

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

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

СОТВОЛДИЕВ ДИЛШОДБЕК МАРИФЖОНОВИЧ

**ШАХСНИНГ КЎЗ ТАСВИРИ АСОСИДА КАСАЛЛИКЛАРНИ
АНИҚЛАШ 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**

Сотволдиев Дилшодбек Марифжонович

Шахсинг кўз тасвири асосида касалликларни аниқлаш алгоритмлари 3

Сотволдиев Дилшодбек Марифжонович

Алгоритмы выявления заболеваний по изображению глаза человека21

Sotvoldiev Dilshodbek Marifjonovich

Algorithms for detecting diseases from the image of the human eye39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....42

**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**

СОТВОЛДИЕВ ДИЛШОДБЕК МАРИФЖОНОВИЧ

**ШАХСНИНГ КЎЗ ТАСВИРИ АСОСИДА КАСАЛЛИКЛАРНИ
АНИҚЛАШ 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/T896 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: **Примова Холида Анорбоевна**
техника фанлари доктори

Расмий оппонентлар: **Исмаилов Мирхалил Агзамович**
техника фанлари доктори, профессор

Юсупов Озод Раббимович
PhD

Етакчи ташкилот: **Тошкент давлат транспорт университети**

Диссертация ҳимояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc.13/30.12.2019.T.07.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «13» июль 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 (213 рақам билан рўйхатга олинган.). (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-65-44).

Диссертация автореферати 2021 йил «28» июнь да тарқатилди.
(2021 йил «22» июнь даги 1 рақамли реестр баённомаси.)



Handwritten signature of R. X. Xamdamov

Р. Х. Хамдамов

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

Handwritten signature of F. M. Nuraliyev

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 O. J. Babomuradov

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Бугунги кунда «дунёдаги тиббиёт техникаси бозорида кўз туби, юрак-қон томирлари тизими ва бошқа биотиббий тасвирларнинг юқори сифатли суратларини олиш учун кенг кўламдаги жиҳозлар таклиф қилинмоқда, бироқ кўпчилик тизимлардаги амалий таъминотда тасвирларни дастлабки қайта ишлаш, сифатини ошириш учун фақатгина энг оммабоп бўлган воситаларгина мавжуддир»¹ Дунёнинг ривожланган мамлакатларида, жумладан АҚШ, Япония, Испания, Германия, Буюк Британия, Франция, Россия Федерацияси ва бошқаларда клиникалар ва амалиётларни тўлиқ компьютерлаштиришнинг дастурий-техник мажмуалари жадаллик билан ривожланиб бормоқда, бу эса рақамли тасвирлар билан ишловчи мониторинг дастурлари ва эксперт тизимларига бўлган талабнинг ошишига олиб келади.

Жаҳонда ҳозирги вақтда фойдаланилаётган услубиятлар турли касалликлар тўғрисида тўлиқ тасаввур бермайди, ҳисобга олиш учун мумкин бўлган барча касалликларни ташхислаш ва олдини олишда фойдаланиш мумкин бўлган бутун омиллар тўпламини тақдим этмайди. Беморнинг жорий ҳолатини нотўғри талқин қилиниши даволаш ва касалликларни олдини олиш самарадорлигининг сезиларли даражада пасайишига олиб келади. Беморларга ёрдам кўрсатишдаги самарадорликнинг кескин ошишига ташхисий маълумотларни қайта ишлаш, талқин қилиш ва сақлаш бўйича замонавий компьютер технологияларидан фойдаланиш заруратини вужудга келтиради.

Республикамизда барча иқтисодий ва ижтимоий соҳаларига ахборот-коммуникация технологияларини жорий қилишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... иқтисодиёт, ижтимоий соҳа, бошқарув тизимига ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш»² вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда қон томирлари тасвирларидаги ташхисий жиҳатдан муҳим маълумотларни ажратиб олиш услубиятини яратиш, томирлар тизими тасвирларини моделлаштириш, қайта ишлаш ва таҳлил қилиш усуллари, алгоритмлари ва ахборот технологияларини ишлаб чиқиш ва тадқиқ қилиш ҳамда улар асосида тиббий мақсадлардаги уларнинг морфологик белгиларини миқдорий баҳолаш асосида қон томирлари касалликларини эрта ташхислаш билан таъминловчи компьютер тизимларини куриш 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

1 Н.Ю. Ильясова, А.В. Куприянов, А.О. Корепанов, М.А. Ананьш. Математические модели и методы оценивания диагностических параметров древовидных структур.- Самара: СГАУ, 2007 104 б.

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

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. Маълумотларни интел-лектуал таҳлил қилиш масалалари билан Л.Заде, Р.Алиев, Мамдани, Сугено ва бошқа хорижий олимлар изланишлар олиб борган. Тасвирнинг статистик характеристикаларини ҳисобга олган ҳолда диаметрни ўлчашнинг динамик усулини Y.Wang, J.Cheasty, R. Zuckermanлар таклиф қилишди. Офтальмологик тасвирларни қайта ишлаш (сифатини яхшилаш) усулларини Carl Zeiss, Rodenstok, Topcon ва бошқалар томонидан таклиф этилди. Michael Goldbaum тасвир рақамлаштирилганидан кейин муҳим элементларини ажратиб олинишни баён қилади. Кўз туби томирлар тизимини ташхислашда Н.Ю. Ильясова, А.В. Куприянов, А.О.Корепанов, М.А. Ананыш шулар шуғулланганлар булар асосан корреляцион таҳлил, регрессион таҳлил, факторли таҳлил, кластерли таҳлил, дискриминант таҳлил асосида изланишлар олиб борган.

Республикада норавадан маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш масалалари билан Т.Ф.Бекмуратов, М.М. Камилов, Ш.Х.Фозилов, Н.А.Игнатъев, Д.Т.Мухамедиева, Ф.Т.Одилова, Н.С.Маматов, Р.Н.Усманов, А.Х.Нишонов, С.С.Ражабов, Х.А.Примовалар илмий изланишлар олиб борган.

Ҳозирда шахснинг кўз туби олд кўриниши қон томири тасвири турли қийматларини ҳисоблаш асосида ташхислаш алгоритмининг ҳамда кўз касалликларини ташхислаш масаласини ечиш учун ўрамли нейрон тармоғи архитектурасини ишлаб чиқиш ва кўз туби ён кўриниши қон томири тасвири асосида кўз касалликларини аниқлаш алгоритмининг норавадан тўпламлар назариясини қўллаган ҳолда ишлаб чиқишга қаратилган илмий тадқиқотлар етарли даражада олиб борилмаган.

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 режасига мувофиқ №БВ-В-Ф4-011 «Ноаниклик шароитларида маълумотларни интеллектуал таҳлилининг норавадан-нокоррект

масалаларини ечиш усул ва алгоритмлари» (2017-2020) мавзуларидаги илмий тадқиқот лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотларнинг мақсади ўрамли нейрон тармоғи ва норавшан тўпламлар назариясини қўллаган ҳолда шахснинг кўз туби олд ва ён кўриниши қон томири тасвири асосида кўз касалликларини ташхислаш масаласини ечиш.

Тадқиқотларнинг вазифалари:

томир патологияларини ташхислаш муаммоларининг замонавий ҳолатини таҳлил қилиш, кўз туби тасвирлардаги томир патологиясини ташхислаш учун зарур параметрларини аниқлаш;

тасвирлар устида бажариладиган норавшан морфологик амалларни такомиллаштириш;

шахснинг кўз туби олд кўриниши қон томири тасвири турли қийматларини ҳисоблаш асосида ташхислаш алгоритминини ишлаб чиқиш;

кўз касалликларини ташхислаш масаласини ечиш учун ўрамли нейрон тармоғи архитектурасинини ишлаб чиқиш ҳамда кўз туби ён кўриниши қон томири тасвири асосида кўз касалликларини аниқлаш алгоритминини такомиллаштириш;

кўз касалликлар бўйича маълумотлар тўпламинини шакллантириш ҳамда шахснинг кўз туби олд ва ён кўриниши қон томири тасвири асосида касалликларни аниқлаш дастурларини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида шахснинг кўз туби олд ва ён кўриниши қон томири тасвири олинган.

Тадқиқотнинг предмети шахснинг кўз тасвири асосида ташхислаш усули ва алгоритми ҳамда дастурий таъминоти ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Ишнинг назарий тадқиқотлари математик таҳлил, тинч ҳолатларни аниқлаш, норавшан тўпламлар назарияси, нейрон тўрлар усулларига, 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:

норавшан тўпламлар назариясидаги фаззификация ва дефаззификация оператори ёрдамида тасвирлар устида бажариладиган морфологик дилатация ва эрозия амаллари такомиллаштирилган;

шахснинг кўз туби олд кўриниши қон томири тасвири параметрларини аниқлаш асосида турли хил қандли диабет, гипертоник, артериал гипертензия ва бошқа касалликларни ташхислаш алгоритми ишлаб чиқилган;

кўз касалликларини ташхислаш масаласини ечишнинг ўрамли нейрон тармоғи архитектураси ва алгоритми ишлаб чиқилган;

кўз туби ён кўриниши қон томири тасвири асосида кўз касалликларини аниқлаш алгоритми такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

кўз касалликлар бўйича маълумотлар тўплами шакллантирилди;

ўрамли нейрон тармоғи асосида тасвир объектларини таниб олиш дастури ишлаб чиқилди;

офтальмолог-шифокор томонидан қарорлар қабул қилишга кўмаклашиш ташхислаш дастури яратилди.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги ечимларнинг интеллектуал таҳлили келтирилган бўлиб, норавшан ҳисоблаш амаллари асосида таниб олиш ва башоратлаш масалаларини реал ва тажриба синовида ечимларни солиштириш билан модел адекватлиги таъминланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти норавшан муҳитда кўз туби тасвирларини таҳлил қилиш асосида томирлар тизими тасвирларини қайта ишлаш ва таниб олишнинг алгоритмларини яратишдан иборат бўлиб, кўз тубининг патологик ўзгаришларини ташхислаш имконини бериш билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ишлаб чиқилган алгоритмлар ва яратилган дастурий воситалар офтальмолог-шифокор томонидан қарорлар қабул қилишга кўмаклашувчи ташхисий тизимларни ривожлантиришда қўллаш мумкинлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Шахснинг кўз тасвири асосида ташхислаш алгоритмлари ва дастурий таъминот ёрдамида:

қон томирлари тасвирларидаги ташхисий жиҳатдан аҳамиятли маълумотларни ажратиш услубияти Республика шошилинич тиббий ёрдам илмий маркази Андижон филиалида, Андижон шаҳар тиббиёт бирлашмасида, Андижон вилояти кўп тармоқли тиббиёт марказида, Андижон вилояти юқумли касалликлар шифохонасида ҳамда Андижон вилояти офтальмология шифохонасида жорий қилинган (Соғлиқни сақлаш вазирлигининг 2021 йил 07 майдаги 8-7-10/686-сон маълумотномаси ва Ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 09 февралги 33-8/931-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида кўз туби тасвирлари ёрдамида кўз касалликларини ташхислаш самарадорлигини ўртача 15% га ошириш имконини берган;

ўрамли нейрон тармоғи асосида қон томирлари касалликларини ташхислашнинг компьютер тизимлари Республика шошилинич тиббий ёрдам илмий маркази Фарғона филиалида, Фарғона шаҳар тиббиёт бирлашмасида, ва Фарғона вилояти офтальмология шифохонасида жорий қилинган (Соғлиқни сақлаш вазирлигининг 2021 йил 07 майдаги 8-7-10/686-сон маълумотномаси ва Ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш Вазирлигининг 2021 йил 09 февралдаги 33-8/931-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида кўз туби патологик кўриниши асосида касалликларни ташхислаш самарадорлигини ўртача 15% га ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертациянинг асосий назарий ва амалий натижалари 7 та халқаро ва 9 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Тадқиқотнинг асосий натижалари 29 та илмий ишларда эълон қилинган, улардан 10 таси Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан докторлик диссертацияларининг асосий илмий натижаларини эълон қилиш учун тавсия қилинган журналларда, 3 таси хорижий журналларда ва 7 таси республика журналларида нашр қилинган, ҳамда 2 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 102 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация ишининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари ҳамда объект ва предметлари тавсифланган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқот илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини жорий қилиш ҳолати, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Шахснинг кўз тасвири асосида ташхислаш алгоритмларининг аналитик таҳлили**» деб номланган биринчи боби ташхисий параметрларни баҳолаш усулларининг аналитик таҳлили, тимсолларни таниб олишнинг замонавий алгоритмлари таҳлили, турли ахборотли ҳолатларда тасвирларни таниб олиш масалаларига бағишланган бўлиб, унда тасвирни таниб олиш бўйича мавжуд усул ва алгоритмларнинг қиёсий таҳлили келтирилган. Ушбу таҳлил натижалари асосида қон томирлари тасвирларини компьютерда таҳлил қилиш тизимларининг қиёсий таҳлили таклиф этилган (1-жадвал). Бундан ташқари, мазкур бобда диссертация ишининг шахснинг кўз тасвири асосида ташхислаш алгоритмларини ишлаб чиқишдан иборат мақсади шакллантирилган. Ечимлари қўйилган мақсадга эриштирувчи вазифалар белгиланган.

