

**РАҚАМЛИ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ВА СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТНИ
РИВОЖЛАНТИРИШ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSC.13/30.12.2021.Т.142.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**РАҚАМЛИ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ВА СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТНИ
РИВОЖЛАНТИРИШ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ**

ХАШИМОВ АХМАД АНВАРОВИЧ

**БУЙРАК ВА УНИНГ ТОМИРЛАРИ ТАСВИРЛАРИНИ ТАҲЛИЛ
ҚИЛИШ АЛГОРИТМЛАРИ**

05.01.11 – “Рақамли технологиялар ва сунъий интеллект”

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

Тошкент – 2023

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

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

**Contents of Dissertation Abstract of the Doctor of Philosophy (PhD) on
Technical Sciences**

Хашимов Ахмад Анварович

Буйрак ва унинг томирлари тасвирларини таҳлил қилиш алгоритмлари
..... 3

Хашимов Ахмад Анварович

Алгоритмы анализа изображений почки и ее кровеносных сосудов
..... 21

Khashimov Akhmad Anvarovich

Algorithms for image analysis of the kidney and its vessels.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works 42

**РАҚАМЛИ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ВА СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТНИ
РИВОЖЛАНТИРИШ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSC.13/30.12.2021.Т.142.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**РАҚАМЛИ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ВА СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТНИ
РИВОЖЛАНТИРИШ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ**

ХАШИМОВ АХМАД АНВАРОВИЧ

**БУЙРАК ВА УНИНГ ТОМИРЛАРИ ТАСВИРЛАРИНИ ТАҲЛИЛ
ҚИЛИШ АЛГОРИТМЛАРИ**

05.01.11 – “Рақамли технологиялар ва сунъий интеллект”

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

Тошкент – 2023

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2022.1.PhD/T2648 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Рақамли технологиялар ва сунъий интеллектни ривожлантириш илмий-тадқиқот институтида бажарилган.

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

Илмий раҳбар: Мирзаев Номаз Мирзаевич
техника фанлари доктори, катта илмий ходим

Расмий оппонентлар: Мухамедиева Дилноз Тулкуновна
техника фанлари доктори, профессор

Юсупов Озод Раббимович
техника фанлари фалсафа доктори (PhD), доцент

Етакчи ташкилот: Наманган давлат университети

Диссертация ҳимояси Рақамли технологиялар ва сунъий интеллектни ривожлантириш илмий-тадқиқот институти ҳузуридаги DSc.13/30.12.2021.T.142.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2023 йил «17» феврал соат 16⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100125, Тошкент шаҳри, Мирзо-Улугбек тумани, Бўз-2 мавзеси, 17А-уй. Тел.: (99871) 263-41-98, e-mail: info@airi.uz).

Диссертация билан Рақамли технологиялар ва сунъий интеллектни ривожлантириш илмий-тадқиқот институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (26 рақам билан рўйхатга олинган.). (Манзил: 100125, Тошкент шаҳри, Мирзо-Улугбек тумани, Бўз-2 мавзеси, 17А-уй. Тел.: (99871) 263-41-98).

Диссертация автореферати 2023 йил «2» феврал да таркатилди.
(2022 йил «30» декабр даги 34 рақамли реестр баённомаси.)



Н. Равшанов
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
техника фанлари доктори, профессор

Ф.М. Нуралиев
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби,
техника фанлари доктори, доцент

Ш.Х. Фозилов
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш қошидаги илмий семинар раиси,
техника фанлари доктори, профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда компьютер кўриш тизимларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Ушбу соҳада тиббиёт тасвирларини таҳлил қилиш усул ва алгоритмларини ишлаб чиқиш, такомиллаштириш ҳамда жорий қилиш долзарб масалалардан бири ҳисобланади. Ҳозирги кунда дунёнинг ривожланган мамлакатларида, жумладан, АҚШ, Хитой, Россия Федерацияси, Буюк Британия, Англия, Германия, Ҳиндистон, Франция каби давлатларда тиббиёт тасвирларини қайта ишлаш ва сифатини ошириш, ушбу тасвирлардаги буйрак ва унинг томирларини сегментлашнинг назарий ва амалий масалаларини ечишга катта эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда тиббиёт тасвирларини таҳлил қилувчи ва қайта ишловчи автоматлаштирилган тизимларни яратиш учун янги усул ва алгоритмларни ишлаб чиқиш ҳамда мавжудларини такомиллаштиришга қаратилган кенг кўламли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Шу муносабат билан, ахборот технологияларининг муҳим вазифаларидан бири қорин бўшлиғи тасвирларидан буйрақлар соҳасини ажратиш олиш ва улар асосида ташхис қўйиш, шунингдек тиббиёт тасвирларини таҳлил қилиш ва қайта ишлаш учун дастурий мажмуалар яратиш ҳисобланади.

Республикамизда мазкур йўналишда тиббиёт тасвирларини таҳлил қилиш асосида ташхис масалаларини ҳал қилишга қаратилган автоматлаштирилган тизимларни ишлаб чиқиш ва амалиётда қўллаш бўйича комплекс чора-тадбирлар яратишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... иқтисодиёт, ижтимоий соҳа ва бошқарув тизимида ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш, ... соғлиқни сақлаш соҳасини ... янада ислоҳ қилиш»¹ вазифалари белгиланган. Хусусан, мазкур вазифаларни амалга оширишда тиббиёт тасвирлари таҳлили асосида ташхис қўйиш тизимларини яратиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади. Шунинг учун тиббиёт тасвирларини таҳлил қилиш, хусусан, тасвирларга дастлабки ишлов бериш ва сегментлаш усул ва алгоритмларини такомиллаштириш долзарб масала ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 5 октябрдаги ПФ-6079-сон «Рақамли Ўзбекистон-2030 стратегиясини тасдиқлаш ва уни самарали амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Фармони, 2020 йил 28 апрелдаги ПҚ-4699-сон «Рақамли иқтисодиёт ва электрон ҳукуматни кенг жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида», 2021 йил 17 февралдаги ПҚ-4996-сон «Сунъий интеллект технологияларини жадал жорий этиш учун шарт-шароитлар яратиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-

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

хукукий хужжатларда 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 йўналишига мос равишда бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Тасвирларни қайта ишлаш, сегментлаш, белгиларини ажратиш ва таниб олишнинг модел, усул ва алгоритмларини ишлаб чиқиш ҳамда такомиллаштириш масалаларига R.Gonzalez, L.Shapiro, G.Stockman, R.Woods, В.В. Александров, Н.Д.Горский, Р.О.Дуда, Ю.И.Журавлев, Н.Ю.Ильясова, У.К.Прэтт, С.С.Содиқов, В.А.Сойфер, В.В.Старовойтов, П.И.Харт, А.С.Юрова ва бошқа хорижий олимларнинг илмий ишлари бағишланган.

Ўзбекистонда тимсолларни таниб олиш ва тасвирларга ишлов беришнинг назарий асосларини ривожлантиришга Р.Т.Абдукаримов, Ф.Т.Адилова, Э.М.Алиев, Х.Н.Зайнидинов, Н.А.Игнатъев, М.М.Комилов, Н.С.Маматов, Н.М.Мирзаев, А.Ш.Мухамадиев, Д.Т.Мухамедиева, Ш.Е.Туляганов, Ш.Х.Фозилов, Р.Х.Хамдамов, Э.Ўринбоев ва бошқалар ўзларининг катта хиссаларини кўшганлар.

Ҳозирги кунда тиббиёт тасвирларини қайта ишлаш соҳасидаги замонавий тадқиқотлар таҳлили кўрсатадики, қорин бўшлиғи тасвирларида ички органлар бир-бири билан жуда яқин ёки устма-уст жойлашган бўлиб, ушбу тасвирларни таҳлил қилиш муаммоси етарли даражада ўрганилмаган. Шу сабабли тиббиёт тасвирларига дастлабки ишлов бериш, сегментлаш, буйрак шакли ўзгаришларини аниқлаш алгоритм ва усулларини ишлаб чиқиш долзарб масалалардан бири ҳисобланади.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим ва илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Мухаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети илмий-тадқиқот ишлари режасининг БВ-Атех-2018 (240+147) «Юз тасвирларини оқимли қайта ишлаш асосида шахсни идентификация қилиш алгоритмлари ва дастурий таъминотини ишлаб чиқиш» ҳамда рақамли технологиялар ва сунъий интеллектни ривожлантириш илмий-тадқиқот институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг ФЗ-20200929364 рақамли «Бўсағавий функцияларга асосланган таниб олиш усулларидан фойдаланиб катта ҳажмли маълумотларга таснифий ишлов беришнинг илмий асосларини ишлаб чиқиш» (2021-2022) мавзусидаги лойихаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади буйрак ва унинг қон томирлари тасвирларини қайта ишлаш ва таҳлил қилиш алгоритмларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

қорин бўшлиғи тасвирларининг сифатини ошириш алгоритмларини такомиллаштириш;

буйрак тасвирларини сегментлашнинг нейрон тармоққа асосланган алгоритмларини ишлаб чиқиш;

буйрак томирларини ажратиш олиш алгоритминини ишлаб чиқиш;

буйрак ҳажми ўзгаришларинини унинг тасвирлари бўйича аниқлаш алгоритминини ишлаб чиқиш;

таклиф этилган алгоритмлар асосида тиббиёт тасвирларини таҳлил қилиш дастурий мажмуасини яратиш ва ишлаб чиқилган алгоритмлар самарадорлигини баҳолаш мақсадида тажрибавий тадқиқотлар ўтказиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида инсон қорин бўшлиғининг томографик тасвирлари қаралган.

