаганлиги ортиши билан ортади.

7-қадам. Ёрқинлик қийматларининг норавшан стандарт оғиши билан локал α_3 контрастларнинг конвертация даражасини аниқлаш:

$$\alpha_3 = \alpha_{\min} \sigma(x, y) + \alpha_{\max} (1 - \sigma(x, y)_F^s),$$

бу ерда $s > 0$.

$$8\text{-қадам. } \alpha = \max(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$$

9-қадам. Локал контрастнинг маълум миқдорий ўлчовининг маълум қонунига мувофиқ ўсиш.

Локал контрастнинг нозикли ўзгартириш учун қуйидаги ифодадан фойдаланилади:

$$C^*(x, y) = \begin{cases} B_0 + \left(\frac{R}{2} - A_0\right) \left(\frac{C(x, y) - C_{\min}}{\hat{C} - C_{\min}}\right)^\alpha & C(x, y) \leq \hat{C}, \\ R - A_0 - \left(\frac{R}{2} - A_0\right) \left(\frac{C_{\max} - C(x, y)}{C_{\max} - \hat{C}}\right)^\alpha & C(x, y) > \hat{C}, \end{cases}$$

бу ерда

$C(x, y)$ - координаталари (x, y) бўлган асл тасвир элементининг локал контрасти қиймати,

$C^*(x, y)$ - координатали (x, y) тасвир элементининг локал контрастининг яхшиланган қиймати;

R - локал контрастнинг мумкин бўлган максимал қиймати $P=1$;

C_{\min}, C_{\max} - асл тасвирнинг локал контрастининг максимал ва минимал қийматлари;

\hat{C} - локал контраст қийматларнинг математик кутилишини баҳолаш (масалан, тасвир элементларининг локал контрастларининг ўртача арифметик қиймати);

A_0, B_0 - доимий силжиш коэффициентлари;

α - кўрсаткич ($\alpha < 1$).

10-қадам. Ўзгарган тасвир элементини локал контрасти билан тиклаш.

Қатор сегментациясини аниқлашда алгоритм ҳар бир қадамда йўқотишларларни ҳисоблаб чиқади, бу норасмий равишда идеалга қараб йўлнинг оғишини ўлчайди. Йўқотишлар функциясини шакллантирилиши муаммосиз давом этиш ва уланиш принципларига амал қилади. Йўлнинг умумий қиймати ҳар бир қадамнинг индивидуал йўқотишлари йигиндисидир.

Диссертация ишининг «Қўлёзма матни тасвирларини таниб олишнинг гибрид нейрон тўри архитектурасини ишлаб чиқиш» деб номланган учинчи бобида қўлёзма матни тасвирларини таниб олишнинг CNN+LSTM+fuzzyCTC гибрид нейрон тармоқ архитектураси таклиф этилган. FuzzyCTC да чиқиш қийматларини берилади. Loss дастур хатолигига қараб натижалар олиниши кутилади. Юқорида келтирилган ҳарфларни ажратишда fuzzy ни Loss қийматни ҳисоблашда фойдаланилган. Йўқотиш функцияси Loss чекланган маълумотлар базасида жуда яхши ишламайди. Бунинг сабаби шундаки, норавшан тўпламларнинг баъзилари жуда кичик, бошқалари эса жуда катта бўлган қийматларда яхши натижага эришиши мумкин. Loss функциясининг қийматини камайтиришда норавшан тегишлилик функцияларидан фойдаланилган. Ўқитишнинг моҳияти қуйидаги нейро-норавшан аппроксимациялар натижаси ва объектнинг ҳақиқий хусусиятлари ўртасидаги фарқни энг кам даражага келтирувчи вазнларини танлаб олишдан иборат:

$$\hat{y} = f_j(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (4)$$

Ўқитиш учун нейрон тўрлари назариясида қўлланилувчи

$$E = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^M (y_j - \hat{y}_j)^2 \rightarrow \min,$$

мезонни минималлаштирувчи қуйидаги рекуррент муносабатлар тизимидан фойдаланилади:

$$w_{jp}(t+1) = w_{jp}(t) - \mu \frac{\partial E_t}{\partial w_{jp}(t)},$$

$$c_i^{jp}(t+1) = c_i^{jp}(t) - \eta \frac{\partial E_t}{\partial c_i^{jp}(t)},$$

$$b_i^{jp}(t+1) = b_i^{jp}(t) - \eta \frac{\partial E_t}{\partial b_i^{jp}(t)},$$

$$j = \overline{1, m}, i = \overline{1, n}, p = k_j,$$

бу ерда:

\hat{y}_j ва y_j - объект (4) нинг ўқитишнинг j -қадамидаги назарий ва тажрибавий чиқишлари;

$w_j^p; c_i^{jp}, b_i^{jp}$ - қоидалар вазнлари (w) ва ўқитишнинг t -қадамидаги тегишлилик функцияларининг параметрлари (b, c);

η - тавсияларга мувофиқ танлаб олинishi мумкин бўлган ўқитиш параметри;

$\bar{d}_j - d_j \in [\underline{y}, \bar{y}]$ синф маркази.

Қоидалар вазнлари ўқитилади:

$$w_{jp}(t+1) = w_{jp}(t) - \mu(y_t - \hat{y}_t) \frac{\bar{d}_j \sum_{j=1}^m \mu^{d_j}(y) - \sum_{j=1}^m \bar{d}_j \mu^{d_j}(y)}{\left(\sum_{j=1}^m \mu^{d_j}(y) \right)^2} w_{jp} \prod_{i=1}^n \mu^{jp}(x_i).$$

Қоидага ўхшаш тарзда нейро-норавшан тўрни ўқитиш алгоритми ҳам икки босқичдан ташкил топади. Биринчи босқичда объект (y_j) чиқиш тўрининг берилган архитектурасига мос бўлган модел қиймати ҳисобланади.

Диссертация ишининг “Қўлёзма матни тасвирларини таниб олиш алгоритми, дастури ва натижалар таҳлили” деб номланган тўртинчи бобида CNN+LSTM+fuzzyCTC гибрид алгоритми асосида функционал схемаси яратилди ва солиштирма эксперимент натижалар олинди. Дастурий таъминот python муҳитида яратилган. Нейрон тармоқлар учун муҳим бўлган маълумотлар тўплами ҳам келтирилиб ўтилган. Маълумотлар тўплами тасвирлар асосида ва улардан ўқитилиб ҳосил қилинган маълумотлар json файли имкониятлари асосида алоҳида секторларга ажратилиб сақланиб борилган. CNN+LSTM+fuzzyCTC гибрид нейрон тармоғи худди шу каби бир хил параметрдаги яқин структурадаги CNN+LSTM+CTC нейрон тармоқ структураси билан солиштирма таҳлил натижалари келтирилган.



1-расм. Қўлёзма матни тасвирларини таниб олишнинг гибрид алгоритм функционал схемаси

CNN+LSTM+fuzzyCTC гибрид нейрон модел асосида яратилган дастурий воситасида қуйидаги (1-жадвал) маълумотлари асосида ўқитилиб, таниб олиш моделлари ҳосил қилинган.