Ҳозирги вақтга келиб таниб олишнинг корреляцион назарияси билан боғлиқ бўлган усуллари кенг тарқалди. Буларга турли типдаги мувофиқлаштирилган филтрлар, корреляторлар, спектр анализаторлари киради. Бизнингча бундай ёндашувда белгилар фазосининг ўлчами жуда юқори бўлади. Кўрсатиб ўтилган камчиликларни енгиб ўтиш учун тадқиқот ишида ташхисланаётган тасвирларнинг геометрик параметрларидан фойдаланиш таклиф қилинади. Офтальмолог-шифокор учун бундай белгилар бўлиб кўз туби қон томирлари диаметрининг бир текис эмаслиги ва эгрилиги ҳисобланади.

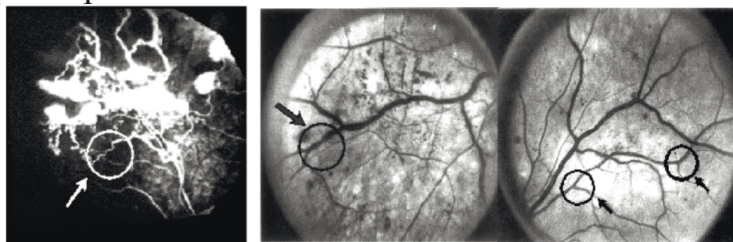
Томирларни таҳлил қилиш мавжуд компьютер тизимлари

Мумкин бўлган тизимлар	Тасвирларни рўйхатга олиш ва визуализация қилиш, таххислаш маълумотларини ҳисобга олиш ва уларни алмашиш	Тасвирларга дастлабки ишлов бериш, уларни маркировка қилиш ва ўлчаш учун стандарт воситалар	Қизиқтирган соҳаларни сегментация қилиш ва микдорий баҳолаш, томирларнинг ўрта чизиғини ажратиш олиш	Диаметрларни баҳолаш, (AVR)(трасса бўйлаб диаметрлар диаграммаларини куриш мумкин)	Эгриланишлар, тармоқланиш бурчакларини баҳолаш (бошқа морфологик характеристикалар мавжуд бўлиши	Қизиқтирган соҳаларни синфларга ажратиш. Таххислаш босқичларини автомаглаштириш. Томирларнинг субкlinik морфологик ўзгаришларини таххил қилиш	3D тасвирларни таххил ва синтез қилиш	Жиҳозга боғлаш
Компьютер тизимлари								
SIRUS	-	+	-	+	-	-	-	-
LIVE-VESEL	-	-	+	-	-	-	-	-
STARE	-	+	+	-	-	+	-	-
Гамма Мультивокс	+	+	+	+	-	-	+	+
Myrian® XP-Vessel	+	+	+	+	-	-	+	-+
VAMPIRE	-	+	+	+	+	-	-	-
ЭЛЕКТРОН	+	+	-	-	-	-	-	+
Allura Xper(Philips)	+	+	+	-	-	-	+	+
InterView Fusion (Mediso)	+	+	-	-	-	-	-	-
GOP (Context Vision)	+	+	-	-	-	-	-	-

Диссертациянинг «Кўз туби олд кўриниши тасвирлари асосида ташхислаш алгоритмлари» деб номланган иккинчи бобида предмет соҳасининг баёни келтирилган. Бундан ташқари, айрим усул ва алгоритмларнинг такомиллаштирилган кўринишлари таклиф этилган.

Ушбу ишда дарахтсимон тузилмаларнинг мавжудлиги билан тавсифланувчи биотиббий тасвирлар синфи кўриб чиқилади. Бундай тасвирларга одам кўз тўрпардаси кўз тубининг тасвирлари, одам қон томирлари тизими томирлари ва бошқа биология тузилмалар суратларини киритиш мумкин. Дарахтсимон тузилмалар тасвирларини таҳлил қилишда тармоқлар марказларини ажратиб олиш ва тармоқнинг ҳар бир нуқтасида йўналишларни аниқлаш масаласи асосий ҳисобланади.

Ушбу параметрлар ёрдамида қуйидаги тиббий-ташхисий параметрларни баҳолаш амалга оширилади: чизиқли гемодинамика параметри (томирнинг локал диаметри); ажратилган сегментдаги томирнинг ўртача диаметри; томир калибрининг нотекистик параметрлари (томир деворининг эгрилиги ва букилганлиги); ажратилган сегментда томир ҳаракатининг параметрлари (боришининг эгрилиги ва букилганлиги); томирларнинг тармоқланиш бурчаклари; турли томирларнинг маълум соҳалардаги кенгликлари нисбатини характерловчи параметр.



норма патология норма патология норма патология
а) б) в)

1-расм. Тўрпарда патологияси белгиларининг расмлари:
а) эгри-бугрилиқ, б) тармоқланиш бурчаги, в) қалинлик ўзгариши динамикаси

Ташхисий параметрлар тўплами қуйидаги баён қилинувчи ташхислаш белгилари тўпламини ҳосил қилади: 1) тармоқнинг ўртача диаметри; 2) тўғри чизиқлилиқ тармоқнинг тўғри чизиқли йўналишдан четлашишини характерлайди; 3) тармоқнинг аниқ образлилиги тармоқ қалинлигининг нотекистиклигини характерлайди; 4) тармоқ қалинлиги тебранишлари амплитудаси тармоқ деворининг тўғри чизиқдан четланишини характерлайди; 5) қалинлик тебранишлари частотаси унинг узунлик бирлигига тўғри келувчи тармоқ девори йўналишининг ўзгаришини характерлайди; 6) қалинликнинг эгри-бугрилиги трасса бўйлаб қалинлик функциясининг ўзгариш тезлигини характерлайди; 7) трассанинг эгри-бугрилиги трасса (тармоқ треакторияси) функциясининг ўзгариш тезлигини характерлайди; 8) трасса тебранишлари амплитудаси трасса боришининг тўғри чизиқли йўналишдан четланиш

даражасини характерлайди; 9) трасса тебранишлари частотаси тармоқ узунлик бирлигига тўғри келувчи трасса йўналиши ўзгаришлари сонини характерлайди.

Ҳозирги вақтда математик морфология тасвирларга рақамли ишлов беришда кенг қўлланилмоқда. Ушбу бобда тасвирлар устида норавшан морфологик операциялар такомиллаштирилди.

Асосий морфологик операциялар бўлиб кулранг дилатация ва эрозия операциялари киритилган:

$$(f \oplus b)(s, t) = \max_{\substack{(s-x, t-y) \in D_f \\ (x, y) \in D_b}} (f(s-x, t-y) + b(x, y)); \quad (1)$$

$$(f \ominus b)(s, t) = \min_{\substack{(s+x, t+y) \in D_f \\ (x, y) \in D_b}} (f(s+x, t+y) - b(x, y)); \quad (2)$$

бу ерда $f(s, t)$ – тасвирнинг ёрқинлик функцияси;

$b(x, y)$ – тузилма ҳосил қилувчи элемент;

D_f, D_b – f ва b нинг аниқланиш соҳалари.

Айтайлик, ишлов берилаётган тасвир $P = \{(x, y) | x \in \{1, 2, \dots, N\}, y \in \{1, 2, \dots, M\}\}$ пикселлар текислигида $f: P \rightarrow [0, 1]$ ёрқинлик функцияси билан берилган бўлсин. У ҳолда (1) ёки (2) операция қўлланилганидан кейин тасвирнинг ёрқинлик функциясининг $[0, 1]$ оралик доирасидан чиқишини кўриш қийин эмас, бу эса дилатация ёки эрозиядан тасвирлар устидаги мустақил операциялар сифатида фойдаланиш имкониятини бермайди.

Морфологик операцияларнинг аниқланган камчиликларини енгиб ўтиш учун норавшан тўпламлар назариясидан фойдаланиш таклиф қилинди.

Кулранг тасвирлар ва тузилма ҳосил қилувчи элементларни қуйидаги кўринишдаги норавшан қисм-тўпламлар билан белгилаймиз: $\underline{A} = \{p | \mu_{\underline{A}}(p), p \in P\}$ Тасвирнинг тегишлилик функцияси унинг ёрқинлик функцияси билан белгиланади: $\mu_{\underline{A}}(x) = f_{\underline{A}}(x)$, тузилмавий элементнинг тегишлилик функцияси априори берилади. У ҳолда таклиф қилинган ёндашувга кўра дилатацияни қуйидаги каби норавшан ҳолат учун умумлаштириш мумкин:

$$\underline{A} \oplus \underline{B} = \left\{ c \mid \exists x : (x \in (\hat{B})_c) \wedge (x \in \underline{A}) \right\} = \left\{ c \mid \max_{x \in P} \left(\mu_{(\hat{B})_c}(x) \wedge \mu_{\underline{A}}(x) \right) \right\}.$$

Тасвирлар ҳолатига эрозия операциясини умумлаштириш учун қуйидаги ифодадан фойдаланиш таклиф қилинади:

$$\underline{A} \ominus \underline{B} = \left\{ c \mid \min_{x \in P} \left(\min \{1, 1 - \mu_{(\hat{B})_c}(x) + \mu_{\underline{A}}(x)\} \right) \right\}.$$

Дилатация ва эрозия операциялари асосида тузилган чегараларни ажратишнинг морфологик усули норавшан ҳолатга кенгайтириш қуйидагича кўринишга эга бўлади:

$$\underline{A}' = (\underline{A} \oplus \underline{B}) \setminus (\underline{A} \ominus \underline{B}),$$

бу ерда $\mu_{A \setminus B}(x) = \max\{\mu_A(x) - \mu_B(x), 0\}$.

Диссертация ишининг « **Нейрон тармоғидан фойдаланган ҳолда кўз касалликларини аниқлаш алгоритмлари** » деб номланган учинчи бобида ўрамли нейрон тармоқларидан фойдаланган ҳолда кўз касалликларини аниқлаш алгоритмлари таклиф этилган. Хатоликнинг тескари тарқалиши алгоритми бўйича ўқитиш билан тўлдирилган ўрамли нейрон тармоғидан фойдаланилди.

Ўрамли нейрон тармоғи турли қатламлардан ташкил топади:

Қатламларнинг дастлабки икки тури (convolutional, subsampling), ўзаро ўрин алмашган ҳолда кўп қатламли персептрон учун кирувчи белгилар векторини ҳосил қилади.

Ўрамли тармоқлар биологик ўхшаш тармоқлар билан оддий кўп қатламли персептрон ўртасидаги муваффақиятли оралиқ бўлиб ҳисобланади. Бугунги кунда тасвирларни таниб олиш бўйича энг яхши натижалар улар ёрдамида олинади. Ўртача олганда бундай тармоқларнинг аниқлиги оддий сунъий нейрон тармоғидан 10-15% га юқоридир.

Ўрамли қатламнинг барча хариталари ўлчамлари қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$(w, h) = (mW - kW + 1, mH - kH + 1),$$

бу ерда (w, h) – ўрамли хаританинг ҳисобланаётган ўлчами; mW – аввалги хаританинг кенглиги; mH – аввалги хаританинг баландлиги; kW – ядронинг кенглиги; kH – ядро баландлиги.

Ядро аввалги хаританинг бутун соҳаси бўйлаб сирпанувчи ва объектларнинг маълум белгиларини топувчи филтер ёки ойнадан иборат. Ядро аввалги харита бўйича сирпанади ва кўпинча тасвирларга ишлов беришда фойдаланилувчи қуйидаги формула бўйича ўрам операциясини бажаради

$$(f * g)[m, n] = \sum_{k, l} f[m - k, n - l] * g[k, l],$$

бу ерда f – берилган тасвир матрицаси; g – ўрам ядроси.