Тадқиқотнинг предмети буйрак ва унинг томирлари тасвирларини таҳлил қилиш ва қайта ишлаш алгоритмлари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқотларни олиб бориш жараёнларида тизимли таҳлил, дискрет математика, математик статистика, тасвирларни қайта ишлаш ва сегментлаш усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

контрастни чеклашга асосланган тиббиёт тасвирлари сифатини оширувчи такомиллаштирилган алгоритм ишлаб чиқилган;

қорин бўшлиғи тасвирларидан нейрон тармоқ ва морфологик амаллар асосида буйракни сегментлаш алгоритми ишлаб чиқилган;

қорин бўшлиғи тасвирларидан буйрак томирларини қалинликлари бўйича ажратиш олиш алгоритми ишлаб чиқилган;

буйрак тасвирларини характерловчи белгилар асосида унинг ҳажми ўзгаришларини аниқлаш алгоритми ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

тиббиёт тасвирлари тўпламини сифатини оширувчи такомиллашган алгоритм ишлаб чиқилган;

қорин бўшлиғи тасвирларига дастлабки ишлов бериш, буйрак тасвирларини сегментлаш, буйрак томирларини ажратиш ва уларнинг шаклий ўзгаришларини аниқлаш, буйракнинг 3D кўринишини яратишга мўлжалланган «MedExpertUZ» дастурий мажмуаси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги тиббиёт тасвирларини қайта ишлаш ва сегментлаш алгоритмларини ишлаб чиқишда тасвирларга рақамли ишлов бериш ва тимсолларни таниб олиш математик аппаратининг тўғри қўлланганлиги ҳамда тажрибавий тадқиқотларнинг ижобий натижалари билан тасдиқланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти ишлаб чиқилган ва такомиллаштирилган алгоритмлар тасвирларни қайта ишлаш назарий асосларини истиқболли ривожланишига ҳисса қўшиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ишлаб чиқилган дастурий мажмуанинг тиббиёт муассасаларида инсон буйраклари ҳолатини ташхислашда унинг томографик тасвирларини таҳлил қилиш асосида қарор қабул қилиш воситаси сифатида фойдаланиш мумкинлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Буйрак ва унинг томирлари тасвирларини таҳлил қилишнинг мавжуд ҳамда таклиф этилган модел ва алгоритмлари асосида яратилган дастурий мажмуа асосида:

тиббиёт тасвирларини сифатини ошириш, тасвирларда буйрак ва унинг томирларини сегментлаш, буйрак шакли ўзгаришларини аниқлаш алгоритмлари асосида яратилган дастурий мажмуа Фарғона шаҳар тиббиёт бирлашмаси тасарруфидаги шифохонанинг урология бўлимида жорий қилинган (Соғлиқни Сақлаш Вазирлигининг 2022 йил 1 декабрдаги 08-38228 – сон маълумотномаси). Натижада беморларнинг буйракларига ташхис қўйиш аниқлигини 12%га ошириш имконини берган;

тиббиёт тасвирларини сифатини ошириш, тасвирларда буйрак ва унинг томирларини сегментлаш, буйрак шакли ўзгаришларини аниқлаш алгоритмлари асосида яратилган дастурий мажмуа «Uromed АВК» хусусий клиникасида жорий қилинган (Соғлиқни Сақлаш Вазирлигининг 2022 йил 1 декабрдаги 08-38228 – сон маълумотномаси). Натижада беморларнинг буйракларига ташхис қўйиш тезлигини 1,4 баробарга ва аниқлигини 12%га ошириш имконини берган;

тиббиёт тасвирларини сифатини ошириш, тасвирларда буйрак ва унинг томирларини сегментлаш, буйрак шакли ўзгаришларини аниқлаш алгоритмлари асосида яратилган дастурий мажмуа Республика ўрта тиббиёт ва фармацевтика ходимлари малакасини ошириш ва уларни ихтисослаштириш марказида жорий этилган (Соғлиқни Сақлаш Вазирлигининг 2022 йил 1 декабрдаги 08-38228 – сон маълумотномаси). Натижада рентген лаборантларнинг беморлар буйракларидаги ўзгаришлар ҳақида тасаввурга эга бўлиши имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 3 та халқаро ва 6 та республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Тадқиқот мавзуси бўйича 17 та илмий иш чоп этилган бўлиб, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 6 та мақола, жумладан 2 таси хорижий ва 4 таси республика журналларида нашр қилинган ҳамда 2 та ЭҶМ учун яратилган дастурий воситаларга гувоҳномалари олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 100 бетни ташкил этади.

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 «**Буйрак ва унинг қон томирлари тасвирларини таҳлил қилиш масалаларининг замонавий ҳолати**» деб номланган биринчи боби буйрак ва унинг қон томирлари тасвирларини таҳлил қилиш масалаларининг замонавий ҳолатига бағишланган бўлиб, унда тиббиёт тасвирларини сифатини ошириш, тасвирлардан буйрак ва унинг томирларини ажратиб олишдаги муаммолар, тиббиёт тасвирларини таҳлил қилишнинг замонавий тизимлари таҳлили, буйрак тасвирлари асосида буйракнинг 3D кўринишини яратиш истиқболлари баён этилган.

1.1-параграфда тиббиёт тасвирларини таҳлил қилиш усуллари ва алгоритмлари бўйича маълумотлар келтириб ўтилган. Бу параграфда тиббиёт тасвирларини сифатини ошириш, тиббиёт тасвирларидаги органларни сегментлаш, органлардаги структуравий ўзгаришларни ва аномалияларни аниқлаш, буйрак тасвирлари кесимлари асосида буйракнинг 3D тасвирини яратиш каби масалаларда қўлланиладиган алгоритмларнинг шарҳи келтирилган.

1.2-параграфда буйрак ва унинг қон томирлари тасвирларини таҳлил қилиш масалалари ўрганилган, унда тиббиёт тасвирларини таҳлил қилишнинг аппарат ва дастурий воситалари баён қилиниб, тиббиёт тасвирларини қайта ишлашдаги асосий йўналишлар бўйича юзага келадиган муаммолар таҳлил қилинган.



1-расм. Тиббиёт тасвирларини таҳлил қилиш босқичлари

1.3-параграфда буйрак ва унинг томирлари тасвирларини таҳлил қилиш масаласининг қўйилиши баён этилган бўлиб, 1-расмда тиббиёт тасвирларини таҳлил қилиш жараёни босқичлари келтирилган.

Буйрак ва унинг қон томирлари тасвирларини таҳлил қилиш алгоритмларини ўрганиш масаласи ҳозирги кунда долзарб ҳисобланади. 1.2 параграфда келтирилган муаммолар буйрак ва унинг томирлари тасвирларини таҳлил қилиш алгоритмларини яратишда қайси жихатларга эътибор қаратиш зарурлигини кўрсатади.

Диссертациянинг «**Буйрак ва унинг қон томирлари тасвирларини сегментлаш алгоритмлари**» деб номланувчи иккинчи боби тиббиёт тасвирларининг сифатини ошириш алгоритмини такомиллаштириш, буйрак ва унинг томирларини сегментлаш, буйрак тасвирларининг 3D кўринишини яратишга бағишланган.

2.1-параграфда тиббиёт тасвирларини сифатини ошириш учун такомиллаштирилган CLANE алгоритми таклиф этилган. Маълумки, ушбу алгоритмда асосан 2 та параметр мавжуд бўлиб, NT (number of tiles) параметри тасвирни нечта бўлақларга бўлиш кераклигини аниқлатса, CL гистограммадаги юқори чегарани билдиради. Ушбу параметрларнинг алгоритм натижасига таъсирини баҳолаш учун бу параметрлар 1-жадвалда келтирилган ораликда текшириб кўрилган.

1-жадвал.

CLANE алгоритмининг параметрлари қийматлар оралиғи

Параметр	Оралик	Қadam
NT	[2; 24]	2
CL	[0; 1]	0,01

Тўплам тасвирларининг сифатини баҳолашда BRISQUE метрикасидан фойдаланилади. BRISQUE кўрсаткичининг қиймати қанчалик кичик бўлса, тасвир сифати шунча юқори деб қаралади. Тасвирнинг ҳар бир ҳолати учун ушбу кўрсаткичнинг қийматлари олинади ҳамда тасвир учун энг мос параметрлар танлаб олинади. Тасвир учун кўрсаткичлар намуналари 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал.

CLANE алгоритми параметрлари ва BRISQUE кўрсаткичи қийматлари

NL	CL	BRISQUE
2	0.01	4,573
4	0.01	5,857
6	0.01	5,646
...		
24	1	4,166

Ушбу натижалар асосида тиббиёт тасвирлари тўпламидаги ҳар бир кесим учун энг мос келадиган параметрлар аниқланади ва ушбу параметрлар X тўпламга йиғиб борилади.

$$m = \underset{0 \leq i < n}{\text{indmin}}\{B(i)\},$$

$$X_j[NL] = A_j[m][NL],$$

$$X_j[CL] = A_j[m][CL].$$

Мос ҳолатда тўпламдаги тасвирлар учун аниқланган параметрларнинг энг кўп такрорлангани тўплам учун умумий параметр сифатида олинади. Натижада берилган тиббиёт тасвирлари тўплами учун энг мос бўлган параметрлар аниқланади.