1-жадвал

Қатор сегментацияга эга ўқитиладиган маълумотлар тўплами

№	Ўқитилган китоб номи	Ўқитилган қатор сони
1	Абдулла Авлоний. Туркий гулистон ёхуд ахлоқ (эски ўзбек ёзувида)	463
2	Ибн Атхир.Камил	1191
3	Ибн ФакихҲамадхани.Булдан	2194
4	Ибн Қутайба.Адаб	1185
5	Гулистан	1644
6	Калилеҳ	1017
7	Модел 1	7914
8	Лотин гарфикаси хатлари модел 1	851
9	Кирил графикаси хатлари модел 2	915

HDF5 файллари бизга маълумотлар турини ҳисобга олмасдан структура асосида сақлаш имкониятини яратиб беради. Бу бошқа дастурлаш тилларида чекланган имкониятни кенгайтиришга хизмат қилади.

Ҳар 100 қадамдан модел ҳосил қилиниш жараёнида Loss қиймат 0.01 га тенг бўлган натижа олинди. Бу эса таниб олиш учун ҳар битта ҳарфнинг модели ҳосил қилинганлигини билдиради.

Ўқитилган маълумотларнинг CNN + LSTM+CTC ва CNN+LSTM+fuzzy CTC гибрид нейрон моделларининг солиштирма таҳлилини 2-жадвалда келтирамиз.

2-жадвал

Қўлёзма матни тасвирларини CNN+ LSTM +CTC таниб олиш солиштирма таҳлили

№	Китоб номи	CNN+LSTM+CTC	CNN+LSTM+FuzzyCTC
1	Абдулла Авлоний. Туркий гулистон ёхуд ахлоқ (эски ўзбек ёзувида)	65	88
2	Ибн Атхир Камил	75	90
3	Ибн Қутайба Адаб	70	92
4	Гулистан	65	91.3
5	Калилех	64	89
6	Модел_1	72	95
7	Лотин гарфикаси хатлари модел_1	78	88
8	Кирил графикаси хатлари модел_2	76	90

CNN дан фойдаланиш орқали ҳам тўлиқ натижага эришиш мураккаблигини кузатдик, CNN+ LSTM +CTC моделда тил грамматикасида ҳам 65-76 фоиз таниб олиш натижаларига эришилди. Сўзлар тартиби билан ҳам таниб олишда кўплаб камчиликларга олиб келиниши кузатилди. Нуқталар тартиби ажратиб олишда уларнинг градиентини чиқариб олишда тегишлилик функцияси ёрдамида CNN+LSTM+fuzzyCTC модели орқали таниб олиш фоизини ошириш мумкинлигини 2-жадвалдан кўриниб турибди. Шунини алоҳида таъкидлаб айтиш жоизки, тасвирни таниб ҳарфлар олинганда тил грамматикаси, сўзлар тартиби, тавсия ва баҳолашнинг юқори даражада самарадорлигига олиб келинади.

Ушбу олинган натижалар настаълиқ хатида ёзилган, насрий асарлар учун мўлжалланган. Чунки араб графикасига 7 хил ёзув тури мавжуд бўлиб, бизнинг олган натижаларимиз настаълиқ хати учун мўлжалланган.

ХУЛОСА

«Қўлёзма матни тасвирларини қайта ишлаш ва таниб олишнинг гибрид алгоритмлари» мавзусида олиб борилган диссертация тадқиқотининг асосий натижалари қуйидагилардан иборат:

1. Қўлёзма матни тасвирини таниб олиш муаммоларининг замонавий ҳолати таҳлил қилинди. Олиб борилган таҳлил натижалари қўлёзма матн тасвирини таниб олиш параметрларини аниқлашга ва таниб олиш масалаларини шакллантиришга имкон берди.

2. Тасвирга ишлов бериш алгоритмлари норавшан тўпламлар назарияси асосида такомиллаштирилди ва қўлёзма матни тасвирларини таниб олишдаги аниқлиги оширилди. Бу эса ўз навбатида тасвирдаги ҳалакитларнинг камайиши имконини берди.

3. Қўлёзма матни тасвирларини қатор сегментациясига ажратиш жараёнида A^* усули ёрдамида қатор оғишини аниқлаш алгоритми ишлаб чиқилди. Бу алгоритм қатор оғишида қаторларни тўғри ажратиб олишга имкон берди.

4. Қўлёзма матнларни таниб олишда араб, кирил, лотин графикаси учун CNN+LSTM+fuzzyCTC гибрид нейрон тўр архитектураси ишлаб чиқилди. Бу алгоритм орқали қатор сегментацияси натижасида олинган элементлар ўқитилиб, тил грамматикаси ва сўзлар мослиги норавшан тўпламлар назарияси орқали мослаштирилди. Ушбу гибрид нейрон тўр таниб олиш фойзининг ошириш имконини берди.

5. Қўлёзма матни тасвирларини таниб олиш алгоритмлари ва дастури яратилди. Дастур асосида қўлёзма матни тасвирларини таниб олиш солиштирма таҳлиллари амалга оширилди. Етарлича маълумотлар тўплами ташкил этилганда қўлёзма матнларни таниб олиш жараёнида 90 фоизли таниб олиш натижаларига эришилди.

6. Вақтинча таснифли уланиш курсив ёзувидаги ўзгаришларни норавшан тўпламлар назарияси ёрдамида такомиллаштириш гибрид нейрон тармоқ хатолигининг камайиш имконини берди.

7. Қўлёзма матнларни таниб олиш дастурий воситаларни жорий қилинишида Ички Ишлар вазирлиги Малака ошириш институтининг Ахборот-ресурс марказидаги қўлёзма архив материалларини таниб олиш жараёнида жорий қилинган. Самарқанд давлат музей-қўриқхонаси қўлёзмалар фондида мавжуд китобларни таниб олишда, Имом Бухорий халқаро илмий тадқиқот маркази фондида мавжуд китобларни таниб олишда ва электрон шаклга ўтказиш жараёнида жорий қилинган. Яратилган алгоритм ва дастур тасвир кўринишидаги қўлёзма матнларни босма шаклга ўтказиб 70-90 фоизли таниб олиш натижаларига эришилган. Қўлёзма матнларни таниб олиш орқали маълумотларни қайта ишлаш ва излаб топиш осонлаштирилган. Иш самарадорлиги 10 фоизга ошириш имконини берди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.13/30.12.2019.Т.07.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

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

ИСКАНДАРОВА САЙЁРА НУРМАМАТОВНА

**ГИБРИДНЫЕ АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ И РАСПОЗНАВАНИЯ
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 B2020.4.PhD/T895.

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: Мухамедиева Дилноз Тулкуновна
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Мирзаев Номаз
доктор технических наук

Бекмурадов Касим Аллабердиевич
Кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: Самаркандский Государственный Университет

Защита диссертации состоится «13» июля 2021 г. в 9⁰⁰ 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 №212). (Адрес: 100202, г.Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44).