Танлов ости қатлами ядроси (филтер) билан аввалги қатлам харитасини сканерлаш жараёнида сканерловчи ядро ўрамли қатламдан фарқ қилган ҳолда кесишмайди. Одатда ҳар бир харита 2×2 ўлчамдаги ядрога эга бўлади, бу эса ўрамли қатламнинг аввалги хариталарини 2 марта камайтиришга имкон беради. Барча белгилар харитаси 2×2 элементдан иборат ячейкаларга бўлинади, улардан қиймати бўйича максимали танлаб олинади.

Одатда танлов ости қатламида ReLU фаоллаштириш функцияси қўлланилади.

Қатламни қуйидаги формула билан ифодалаш мумкин:

$$x^l = f(a^l * \text{subsample}(x^{l-1}) + b^l),$$

бу ерда x^l – қатлам чиқиши; $f()$ – фаоллаштириш функцияси; a^l, b^l қатламнинг силжиш коэффициентлари; $\text{Subsample}()$ – локал максимал қийматларни танлаб олиш операцияси.

Нейрон тўрини ўқитишнинг квадратик хатосини камайтириш учун ҳар бир вазнга нисбатан E_n^p частота ҳосиласини ҳисоблаб градиент тушиш усулидан фойдаланамиз. Қуйидаги муносабатга эга бўламиз:

$$\frac{\partial E_n^p}{\partial w_i} = x_{n-1}^j \cdot \frac{\partial E_n^p}{\partial y_n^i}, \quad \frac{\partial E_n^p}{\partial y_n^i} = g'(x_n^j) \cdot \frac{\partial E_n^p}{\partial x_n^i},$$

бу ерда g' активация функцияси.

$$\frac{\partial E_n^p}{\partial y_n^i} = x_n^i - d_n^i,$$

x_{n-1}^j - j - қатламнинг $(n-1)$ - нейронининг чиқиши, y_n^i - $(n-1)$ -қатлам нейронларининг барча чиқишининг скаляр кўпайтмаси ва тегишли вазн коэффициентлари.

Кўз касалликлари параметрлари ёрдамида таҳлиллар ва тажрибалардан фойдаланиб, кўз касалликларини аниқлашда томир хусусиятларига қараб моделлаштирилди:

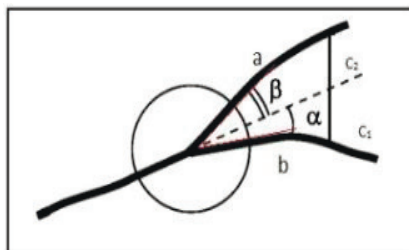
-томир қалинлигини ҳисоблаш $a = \frac{\sum_{i=1}^K d_i}{K}$, $v = \frac{\sum_{i=1}^K D_i}{K}$ ва $v > \frac{2}{3}a$ бўлганда

кўз касаллиги ташхиси қўйилади(2- расм а) бу ерда d_i -артерия қон томир ичига чизилган айлана диаметри, D_i -вена қон томир ичига чизилган айлана диаметри, K - қон томир ичига чизилган айланалар сони

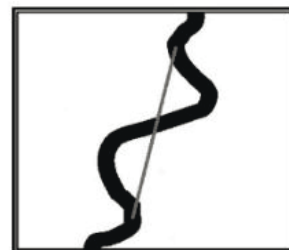
- $tg\alpha$ орқали бурчак ҳисоблаб олинади А ва В томони ҳосил қилинган учбурчак томонларига тенг. $\alpha = \arctg \frac{c_1}{b} + \arctg \frac{c_2}{a}$ пикселлар орқали бурчак ҳисобланиб, ўтмас бурчак ҳолати учун касаллик ташхиси қўйилади.(2-расм б).



а)



б)



с)

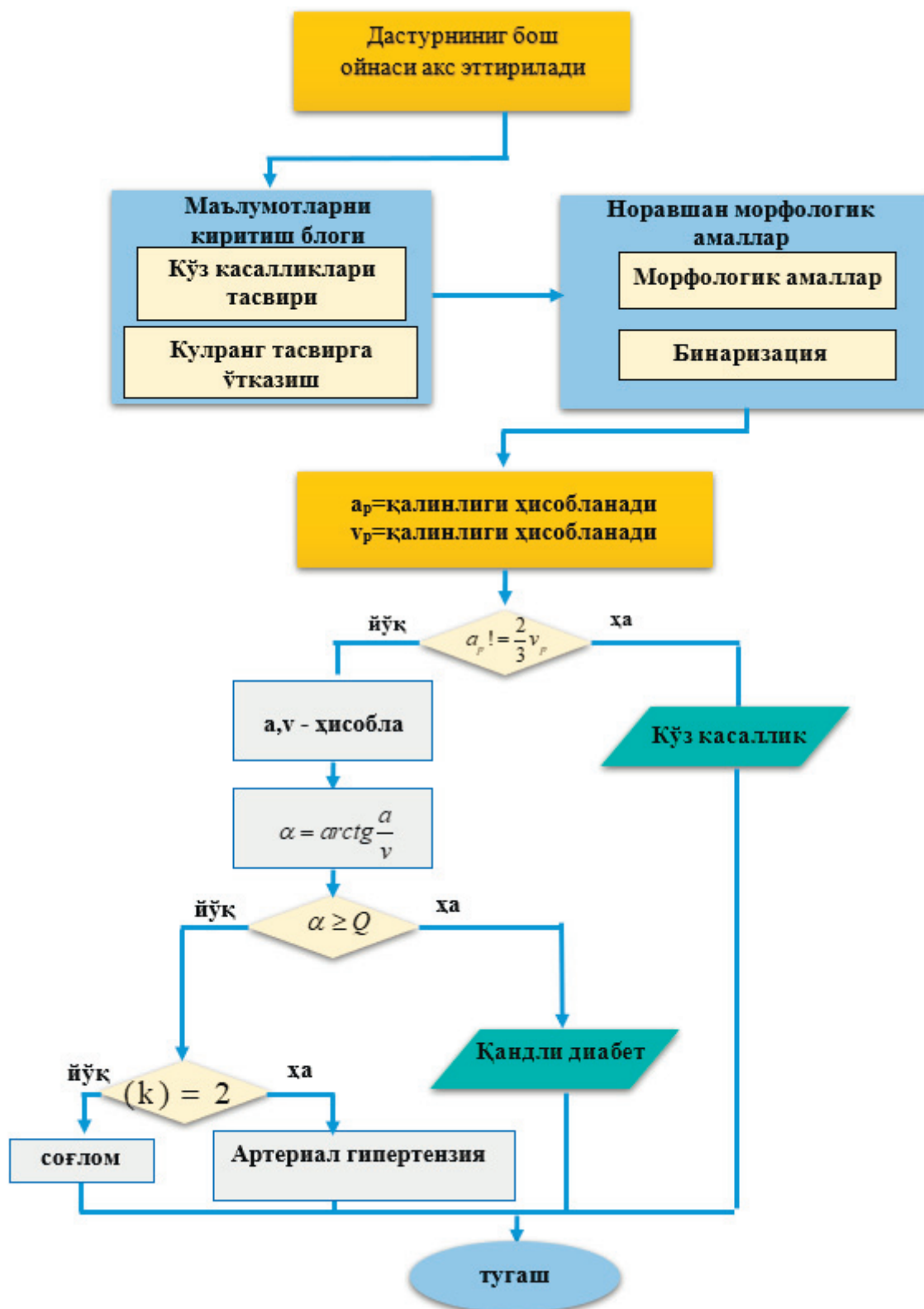
2- расм Кўз туби қон томирининг кўриниш шакллари

Агар функция график кўринишида ёки мураккаб аналитик ифода билан берилган бўлса, у ҳолда бошқа турдаги вариантли масалалар вужудга келади. Масалан, $[a, b]$ ораликни l та бўлакка ажратиш талаб этилсин:

$$[a_{i-1}, a_i], i = 1, \dots, l, a_0 = a, a_l = b,$$

ҳар бир $[a_{i-1}, a_i]$ кесмада функцияни қуйидаги кўпхадга яқинлаштириш керак:

$$f(x) \approx g(x) = \sum_{k=0}^n c_k x^k.$$

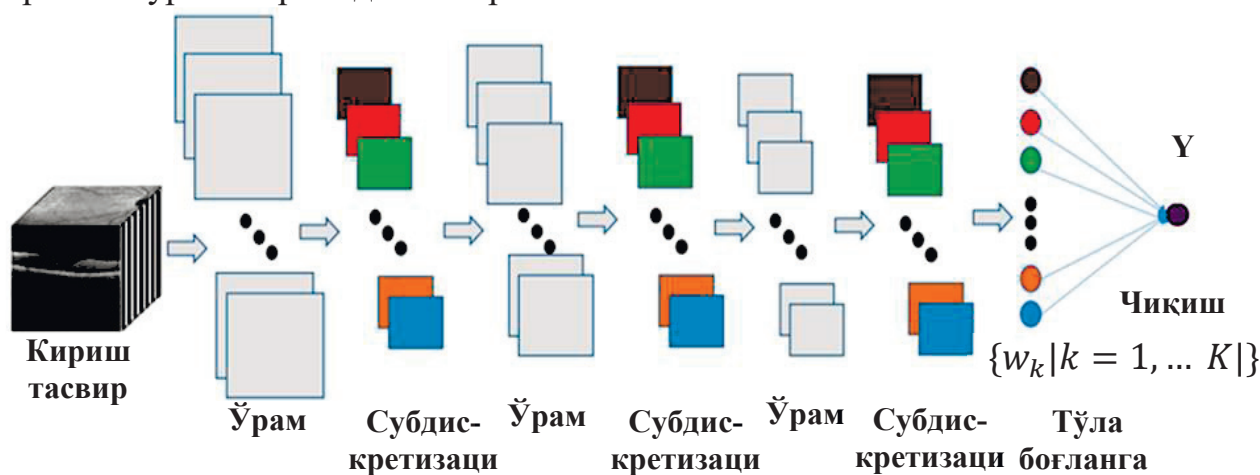


3- расм. Дастурнинг функционал тузилмаси

Яқинлашишнинг бундай усуллари ичидан у ёки бу маънода муқобили топилади. Кўпинча олдидан, $n_1 = \dots = n_l$, $m_1 = \dots = m_l$ деган талаб қўйилади, l бўлинган кесмаларнинг сони ҳисобланади ва a_1, \dots, a_{l-1} , n ва m бўйича усул муқобиллаштирилади. Хусусий ҳолда, яъни $l=1$ да белгиланган кесмада кўпхадга текис яқинлашиш масаласи туғилади (2- расм с) Кўз томирининг олд

тараф тасвири асосида дастурнинг функционал тузилмаси ишлаб чиқилди (3-расм).

Ўрамли нейрон тармоғи архитектурасини яратгандан ва уни ўқитгандан кейин ундан фойдаланишни ўтказиш мумкин. Ўрамли нейрон тармоғи, тўғри тарқалувчи нейрон тармоқлари ёрдамида классификаторни қуриш биринчи ўрамли қатламданоқ бошланади. Яратилган ўрамли нейрон тармоғи архитектураси 4-расмда келтирилган.