Таклиф қилинган алгоритмнинг натижалари 2-расмда келтирилган:



А)

Б)

В)

2-расм. Тасвирлар сифатини ошириш натижалари

А) берилган тасвир Б) стандарт CLAHE алгоритми

В) такомиллаштирилган алгоритм

2.2-параграфда буйрак ва унинг қон томирлари тасвирларини сегментлаш алгоритмлари келтирилган бўлиб, тасвирда объектларни ажратиб олишнинг ранг филтрлари, контурларни ажратиб олиш, шаблонга мосликни текшириш, махсус нуқталар билан ишлаш, машинали ўқитиш каби усуллар ҳақида батафсил маълумотлар келтирилган. Бундан ташқари тасвирларни сегментлашда кенг қўлланилаётган нейрон тармоқ моделлари бўйича батафсил маълумотлар келтирилган. Ҳозирги кунда тиббиёт тасвирлари сегментациясида кенг қўлланилаётган нейрон тармоқ архитектуралари натижалари асосида, буйрак тасвирларини сегментлаш учун U-Net архитектураси танлаб олинди.

2.3-параграф буйрак ва унинг қон томирларини 3D тасвирини яратиш масаласига бағишланган бўлиб, 3D тасвирни яратишнинг мавжуд усуллари тавсифи келтирилган. Тиббиёт тасвирларида қўлланиладиган стандартлар асосида қорин бўшлиғининг 2D тасвирлари асосида ички органларнинг 3D тасвирини яратиш усуллари таҳлил қилинган.

Диссертациянинг «**Буйрак ва унинг қон томирлари тасвирларини таҳлил қилиш алгоритмларини ишлаб чиқиш**» деб номланган учинчи бобида буйракни сегментлашнинг нейрон тармоққа асосланган, буйрак шакли

ўзгаришларини аниқлаш, томирларни ажратиш алгоритмларини ишлаб чиқиш билан боғлиқ тадқиқотлар баён этилган.

3.1-параграфда тиббиёт тасвирларидан буйракни сегментлашнинг нейрон тармоққа асосланган алгоритми келтирилган. Нейрон тармоқни ўқитиш учун тасвирларда буйрак соҳалари белгиланган Kidney Tumor Segmentation Challenge (KiTS19)да фойдаланилган маълумотлар тўпламидан фойдаланилди. Маълумотлар тўплами ҳақида умумий маълумотлар 3-жадвалда келтирилган:

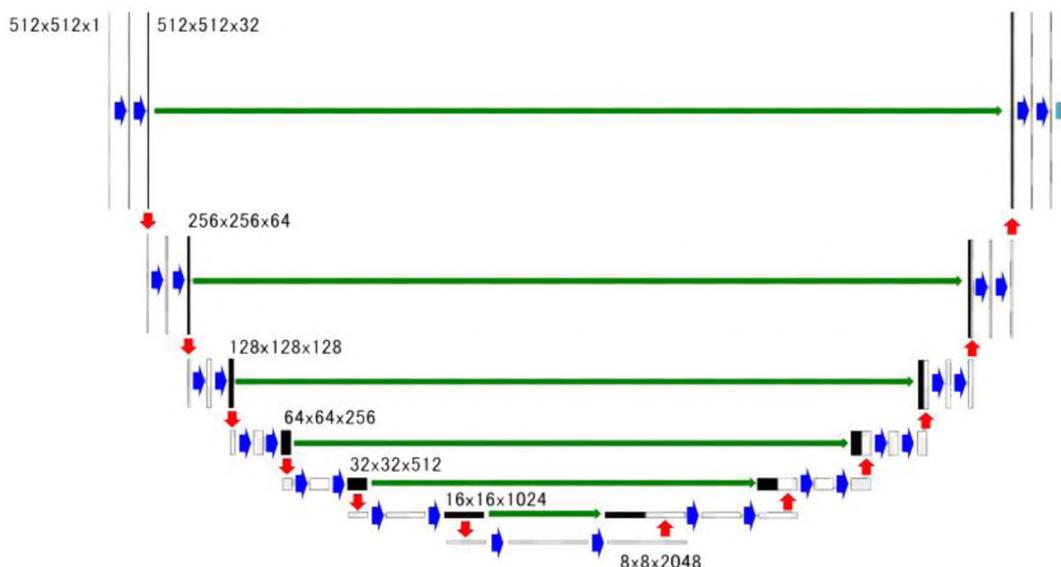
3-жадвал.

KiTS19 маълумотлар тўплами ҳақида умумий маълумот

Тури	CT, SEG
Беморлар сони	210 та
Студиялар сони	210 та
Сериялари сони	621 та
Тасвирлар сони	71423 та
Тасвирлар ҳажми	40.7 гигабайт

Нейрон тармоқ архитектураси асосан торайиб борувчи (чапда) ва кенгайиб борувчи (ўнгда) қисмлардан иборат бўлади. Торайиб борувчи қисм свёрткали нейрон тармоғининг типик архитектураси бўлиб, у такрорий қўлланиладиган 2 та 3×3 свёрткадан, RELU ва ўлчамни камайтириш учун 2×2 махроолдан фойдаланилади.

Нейрон тармоқнинг умумий архитектураси 3-расмда келтирилган.



3-расм. Нейрон тармоқ архитектураси

Махроол ёрдамида матрицанинг ўлчамини камайтириш амалга оширилади. 2×2 махроол қўлланилганда, матрицанинг ҳар 2×2 ўлчамли қисми жойлашган элементларидан максимал бўлган битта қиймат қолади.

Архитектуранинг кенгайиб борувчи қисмидаги ҳар бир кадам қуйидагилардан ташкил топади:

- 2×2 деконволюция;
- торайиб борувчи қисмдан ажратиб олинган мос тўплам билан бирлаштириш;
- 2 та 3×3 свёртка, ундан кейин RELU амали қўлланилади.

Нейрон тармоқ архитектурасини куришда хатолик функцияси сифатида бинар кросс энтропия функцияси танланди ва у қуйидагича ифодаланади:

$$BCE = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \log(p(y_i)) + (1 - y_i) \log(1 - p(y_i)).$$

Юқоридаги кўринишдаги нейрон тармоққа асосланган «буйрак тасвирларини сегментлаш» алгоритми *A1* орқали белгиланган ва у қуйидаги қадамлардан иборат:

1-қадам. Тиббиёт тасвири қабул қилинади.

2-қадам. Қабул қилинган тасвирнинг тайёрланган нейрон тармоқ асосида ўқитиш натижаси олинади.

3-қадам. Олинган тасвир 5×3 матрица асосида эрозия амалга оширилади.

$$E = B \ominus S_1.$$

4-қадам. Тасвирни 3×3 матрица асосида очиш амали бажарилади.

$$O = E \circ S_2.$$

5-қадам. Тасвирдан натижа шаблони асосида буйрак тасвири ажратилади.

6-қадам. Тамом.

4-расмда *A1* алгоритм асосида олинган натижалардан намуналар келтирилган.



а)

б)

в)

4-расм. Алгоритм натижалари: а) қорин бўшлиғи тасвири б) морфологик амаллар қўллангандан кейинги натижа в) асосий тасвирдан ажратиб олинган буйрак соҳаси

Ушбу кетма-кетликдаги амаллар қорин бўшлиғининг ҳар бир кесим тасвири учун амалга оширилади ҳамда буйрак соҳаси тасвирларини ҳосил қилиш имкониятини беради. *A1* алгоритми асосида шакллантирилган тасвирлар тадқиқотнинг кейинги босқичларида фойдаланилади.

3.2-параграф буйрак шакли ўзгаришларини аниқлаш алгоритмини ишлаб чиқишга бағишланган. Мазкур параграфда тиббиёт тасвирлари асосида буйракнинг жойлашиши ва шаклининг ўзгаришларини аниқлаш алгоритмлари

келтирилган. Буйракнинг шакли чегараларини аниқлаш учун актив контур усулидан фойдаланилди.

Актив контур тасвирдан тегишли пикселларни ажратиш учун энергия кучидан фойдаланувчи сегментация усули ҳисобланади. Актив контур сегментлаш жараёни учун актив модел сифатида аниқланади. Контурлар – тасвирдаги қизиқиш соҳасини(ROI) аниқлаш чегаралари ҳисобланади ва улар интерполяция қилинувчи нуқталар тўплами ҳисобланади. Интерполяция жараёни тасвирдаги эгри чизиқнинг қандай тавсифланганлигига кўра чизиқли, сплайнли ёки полиномиал бўлиши мумкин.

Буйрак жойлашиши ва ўлчамларидаги ўзгаришларни аниқлашнинг турли алгоритмлари мавжуд. Диссертация ишида тиббиёт тасвирлари тўпламидаги ҳар бир кесим учун буйрак соҳасини ажратиб олинганидан сўнг, буйракнинг шаклий ўзгаришларини аниқлаш амалга оширилади.

Ишнинг кетма-кетлиги қуйидагича амалга оширилади.

1) АСМ (active contour model) ёрдамида буйрак жойлашган соҳа чегаралари аниқланади:

2) Ҳар бир буйрак учун x ва y ўқлари бўйича минимал ва максимал чегара аниқланади ва чегаралар орасида тўғри чизиқ чизилади.