Автореферат диссертации разослан «28» июня 2021 года.
(протокол рассылки № 1 от «22» июня 2021 г.).



Р.Х.Хамдамов
Председатель научного совета по присуждению учёных степеней, доктор технических наук, профессор

Ф.М.Нуралиев
Ученый секретарь научного совета по присуждению учёных степеней, доктор технических наук, доцент

О.Ж.Бабомурадов
Председатель научного семинара при научном совете по присуждению ученых степеней

Handwritten signature and initials.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире большое внимание уделяется вопросам усовершенствования методов и алгоритмов цифровой обработки изображения рукописного текста, перевода рукописного текста в печатную форму, а также распознаванию изображения рукописного текста. «Хотя распознавание печатных текстов считается решенной проблемой, распознавание изображения рукописного изображения до сих пор считается проблемной задачей»³. Широкое разнообразие в рукописном методе и некачественная рукописная запись выдвигает большие границы при переводе ее в текст читаемый на компьютере. Поэтому, во многих странах, в частности в США, Японии, Испании, Германии, Великобритании, Франции, Российской Федерации, Узбекистане ведутся активные научные исследования по разработке и внедрению моделей распознавания изображений рукописного текста.

В мире ведутся широкомасштабные работы направленные на разработку новых вычислительных алгоритмов и усовершенствование существующих методов распознавания и анализа, обработки изображений рукописного текста. На сегодняшний день трудно спрогнозировать общее количество рукописных текстов которые необходимо оцифровать и распознать, изображения рукописных текстов которые необходимо изучить превышает несколько тысяч. Проблемы создания методов и алгоритмов, направленных на решение проблемы распознавания рукописей, до конца не изучены. А это вызывает необходимость разработки гибридных алгоритмов распознавания изображений рукописного текста.

В нашей стране особое внимание уделяется внедрению информационных и коммуникационных технологий по распознаванию рукописей во все экономические и социальные сферы. В 2017 году Президент Республики Узбекистан издал указ о мерах по дальнейшему совершенствованию системы сохранения, изучения и популяризации древних письменных источников, в том числе определены задачи «...Контроль за состоянием сохранности рукописей, литографий и исторических документов арабской графикой, хранящихся в различных организациях Республики Узбекистан, и создание их электронной базы данных»⁴. При выполнении этих задач достигнуты определенные результаты в распознавании изображений рукописей для создания электронной базы данных печатного текста рукописей. На основе обучения моделей нейронными сетями в этой области были разработаны гибридные алгоритмы распознавания арабских, кириллических и латинских рукописей при изучении исторических источников рукописей. Так как задачи поиска, обработки, хранения данных на основе обработки изображений текста

³B. Al-Badr and S. A. Mahmoud, "Survey and Bibliography of Arabic Optical Text Recognition," Elsevier Signal Processing, vol. 41, pp. 49-77, 1995.

⁴ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 24 майдаги ПҚ-2995-сон «Қадимий ёзма манбаларни сақлаш, тадқиқ ва тарғиб қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги қарори

рукописи решаются быстро, разработка гибридных алгоритмов распознавания рукописных текстов является одним из актуальных задач.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, обозначенных в Указах Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», №УП-5349 от 19 февраля 2018 г. «О мерах по дальнейшему совершенствованию сферы информационных технологий и коммуникаций», Постановлениями Президента Республики Узбекистан от 29 августа 2017 года №ПП-3245 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления проектами в сфере информационно-коммуникационных технологий», а также в других нормативно-правовых документах, связанных с этой деятельностью.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики IV. «Информатизация и развитие информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. Несмотря на то, что задача распознавания рукописных текстов находится в центре внимания ученых всего мира, в последние годы наблюдается постоянный рост научных публикаций по этой теме. Причина этого непрерывное расширение сфер применения моделей и алгоритмов нейронных сетей для решения различных задач науки и техники. Рассмотренные в диссертации проблемы изучались зарубежными учеными как Ф.Хуссаин, С.А.Махмуд, С.Музаффари, Эл-Хажж, Н.Д. Горский, Мохит Жоин, Р.Манматха, Х. Ал-Ёусефива и др. В работах этих ученых были получены алгоритмы сегментации рукописных текстов, результаты гибридных состояний RNN (Recurrent neural network), CNN (Convolutional neural network), LSTM (Long short-term memory), CTC (Connectionist temporal classification) нейронных сетей. Показано высокая эффективность распознавания изображений рукописных текстов.

В нашей республике вышеуказанным проблемам посвящены научные труды М.М. Камилова, Ш.Х.Фозилова, Н.А.Игнатьева, Д.Т.Мухамедиевой, М.М.Мусаева, Н.С.Мамадова.

На сегодняшний день недостаточно исследованы случаи направленные на обработку изображения рукописного текста с использованием первичной обработки данных, выделения на сегменты, многослойной нейронной сети, рекуррентной нейронной сети и теории нечетких множеств.

Связь диссертационного исследования с планами научного исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проекта научно-исследовательских работ Научно-инновационного центра информационно-коммуникационных технологий при Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада ал-Хорезми А-5-006 «Разработка алгоритмов и программ для построения гибридных

интеллектуальных систем мониторинга и принятия решения» (2015-2017), БВ-Ф4-011 «Методы и алгоритмы решения нечетко-некорректных задач интеллектуального анализа в условиях неопределенности» согласно плану научно-исследовательской работ.

Целью исследования является разработка гибридных алгоритмов обработки и распознавания изображения рукописного текста с применением многослойной нейронной сети и рекуррентных нейронных сетей.

Задачи исследования:

определение постановку задачи на основе анализа алгоритмов распознавания изображений текста рукописи и сформировать набор данных, используемых при распознавании изображений текста рукописи;

усовершенствование на основе теории нечетких множеств при первичной обработке изображения текста рукописи;

разработка алгоритма строковой сегментации изображения текста рукописи;

разработка гибридной нейросетевой архитектуры CNN + LSTM + fuzzyCTC для распознавания изображений рукописного текста;

проведение вычислительных экспериментов по разработке программного обеспечения, распознающего изображения текста рукописи, оценка эффективности разработанных алгоритмов и программ.

Объект исследования. В качестве объекта исследования были взяты изображения рукописного текста, написанного в различных формах.

Предметом исследования является метод, алгоритм и программное обеспечение распознавания символов по изображению рукописи.