4-расм. Ўрамли нейрон тармоғининг умумий тузилиши

4-расмда келтирилган ўрамли нейрон тармоғи қатламларнинг турлари: ўрамли (convolutional) қатламлар, субдискретизация (subsampling, танлов ости) қатламларидан ташкил топган. Ўрам операциясида фақат кичик ўлчамдаги чекланган вазнлар матричасидан ёки 3×3 ўлчамдаги ойнадан фойдаланилади

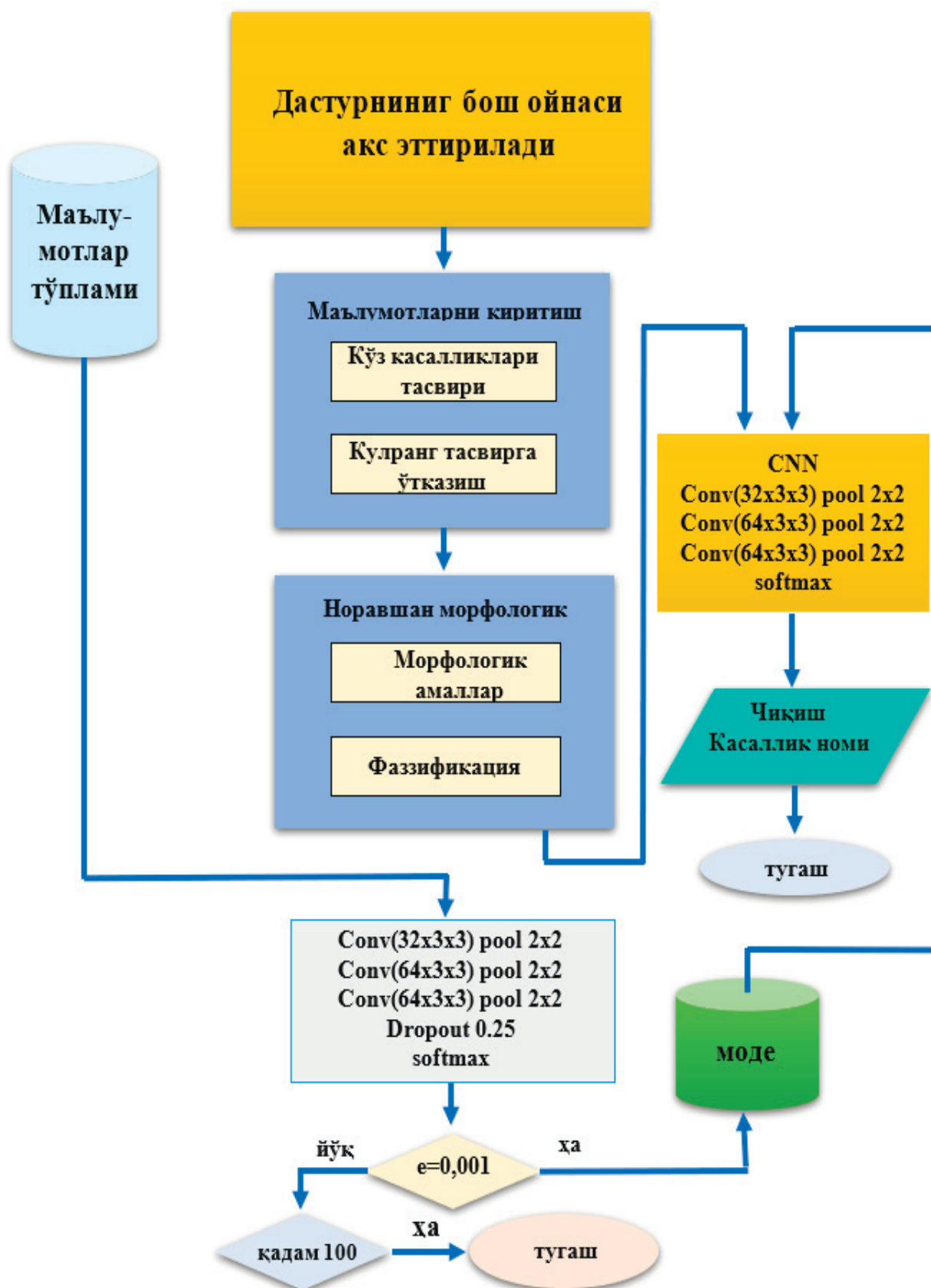
Биринчи қатламдан кейин $28 \times 28 \times 1$ матричаси – фаоллаштириш функцияси ёки белгилар харитасини, яъни 784 та қийматни оламиз. Кейин $S1$ қатламда олинган матрица $k \times k$ ўлчамли ойна ёрдамида субдискретизация операциясидан (пулингдан) ўтади. Кўз томирининг ён тараф тасвири асосида қуйидаги гибрид алгоритм ишлаб чиқилди.

Кўз томирининг ён тараф тасвири асосида дастурнинг функционал тузилмаси ишлаб чиқилди (5-расм).

Диссертациянинг «**Кўз туби тасвирлари бўйича кўз касалликларини ташхислаш дастури ва олинган натижа таҳлили**» деб номланган тўртинчи боби таклиф этилган интеллектуал гибрид усул ва алгоритмлар асосида кўз туби тасвирлари бўйича кўз касалликларини ташхислаш дастури ишлаб чиқилган ва олинган натижа таҳлили келтирилган.

Дастур python 3.6.7 версиясида ишлаб чиқилди. Дастурни ишлашини таъминлашда видеохаританинг мавжуд бўлиши талаб этилади. Тасвирларни қайта ишлашда қўйидаги кутубхоналар юклаб олинади:

```
abs1-py==0.10.0 astunparse==1.6.3 attrs==20.2.0 cachetools==4.1.1
certifi==2020.6.20 chardet==3.0.4 cycler==0.10.0 dill==0.3.2 future==0.18.2
gast==0.3.3 google-auth==1.21.1 google-auth-oauthlib==0.4.1 google-
pasta==0.2.0 googleapis-common-protos==1.52.0 grpcio==1.32.0 h5py==2.10.0
idna==2.10 importlib-metadata==1.7.0 Keras==2.4.3 Keras-Preprocessing==1.1.2
```



5-расм. Кўз томирининг ён тараф тасвири асосида яратилган дастурнинг функционал тузилмаси

kiwisolver==1.2.0 Markdown==3.2.2 matplotlib==3.3.1 numpy==1.18.5
 oauthlib==3.1.0 opencv-python==3.4.3.18 opt-einsum==3.3.0 Pillow==7.2.0
 promise==2.3 protobuf==3.13.0 yasn1==0.4.8 pyasn1-modules==0.2.8
 pyparsing==2.4.7 PyQt5==5.15.1 PyQt5-sip==12.8.1 python-dateutil==2.8.1
 PyYAML==5.3.1 requests==2.24.0 requests-oauthlib==1.3.0 rsa==4.6
 scipy==1.4.1 six==1.15.0 tensorboard==2.3.0 tensorboard-plugin-wit==1.7.0
 tensorflow==2.3.0 tensorflow-datasets==3.2.1 tensorflow-estimator==2.3.0
 tensorflow-metadata==0.24.0 termcolor==1.1.0 tqdm==4.48.2 urllib3==1.25.10
 Werkzeug==1.0.1 wrapt==1.12.1 zipp==3.1.0.

Тажрибавий тадқиқотлар кўз томир патологиясида ажратиб олинган тест тасвирларида ўтказилди.

Кўз томирининг ён тарафдан кўриниши тасвирлари маълумотлар тўплами kaggle.com очик маълумотлар тўплами сайтидан олинди. Ушбу маълумотлар тўпламидан олинган тасвирлар куйидагича тақсимланди. 2-жадвал.

2-жадвал

Тажирибаларда фойдаланилган тасвирларнинг тақсимланиши

	Соғлом кўз	Хориоидеядан ўсган янги қон томир	Друсен кўз касаллиги
Умумий тасвирлар сони	26315	37205	28616
Ўқитилган тасвирлар сони	242	242	242
Тест қилинган тасвирлар сони	26557	37447	28858

Ушбу маълумотлар тўплами асосида турли структурадаги натжалар таҳлиллари олинди.

Ишда ўқитувчи билан ўқитиш усули асосида объектларни таниб олиш ва синфларга ажратиш бўйича дастурий таъминот яратилди, ишда яратилган битта кириш қатлами, учта ўрамли қатлам ва учта субдискретизация қатламига эга бўлган ўрамли нейрон тармоғи. Тармоқнинг тузилиши асосида 3- жадвалда келтирилган натижалар олинди.

Танланган тармоқни ўқитиш, ўзгартириш ва тестдан ўтказиш йўли билан эпохаларнинг (итерацияларнинг) оптимал сони аниқланди.

3-жадвал

Тизим учун нотаниш бўлган тест маълумотлар танитилган натижа

№	Категория номи	Жами тестлар	Тўғри	Нотўғри	Фоиз
1	Хориоидеядан ўсган янги қон томир	242	212	30	87,6
2	Друсен кўз касаллиги	242	199	43	82,3
3	Соғлом кўз	242	232	10	95,8

Ўрамли нейрон тармоғи чиқишида базада мавжуд бўлган объектга мос келиш эҳтимолликлари олинади. Максимал даражадаги эҳтимолликка эга

бўлган кадр танлаб олинад ва шу вақтдаги якуний хулоса сифатида қабул қилинади. Хатолар сони 4-40% ни ташкил қилди.

Морфологик фильтрация амалга оширилганда 4 жадвалдаги таниб олиш натижалари олинган.

4-жадвал

Тизим учун нотаниш бўлган тест маълумотларни морфологик фильтрация орқали ўқитилгандаги натижалар

№	Категория номи	Жами тестлар	Тўғри	Нотўғри	Фоиз
1	Хориоидеядан ўсган янги қон томир	242	208	34	85,9
2	Друсен кўз касаллиги	242	192	50	79,3
3	Соғлом кўз	242	221	21	91,3

Норавшан морфологик фильтрация амалга оширилганда 5 жадвалдаги таниб олиш натижалари олинди.

5-жадвал

Тизим учун нотаниш бўлган тест маълумотларни норавшан морфологик фильтрация орқали ўқитилганда

№	Категория номи	Жами тестлар	Тўғри	Нотўғри	Фоиз
1	Хориоидеядан ўсган янги қон томир	242	229	13	94,6
2	Друсен кўз касаллиги	242	218	24	90,2
3	Соғлом кўз	242	235	7	97,4

Норавшан морфологик фильтрация амалга оширилгандан сўнг 5-жадвал натижалари олинди. Хатоликлар сони 5-7% ни ташкил қилди. Норавшан морфологик фильтрация амалга оширилганда хисоблашлардаги аниқлик ошди.

Ўрамли нейрон тармоқлари масштаб ўзгаришлари, силжишлар, буришлар, ракурснинг алмашиши ва бошқа бузилишларга нисбатан қисман турғунликни таъминлайди.

Кўз туби организмдаги томирлар тизимининг тўрпарда томирларидаги патологик ўзгаришларни миқдорий баҳолаш усуллари ва алгоритмларига асосланган кўз туби тасвирларини таҳлил қилишда ишлаб чиқилган автоматлаштирилган тизим тўрпарданинг бошқа касалликларини ҳам ташхислашга имкон беради.

Ушбу тадқиқот ишида кўз туби тасвирларини таҳлил қилишнинг автоматлаштирилган тизими ташхислашнинг алоҳида босқичларини автоматлаштиришга имкон беради.

ХУЛОСА

«Шахснинг кўз тасвири асосида касалликларни аниқлаш алгоритмлари» мавзусида олиб борилган диссертация тадқиқотининг асосий натижалари қуйидагилардан иборат:

1. Томир патологияларини ташхислаш муаммоларининг замонавий ҳолати таҳлил қилинди. Олиб борилган таҳлил натижалари кўз туби тасвирлардаги томир патологиясини ташхислаш учун зарур параметрлари аниқлашга ва ташхислаш масалаларни шакллантиришга имкон беради.

2. Тасвирлар устида морфологик операциялар норавшан тўпламлар назарияси асосида такомиллаштирилди. Таклиф қилинган норавшан морфологик операциялар тасвирларга дастлабки ишлов бериш ва уларни таҳлил қилишнинг янги усулларини ишлаб чиқиш учун фойдаланишга имкон берди.

3. Шахснинг кўз туби олд кўриниши қон томири тасвири параметрларини аниқлаш асосида турли хил касалликларни ташхислаш алгоритми ишлаб чиқилди. Ушбу алгоритм кўз касалликларидан фарқли бошқа касалликларини ҳам ташхислашга имкон берди.

4. Кўз касалликларини ташхислаш масаласини ечиш мақсадида ўрамли нейрон тармоғи архитектураси ишлаб чиқилди. Бу эса кўз туби ён кўриниши қон томири тасвири асосида кўз касалликларини аниқлаш алгоритмини такомиллаштиришга имкон берди.

5. Кўз касалликлар бўйича маълумотлар базасини шакллантириш ҳамда шахснинг кўз туби олд ва ён кўриниши қон томири тасвири асосида касалликларни аниқлаш дастурлари ишлаб чиқилди. Ўрамли нейрон тармоқлари масштаб ўзгаришлари, силжишлар, буришлар, ракурснинг алмашиши ва бошқа бузилишларга нисбатан қисман турғунликни таъминлашга имкон берди.

6. Кўз туби организмдаги томирлар тизимининг тўрпарда томирларидаги патологик ўзгаришларни миқдорий баҳолаш усуллари ва алгоритмларига асосланган кўз туби тасвирларини таҳлил қилишнинг автоматлашган тизими ишлиб чиқилди. Дастур таклиф қилинган алгоритмларнинг адекватлигини текширишга имкон берди.

7. Ушбу тадқиқот ишида кўз туби тасвирларини таҳлил қилишнинг автоматлаштирилган тизими ташхислашнинг алоҳида босқичларини автоматлаштиришга имкон берди.