3) Барча тасвирлар тўпларида буйрак тасвирларининг қуйидаги параметрлари аниқланади:

$$x_1 = \min_{1 \leq i \leq n} \{S_i\};$$

$$x_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \{S_i\};$$

$$x_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i;$$

$$x_4 = \min_{1 \leq i \leq n} \{T_i\};$$

$$x_5 = \max_{1 \leq i \leq n} \{T_i\};$$

$$x_6 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i;$$

$$x_7 = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \right)^{\frac{1}{2}};$$

$$x_8 = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \right)^{\frac{1}{2}};$$

x_9 – буйрак соҳасидаги пикселлар сони,

бу ерда, μ – тўпланинг ўртача қиймати.

4) Бу параметрлар аниқлангач, тўпламлар орасидаги масофалар ҳисобланади:

$$\rho(S_u, S) = \left(\sum_{i=1}^n (x_{ui} - x_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}}.$$

5) Бу масофаларнинг минимал ва максимал қийматлари аниқланиб, олинган қийматларнинг тенг кесимлардаги сони диаграммаси чиқарилади:

$$h = \frac{H}{k}.$$

6) Олинган натижалар асосида q_{min} ва q_{max} аниқланади.

7) Ушбу маълумотлар асосида берилган буйрак тасвирлари тўпламининг қайси категорияга тегишлилиги аниқланади:

$$K = \begin{cases} 0, & \text{агар } q_{min} \leq \rho \leq q_{max}; \\ 1, & \text{агар } \rho > q_{max}; \\ -1, & \text{агар } \rho < q_{min}. \end{cases}$$

8) Натижа.

Тиббиёт тасвирларида буйрак шаклининг ўзгаришларини аниқлаш алгоритмларини ишлаб чиқиш жараёнида мавжуд тиббиёт тасвирлари тўпламлари орасида қуйидаги параметрлари аниқланди(4-жадвал).

4-жадвал.

Буйрак шакли ўзгаришларини аниқлашдаги параметрлар

Тўплам	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
28	83,32	89,30	12,79	12,96	54,13	63,82	18,89	24,17	2084,38
29	80,92	80,85	29,96	21,56	50,37	56,50	16,76	20,34	2396,73
30	70,00	91,40	9,83	9,59	49,33	58,88	17,39	25,50	1911,69
31	109,34	99,29	11,70	13,83	76,10	70,40	29,36	26,53	3710,19
32	72,22	70,24	9,63	7,93	50,17	47,95	17,23	15,83	1485,24
33	81,46	74,63	7,51	7,65	62,79	57,78	17,15	16,41	2341,58
34	93,91	91,13	7,27	7,50	68,33	62,25	26,97	25,40	2764,52
35	63,36	67,28	5,54	5,21	46,49	49,26	15,47	17,20	1457,32
36	84,70	94,83	8,06	8,13	62,04	65,53	21,05	25,03	2645,70
37	77,72	84,72	10,25	8,86	54,01	54,12	20,53	23,08	1845,41
38	100,95	93,38	24,46	23,18	72,34	66,51	22,99	20,67	2662,08
39	74,97	94,95	9,01	9,56	51,63	62,87	19,98	27,21	2271,26
40	42,11	41,54	2,97	1,76	27,56	28,05	7,99	7,88	641,04

Буйрак шакли ўзгаришларини аниқлаш алгоритми асосида тиббиёт тасвирлари тўпламида буйрак шаклининг ўзгаришларини аниқлаш мумкин бўлади.

3.3-параграфда буйрак томирларини ажратиш алгоритми ишлаб чиқилган бўлиб, ушбу алгоритм буйракка келувчи асосий томирларни қорин бўшлиғи тасвирларидан ажратиш имконини беради.

Тиббиёт тасвиридан буйрак томирларини ажратиб олиш масаласи қуйидагича қўйилади. S тасвирни n та S_1, \dots, S_n бўлакларга бўлиш амалга оширилади. Бу ерда ажратилган сохалар қуйидаги шартларни қаноатлантириши зарур:

$$\bigcup_{u=1}^k S_u = S,$$

$$S_u \cap S_v = \emptyset \quad u \neq v \text{ бўлганда};$$

$$S_u \neq \emptyset, u = 1, \dots, k; k \leq n.$$

Буйрак томирларни ажратиш алгоритми қуйидаги қадамлардан иборат.

1-қадам. Пикселлар учун бошланғич белгиларни шакллантириш.

2-қадам. Барча пикселлар орасидаги $B(S_u, S_v)$ яқинлик ўлчовлари топилади ва $\|B(S_u^{(0)}, S_v^{(0)})\|_{n \times n}$ яқинлик матрицаси ҳосил қилинади. Олинган натижалар камайиш тартибида сараланади ва яқинлик матрицасининг максимал элементи аниқланади. Агар максимал элементлар бир неча бўладиган бўлса, улардан биринчиси олинади.

3-қадам.

$$B(S_u^{(k-1)}, S_v^{(k-1)}) = \max_{i,j} B(S_i^{(k-1)}, S_j^{(k-1)}), i, j \in \{1, 2, \dots, n - k + 1\}, i \neq j$$

ифодани қаноатлантирувчи пикселлар бир тўпламга киритилади.

4-қадам. Агар қуйидаги (*) шарт бажарилса, у ҳолда бу икки пиксел бир хил тоифага тегишли ҳисобланади:

$$B(S_u^{(k-1)}, S_v^{(k-1)}) \leq \Delta. \quad (*),$$

бу ерда, Δ – алгоритм параметри.

Томирларни ранг бўйича ажратиб олинганидан сўнг, уларни калинликлари бўйича ажратиш қуйидагича амалга оширилади:

5-қадам. Томир бир неча бўлакларга ажратилади.

6-қадам. Бўлакнинг чап нуқтасидан томирнинг ўртаси жойлашган координата аниқланади. Шу координата асосида, томир чегараларигача айлана чизилади.

7-қадам. Ҳар бир айлананинг диаметрлари асосида бўлакнинг ўртача диаметри аниқланади:

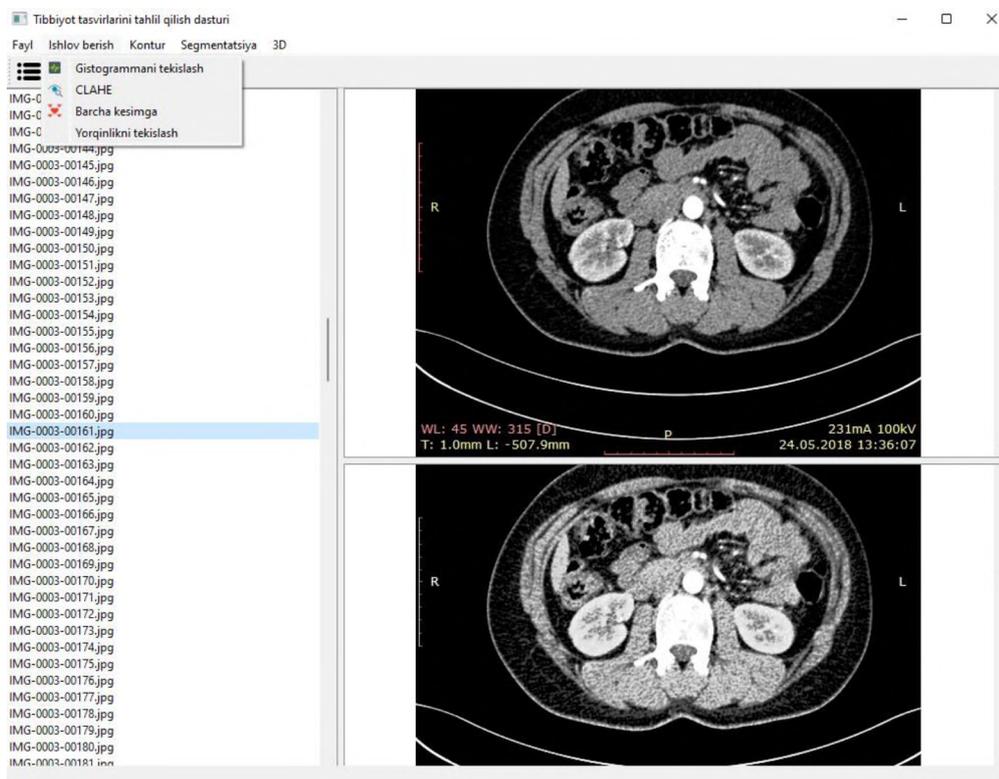
$$d_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i.$$

8-қадам. Кетма-кет айланалар диаметрлари орасидаги фарқ ε дан катта бўлса, бўлакни ўзи яна кичик бўлакларга ажратилади, бу ерда ε – алгоритм параметри.

Ушбу алгоритм бошқа мавжуд алгоритмлардан томирлар тасвирларидаги пикселлар ранглари орасидаги масофалар асосида томирларни ажратиб олиши билан фарқланади. Қалинликларга қўйилган бўсағавий қиймат асосида буйракка келувчи асосий томирларни алоҳида ажратиб кўриш имконияти яратилди.

Диссертациянинг «Тажрибавий тадқиқотлар ва дастурий мажмуани амалиётда қўллаш» деб номланувчи тўртинчи бобида яратилган «MedExpertUZ 1.0» дастурий мажмуасининг тавсифи, тажрибавий тадқиқотлар натижалари ва амалий масалаларни ечиш келтирилган.