Методы исследования. Теоретические исследования работы основаны на методах математического анализа, распознавания образов, теории нечетких множеств, обработки изображений, а также на алгоритмах обучения на основе нейронных сетей, методах и алгоритмах сравнения решений, компьютерная модель прогноза была использована и изучена в качестве основы для экспериментов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

Усовершенствован алгоритм линейного адаптивного увеличения контрастности изображения на основе теории нечетких множеств при обработке изображения текста рукописи;

усовершенствован алгоритм нелинейной модификации локальных контрастов изображений в процессе обработки изображений рукописного текста на основе теории нечетких множеств;

разработан алгоритм строковой сегментации изображения рукописи с использованием алгоритма определения кратчайшего расстояния (A^*) с учетом отклонения последовательности;

разработана архитектура гибридной нейронной сети для распознавания текстовых изображений рукописей за счет расширенных связей временной классификации (fuzzyCTC) с использованием сверточной нейронной сети (CNN), нейронной сети (LSTM) и теории нечетких множеств.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:
разработаны алгоритмы построения гибридной нейронной сети CNN + LSTM + fuzzyCTC для начальной обработки и распознавания рукописных изображений для решения задач устранения шума, минимизации, сглаживания, нормализации, сегментации и распознавания рукописных текстовых изображений;

разработан комплекс программ первичной обработки и распознавания изображения текста рукописи на основе существующих и разработанных алгоритмов.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования подтверждается правильным применением математического аппарата обработки рукописных текстовых изображений и образов при разработке алгоритмов и адекватностью модели в процессе сравнения решений в реальных и экспериментальных испытаниях.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования основана на создании алгоритмов первичной обработки изображений текста рукописи в нечеткой среде, позволяющих распознавать изображения текста рукописи.

Практическая значимость результатов исследования объясняется тем, что разработанные алгоритмы и созданные программные средства могут быть использованы при разработке систем, облегчающих распознавание пользователями изображений рукописных текстов.

Внедрение результатов исследования:

С помощью программных средств распознавания текста рукописи на основе гибридного алгоритма распознавания изображений:

Разработанный на основе алгоритма (А*) программный комплекс, разработанный на основе улучшения сегментации изображений рукописных текстов, внесен в рукописный фонд Самаркандского государственного музея-заповедника (Справочник Министерства информационных технологий и коммуникаций № 33 -8 / 929 от 9 февраля 2021 г.). Разработанная рукопись позволила добиться распознавания на 70-80% и повысить эффективность работы на 10% в результате применения алгоритма сегментации ряда для сегментации текста.

Усовершенствованный пакет программного обеспечения для распознавания рукописных изображений на основе гибридной нейронной сети, основанный на теории нечетких множеств, был внедрен в процессе распознавания и оцифровки книг, доступных в Международном исследовательском центре Имама Бухари (Министерство информационных технологий и коммуникаций, 9 февраля 2021 г., 33 -8 / Ссылка № 929). Результаты распознавания были получены с точностью 70-80% за счет преобразования изображений рукописи в печатную форму. Путем распознавания рукописных текстов, удалось повысить эффективность обработки и поиска данных на 10%.

В Информационно-ресурсном центре Института повышения

квалификации Министерство внутренних дел (справка Министерство внутренних дел № 02/3842 от 14 ноября и справка №2020 год 33-8 / 929) внедрены усовершенствованные алгоритмы, основанные на теории нечетких множеств изображений рукописного текста.). В результате научных исследований, основанных на обработке улучшенных изображений текста рукописи, было достигнуто распознавание с точностью 80-90%, что позволило повысить эффективность работы на 15%.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были обсуждены на 4 международных и 7 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего: 18 научных работ, в том числе 7 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссии Республики Узбекистан к публикации основных научных результатов диссертаций, из них 4 - в зарубежных и 3 - в республиканских журналах, а также получены 3 свидетельства о регистрации программных продуктов для ЭВМ.

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

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, определены цель и задачи, объект и предмет исследования, приводится соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложена научная новизна, практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрывается теоретическая и практическая значимость результатов исследования, приведены сведения о внедрении результатов исследования, а также сведения об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Аналитический анализ распознавания образов рукописных текстов»** анализируются исследования зарубежных ученых по распознаванию рукописных текстов. Проанализированы алгоритмические недостатки принципов работы марковских моделей, проанализированы многослойный перцептрон, модели рекуррентных нейронных сетей и изучены возможные недостатки в них. Проанализированы существующие программы распознавания рукописей к настоящему времени. Проанализированы существующие проблемы распознавания рукописей и сформулирована постановка задачи.

На сегодняшний день многослойная нейронная сеть, рекуррентная нейронная сеть, отражает важный этап современных систем распознавания рукописей из-за уникальной природы их расширений при принятии решений. Такие знакомые модели попадают в категорию моделей дискриминационного распознавания, в отличие от скрытой марковской модели (СММ).

Для распознавания на основе СММ модели распознавания могут быть обучены с использованием алгоритмов, максимизирующих ожидания, таких как алгоритмы прямого и обратного направления Витерби. Однако модели нейронных сетей распознавания могут быть изучены с использованием алгоритмов градиентного спуска, таких как обратное распределение, обратное распределение по времени и алгоритм обучения СТС. Было выявлено то, что системы распознавания, основанные на рекуррентных нейронных сетях, работают лучше, чем системы на основе СММ, как отмечено в литературе по распознаванию рукописей.

По результатам анализов необходимо разработать интеллектуальные гибридные алгоритмы, более эффективные, чем существующие методы, при решении задачи распознавания рукописных изображений. Поэтому совершенствование алгоритмов первичной обработки изображения текста рукописи, разработка алгоритмов решения задач сегментации при эффективном распознавании текста, распознавании изображения текста рукописи приводит к совершенствованию гибридных алгоритмов решения задач.

Во второй главе диссертации, озаглавленной «**Разработка алгоритмов первичной обработки и сегментации при распознавании изображений рукописи**» было усовершенствовано использование нечеткого алгоритма при первичной обработке изображения в рукописи.

Алгоритмы фильтрации проиллюстрированы при первичной обработке изображения рукописи. Разработаны алгоритмы и подходы для решения задач сегментации. Для алгоритмов обработки изображений качество изображения обычно улучшается за счет обработки изображения и удаления шума. При обработке изображений используется нечетких алгоритмов. Эти алгоритмы служат для эффективного удаления шума изображения.

Для увеличения яркости изображения было достигнуто увеличение резкости изображения за счет его улучшения с помощью нечеткого математического аппарата.

Внесены улучшения в алгоритм линейного адаптивного увеличения контрастности изображения.

Внесены улучшения в алгоритм линейного адаптивного увеличения контрастности изображения.

Гибкие методы модификации локального контраста соответствуют заданным требованиям. Для этого используются следующие обозначения:

$F, f(x, y)$ - исходное изображение по координате (x, y) и его элемент;

$C(x, y)$ - контраст элемента (x, y) координатного изображения;

$G(C(x, y))$ - значение измененного $C(x, y)$ контраста;

ε, σ, h - локальные характеристики (ε - энтропия, σ - среднеквадратичное отклонение, h - гистограмма);

$g(x, y)$ - элемент обработанного (x, y) координатного изображения.