8. Қон томирлари тасвирларидаги ташхисий жиҳатдан аҳамиятли маълумотларни ажратиш услубияти Республика шошилинич тиббий ёрдам илмий маркази Андижон филиалида, Андижон шаҳар тиббиёт бирлашмасида, Андижон вилояти кўп тармоқли тиббиёт марказида, Андижон вилояти юқумли касалликлар шифохонасида ҳамда Андижон ва Фарғона вилояти офтальмология шифохонасида тадбиқ этилган. Илмий тадқиқот натижасида кўз туби тасвирлари ёрдамида кўз касалликларини ташхислаш самарадорлигини 15% га ошириш имконини берди.

**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**

СОТВОЛДИЕВ ДИЛШОДБЕК МАРИФЖОНОВИЧ

**АЛГОРИТМЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ
ГЛАЗА ЧЕЛОВЕКА**

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/T896.

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: Примова Холида Анорбоевна
доктор технических наук, старший научный сотрудник

Официальные оппоненты: Исмаилов Мирхалил Агзамович
доктор технических наук, профессор

Юсупов Озод Раббимович
PhD

Ведущая организация: Ташкентский государственный транспортный университет

Защита диссертации состоится «13» ИЮЛЬ 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 №___). (Адрес: 100202, г.Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44).

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



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

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

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

Handwritten signature of O. J. Babomurodov.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Сегодня «на оном рынке медицинской техники предлагается довольно большой спектр оорудования для получения высококачественных изображений снимков зного дна, сердечно-сосудистой системы и других биомедицинских изображений, однако прикладное обеспечение у большинства систем содержит лишь наиболее общеупотребительные средства для предобработки изображений, повышения их качества»¹. В развитых странах мира, включая США, Японию, Испанию, Германию, Великобританию, Францию, Российскую Федерацию и др., быстро развиваются программно-аппаратные комплексы для полной компьютеризации клиник и практик, что приводит к повышению спроса на программы мониторинга и экспертные системы, оперирующие цифровыми изображениями.

Методы, используемые в настоящее время в мире, не дают полной картины различных заболеваний, а также не предоставляют для учета полного набора факторов, которые можно использовать для диагностики и профилактики всевозможных заболеваний. Неправильная интерпретация текущего состояния пациента приводит к значительному снижению эффективности лечения и профилактики заболеваний. Существенное повышение эффективности лечения пациентов требует использования современных компьютерных технологий для обработки, интерпретации и хранения диагностических данных.

Особое внимание уделяется внедрению информационных и коммуникационных технологий во всех экономических и социальных сферах страны. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы определены задачи, в том числе «...внедрение информационных и коммуникационных технологий в экономику, социальную сферу, систему управления»². При выполнении этих задач на основе разработки методов моделирования, обработки и анализа изображений сосудистой системы, алгоритмов и информационных технологий, а также количественной оценки их морфологических особенностей для медицинских целей, одной из актуальных задач является создание компьютерных системы, обеспечивающие раннюю диагностику заболеваний.

Данное диссертационное исследование в определенной степени способствует реализации задач, поставленных в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлении Президента Республики Узбекистан № ПП-3245 от 29 августа 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления проектами в сфере информационно-коммуникационных технологий» и Указе Президента

¹ Н.Ю. Ильясова, А.В. Куприянов, А.О. Корепанов, М.А. Ананьш. Математические модели и методы оценивания диагностических параметров древовидных структур.- Самара: СГАУ, 2007 104 б.

² Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

Республики Узбекистан № УП-5349 от 19 февраля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию сферы информационных технологий и коммуникаций», а также других нормативных актах, относящихся к данной деятельности.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Это исследование реализовано в рамках части IV приоритетного направления «Информатизация и развитие информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. Л.Заде, Р.Алиев, Мамдани, Сугено и другие зарубежные ученые проводили исследования по вопросам интеллектуального анализа данных. Y. Wan, J. Cheasty, R. Zuckerman предложили динамичный метод измерения диаметра с учётом статистических характеристик изображения. Методы обработки (повышения качества) офтальмологических изображений были предложены учёными как Carl Zeiss, Rodenstock, Topcon и другими. Michael Goldbaum описывает выделение важных элементов после оцифровки изображения. В диагностике сосудистой системы глазного дна Н.Ю. Ильясова, А.В. Куприянов, А.О. Корепанов, М.А. Ананыш проводили исследования на основе корреляционного анализа, регрессионного анализа, факторного анализа, кластерного анализа, дискриминантного анализа.

По вопросам интеллектуального анализа нечетких данных в научные исследования Республике Узбекистан проводили Т.Ф.Бекмуратов, М.М.Камилов, Ш.Х.Фозилов, Н.А.Игнатъев, Д.Т.Мухамедиева, Ф.Т.Одилова, Н.С.Маматов, Р.Н.Усманов, А.Х.Нишонов, С.С.Раджабов.

К настоящему времени не было проведено достаточного количества исследований, направленных на разработку алгоритма выявления заболеваний глаз на основе расчета различных значений изображения глазного дна, вид спереди, решение задачи диагностики заболеваний глаз, а также разработку топологии нейронной сети на основе изображения сосудов глазного дна, вид сбоку, и с использованием теории нечетких множеств.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Согласно плану научно-исследовательской работы Научно-инновационного центра информационных и коммуникационных технологий при Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада аль-Хорезми, исследование проводилось в рамках исследовательских проектов по темам БВ-В-Ф4-011 «Методы и алгоритмы решения нечетких задач интеллектуального анализа данных в условиях неопределенности» (2017-2020 гг.)

Цель исследований: решение задачи диагностики заболеваний глаз на основе изображения кровеносных сосудов глазного дна, вид спереди и вид сбоку, с использованием теории нейронных сетей и нечетких множеств.

Задачи исследования:

анализ текущего состояния проблем диагностики сосудистой патологии,

определение параметров, необходимых для диагностики сосудистой патологии на изображениях глазного дна;

улучшение нечетких морфологических операций над изображениями;

разработка диагностического алгоритма на основе расчета различных значений сосудистого изображения человека, переднего вида глазного дна;

разработка топологии нейронной сети для решения задачи диагностики заболеваний глаз и совершенствования алгоритма выявления заболеваний глаз на основе визуализации сосудов бокового обзора глазного дна;

формирование базы данных глазных болезней и разработка программ диагностики заболеваний на основе изображения глазного дна переднего и бокового обзора.

Объекта исследования было принято изображение кровеносных сосудов глазного дна человека, вид спереди и сбоку.

Предметом исследования являются метод и алгоритм диагностики, а также программное обеспечение, на основе изображения глаза человека.

Методы исследования. Теоретические исследования работы основаны на математическом анализе, распознавании образов, теории нечетких множеств, методах нейронных сетей, а также методах обработки изображений, алгоритмах обучения на основе нейронных сетей, методах и алгоритмах сравнения решений; при этом компьютерная модель прогнозирования использовалась и исследовалась в качестве экспериментальной основы.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

усовершенствованы морфологические операции дилатации и эрозии над изображениями с использованием оператора фаззификации и дефаззификации теории нечетких множеств;

разработан алгоритм диагностики различных заболеваний, таких как сахарный диабет, артериальная гипертония и артериальная гипертензия на основе определения параметров сосудистого изображения переднего вида глазного дна человека;

разработаны архитектура и алгоритм сверточной нейронной сети для решения задачи диагностики глазных заболеваний;

улучшен алгоритм выявления заболеваний глаз на основе изображения сосудистого русла глазного дна, вид сбоку.

Достоверность результатов исследования. Исследование обеспечивает интеллектуальный анализ решений и обеспечивает адекватность модели путем сравнения решений в реальном и экспериментальном тестировании задач распознавания и прогнозирования на основе нелинейных вычислительных операций.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в создании алгоритмов обработки и распознавания изображений сосудистой системы на основе анализа изображений глазного дна в нечеткой среде, позволяющих диагностировать патологические изменения глазного дна.

Практическая значимость результатов исследования заключается в возможности использования разработанных алгоритмов и программных средств врачом-офтальмологом при разработке диагностических систем, помогающих принимать решения.

Внедрение результатов исследований.

С помощью диагностических алгоритмов по изображению глаза человека и программного обеспечения было осуществлено следующее:

Методика выделения диагностически важных данных по изображениям сосудов применялась в Андижанском филиале Республиканского научного центра экстренной помощи, Андижанском областном многопрофильном медицинском центре, Андижанской областной инфекционной больнице и Андижанской областной офтальмологической больнице (Справка Министерство здравоохранения № 8-7-10 / 686 от 7 мая 2021 г и Справки Министерства развития информационных технологий и коммуникаций № 33-8/931 от 09 февраля 2020 г.). В результате исследования было продемонстрировано, что использование изображений глазного дна может повысить эффективность диагностики глазных заболеваний на 15%;

Компьютерные системы диагностики сосудистых заболеваний на основе нейронной сети внедрены в Ферганском филиале Республиканского научного центра экстренной помощи, Ферганском городском медицинском объединении, Ферганской областной офтальмологической больнице (Справка Министерство здравоохранения № 8-7-10 / 686 от 7 мая 2021 г и Справки Министерства развития информационных технологий и коммуникаций № 33-8/931 от 09 февраля 2020 г.). В результате исследования удалось повысить эффективность диагностики заболеваний по изображению патологии глазного дна на 15%.

Апробация результатов исследования. Основные теоретические и практические результаты диссертации обсуждались на 7 международных и 9 республиканских научных конференциях.

Опубликованность результатов исследования. Основные результаты исследования опубликованы в 29 научных статьях, 10 из которых опубликованы в журналах, рекомендованных Высшей Аттестационной Комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, 3 - в зарубежных журналах и 7 - в отечественных, а также получено свидетельство об официальной регистрации 2 программ для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 102 страницу.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** диссертации обоснована актуальность, востребованность исследования, определены цель и задачи, а также объект и предмет исследования, показано соответствие работы приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, приведены сведения о

научной новизне, практических результатах, теоретической и практической значимости, внедрении результатов в практику, апробации, опубликованности работ и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием **«Аналитический анализ диагностических алгоритмов на основе изображения глаза человека»** приводится аналитический анализ методов оценки диагностических параметров, анализ современных алгоритмов распознавания образов, распознавания изображений в различных информационных ситуациях, сравниваются существующие методы и алгоритмы. По результатам этого анализа предлагается сравнительный анализ систем компьютерного анализа изображений сосудов (таблица. 1). Кроме того, целью этой главы диссертации является разработка диагностических алгоритмов на основе изображения глаза. Определены решаемые задачи.

Во второй главе диссертации, озаглавленной **«Алгоритмы диагностики на основе изображений переднего вида глазного дна»**, даётся описание предметной области. Кроме того, были предложены улучшенные виды некоторых методов и алгоритмов.

В данной работе рассматривается класс биомедицинских изображений, характеризующихся наличием древовидных структур. Такие изображения могут включать изображения глазного дна сетчатки глаза человека, снимки сосудов кровеносной системы человека и других биологических структур.

При анализе изображений древовидных структур задача выделения центров сетей и определения направлений в каждой точке сети является ключевой.

По этим параметрам оцениваются следующие медико-диагностические параметры: параметр линейной гемодинамики (локальный диаметр сосуда); средний диаметр сосуда на выделенном сегменте; параметры неравномерности калибра сосуда (кривизна и извитость стенки сосуда); параметры движения сосудов на выделенном сегменте (кривизна и извитость хода); углы разветвления сосудов; параметр, характеризующий соотношение ширины различных сосудов на определенных участках.

На сегодняшний день получили распространение методы, связанные с теорией корреляционного распознавания. К ним относятся различные типы согласованных фильтров, корреляторов, анализаторов спектра. На наш взгляд, размер пространства символов при таком подходе будет очень большим. Для преодоления указанных недостатков в данном исследовании предлагается использовать геометрические параметры диагностируемых изображений. Для врача-офтальмолога такими признаками являются неравномерность и кривизна диаметра сосудов глазного дна.