4.1-параграфда буйрак ва унинг томирлари тасвирларини таҳлил қилишнинг мавжуд ҳамда таклиф этилган модел ва алгоритмлари асосида ишлаб чиқилган дастурий мажмуанинг тавсифи келтирилган бўлиб, у тиббиёт тасвирларига дастлабки ишлов бериш, буйрак ва унинг томирларини сегментлаш, буйрак шакли ўзгаришларини аниқлаш ҳамда буйракнинг 3D тасвирини яратишга мўлжалланган. Ишлаб чиқилган дастурий мажмуанинг асосий ойнаси 5-расмда келтирилган.



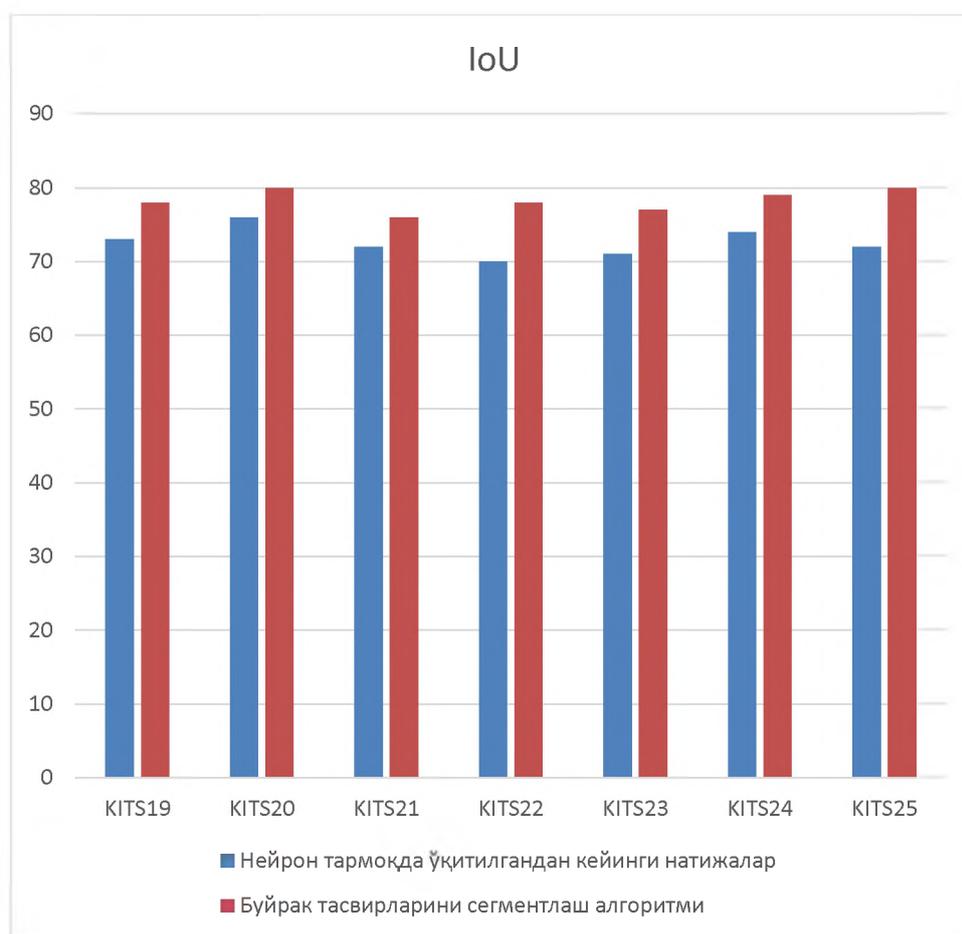
5-расм. Дастурий мажмуанинг асосий ойнаси

4.2-параграфда тиббиёт тасвирларини таҳлил қилиш масалаларини ечиш учун мавжуд ва ишда таклиф этилган модел ва алгоритмларнинг тажрибавий тадқиқот натижалари келтирилган. Уларни аниқлашда C4KC-KiTS каби халқаро очик турдаги тиббиёт тасвирлари маълумотлар базаларидан фойдаланилган. Ушбу алгоритм тасвирлар сифатини ошириш учун мўлжалланган гистограммани текислаш, стандарт CLAHE алгоритмлари билан солиштирилган. Таққослаш натижалари 5-жадвалда келтирилган.

Тасвир сифатини ошириш алгоритмлари

Алгоритм	BRISQUE кўрсаткичи
Берилган тасвир	22.4
Гистограммани текислаш	22.1
CLAFHE	19.2
Таклиф қилинган алгоритм	18.6

Тиббиёт тасвирларидан буйрак соҳасини аниқлаш ва буйракни сегментлаш учун таклиф қилинган нейрон тармоққа асосланган алгоритм натижалари 6-расмда келтирилган. Ушбу алгоритм маълумотлар базаларининг турли серияларида қўлланилган.



6-расм. Буйрак тасвирларини сегментлаш алгоритмида IoU кўрсаткичи

Буйрак ҳажми ўзгаришларини аниқлаш алгоритмининг бошқа аналог алгоритмлар билан солиштириш натижалари 6-жадвалда келтирилган.

**Буйрак ҳажми ўзгаришларини аниқлаш алгоритми солиштириш
натижалари**

Алгоритм	Accuracy	Precision
Extreme Gradient Boosting	87,3	80
Буйрак ҳажми ўзгаришларини аниқлаш	88	80
Linear Discriminant Analysis	85,8	82
Ridge Classifier	85	79
Decision Tree Classifier	84	83
Random Forest Classifier	84	79
Logistic Regression	82	79
K Neighbors Classifier	81	81

4.3-параграфда дастурий мажмуадан фойдаланиб амалий масалаларни ечишда олинган натижалар келтирилган.

Тиббиёт тасвирларини сифатини ошириш, буйрак соҳасини сегментлаш, буйракнинг шаклий ўзгаришларини аниқлаш, қорин бўшлиғининг 3D кўринишини яратиш каби масалаларни ечиш учун ишлаб чиқилган алгоритмлар асосида ишлаб чиқилган дастурий мажмуа тиббиёт муассасаларининг урология бўлимларида жорий этилган.

Қорин бўшлиғи тасвирлари тўплами 300-500 та кесимлардан ташкил топган бўлиб, оддий ҳолатда буйракка ташхис қўйиш учун ушбу тасвирларнинг буйрак соҳасига тегишлилари шифокор томонидан бирма-бир кўриб чиқилиши зарур. Ишлаб чиқилган дастурий мажмуа ёрдамида эса, ушбу тасвирларда буйрак соҳаси алоҳида ранг билан ажратиб кўрсатилади ва шифокорга кўмак беради.

Буйрак ва унинг тасвирларини таҳлил қилишга асосланган дастурий мажмуа тиббиёт муассасаларининг урология бўлимларида буйрак шакли ўзгаришлари бўйича ташхис қўйиш масаласини ечиш мақсадида қўлланилди, бунда 30 та беморга тегишли қорин бўшлиғи тасвирларидан фойдаланилган. Дастурий мажмуани қўллаш натижалари 7-жадвалда келтирилган.

**Беморларнинг буйракларига ташхис қўйишда дастурий мажмуани
қўллаш натижалари**

Алгоритм	Шахслар сони	Маълумотлар ҳажми (МБ)	Ташхис аниқлиги	Ўқитиш учун сарфланган вақт (сек.)	Ташхис учун сарфланган вақт (сек.)
Буйрак ҳажми ўзгаришларини аниқлаш	30	98,4	88,2%	22,1	15,3
Амалиётда	30	98,4	76,2%	86,1	21,4

Олинган натижалар мазкур соҳа мутахассислари томонидан ижобий қабул қилинди. Таклиф этилган алгоритмлар асосида ишлаб чиқарилган дастурий мажмуа амалий масалаларда тиббиёт соҳаси мутахассисларига кўшимча имкониятлар тақдим этди ва сарфланадиган вақт ресурслари сарфини камайтиришга эришилди.

ХУЛОСА

«Буйрак ва унинг томирлари тасвирларини таҳлил қилиш алгоритмлари» мавзусида олиб борилган диссертация тадқиқотининг асосий натижалари қуйидагилардан иборат:

1. Тиббиёт тасвирларини таҳлил қилишнинг замонавий усул, модел ва алгоритмлари таҳлили амалга оширилиб, уларнинг афзаллик ва камчиликлари аниқланди.

2. Тиббиёт тасвирларининг сифатини ошириш учун такомиллаштирилган CLANE алгоритми ишлаб чиқилди. Ушбу такомиллаштирилган алгоритм тиббиёт тасвирлари тўплами учун мос параметрларни аниқлашга асосланган. Мазкур алгоритм тиббиёт тасвирлари сифати ошишини таъминлайди.

3. Қорин бўшлиғи тасвирларидан буйрак соҳасини ажратиб олиш учун нейрон тармоқларга ва морфологик амалларга асосланган алгоритм таклиф этилди, натижада қорин бўшлиғи тасвирларидан буйрак соҳасининг ажратиб олиш натижаларини яхшилаш имконияти яратилди.

4. Қорин бўшлиғи тасвирлари кесимларини таҳлил қилиб, уларнинг ўлчамларини характерловчи белгилар асосида буйрак шакли ўзгаришларини аниқлаш алгоритми ишлаб чиқилди. Ушбу алгоритм буйрак ўлчамлари ўзгаришлари асосида ташхис қўйиш имконини беради.