Алгоритм линейного адаптивного увеличения контраста изображения:

1-шаг. Нормализация:

$$u(x, y) = l \frac{f(x, y) - f_{\min}}{f_{\max} - f_{\min}}.$$

2-шаг. Фаззификация:

$$\mu_F^i(x, y) = \frac{1}{1 + \frac{u(x, y) - c_i}{\sigma_j}}, \quad i = \overline{1, k}.$$

3-шаг. Уточнение фаззификации

$$\mu_F^i(x, y) = \begin{cases} 2(\mu_F^i(x, y))^2, & 0 \leq \mu_F^i(x, y) \leq \frac{1}{2}, \\ 1 - 2(1 - \mu_F^i(x, y))^2, & \frac{1}{2} < \mu_F^i(x, y) \leq 1. \end{cases}$$

4-шаг. Определение нечеткой гистограммы цифрового изображения с $f \in \{0, \dots, L-1\}$ с последовательностью $h_F(f)$:

$$h_F(f) = \|\| \{ \langle (x, y), \mu_F(f) \rangle | x \in \{1, \dots, M\}, y \in \{1, \dots, N\} \} \|\|,$$

здесь $\|\|$ означает количество элементов нечеткого множества.

Кроме этого, $h_F(f)$ - частота появления степени яркости "приблизительно g ". Однако из-за своего определения размытая гистограмма не остается функцией плотности вероятности.

Шаг 5. Нормализация гистограммы:

$$\tilde{h}_F(f) = \frac{h_F(f)}{\sum_{f=0}^{L-1} h_F(f)},$$

здесь $f \in \{0, \dots, L-1\}$.

6-шаг. Пусть f – сингльтон определяющий дискретную интенсивность изображения, $h_F(f(x, y))$ - соответствующие значения гистограммы. W относительно среднего значения яркости местности. Величина $f(x, y)$ на n -момменте определяется по следующей формуле:

$$M_n(f) = \sum_{(x, y) \in W} \left(f(x, y) - \frac{\sum_{i=1}^k f_i(x, y) \cdot \mu_F^i(x, y)}{\sum_{i=1}^k \mu_F^i(x, y)} \right)^n h_f(f(x, y)).$$

7-шаг. Определение размера контраста следующим выражением:

$$C(x, y) = 1 - \frac{1}{1 + k \frac{\sum_{j=1}^n [f_j - M[f_j]]^2 \mu_j}{\sum_{j=1}^n \mu_j}}. \quad (1)$$

Согласно выражению (1), она равна нулю и для области с постоянной интенсивностью, а также $\sigma^2(L)$ равно 1 для больших значений. Свойство этого

выражения (1) полностью удовлетворяет требованиям определения локального контраста.

Шаг 8. Определение F по его сходству с энтропией Шеннона с точки зрения нечеткой размерности:

$$\varepsilon(\mu_F) = -a \sum_{i=1}^n \{ \mu_F(f_i) \ln \mu_F(f_i) + [1 - \mu_F(f_i)] \ln [1 - \mu_F(f_i)] \}.$$

9-шаг. Выполнение линейного изменения локального контраста $C(x, y)$:

$$C^*(x, y) = C(x, y)^{\alpha_{\min} + (\alpha_{\max} - \alpha_{\min})(\varepsilon(x, y) - \varepsilon_{\min}) / (\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min})}.$$

Здесь задается минимальное α_{\min} и максимальное α_{\max} значение α . Энтропия яркости элементов адаптивной окрестности скольжения ε определяется на основе значений α_{\min} .

10-шаг. Восстановление изображения путем определения нового значения элемента $g(x, y)$ с координатами (x, y) . Для этого воспользуется выражением, определяемым формулой (1):

$$g(x, y) = f(x, y) + \left(\frac{C^*(x, y) * n * m}{1 - C^*(x, y)} - \sum_{\forall (x, y) \in W_2 - W_1} \left(\frac{\sum_{i=1}^k f_i(x, y) \cdot \mu_F^i(x, y)}{\sum_{i=1}^k \mu_F^i(x, y)} - f(x, y) \right) h_F(f(x, y)) \right)^{0.5}.$$

Повторятся процедура, описанная для каждого элемента изображения.

Предлагаемый метод использует статистическое определение локальных несоответствий с учетом таких характеристик, как однородность текстуры, шероховатость и зернистость. Поэтому этот метод рекомендуется для обработки изображений, содержащих мелкие детали.

Приведена процедура улучшения алгоритма нелинейной модификации локальных контрастов.

Изображение F , изображенное в нечеткой среде, выглядит следующим образом:

$$F = \{ \langle f(x, y), \mu_F(f(x, y)) \rangle \mid f(x, y) \in \{0, \dots, L-1\} \},$$

здесь $x \in \{1, \dots, M\}$, $y \in \{1, \dots, N\}$, $\mu_F(f(x, y))$ определяет соответствующую степень релевантности (x, y) -пикселя набору, соответствующему свойствам изображения.

Алгоритм нелинейного увеличения локального контраста реализуется путем выполнения следующих шагов:

Шаг 1. Определение количественного измерения локального контраста.

Предлагаются две формулы для описания контраста 8-битного серого цифрового изображения:

Расчет локального контраста:

$$C(x, y) = (C_{\max} - C_{\min}) / 255.$$

Расчет глобального контраста:

$$C(x, y) = \left(\frac{\sum_{j=1}^n [f_j - M[f_j]]^2 \mu_j}{\sum_{j=1}^n \mu_j} \right)^{0.5} / 255,$$

здесь C_{\max} , C_{\min} – максимальные и минимальные значения яркости в пиксельных областях.

Рассматривается несколько областей с разным уровнем плавности:

- а) локальная область с такой же яркостью (то же место);
- б) локальная область (условно двоичное смежное) с элементами, значения яркости которых расположены на противоположных концах диапазона;
- с) локальная область, содержащая элементы разной яркости и не на границах диапазона.

Области указанного типа характеризуются разной характеристикой свойств. Рассматривается это более подробно на примере энтропии, функции длины гистограммы и стандартного отклонения.

Шаг 2. Определение функции длины, вычисленной по выражению гистограммы

$$h_F(x, y) = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{h_{\max}},$$

здесь f_{\min} , f_{\max} – минимальное и максимальное значения яркости в скользящей точке W в центре элемента с координатами (x, y) ;

h_{\max} – максимальное значение скользящей гистограммы местоположения W , расположенной в центре элемента с координатами (x, y) .

Эта особенность локальной области принимает минимальные значения в тех же регионах, максимальные значения в двоичных полях.

Шаг 3. Определение степени трансформации локальных антагонизмов по функциям гистограммы:

$$\alpha_1 = (\alpha_{\min} - \alpha_{\max}) \left(1 - \exp\left(-\frac{(h_F - a)^2}{2\pi^2}\right) \right)^s,$$

здесь a – константы промежутки $[0; 1]$, $s > 0$.