Таблица 1

Существующие компьютерные системы для анализа сосудов

Возможности систем	Регистрация и изображений визуализация, учет и обмен диагностической информацией	Стандартные средства для предварительной обработки маркировки и измерений изображений	Сегментация и количественная оценка областей интереса, выделение средней линии сосудов	Оценка диаметров,(AVR)(возможно построение диаграммы диаметров вдоль трассы)	Оценка извилистости, углов ветвления (возможно других морфологических характеристик)	Классификация областей интереса. Автоматизация этапов диагностики Анализ субклинических морфологических изменений сосудов	Анализ и синтез 3D изображений	Привязка к оборудованию
Компьютерные системы								
SIRUS	-	+	-	+	-	-	-	-
LIVE-VESSEL	-	-	+	-	-	-	-	-
STARE	-	+	+	-	-	+	-	-
Гамма Мультивокс	+	+	+	+	-	-	+	+
Myrian® XP-Vessel	+	+	+	+	-	-	+	+
VAMPIRE	-	+	+	+	+	-	-	-
ЭЛЕКТРОН	+	+	-	-	-	-	-	+
Allura Xper(Philips)	+	+	+	-	-	-	+	+
InterView Fusion (Mediso)	+	+	-	-	-	-	-	-
GOP (Context Vision)	+	+	-	-	-	-	-	-

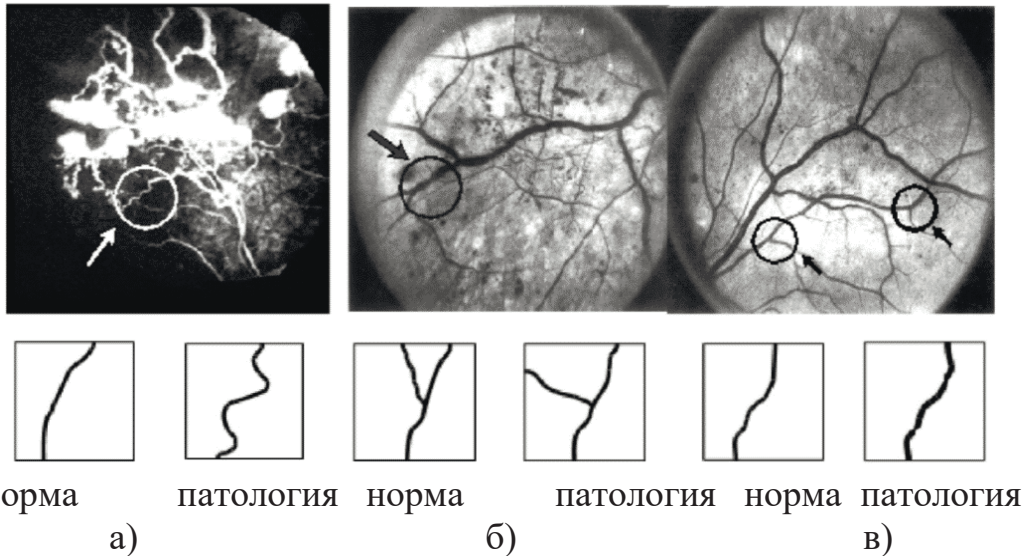


Рис. 1. Иллюстрация признаков патологии сетчатки:

а) извилистость, б) угол ответвления, в) динамика изменения толщины

Набор диагностических параметров формирует следующий набор описываемых диагностических признаков: 1) средний диаметр сети; 2) прямолинейность характеризует отклонение сети от прямолинейного направления; 3) четкообразность сети характеризует неравномерность толщины сети; 4) амплитуда колебаний толщины ветви характеризует отклонение стенок сети от прямой линии; 5) частота колебаний толщины характеризует изменение направления стенок сети, соответствующей ее на единицу ее длины; 6) извилистость толщины характеризует скорость изменения функции толщины вдоль трассы; 7) извилистость трассы характеризует скорость изменения функции трассы (траектории сети); 8) амплитуда колебаний трассы характеризует степень отклонения хода трассы от прямолинейного направления; 9) частота колебаний трассы характеризует количество изменений направления трассы на единицу длины сети.

В настоящее время математическая морфология широко используется при цифровой обработке изображений. В этой главе улучшены нечеткие морфологические операции с изображениями.

К основным морфологическим операциям относятся операции расширения серого цвета и эрозии:

$$(f \oplus b)(s, t) = \max_{\substack{(s-x, t-y) \in D_f \\ (x, y) \in D_b}} (f(s-x, t-y) + b(x, y)); \quad (1)$$

$$(f \ominus b)(s, t) = \min_{\substack{(s+x, t+y) \in D_f \\ (x, y) \in D_b}} (f(s+x, t+y) - b(x, y)); \quad (2)$$

где: $f(s, t)$ – функция яркости изображения;

$b(x, y)$ – структурный элемент;

D_f, D_b – зоны обнаружения f и g .

Предположим, что обрабатываемое изображение задается функцией яркости $f: P \rightarrow [0, 1]$ в пиксельной плоскости

$P = \{(x, y) | x \in \{1, 2, \dots, N\}, y \in \{1, 2, \dots, M\}\}$. В этом случае нетрудно увидеть, что функция яркости изображения после применения операции (1) или (2) выходит за пределы диапазона $[0, 1]$, что не позволяет использовать дилатацию или эрозию в качестве самостоятельной операции с изображениями.

Для преодоления выявленных недостатков морфологических операций нам было предложено использовать теорию неясных множеств.

Мы определяем серые изображения и элементы, составляющие структуру, с неясными подмножествами следующего вида:

$$\underline{A} = \{p | \mu_{\underline{A}}(p), p \in P\}$$

Функция релевантности изображения определяется его функцией яркости:

$\mu_{\underline{A}}(x) = f_{\underline{A}}(x)$, дана априорная функция структурного элемента. В этом случае, согласно предлагаемому подходу, дилатация может быть обобщена до неопределенного состояния следующим образом:

$$\underline{A} \oplus \underline{B} = \left\{ c \mid \exists x : (x \in (\hat{B})_c) \wedge (x \in \underline{A}) \right\} = \left\{ c \mid \max_{x \in P} (\mu_{(\hat{B})_c}(x) \wedge \mu_{\underline{A}}(x)) \right\}.$$

Предлагается использовать следующее выражение для обобщения операции эрозии на состояние изображения:

$$\underline{A} \ominus \underline{B} = \left\{ c \mid \min_{x \in P} (\min \{1, 1 - \mu_{(\hat{B})_c}(x) + \mu_{(\underline{A})_c}\}) \right\}.$$

Морфологический метод выделения границ, сформированных на основе операций дилатации и эрозии, до нечеткого состояния выглядит так:

$$\underline{A}' = (\underline{A} \oplus \underline{B}) \setminus (\underline{A} \ominus \underline{B}),$$

где $\mu_{\underline{A} \setminus \underline{B}}(x) = \max \{ \mu_{\underline{A}}(x) - \mu_{\underline{B}}(x), 0 \}$.

В третьей главе диссертации, озаглавленной «**Алгоритмы обнаружения глазных болезней с помощью нейронных сетей**» предлагаются алгоритмы обнаружения глазных болезней с помощью нейронных сетей. Использовалась свёрточная нейронная сеть, к которой применялся алгоритм обучения методом обратного распространения ошибки.

Свёрточная нейронная сеть состоит из разных слоев:

Первые два типа слоев (свёрточный, субдискретизирующий) чередуются, чтобы сформировать нежелательный вектор символов для многослойного перцептрона.

Сверточные сети - это успешный разрыв между биологически подобными сетями и простыми многослойными перцептронами. Сегодня с их помощью достигаются лучшие результаты в распознавании изображений. В среднем точность таких сетей на 10-15% выше, чем у обычных ИНТ.

Размеры всех карт свёрточного слоя рассчитываются по следующей формуле:

$$(w, h) = (mW - kW + 1, mH - kH + 1),$$

где (w, h) – рассчитанный размер карты свёрточного слоя; mW - ширина предыдущей карты; mH - высота предыдущей карты; kW - ширина ядра; kH - высота ядра.

Ядро состоит из фильтра или окна, которое скользит по всей области предыдущей карты и находит определенные отметки объектов. Ядро перемещается по предыдущей карте и выполняет операцию свёртки в соответствии со следующей формулой, которая часто используется при обработке изображений.

$$(f * g)[m, n] = \sum_{k, l} f[m - k, n - l] * g[k, l],$$

где f - заданная матрица изображения; g - ядро свёртки.

В процессе сканирования карты предыдущего слоя с ядром подслоя (фильтром) ядро сканирования не пересекается, в отличие от свёрточного слоя. Обычно каждая карта имеет ядро размером 2×2 , что позволяет уменьшить предыдущие карты свертчного слоя в 2 раза. Все карты признаков разбиты на ячейки по 2×2 элемента, из которых выбирается максимальное значение.

Обычно функция активации ReLU используется на уровне подвыбора.

Слой можно выразить следующей формулой:

$$x^l = f(a^l * \text{subsample}(x^{l-1}) + b^l)$$

где x^l - выход слоя; $f()$ - функция активации; a^l, b^l - коэффициенты сдвига слоя; $\text{Subsample}()$ - операция выбора локальных максимальных значений.

Чтобы уменьшить квадратичную ошибку обучения нейронной сети, мы используем метод градиентного спуска, вычисляя произведение частоты для каждого веса. Получаем следующие отношения:

$$\frac{\partial E_n^p}{\partial w_i} = x_{n-1}^j \cdot \frac{\partial E_n^p}{\partial y_n^i}, \quad \frac{\partial E_n^p}{\partial y_n^i} = g'(x_n^j) \cdot \frac{\partial E_n^p}{\partial x_n^i},$$

где g' активация функции

$$\frac{\partial E_n^p}{\partial y_n^i} = x_n^i - d_n^i,$$

x_{n-1}^j - j - выход слоя $(n-1)$ - выход нейрона, y_n^i - $(n-1)$ - скалярное произведение всех выходов нейронов слоя и соответствующих весовых коэффициентов.

Параметры глазных болезней были смоделированы на основе характеристик сосудов при обнаружении глазных болезней с использованием анализов и экспериментов:

$$\text{- расчет толщины сосуда } a = \frac{\sum_{i=1}^K d_i}{K} \quad v = \frac{\sum_{i=1}^K D_i}{K} \quad \text{и при наличии } v > \frac{2}{3} a$$

ставится диагноз глазных болезней (рисунок. 2 а) где d_i - диаметр круга, втянутого в артерию, D_i - диаметр круга, втянутого в вену, K - количество кругов.

Угол, под которым образуются стороны А и В, вычисляется через $-\text{tg}\alpha$ равный сторонам образовавшегося треугольника.

$$\alpha = \text{arctg} \frac{c_1}{b} + \text{arctg} \frac{c_2}{a}$$

угол рассчитывается через пиксели, и проводится диагностика для состояния тупого угла. (рисунок 2 б).

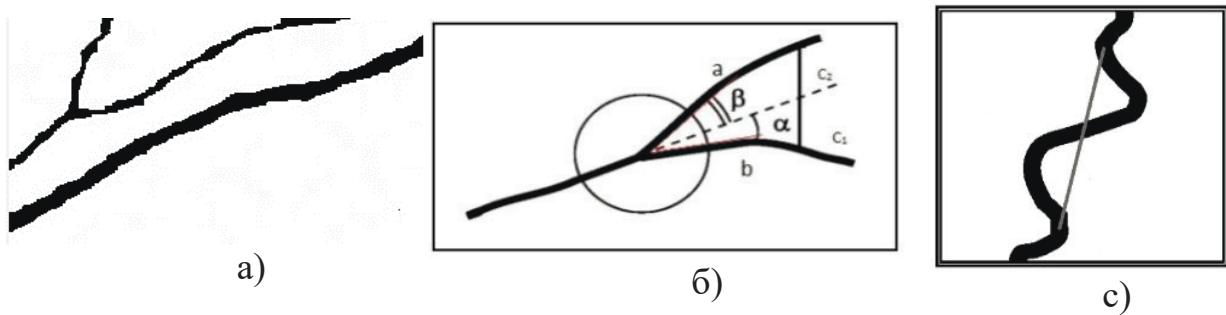


Рис. 2. Формы вида кровеносных сосудов глазного дна

Если функция задана в графической форме или в виде сложного аналитического выражения, возникают другие типы вариантов проблем. Например, пространство $[a, b]$ следует разделить на l частей:

$$[a_{i-1}, a_i], i = 1, \dots, l, a_0 = a, a_l = b,$$

Функция каждого отрезка $[a_{i-1}, a_i]$ должна быть приближена к следующему многочлену

$$f(x) \approx g(x) = \sum_{k=0}^n c_k x^k$$

Среди таких способов конвергенции в том или ином смысле найдется альтернатива. Часто этому предшествует требование $n_1 = \dots = n_l, m_1 = \dots = m_l, l$ - это количество делений, которые делятся, а метод чередуется по a_1, \dots, a_{l-1}, n и m .

В частности, то есть в сечении, заданном при $l = 1$, возникает проблема плоского приближения к многочлену (рисунок. 2 с). На основе изображения сосудов глазного дна, вид спереди, была разработана функциональная структура программы (рис. 3).