5. Буйракнинг томирларини ранги ва қалинликлари бўйича ажратиб олиш алгоритми ишлаб чиқилди. Натижада буйрак томирларини умумий томирлардан ранги ва қалинликлари бўйича ажратиш ва уларни таҳлил қилиш имконини берди.

6. Берилган тасвирлар асосида буйракнинг 3D кўринишини яратиш имконини берувчи усул ишлаб чиқилди. Натижада буйрак диагностикаси жараёнини тезлаштиришга эришилди.

7. Мавжуд ва ишлаб чиқилган модел ва алгоритмларга асосланган «MedExpertUZ 1.0» буйрак ва унинг қон томирлари тасвирларини таҳлил қилиш дастурий мажмуаси ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган дастурий мажмуа тиббиёт тасвирлари сифатини ошириш, буйрак ва унинг томирларини сегментлаш, буйрак шакли ўзгаришларини аниқлаш, қорин бўшлиғи тасвирлари таҳлили асосида буйракнинг уч ўлчамли кўринишини яратиш имконини беради.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.13/30.12.2021.Т.142.01
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ИНСТИТУТЕ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАЗВИТИЯ
ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

ХАШИМОВ АХМАД АНВАРОВИЧ

**АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОЧКИ И ЕЕ
КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ**

05.01.11 – Цифровые технологии и искусственный интеллект

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

Ташкент – 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2022.4.PhD/Т2648.

Диссертация выполнена в Научно-исследовательском институте развития цифровых технологий и искусственного интеллекта.

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

- Научный руководитель:** **Мирзаев Номаз Мирзаевич**
доктор технических наук, старший научный сотрудник
- Официальные оппоненты:** **Мухамедиева Дилноз Тулкуновна**
доктор технических наук, профессор
- Юсупов Озод Раббимович**
доктор философии (PhD) по техническим наукам, доцент
- Ведущая организация:** **Наманганский государственный университет**

Защита диссертации состоится «17» февраля 2023 г. в 16⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.13/30.12.2021.T.142.01 при Научно-исследовательском институте развития цифровых технологий и искусственного интеллекта. (Адрес: 100125, г. Ташкент, М.Улугбекский район, Буз-2, дом 17А. Тел.: (99871) 263-41-98; e-mail: info@airi.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Научно-исследовательского института развития цифровых технологий и искусственного интеллекта (регистрационный номер № 26). (Адрес: 100125, г. Ташкент, М.Улугбекский район, Буз-2, дом 17А. Тел.: (99871) 263-41-98).

Автореферат диссертации разослан «2» февраля 2023 года.
(протокол рассылки № 34 от «30» декабря 2022 г.).



Н. Равшанов
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

Ш.Х. Фазилов
Председатель научного семинара при научном
совете по присуждению ученых степеней,
доктор технических наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется разработке систем компьютерного зрения. В этой области одной из актуальных задач являются разработка, усовершенствование и внедрение методов и алгоритмов анализа медицинских изображений. В развитых зарубежных странах мира, в том числе в США, Китае, Российской Федерации, Великобритании, Германии, Индии, Франции и других странах, большое внимание уделяется решению теоретических и практических задач повышения качества и обработки медицинских изображений, сегментации почек и их кровеносных сосудов на этих изображениях.

В мире проводятся широкомасштабные научно-исследовательские работы, направленные на разработку новых и усовершенствование существующих методов и алгоритмов для создания автоматизированных систем обработки и анализа медицинских изображений. В связи с этим одной из важных задач информационных технологий являются разработка алгоритмов выделения области почек из изображений брюшной полости и постановка диагноза на основе анализа полученного изображения, а также создание программных комплексов для обработки и анализа медицинских изображений.

В нашей республике в этом направлении особое внимание уделяется созданию комплекса мер по разработке и практическому применению автоматизированных систем, направленных на решение задач диагностики на основе анализа медицинских изображений. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017–2021 годах определены задачи, в том числе «... внедрение информационно-коммуникационных технологий в экономику, социальную сферу, системы управления. ... дальнейшее реформирование сферы здравоохранения ...»¹. В частности, в реализации указанных задач одним из важных вопросов является система постановки диагноза на основе анализа медицинских изображений. Поэтому развитие методов и алгоритмов анализа медицинских изображений, в том числе методов и алгоритмов предварительной обработки и сегментации этих изображений, является актуальной проблемой.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит для выполнения задач, предусмотренных указом Президента Республики Узбекистан №УП-6079 от 5 октября 2020 года «Об утверждении стратегии «Цифровой Узбекистан-2030» и мерах по ее эффективной реализации», постановлениями Президента Республики Узбекистан №ПП-4699 от 28 апреля 2020 года «О мерах по широкому внедрению цифровой экономики и электронного правительства», №ПП-4996 от 17 февраля 2021 года «О мерах по созданию условий для ускоренного внедрения технологий искусственного интеллекта», а также другими нормативно-правовыми актами, принятыми в

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

данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. Вопросам разработки и совершенствования моделей, методов и алгоритмов обработки, сегментации, выделения признаков и распознавания объектов на изображениях посвящены научные труды таких зарубежных ученых, как R.Gonzalez, L.Shapiro, G.Stockman, R.Woods, В.В. Александров, Н.Д.Горский, Р.О.Дуда, Ю.И.Журавлев, Н.Ю.Ильцова, У.К.Прэтт, С.С.Садыков, В.А.Сойфер, В.В.Старовойтов, П.И.Харт, А.С.Юрова и др.

В Узбекистане в развитие теоретических основ распознавания образов, обработки и анализа изображений большой вклад внесли Р.Т.Абдукаримов, Ф.Т.Адилова, Э.М.Алиев, Х.Н.Зайнидинов, Н.А.Игнатъев, М.М.Камилов, Н.С.Маматов, Н.М.Мирзаев, А.Ш.Мухамадиев, Д.Т.Мухаммедиева, Ш.Е.Туляганов, Э.Уринбаев, Ш.Х.Фазылов, Р.Х.Хамдамов и др.

Анализ современного состояния исследований в области обработки медицинских изображений показывает, что так как на изображениях брюшной полости внутренние органы расположены очень близко друг к другу или перекрывают друг друга, проблема анализа этих изображений до сих пор решена в недостаточной степени. В связи с этим задача разработки новых и совершенствование существующих методов и алгоритмов предварительной обработки медицинских изображений, сегментации и определения формы почки на этих изображениях является одной из наиболее актуальных проблем.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научных проектов планов научно-исследовательских работ Научно-инновационного центра информационно-коммуникационных технологий при Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий по теме БВ-Атех-2018 (240+147) «Разработка алгоритмов и программного обеспечения для идентификации личности на основе потоковой обработки изображений лица» (2018–2020); а также Научно-исследовательского института развития цифровых технологий и искусственного интеллекта по теме ФЗ-20200929364 «Разработка научных основ классификационной обработки больших данных методами распознавания на основе пороговых функций» (2021–2022).

Цель исследования состоит в разработке алгоритмов обработки и анализа изображений почки и ее кровеносных сосудов.

Задачи исследования:

усовершенствование алгоритмов повышения качества изображений брюшной полости;

разработка нейросетевых алгоритмов сегментации почек на изображении;

разработка алгоритма выделения кровеносных сосудов почек;

разработка алгоритма определения изменения объема почки по ее изображениям;

создание программного комплекса для анализа медицинских изображений на основе предложенных алгоритмов и проведение экспериментальных исследований для оценки эффективности разработанных алгоритмов.

Объектом исследования являются томографические изображения органов брюшной полости.

Предметом исследования являются алгоритмы обработки и анализа изображений почек и их кровеносных сосудов.

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

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан усовершенствованный алгоритм повышения качества медицинских изображений, основанный на ограничении контраста;

разработан алгоритм сегментации почки на основе нейросетевых и морфологических операций на изображениях брюшной полости;

разработан алгоритм выделения кровеносных сосудов почек по толщине на изображениях брюшной полости;

разработан алгоритм определения изменений размеров почек на основе характеристических признаков.

Практические результаты исследования состоят в следующем:

разработан усовершенствованный алгоритм повышения качества набора медицинских изображений;

разработан программный комплекс «MedExpertUz», предназначенный для предварительной обработки изображений органов брюшной полости, сегментации изображений почек, выделения кровеносных сосудов почек и определения изменений их форм, создания трехмерного изображения почек.

Достоверность результатов исследования подтверждается корректным применением математического аппарата цифровой обработки изображений и распознавания образов при разработке алгоритмов обработки и сегментации медицинских изображений, а также положительными результатами экспериментальных исследований.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования определяется тем, что разработанные и усовершенствованные алгоритмы являются определённым вкладом в дальнейшее развитие теоретических основ обработки изображений.

Практическая значимость результатов исследования объясняется тем, что разработанный программный комплекс можно использовать в качестве

инструментария для принятия решения при постановке диагностики состояния почек человека на основе анализа его томографических изображений в медицинских учреждениях.