4-шаг. Определение нечеткой энтропии на скользящей по размерам локальной области $n \times m$ следующим выражением:

$$\varepsilon(\mu_F) = -a \sum_{i=1}^n \{ \mu_F(f_i) \ln \mu_F(f_i) + [1 - \mu_F(f_i)] \ln [1 - \mu_F(f_i)] \} / \log(nm), \quad (2)$$

здесь $\mu_F(f_i)$ рассчитывается следующим образом:

$$\mu_F(f_i) = h_F(f_i(x, y)) / (n \times m),$$

здесь: $h_F(f_i(x, y))$ - значение гистограммы локального местоположения (x, y) для величины яркости координатного элемента W (W количество элементов с яркостью $f_i(x, y)$).

Согласно выражению (2) нечеткая энтропия получается в областях с элементами с максимальными значениями в тех же полях и минимальными значениями с элементами, расположенными на противоположных концах диапазона яркости.

Шаг 5. Определение локального контраста α_2 степени изменения с нечеткой энтропией

$$\alpha_2 = \alpha_{\min} + (\alpha_{\max} - \alpha_{\min}) \left(\frac{\varepsilon(\mu_F) - \varepsilon_{\min}}{\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}} \right)^s,$$

здесь $s > 0$.

6-шаг. Определение стандартного отклонения значений яркости элементов W скользящей поверхности

$$\sigma(x, y)_F = \sqrt{\frac{1}{nm} \left(\frac{\sum_{j=1}^n [f_j - M[f_j]]^2 \mu_j}{\sum_{j=1}^n \mu_j} \right)}, \quad (3)$$

здесь $M[f_j]$ - нечеткое среднее арифметическое значений в центре $M[f_j(x, y)]$ с координатой (x, y) яркости элементов области W выглядит следующим образом:

$$M[f_j] = \frac{1}{NM} \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M f_j(x, y),$$

здесь $N, M - (x = \overline{1, N}, y = \overline{1, M})$ размеры изображений,

7-шаг. Определение степени преобразования локальных контрастов с стандартным отклонением значений яркости α_3 :

$$\alpha_3 = \alpha_{\min} \sigma(x, y) + \alpha_{\max} (1 - \sigma(x, y))^s,$$

здесь $s > 0$.

Шаг 8. $\alpha = \max(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$.

Шаг 9. Увеличение по определенному закону определенной количественной меры локальной контрастности.

Для нелинейного изменения локального контраста воспользуемся следующим выражением:

$$C^*(x, y) = \begin{cases} B_0 + \left(\frac{R}{2} - A_0\right) \left(\frac{C(x, y) - C_{\min}}{\hat{C} - C_{\min}}\right)^\alpha & C(x, y) \leq \hat{C}, \\ R - A_0 - \left(\frac{R}{2} - A_0\right) \left(\frac{C_{\max} - C(x, y)}{C_{\max} - \hat{C}}\right)^\alpha & C(x, y) > \hat{C}, \end{cases}$$

Здесь :

$C(x, y)$ - значение локального контраста исходного элемента изображения с координатами (x, y) ,

$C^*(x, y)$ - улучшенное значение локальной контрастности (x, y) координатного элемента изображения;

R - максимально возможное значение местного контраста $P=1$;

C_{\min}, C_{\max} - максимальное и минимальное значения локальной контрастности исходного изображения;

\hat{C} - оценка математического ожидания значений локального контраста (например, среднее арифметическое локальных контрастов элементов изображения);

A_0, B_0 - постоянные коэффициенты смещения;

α - показатель ($\alpha < 1$).

Шаг 10. Восстановление измененного элемента изображения с локальным контрастом.

При определении сегментации строк алгоритм вычисляет потери на каждом шаге, что неформально измеряет отклонение пути к идеалу. Формирование функции потерь следует принципам безотказной непрерывности и связи. Общая стоимость пути - это сумма индивидуальных потерь каждого шага.

В третьей главе диссертации, озаглавленной «**Разработка архитектуры гибридной нейронной сети для распознавания изображений текста рукописи**», предлагается архитектура гибридной нейронной сети CNN + LSTM + fuzzyCTC для распознавания изображений текста рукописи. Выходные значения приведены в FuzzyCTC. Результаты ожидаются в зависимости от ошибки программы потерь. Используется fuzzy для вычисления значения Loss при разделении букв. Это связано с тем, что некоторые нечеткие множества могут достигать хороших результатов при слишком малых значениях, а другие - слишком больших. Мы используем нелинейные функции релевантности, чтобы уменьшить значение функции Loss. Суть обучения заключается в выборе весов, которые минимизируют разницу между результатом следующих нейро-нечетких приближений и реальными свойствами объекта:

$$\hat{y} = f_j(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (4)$$

Для обучения на основе теории нейронных сетей критерия

$$E = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^M (y_j - \hat{y}_j)^2 \rightarrow \min,$$

используется следующая рекуррентная система отношений:

$$\begin{aligned} w_{jp}(t+1) &= w_{jp}(t) - \mu \frac{\partial E_t}{\partial w_{jp}(t)}, \\ c_i^{jp}(t+1) &= c_i^{jp}(t) - \eta \frac{\partial E_t}{\partial c_i^{jp}(t)}, \\ \sigma_i^{jp}(t+1) &= \sigma_i^{jp}(t) - \eta \frac{\partial E_t}{\partial \sigma_i^{jp}(t)}, \\ j &= \overline{1, m}, i = \overline{1, n}, p = k_j, \end{aligned}$$

здесь:

\hat{y}_j и y_j - теоретический и практический выход объекта (4) на j -м этапе обучения;

$w_j^p; c_i^{jp}, \sigma_i^{jp}$ - веса правил (w) и параметры (σ, c) соответствующих функций на t -шаге обучения;

η - параметр обучения, который можно выбрать согласно рекомендациям;

$\bar{d}_j - d_j \in [\underline{y}, \bar{y}]$ центр класса.

Обучаются веса правил:

$$w_{jp}(t+1) = w_{jp}(t) - \mu (y_t - \hat{y}_t) \frac{\bar{d}_j \sum_{j=1}^m \mu^{d_j}(y) - \sum_{j=1}^m \bar{d}_j \mu^{d_j}(y)}{\left(\sum_{j=1}^m \mu^{d_j}(y) \right)^2} w_{jp} \prod_{i=1}^n \mu^{ip}(x_i).$$

Как и в случае с правилом, алгоритм обучения нейро-нечеткой сети также состоит из двух шагов. Объект на первом этапе (y_j) является модельным значением выхода, соответствующее данной архитектуре сети.

В четвертой главе диссертации «Алгоритм распознавания рукописных изображений, программное обеспечение и анализ результатов» создана функциональная схема на основе гибридного алгоритма CNN + LSTM + fuzzyCTC и получены сравнительные экспериментальные результаты.

Программное обеспечение создано в среде Python. Также приводится набор данных, важных для нейронных сетей. Набор данных хранится на основе изображений, а данные, сгенерированные из них, разделяются на отдельные секторы в зависимости от возможностей файла json. Приведены результаты сравнительного анализа структуры нейронной сети CNN + LSTM + CTC с аналогичной структурой по тому же параметру гибридной нейронной сети CNN + LSTM + fuzzyCTC.