После того, как вы создали и архитектуру свёрточной нейронной сети и обучили ее, вы можете передать ее на использование. Построение сверточной нейронной сети, классификатора с использованием правильно распределенных нейронных сетей начинается с первого сверточного слоя.



Рис. 3. Функциональная структура программы

Архитектура сформированной свёрточной нейронной сети представлена на рисунке 4.

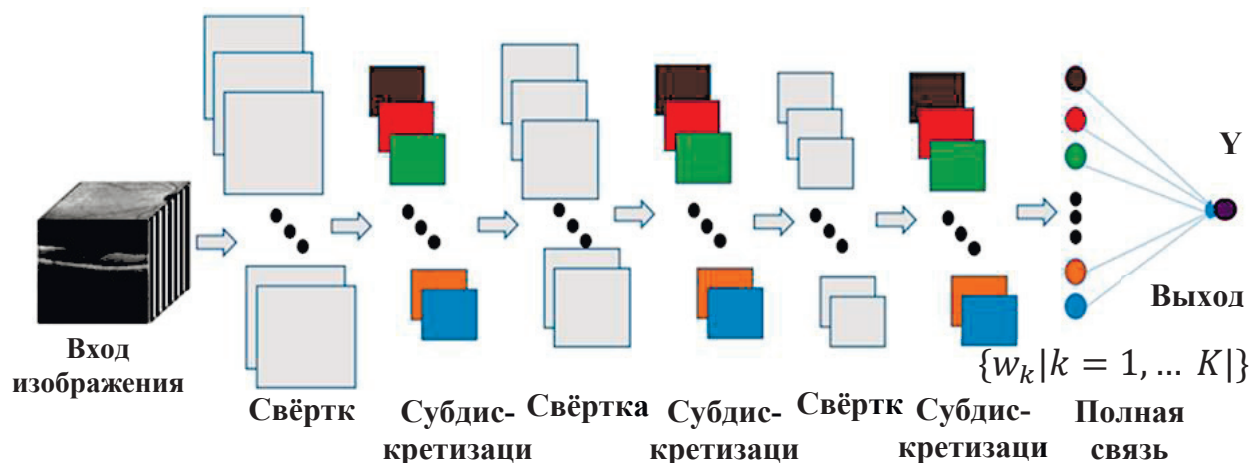


Рис. 4. Общая структура свёрточной нейронной сети

Сверточная нейронная сеть, показанная на рисунке 4, состоит из следующих типов слоев: сверточные слои (convolutional), субдискретизирующие слои (слои субдискретизации, выборки). При обертывании используется только небольшая матрица с ограниченным весом или зеркало размером 3×3 .

После первого слоя получаем матрицу $28 \times 28 \times 1$ - функцию активации или карту символов, т.е. 784 значения. Тогда S_1

матрица, полученная в слое, подвергается операции субдискретизации (сжатию) с использованием окна размера $k \times k$. Ниже разработан гибридный алгоритм, основанный на боковом изображении сосудов глаза.

На основе бокового изображения сосудов глаза была разработана функциональная структура программы (рис. 5).

В четвертой главе диссертации «**Программа диагностики глазных заболеваний и анализ полученных результатов**» на основе предложенных интеллектуальных гибридных методов и алгоритмов разработана программа диагностики глазных болезней по изображениям глазного дна и анализа результатов.

Программное обеспечение было разработано на Python версии 3.6.7. Для работы программы требуется видеокарта. При обработке изображений загружаются следующие библиотеки:

```

abs1-py==0.10.0 astunparse==1.6.3 attrs==20.2.0 cachetools==4.1.1
certifi==2020.6.20 chardet==3.0.4 cyclerc==0.10.0 dill==0.3.2 future==0.18.2
gast==0.3.3 google-auth==1.21.1 google-auth-oauthlib==0.4.1 google-
pasta==0.2.0 googleapis-common-protos==1.52.0 grpcio==1.32.0 h5py==2.10.0
idna==2.10 importlib-metadata==1.7.0 Keras==2.4.3 Keras-Preprocessing==1.1.2
kiwisolver==1.2.0 Markdown==3.2.2 matplotlib==3.3.1 numpy==1.18.5
oauthlib==3.1.0 opencv-python==3.4.3.18 opt-einsum==3.3.0 Pillow==7.2.0
promise==2.3 protobuf==3.13.0 yasn1==0.4.8 pyasn1-modules==0.2.8
pyparsing==2.4.7 PyQt5==5.15.1 PyQt5-sip==12.8.1 python-dateutil==2.8.1
PyYAML==5.3.1 requests==2.24.0 requests-oauthlib==1.3.0 rsa==4.6

```

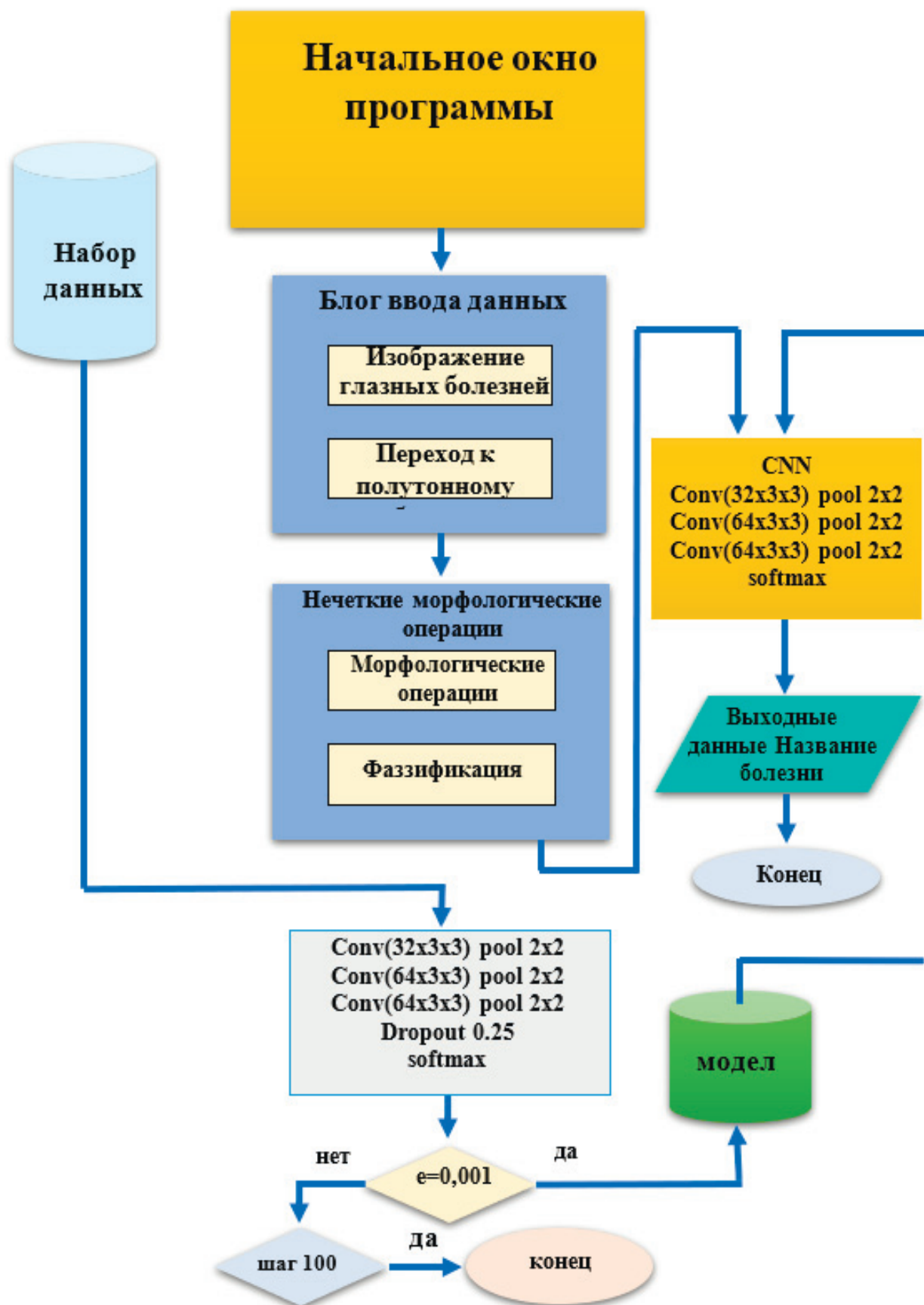


Рис. 5. Функциональная структура программы на основе бокового изображения сосудов глаза

scipy==1.4.1 six==1.15.0 tensorboard==2.3.0 tensorboard-plugin-wit==1.7.0
 tensorflow==2.3.0 tensorflow-datasets==3.2.1 tensorflow-estimator==2.3.0
 tensorflow-metadata==0.24.0 termcolor==1.1.0 tqdm==4.48.2 urllib3==1.25.10
 Werkzeug==1.0.1 wrapt==1.12.1 zipp==3.1.0.

Экспериментальные исследования проводились на изолированных тестовых изображениях при сосудистой патологии.

Набор данных бокового обзора сосудов глаза был взят с открытого сайта набора данных kaggle.com. Изображения из этого набора данных были распределены следующим образом. Таблица 2.

Таблица 2

Распределение изображений, использованных в экспериментах

	Здоровый глаз	Новый кровеносный сосуд, растущий из хориоида	Друзовская болезнь глаз
Общее количество изображений	26315	37205	28616
Количество обученных изображений	242	242	242
Количество протестированных изображений	26557	37447	28858

На основе этого набора данных были получены результаты анализа различных структур.

В ходе исследования было создано программное обеспечение для распознавания и классификации объектов на основе метода обучения с учителем, обернутой нейронной сети с одним слоем входа, тремя свёрточными слоями и тремя субдискретизирующими слоями, созданными в работе.

Результаты, основанные на структуре сети, представлены в таблице 3.

Оптимальное количество эпох (итераций) определялось путем обучения, модификации и тестирования выбранной сети.

Таблица 3

Незнакомые системе тестовые данные являются результатом внедрения

№	Название категории	Всего тестов	Верно	Неправильный	Процент
1	Новый кровеносный сосуд, растущий из хориоида	242	212	30	87,6
2	Друзовская болезнь глаз	242	199	43	82,3
3	Здоровый глаз	242	232	10	95,8

На выходе свёрточной нейронной сети получают вероятности совпадения объекта, присутствующего в базе данных. Кадр с максимальной

вероятностью выбирается и принимается как окончательный результат на тот момент. Количество ошибок составляло 4-40%.

Результаты идентификации в таблице 4 были получены при проведении морфологической фильтрации.

Таблица 4.

Результаты, когда тестовые данные, незнакомые системе, передаются через морфологическую фильтрацию

№	Название категории	Всего тестов	Верно	Неправильный	Процент
1	Новый кровеносный сосуд, растущий из хориоида	242	208	34	85,9
2	Друзовская болезнь глаз	242	192	50	79,3
3	Здоровый глаз	242	221	21	91,3

Результаты таблицы 4 были получены после проведения морфологической фильтрации. Количество ошибок 9-36%.

Результаты идентификации в таблице 5 были получены при выполнении нелинейной морфологической фильтрации.

Таблица 5

Когда тестовые данные, незнакомые системе, преподаются через нечеткую морфологическую фильтрацию

№	Категория номи	Всего тестов	Верно	Неправильный	Процент
1	Новый кровеносный сосуд, растущий из хориоида	242	229	13	94,6
2	Друзовская болезнь глаз	242	218	24	90,2
3	Здоровый глаз	242	235	7	97,4

Результаты таблицы 5 были получены после нечеткой морфологической фильтрации. Количество ошибок составляло 5-7%. Точность расчетов повысилась при проведении нечеткой морфологической фильтрации.

Сверточные нейронные сети обеспечивают частичную устойчивость против изменения масштабов, сдвигов, скручиваний, смены ракурса и других искажений.

Разработанная автоматизированная система анализа изображений глазного дна на основе методов и алгоритмов количественной оценки патологических изменений сосудистой системы глазного дна в организме позволяет диагностировать другие заболевания сетчатки.

В данном исследовании автоматизированная система анализа изображений глазного дна позволяет автоматизировать отдельные этапы диагностики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного диссертационного исследования на тему «Алгоритмы выявления заболеваний по изображению глаза человека» сводятся к следующим основным выводам:

1. Проанализировано современное состояние проблем диагностики сосудистых патологий. Результаты анализа позволяют определить параметры, необходимые для диагностики сосудистой патологии на изображениях глазного дна, и сформулировать диагностические проблемы.