Внедрение результатов исследования. На основе программного обеспечения, созданного на базе существующих и предлагаемых методов и алгоритмов цифровой обработки изображений почки и ее кровеносных сосудов:

программный комплекс, созданный на основе алгоритмов повышения качества медицинских изображений, сегментации почки и ее кровеносных сосудов, выявления изменений формы почки, внедрен в Урологическом отделении больницы Ферганского городского медицинского объединения (Справка Министерства здравоохранения № 08-38228 от 1 декабря 2022 года). На основе использования результатов научного исследования точность диагностики состояния почек у пациентов повысилась на 12 %;

программный комплекс, созданный на основе алгоритмов повышения качества медицинских изображений, сегментации почки и ее кровеносных сосудов, выявления изменений формы почки, внедрен в частной клинике «Уромед АБК» (Справка Министерства здравоохранения № 08-38228 от 1 декабря 2022 года). На основе использования результатов научного исследования скорость диагностики почек у пациентов повысилась в 1,4 раза, а точность – на 12%;

программный комплекс, созданный на основе алгоритмов повышения качества медицинских изображений, сегментации почки и ее кровеносных сосудов, выявления изменений формы почки, внедрен в Центре подготовки и специализации средних медицинских и фармацевтических работников Республики Узбекистан (Справка Министерства здравоохранения № 08-38228 от 1 декабря 2022 года). В результате рентгенолаборанты получили возможность визуализации изменений в почках больных.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования докладывались и обсуждались на 3 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях .

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 17 научных работ, из которых 6 в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, в том числе 2 в зарубежных, 4 в республиканских журналах, получены 2 свидетельства об официальной регистрации программных продуктов для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 100 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Определены цели и задачи исследования, а также объект и предмет исследования, обоснованы достоверность полученных результатов, теоретическая и практическая значимость, приведены сведения о внедрении результатов исследования, опубликованных работах и структуре диссертации.

Первая глава диссертации «Современное состояние анализа изображений почки и ее кровеносных сосудов» посвящена изучению современных методов анализа изображений почки и ее кровеносных сосудов. Определены проблемы повышения качества медицинских изображений, сегментации почек на этих изображениях, 3D визуализации почек и пути их решения, сформулированы цель и задачи исследования.

В параграфе 1.1 изложены сведения о методах и алгоритмах анализа медицинских изображений. Представлен обзор алгоритмов, используемых в решении задач повышения качества медицинских изображений, сегментации органов на них, выявления структурных изменений и аномалий в органах, а также создания 3D-изображений почек на основе набора их 2D-изображений.

В параграфе 1.2 рассматриваются вопросы анализа изображений почки и ее кровеносных сосудов, описываются аппаратно-программные средства анализа медицинских изображений, приведены результаты анализа проблем, возникающих при обработке медицинских изображений.



Рис. 1. Этапы анализа медицинских изображений

В параграфе 1.3 описана задача анализа изображений почки и ее кровеносных сосудов. Этапы анализа медицинских изображений приведены на рис. 1.

В настоящее время актуальным является вопрос изучения алгоритмов анализа изображений почки и ее сосудов. Задачи, представленные в параграфе 1.2, показывают, на какие аспекты необходимо обратить внимание при создании алгоритмов анализа изображений почки и ее сосудов.

Вторая глава диссертации «Алгоритмы сегментации изображений почки и ее кровеносных сосудов» посвящена алгоритмам повышения качества медицинских изображений, алгоритмам сегментации почки и ее кровеносных сосудов, а также создания 3D изображений почек.

В параграфе 2.1 предложен усовершенствованный алгоритм CLANE для повышения качества медицинских изображений. Как известно, в данном алгоритме используются 2 основных параметра: первый параметр NT (Number of tiles) – число частей, на которые делится изображение; второй параметр CL – значение верхнего предела в гистограмме. Для оценки степени влияния значений этих параметров на результат работы алгоритма эти значения задавались в диапазонах, приведенных в табл. 1.

Таблица 1.

Диапазон значений параметров алгоритма CLANE

Параметр	Диапазон значений	Шаг
NT	[2; 24]	2
CL	[0; 1]	0,01

Для оценки качества полученных изображений используется метрика BRISQUE. При этом, чем меньше значение BRISQUE, тем выше качество изображения. Для каждого выходного изображения вычисляются значения этой метрики и выбираются наилучшие значения параметров для этого изображения. Пример результатов таких вычислений приведен в табл. 2.

Таблица 2.

Значения параметров алгоритма CLANE и метрики BRISQUE

NL	CL	Brisque
2	0,01	4,573
4	0,01	5,857
6	0,01	5,646
...		
24	1	4,166

На основе этих результатов определяются наиболее подходящие параметры для каждого среза в наборе медицинских изображений. Такие параметры формируют множество X следующим образом:

$$m = \underset{0 \leq i < n}{\operatorname{indmin}}\{B(i)\},$$

$$X_j[NL] = A_j[m][NL],$$

$$X_j[CL] = A_j[m][CL].$$

Наиболее повторяющиеся значения параметров, определенных для изображений в множестве, принимаются за общие значения этих параметров и являются наиболее оптимальными для заданного набора медицинских изображений.

Результаты работы предложенного алгоритма показаны на рисунке 2.



А)

Б)

В)

Рис. 2. Результаты повышения качества А) исходная изображения Б) алгоритм CLANE В) усовершенствованный алгоритм

В параграфе 2.2 описаны алгоритмы сегментации изображений почки и ее кровеносных сосудов. Подробно рассмотрены цветовые фильтры для выделения объектов, методы и алгоритмы выделения контуров, сопоставления по шаблонам, работы с особыми точками, машинного обучения, а также модели нейронных сетей. На основе результатов анализа широко используемых при сегментации медицинских изображений нейронных сетей для сегментации изображений почек выбрана нейронная сеть U-Net.

В параграфе 2.3 изложена задача создания трехмерных изображений почки и ее кровеносных сосудов. С учетом стандартов, используемых в медицинской визуализации, были проанализированы методы создания трехмерного изображения органов на базе двумерных изображений брюшной полости.

В третьей главе диссертации «**Разработка алгоритмов анализа изображений почки и ее кровеносных сосудов**» приведены результаты исследований, направленных на разработку алгоритмов сегментации почки на основе нейронных сетей, обнаружения изменений в форме почки и выделения кровеносных сосудов на изображениях брюшной полости.

В параграфе 3.1 описан алгоритм сегментации почки на медицинском изображении, основанный на нейронной сети. Для обучения нейронной сети использован набор данных KiTS19 (Kidney Tumor Segmentation Challenge) с

размеченными областями почек на изображениях. Общие сведения об этом наборе данных приведены в табл. 3.

Таблица 3.

Набор данных KiTS19

Параметр	CT, SEG
Количество пациентов	210 чел.
Количество студий	210 шт.
Количество серий	621 шт.
Количество изображений	71 423 шт.
Размер изображения	40,7 Гб

Архитектура нейронной сети U-Net состоит из сужающихся (слева) и расширяющихся (справа) частей. Сужающаяся часть представляет собой типичную архитектуру свёрточной нейронной сети, которая использует 2 избыточные свертки 3×3 , активационную функцию RELU и $\text{maxpool } 2 \times 2$ для уменьшения размерности. Каждый канал увеличивается за счет уменьшения дискретности.

Общая архитектура нейронной сети представлена на рис. 3.

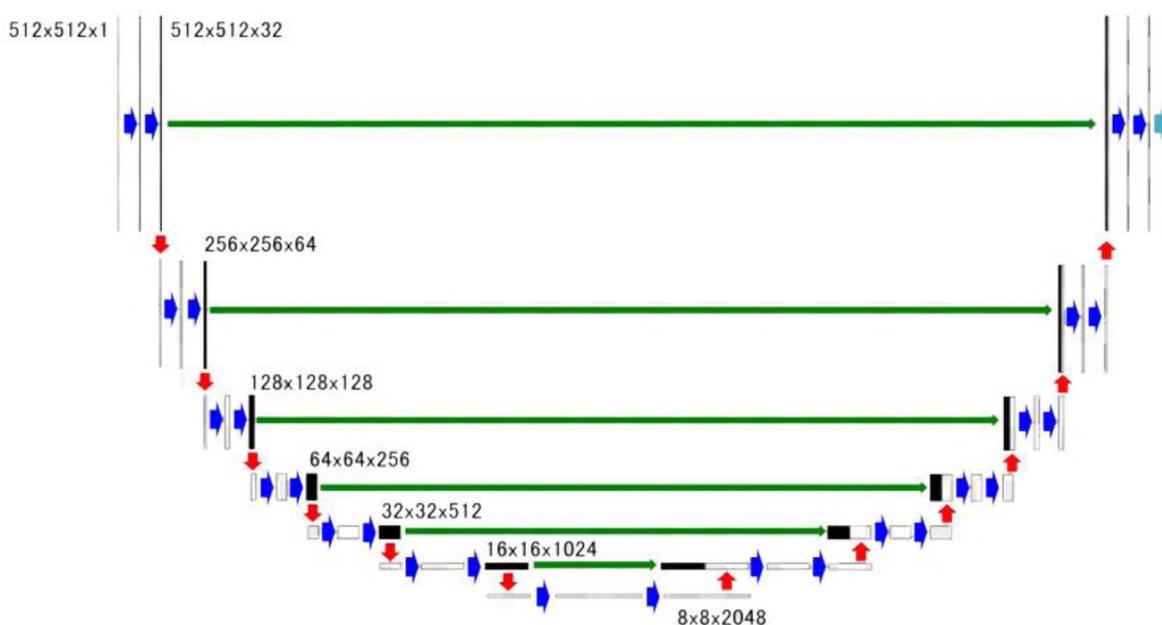


Рис. 3. Архитектура нейронной сети

Количество элементов матрицы можно уменьшить с помощью Maxpool . При использовании $\text{maxpool } 2 \times 2$ от каждой матрицы остается по одному значению, что является максимальным.