Рис 1. Функциональная схема гибридного алгоритма распознавания изображений текста рукописи

CNN + LSTM + fuzzyCTC был разработан на основе следующих данных (таблица 1) в программном средстве, основанном на гибридной модели нейрона, и были созданы модели распознавания.

1-таблица

Набор обучаемых данных с серией сегментов

№	Название обучаемой книги	Количество обученных строк
1	Абдулла Авлони. Турецкий гулистан или этика (на старом узбекском языке)	463
2	Ибн Атхир Камил	1191
3	Ибн Факих Хамад Хани Булдан	2194
4	Ибн Кутайба Адаб	1185
5	Гулистан	1644
6	Калилех	1017
7	Модел 1	7914

8	Письма на латинской графике model_1	851
9	Письма на кириллской графике модель 2	915

Модель хранится в файле json. Файлы HDF5 позволяют хранить данные на основе структуры независимо от типа данных. Это служит для расширения ограниченных возможностей других языков программирования.

Для каждых 100 шагов в процессе моделирования было получено значение потерь 0,01. Это означает, что для идентификации создается модель каждой буквы.

Сравнительный анализ моделей гибридных нейронов CNN + LSTM + CTC и CNN + LSTM + нечеткий CTC изученных данных представлен в таблице 2.

2-таблица

Сравнительный анализ CNN + LSTM + CTC распознавания изображений текста рукописи

№	Название книги	CNN+LSTM+CTC	CNN+LSTM+FuzzyCTC
1	Абдулла Авлони. Турецкий гулистан или этика (на старом узбекском языке)	65	88
2	Ибн Атхир. Камил	75	90
3	Ибн Факих Хамад Хани. Булдан	70	92
4	Ибн Қутайба.Адаб	65	91.3
5	Гулистан	64	89
6	Калилех	72	95
7	Модел_1	78	88
8	Письма на латинской графике model_1	76	90

Наблюдалась сложность достижения полного результата с использованием CNN, при этом модель CNN + LSTM + CTC достигла 65-76 процентов результатов распознавания и в языковой грамматике. Было замечено, что многие недостатки также распознаются в порядке слов. Из таблицы 2 видно, что можно увеличить процент распознавания, используя модель CNN + LSTM + fuzzyCTC, используя функцию релевантности при извлечении их градиента при разделении порядка точек. Следует отметить, что

грамматика языка, порядок слов и высокая эффективность рекомендации и оценки достигаются, когда буквы распознаются по изображению.

Эти результаты были записаны в насталикском письме, предназначенном для прозаических произведений. Поскольку в арабской графике существует 7 различных типов письма, полученные нами результаты предназначены для письма насталик.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты диссертационного исследования на тему «Гибридные алгоритмы обработки и распознавания рукописных изображений» заключаются в следующем:

1. Проанализировано современное состояние проблем распознавания изображений рукописи. Результаты анализа позволили определить параметры распознавания изображения рукописи и сформировать задачи распознавания.

2. На основе теории нечетких множеств улучшены алгоритмы обработки изображений, повышена точность распознавания текстовых изображений рукописей. Это, в свою очередь, позволило уменьшить помехи изображения.

3. В процессе разделения изображений рукописи на строковую сегментацию был разработан алгоритм определения отклонения строки с помощью метода A^* . Этот алгоритм позволил правильно различать строки по отклонению строк.

4. Архитектура гибридной нейронной сети CNN + LSTM + fuzzyCTC была разработана для арабской, кириллической и латинской графики при распознавании рукописей. С помощью этого алгоритма были обучены элементы, полученные в результате сегментации строк, а грамматика языка и совместимость слов были адаптированы с помощью теории нечетких множеств. Этот гибридный нейрон позволил увеличить скорость распознавания сети.

5. Разработаны алгоритмы и программное обеспечение для распознавания рукописных изображений. На основе программы был проведен сравнительный анализ для распознавания изображений рукописи. Когда был установлен адекватный набор данных, 90 процентов результатов распознавания были достигнуты в процессе распознавания рукописных текстов.

6. Усовершенствование изменений курсивного написания связи временной классификации с использованием теории нечетких множеств позволило уменьшить ошибку гибридной нейронной сети.

7. Распознавание рукописей внедрено в процесс идентификации материалов архива рукописей в Информационно-ресурсном центре Института повышения квалификации Министерство внутренних дел. Внедрен в процессе распознавания книг и в переводе в электронный формат в Рукописном фонде Самаркандского государственного музея-заповедника, в фонде Международного исследовательского центра Имама Бухари. Созданный алгоритм и программа достигли 70-90% результатов распознавания за счет преобразования рукописных текстов в виде изображений в печатную форму. Распознавание текстов рукописей облегчает обработку и поиск информации. Эффективность работы увеличилась на 10 процентов.

**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**

ISKANDAROVA SAYYORA NURMAMATOVNA

**ALGORITHMS FOR PROCESSING AND RECOGNITION OF
HANDWRITTEN IMAGES**

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 B2020.4.PhD/T896.

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.zivonet.uz.

Scientific adviser: **Muhamediyeva Dilnoz Tulkunovna**
Doctor of Technical Sciences

Official opponents: **Mirzaev Nomaz**
Doctor of Technical Sciences

Bekmuratov Kasim Allaberdiyevich
Candidate of technical sciences

Leading organization: **Samarkand State University**

The defense will take place “ 13 ” iyul 2021 at 9⁰⁰ 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. 212). (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52).

Abstract of dissertation sent out on “ 28 ” iyun 2021 y.
(mailing report No. 1 on “ 22 ” iyun 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

O.J.Babomuradov
Chairman of the academic seminar under the
scientific council awarding scientific degrees,

INTRODUCTIO (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research is to develop hybrid algorithms for processing and recognition of handwritten text images using a multilayer neural network, recurrent neural networks.

The object of the research work is of handwritten text written in various forms were taken as the object of the study.

The scientific novelty of the research is as follows:

improved the algorithm for linear adaptive increase in image contrast based on the theory of fuzzy sets when processing the image of the text of the manuscript;

improved algorithm for nonlinear modification of local contrasts of images in the process of processing images of handwritten text based on the theory of fuzzy sets;

an algorithm for line segmentation of the manuscript image was developed using the algorithm for determining the shortest distance (A^*), taking into account the sequence deviation;

the architecture of a hybrid neural network for the recognition of text images of manuscripts has been developed due to extended temporal classification links (fuzzyCTC) using convolutional neural network (CNN), neural network (LSTM) and fuzzy set theory.

Implementation of research results:

With the help of software tools for handwriting text recognition based on the hybrid image recognition algorithm:

The software package developed on the basis of the algorithm (A^*), developed on the basis of improving the segmentation of images of handwritten texts, was included in the manuscript collection of the Samarkand State Museum-Reserve (Reference of the Ministry of Information Technologies and Communications No. 33-8 / 929 dated February 9, 2021). The developed manuscript made it possible to achieve recognition by 70-80% and increase work efficiency by 10% as a result of the application of the row segmentation algorithm for text segmentation.