2. Усовершенствованы морфологические операции над изображениями на основе теории нечетких множеств. Предлагаемые нечеткие морфологические операции позволяют использовать изображения для первичной обработки и разработки новых методов их анализа.

3. Разработан алгоритм диагностики различных заболеваний, основанный на определении параметров изображения сосудов глазного дна, вид спереди. Этот алгоритм позволил диагностировать не только глазные, но и другие заболевания..

4. Для решения проблемы диагностики глазных болезней была разработана топология свёрточной нейронной сети. Это позволяет усовершенствовать алгоритм выявления заболеваний глаз на основе изображения кровеносных сосудов глазного дна, вид сбоку.

5. Разработаны программы для формирования базы данных по глазным заболеваниям и диагностики заболеваний на основе изображения кровеносных сосудов глазного дна, вид спереди и вид сбоку. Сверточные нейронные сети обеспечивают частичную устойчивость против изменения масштабов, сдвигов, скручиваний, смены ракурса и других искажений.

6. Разработана автоматизированная система анализа изображений глазного дна на основе методов и алгоритмов количественной оценки патологических изменений сосудистой системы глазного дна. Программа позволяет проверить адекватность предложенных алгоритмов.

7. В данном исследовании автоматизированная система анализа изображений глазного дна позволяет автоматизировать отдельные этапы диагностики.

8. Методы отделения диагностически важной информации от изображений сосудов использовались в Андижанском филиале Республиканского научного центра экстренной медицины, Андижанском городском медицинском объединении, Андижанском областном многопрофильном медицинском центре, Андижанской областной инфекционной больнице и Андижанской и Ферганской областных офтальмологических больницах с увеличением на 15% в диагностике глазных болезней.

**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**

SOTVOLDIYEV DILSHODBEK MARIFJONOVICH

**ALGORITHMS FOR DETECTING DISEASES FROM THE IMAGE OF
THE HUMAN EYE**

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.ziyonet.uz.

Scientific adviser: Primova Xolida Anorboevna
doctor of Technical Sciences

Official opponents: Ismailov Mirxalil Agzamovich
doctor of technical sciences, professor

Yusupov Ozod Rabbimovich
PhD

Leading organization: Tashkent state transport university

The defense will take place "13" July 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. 213). (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" June 2021 y.
(mailing report No. 1 on "22" June 2021 y.).



R.Kh. Khamdamov

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

F.M. Nuraliev

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,

O.J. Babomuradov

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The goal of the research was to solve the problem of diagnosing eye diseases based on the fundus oculi image, front and side views, using the theory of convolutional neural networks and fuzzy sets.

The object of the research was an image of the fundus blood vessels, front and side views.

Scientific novelty of research is as follows:

improved morphological operations of dilatation and erosion over images using the fuzzification and defuzzification operator of the theory of fuzzy sets;

an algorithm for diagnosing various diseases, such as diabetes mellitus, arterial hypertension and arterial hypertension, was developed based on the determination of the parameters of the vascular image of the anterior view of the human fundus;

the architecture and algorithm of a convolutional neural network for solving the problem of diagnosing eye diseases have been developed;

improved algorithm for detecting eye diseases based on the image of the fundus vascular bed, side view.

Implementation of research results. Based on diagnostic algorithms for the image of the human eye:

the technique for isolating diagnostically important data from vascular images was used in the Andijan branch of the Republican Scientific Center for Emergency Care, the Andijan City Medical Association, Andijan Regional Multidisciplinary Medical Center, Andijan Regional Infectious Disease Hospital and Andijan Regional Hospital of Ophthalmology (Certificate of the Ministry of Health No. 8-7-10 / 686 dated May 7, 2021, and Certificate No. 33-8/931 of the Ministry of Development of Information Technologies and Communications dated February 09, 2021). As a result of the research, the successfulness of eye diseases diagnostics using fundus oculi images increased by 15%;

computer systems for the diagnosis of vascular diseases based on a convolutional neural network have been introduced in the Fergana branch of the Republican Scientific Center for Emergency Care, the Fergana City Medical Association, and the Fergana Regional Hospital of Ophthalmology (Certificate of the Ministry of Health No. 8-7-10 / 686 dated May 7, 2021, and Certificate No. 33-8/2959 of the Ministry of Development of Information Technologies and Communications dated February 09, 2021). As a result of scientific research, the imaging of fundus pathologies made it possible to increase the efficiency of diagnosing diseases by 15%.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a bibliography and annexes. The volume of the dissertation is 102 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (Часть I; Part I)

1. Sotvoldiev D.M., Muhamediyeva D.T., Juraev Z. Deep learning neural networks in fuzzy modeling //Journal of Physics: Conference Series. –London, 2020. Vol. 1441. –P. 1-7 (№3; Scopus; IF=0,7).

2. Juraev Z., Muhamediyeva D., Sotvoldiev D. Construction of hybrid intellectual monitoring and decision-making systems //Journal of Physics: Conference Series. –London, 2020. Vol. 1546. –P. 1-9 (№3; Scopus; IF=0,7).

3. Solieva B. T., Sotvoldiev D. M. Dialogue Algorithm of Adoption of Multi-criterial Decisions in the Fuzzy Environment//IEEE International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). –Tashkent, 2019. –P.1-7 (05.00.00;30.09.2019 №269/8-сон раёсат қарори).

4. Мингликулов З.Б., Сотволдиев Д.М., Норинов М.У. Тимсолларни таниб олишнинг замонавий алгоритмлари//Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2018. – №1. – С. 68-73. (05.00.00; №20).

5. Мухамедиева Д.Т., Сотволдиев Д.М. Алгоритмы обработки изображений в различных информационных ситуациях //Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2018. – №3. – С. 116-122. (05.00.00; №20).

6. Мухамедиева Д.Т., Сотволдиев Д.М. Распознавание изображений в различных информационных ситуациях //Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2018. (спец. вып). – С. 111-115. (05.00.00; №20).

7. Ниёзматова Н.А., Сотволдиев Д.М. Проблема решения задачи многокритериальной оптимизации с нечеткой целью //Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2018. (спец. вып). – С. 184-186. (05.00.00; №20).

8. Примова Х.А., Сотволдиев Д.М., Сафарова Л.У., Исроилов Ш.Ю. Турли хил тегишлик функциялар ҳолатида норавшан сон вазн даражасини ҳисоблаш //Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари. – Тошкент, 2019. № 3(9). – Б. 45-48. (05.00.00; №10).

9. Солиева Б.Т., Жураев З.Ш., Сотволдиев Д.М. Методы построения моделей векторной оптимизации при нечёткой исходной информации //Проблемы вычислительной и прикладной математики. – Ташкент, 2020. – №1(25). –С. 74-86. (05.00.00; №23).

10. Сотволдиев Д.М. Нейрон тармоғидан фойдаланган ҳолда кўз касалликларини аниқлаш алгоритми //Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2021. – №1. – С. 104-111. (05.00.00; №20).

II бўлим(Часть II;PartII)

11. Сотволдиев Д. Кўз туби қон томири тасвири асосида касалликларни таъхислаш// СамДУ Илмий ахборотнома журнали, Самарқанд, Ўзбекистон 2020. 5(123)-сон,111-124б

12. Sotvoldiyev D.M. Identification of objects in the fundus vessels of the eye using deep neural networks networks // Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference “Scientific horizon in the context of social crises” -Tokyo, Japan. 6-8.02.2021. Pp.1129-1134.

13. Sotvoldiyev D.M. Development of algorithms and programs of construction of fuzzy models of problems of intellectual data analysis // Proceedings of the Tenth world conference on intelligent systems for industrial automation Proceedings of WCIS-2018, 25-26 October 2018, Tashkent, Uzbekistan. b –Quadrat Verlag. P. 211-215.

14. Сотволдиев Д.М. Подходы к решению задачи интеллектуальных систем анализа изображений // Материалы научной конференции «Новые теоремы молодых математиков – 2018» Наманган, Узбекистан, 18 – 19 октября 2018 год. С 257-258.

15. Сотволдиев Д.М. Норавашан модел параметрларини нейрон тўрлар алгоритми ёрдамида сошлаш усули // Proceedings of the International Scientific-Practical and Spiritual-Educational Conference Dedicated to the 1235th Anniversary of Muhammad al-Khwarizmi “International Conference on Importance of Information-Communication Technologies in Innovative Development of Sectors of Economy” April 5 - 6, 2018, Tashkent, Uzbekistan.-С.231-234.

16. Сотволдиев Д.М., Гайбулов К.М. Диалоговый алгоритм принятия многокритериальных решений в нечеткой среде // Proceedings of the International Scientific-Practical and Spiritual-Educational Conference Dedicated to the 1235th Anniversary of Muhammad al-Khwarizmi “International Conference on Importance of Information-Communication Technologies in Innovative Development of Sectors of Economy” April 5 - 6, 2018, Tashkent, Uzbekistan.-С.224-227.

17. Жураев З., Сотволдиев Д.М. Оценка параметров нелинейной регрессионной модели в нечеткой среде // Материалы XIV Международной Азиатской школы семинара «Проблемы оптимизации сложных систем» Алматы, 20-31 июля 2018 г.-С.236-242.

18. Мухамедиева Д.Т., Сотволдиев Д.М. Основные задачи разработки моделей слабоформализуемых процессов // Материалы Республиканской научно-фундаментальной и прикладной конференции «Актуальные проблемы науки и образования» 4-раздел, Нукус, 2018 г.-С.5-7.

19. Sotvoldiev D.M., Qodirova Yu. Application of the genetic algorithm for solving the optimization problems //Proceedings of the VI international scientific conference «Modern problems of the applied mathematics and information technology-Al-Xorezmiy 2018», Tashkent, September 13-15, 2018 y.-P.94.

20. Sotvoldiev D.M., Djuraev Z.Sh. Estimation of the condition of complex processes with application of artificial immune systems //Proceedings of the VI

international scientific conference «Modern problems of the applied mathematics and information technology-Al-Xorezmiy 2018», Tashkent, September 13-15, 2018 y.-P.94-95.

21. Примова Х.А., Сотволдиев Д.М. Проблемы реализации задач нелинейного программирования в нечеткой среде // Материалы республиканской научно-практической конференции «Актуальные проблемы математического моделирования, алгоритмизации и программирования», Ташкент, 17-18 сентября, 2018 г.-С.194-199.

22. Сотволдиев Д.М., Искандарова С.Н. Обнаружение лиц на основе цвета // Материалы научной конференции «Новые теоремы молодых математиков – 2018» Наманган, Узбекистан, 18 – 19 октября 2018 год. С 259-260.

23. Сайфиев Ж., Сотволдиев Д.М. Байесовские методы к задачам статистического оценивания // Материалы Республиканской научно-технической конференции «Роль информационно-коммуникационных технологий в инновационном развитии отраслей экономики», Ташкент, 14-15 март, 2019 г. –С. 47-50.

24. Niyozmatova N., Sotvoldiyev D.M. Ko'p maqsadli qarorlarni qabul qilish masalalarining asosiy sinflari // Материалы республиканской научно-технической конференции “Инновационные идеи в области ИКТ и программного обеспечения”, Самарқанд, 16-17 апрель, 2019 г.-С.288-291.

25. Muhamediyeva D.T., Sotvoldiyev D. Algebraik amallarning natijalarini topishning to'g'ridan-to'g'ri va analitik usuli // “Ахборот-коммуникация технологиялари ва телекоммуникацияларнинг замонавий муаммолари ва ечимлари” мавзусидаги республика илмий-техник анжуманининг материаллари, Фарғона, 30-31 май, 2019 йил, 75-78 бетлар.

26. Примова Х.А., Сотволдиев Д.М. Нейро-норавшан модел ёрдамида объектларни синфлаштириш // “Замонавий тадқиқотлар, инновациялар, техника ва технологияларнинг долзарб муаммолари ва ривожланиш тенденциялари” мавзусидаги илмий-техник анжумани материаллари, Жиззах, 2019 йил 4-5 апрель, 330-333 бетлар.

27. Сотволдиев Д., Мирзарахмедов С.С., Хасанов У. Подходы к решению задач статистического оценивания //Материалы V Международной научно-практической конференции «Наука и образование в современном мире: вызовы XXI века», Нур-Султан, 10-12 декабря, 2019, стр. 174-176.

28. Мухамедиева Д.Т., Сотволдиев Д.М, Программа диагностирования на основе отделения сосудов от изображения глаза. // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 09254. 26.10.2020.

29. Мухамедиева Д.Т., Сотволдиев Д.М, Программа обнаружения глазных болезней с использованием Convolutional Neural Network // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 09363. 11.11.2020.

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.