An advanced hybrid neural network handwriting recognition software package based on fuzzy set theory has been implemented in the book recognition and digitization process available at the Imam Bukhari International Research Center (Ministry of Information Technology and Communications, February 9, 2021, 33 -8 / Ref. No. 929). Recognition results were obtained with an accuracy of 70-80% by converting images of the manuscript into a printed form. By recognizing handwritten texts, it was possible to increase the efficiency of data processing and retrieval by 10%.

The Information Resource Center of the Institute for Advanced Studies of the Ministry of Internal Affairs (reference from the Ministry of Internal Affairs No. 02/3842 dated November 14 and reference №2020 year 33-8 / 929) introduced improved algorithms based on the theory of fuzzy sets of images of handwritten text.). As a result of scientific research based on the processing of improved images

of the text of the manuscript, recognition was achieved with an accuracy of 80-90%, which increased work efficiency by 15%.

Structure and volume of the dissertation. The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, references and appendix. The volume of the thesis is 111 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим(Часть I; Part I)

1. Iskandarova S.N. Automatic recognition for printed text in Arabic//Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. –USA, 2018. Vol. 10, special issue 14. –P. 1831-1837 (№3; Scopus; IF=0.2).
2. Iskandarova S.N. Sunniy neyron to'rlari yordamida tanib olish algoritmlari//Фарғона политехника институти илмий-техника журнали. – Фарғона, 2018. – №3. – С. 122-127 (05.00.00; №20).
3. Примова Х.А., Искандарова С.Н., Худойназаров У.У. Норавадан мезонлар ҳолатида кўп мезонли муқобиллаштириш масаласи // Фарғона политехника институти илмий-техника журнали. –Фарғона, 2018. –№1. –С. 127-133 (05.00.00; №20).
4. Iskandarova S.N. To recognize the manuscript texts of Arabic letters in ancient Uzbek script//World scientific news an international scientific journal. –Polsha, 2019. Vol.115. –P.160-173 (№12; Index Copernicus; IF=98,95).
5. Iskandarova Sayyora Nurmatovna Line and word segmentation for arabic handwritten text// International Journal of Computer Science and Engineering Information Technology Research. –India, 2020. Vol. 10, Issue 2, –P. 67-78(05.00.00; №28)
6. Turaqulov Sh. & Iskandarova S. Creation of arab graphic writings recognition program// International Journal of Computer Science and Engineering. –India,2021. Vol. 10, Issue 1, –P. 1–10(№17;Open Academic Journals Index; IF=0.201)
7. Искандарова С. Қўлёзма матн тасвирларини таниб олишнинг гибрид алгоритмлари// Фарғона политехника институти илмий-техника журнали. – Фарғона, 2021. Фарғона,–№2. –С. 112-118(05.00.00; №20)
8. D. T. Muhamadiyeva, S. N. Iskandarova Algorithm For Nonlinear Transformations Of Local Contrasts//Turkish Journal of Computer and Mathematics Education. – Turkish, 2021. Vol.12 № 10, –P. 5032-5036 (№3; Scopus; IF=0.1).
9. D. T. Muhamadiyeva, S. N. Iskandarova Fuzzy algorithm for adaptive image contrast increasing//Turkish Journal of Computer and Mathematics Education. – Turkish, 2021. Vol.12 № 10, –P. 5042-5045 (№3; Scopus; IF=0.1).

II бўлим(Часть II; Part II)

10. Солиева Б.Т., Искандарова С.Н. Прогнозирование урожайности хлопчатника при нечеткой исходной информации// Материалы XVIII Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». – Воронеж, 2018. – С. 333-337.
11. Iskandarova S.N. Qo'lyozmalarni tanish algoritmlari // Халқаро илмий-амалий ва маънавий-маърифий анжумани "Иқтисодиётнинг реал армоқларини инновацион ривожланишида ахборот коммуникация технологияларининг аҳамияти". –Тошкент, 2018.
12. Iskandarova S.N. Recognition handwriting arabic text //"Иқтисодиётнинг тармоқларини инновацион ривожланишида ахборот-коммуникация

- технологияларининг Аҳамияти” Республика илмий-техник анжуманининг Маърузалар тўплами 2-қисм. Тошкент, 2019. – С. 50-52.
13. Iskandarova S.N. Arabic text recognition //”Иқтисодиётнинг тармоқларини инновацион ривожланишида ахборот-коммуникация технологияларининг аҳамияти” Республика илмий-техник анжуманининг Маърузалар тўплами 2-қисм. – Тошкент, 2019. – С. 170-172.
 14. Ниёзматова Н., Искандарова С. - Норавадан классификатор учун қоидалар Базасини шакллантириш//Ўзбекистон республикаси олий ва ўрта Махсус таълим вазирлиги Жиззах политехника институти Замонавий тадқиқотлар, инновациялар, техника ва Технологияларнинг долзарб муаммолари ва Ривожланиш тенденциялари Мавзусидаги Илмий-техник анжумани Материаллари тўплами Жиззах-2019 йил 4-5 апрель. 273-275б
 15. Iskandarova S.N. Segmentation problems in recognition of manuscript documents in old uzbek script // “Иқтисодиётнинг тармоқларини инновацион ривожланишида ахборот-коммуникация технологияларининг аҳамияти” мавзусидаги Республика илмий-техник анжуманининг маърузалар тўплами. – Тошкент, 2020. – С.133-135.
 16. Iskandarova S. N. Segmentatsiya bosqichilari va so‘z segmentatsiyasi // «Ахборот-коммуникация технологиялари ва дастурий таъминот яратишда инновацион ғоялар» республика илмий-техник конференциясининг маърузалар тўплами . – Самарқанд, 2020. – С. 29.
 17. Iskandarova S. N. Arab grafikasi yozuvlarini tanishda tensorflow imkoniyatlari// «Ахборот-коммуникация технологиялари ва дастурий таъминот яратишда инновацион ғоялар» республика илмий-техник конференциясининг маърузалар тўплами. – Самарқанд, 2020. – С. 31.
 18. Iskandarova S.N. Creation of arab graphic writings recognition //Scientific Collection «InterConf», (36): with the Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference «Challenges in Science of Nowadays» –USA, 2020. –P. 1389-1396.
 19. Iskandarova S.N. Segmentation for arabic text//Scientific Collection «InterConf», (36): with the Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference «Challenges in Science of Nowadays» –USA, 2020. –P. 1397-1402.
 20. Iskandarova S.N. Recognition Arabic text// Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 05823. 20.11.2018.
 21. Iskandarova S.N. Recognition text// Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 09436. 14.10.2020.
 22. Iskandarova S.N. Arabic-uz // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство №07092. 26.09.2020.

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

Times гарнитураси. Босма тобоғи 3. Босишга рухсат этилди 22.06.2021.
Буюртма № 28 Қоғоз бичими 60x84^{1/16}. Шартли б. т.- 3,75. Адади 100 нусхада.
«Munis design group» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.
100170, Тошкент ш., Бўз-2 , 17-а.