Каждый шаг в расширяющейся части сети состоит из следующего:

- деконволюции 2×2 ;
- комбинирования с набором, взятым из сужающейся части соответствующего уровня;
- 2 свёрток 3×3 с последующим использованием активационной функции RELU.

В качестве функции потерь при обучении нейронной сети была использована бинарная кросс-энтропия:

$$BCE = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \log(p(y_i)) + (1 - y_i) \log(1 - p(y_i)).$$

Предложенный алгоритм А1 сегментации изображений почек на основе нейронной сети состоит из следующих шагов:

Шаг 1. Получение изображения.

Шаг 2. Получается результат обучения на основе подготовленной нейронной сетью.

Шаг 3. К полученному изображению применяется операция эрозии на основе матрицы 5×3 .

$$E = B \ominus S_1.$$

Шаг 4. Выполняется операция открытия изображений на основе матрицы 3×3 .

$$O = E \circ S_2.$$

Шаг 5. Изображение почки выделяется из изображения на основе шаблона результата.

Шаг 6. Конец.

На рис. 4 приведены примеры результатов, полученных на основе алгоритма А1.

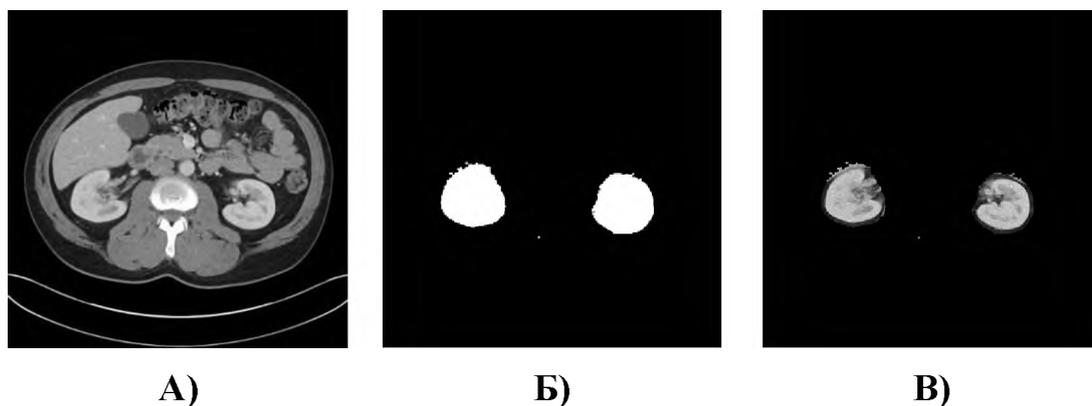


Рис. 4. Результаты работы алгоритма: А) изображение брюшной полости Б) результат после применения морфологических операций В) область почки, выделенная из основного изображения

Выше приведенные этапы выполняются для каждого изображения разреза брюшной полости и предоставляют возможность создания изображения области почек. Изображения, сформированные на основе алгоритма А1, используются на следующих этапах исследования.

Параграф 3.2 посвящен разработке алгоритмов обнаружения изменений формы почки. В данном разделе представлены алгоритмы определения изменений расположения и формы почки на основании медицинских изображений. Для определения границ формы почки использован метод активного контура.

Активный контур – это метод сегментации, использующий энергию для отделения интересных пикселей от изображения. Активный контур определяется как активная модель для процесса сегментации. Контур — это границы для определения области интереса (ROI) на изображении. Контур представляет собой набор интерполированных точек. Процесс интерполяции в зависимости от того, как описывается кривая на изображении, может быть линейным, сплайновым или полиномиальным.

Существуют разные алгоритмы определения изменений расположения и размеров почек. В диссертационной работе после выделения области почки для каждого среза в наборе медицинских изображений определяются изменения формы почки.

Последовательность работы следующая.

1) С помощью модели активного контура(АСМ) определяют границы области, где расположена почка.

2) Для каждой почки находят минимальную и максимальную границы по осям x и y , между которыми проводят прямую линию.

3) Во всех наборах изображений определяют следующие параметры изображений почек:

$$x_1 = \min_{1 \leq i \leq n} \{S_i\};$$

$$x_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \{S_i\};$$

$$x_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i;$$

$$x_4 = \min_{1 \leq i \leq n} \{T_i\};$$

$$x_5 = \max_{1 \leq i \leq n} \{T_i\};$$

$$x_6 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i ;$$

$$x_7 = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \right)^{\frac{1}{2}} ;$$

$$x_8 = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \right)^{\frac{1}{2}} ;$$

x_9 - количество пикселей на площади почек, здесь, μ – среднее значение набора.

4) После определения указанных параметров производят расчет расстояния между наборами по формуле:

$$\rho(S_u, S) = \left(\sum_{i=1}^n (x_{ui} - x_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}}.$$

5) Определяют минимальное и максимальное значения этих расстояний, после чего строят график количества равных участков полученных значений:

$$h = \frac{H}{k}.$$

6) На основе полученных результатов определяют q_{min} и q_{max} .

7) На основе этой информации определяется, к какой категории относится данный набор изображений почек:

$$K = \begin{cases} 0, & \text{если } q_{min} \leq \rho \leq q_{max}; \\ 1, & \text{если } \rho > q_{max}; \\ -1, & \text{если } \rho < q_{min}. \end{cases}.$$

8) Результат.

При разработке алгоритмов выявления изменений формы почки на медицинских изображениях среди имеющихся наборов определены параметры, приведенные в табл.4.

Таблица 4

Параметры определения изменения формы почки

Набор	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
28	83,32	89,30	12,79	12,96	54,13	63,82	18,89	24,17	2084,38
29	80,92	80,85	29,96	21,56	50,37	56,50	16,76	20,34	2396,73
30	70,00	91,40	9,83	9,59	49,33	58,88	17,39	25,50	1911,69
31	109,34	99,29	11,70	13,83	76,10	70,40	29,36	26,53	3710,19
32	72,22	70,24	9,63	7,93	50,17	47,95	17,23	15,83	1485,24
33	81,46	74,63	7,51	7,65	62,79	57,78	17,15	16,41	2341,58
34	93,91	91,13	7,27	7,50	68,33	62,25	26,97	25,40	2764,52
35	63,36	67,28	5,54	5,21	46,49	49,26	15,47	17,20	1457,32
36	84,70	94,83	8,06	8,13	62,04	65,53	21,05	25,03	2645,70
37	77,72	84,72	10,25	8,86	54,01	54,12	20,53	23,08	1845,41
38	100,95	93,38	24,46	23,18	72,34	66,51	22,99	20,67	2662,08
39	74,97	94,95	9,01	9,56	51,63	62,87	19,98	27,21	2271,26
40	42,11	41,54	2,97	1,76	27,56	28,05	7,99	7,88	641,04

На основе алгоритма определения изменения формы почки можно определить изменения формы почки по набору медицинских изображений.

В параграфе 3.3 разработан алгоритм выделения почечных сосудов. С использованием этого алгоритма можно выделить из изображений брюшной полости магистральные сосуды, идущие к почке.

Задача выделения сосудов из медицинского изображения, в котором участвуют почечные сосуды, ставится следующим образом. Необходимо

разбить изображение S на n частей S_1, \dots, S_n . Выделенные части должны удовлетворять следующим условиям:

$$\bigcup_{u=1}^k S_u = S,$$

$$S_u \cap S_v = \emptyset \text{ когда } u \neq v;$$

$$S_u \neq \emptyset, u = 1, \dots, k; k \leq n.$$

Этапы алгоритма выделения сосудов следующие:

Шаг 1. Формируются исходные признаки для пикселей.

Шаг 2. Находятся меры близости $B(S_u, S_v)$ между всеми пикселями и создается матрица $\|B(S_u^{(0)}, S_v^{(0)})\|_{n \times n}$. Результаты сортируются в порядке убывания. Определяется максимальный элемент матрицы близости. Если максимальных элементов больше одного, берется первый.

Шаг 3.

Если $B(S_u^{(k-1)}, S_v^{(k-1)}) = \max_{i,j} B(S_i^{(k-1)}, S_j^{(k-1)})$, $i, j \in \{1, 2, \dots, n - k + 1\}, i \neq j$, эти пиксели включаются в один набор.

Шаг 4. Если выполняется следующее условие (*), то эти два пикселя относятся к одной категории:

$$B(S_u^{(k-1)}, S_v^{(k-1)}) \leq \Delta. (*),$$

здесь, Δ – параметр алгоритма.

После разделения по цвету они разделяются по толщине следующим образом.

Шаг 5. Сосуды разделяются на несколько частей.

Шаг 6. Координата центра сосуда определяется по левой точке среза. По этой координате чертится круг до границ сосуда.

Шаг 7. На основании диаметров каждого круга определяют средний диаметр куска, по формуле:

$$d_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i.$$

Шаг 8. Если разница между диаметрами следующих друг за другом кругов ε больше, то сама часть делится на более мелкие части, здесь ε – параметр алгоритма.

Данный алгоритм отличается от других существующих алгоритмов тем, что он выделяет сосуды на основе расстояний между цветами пикселей в изображениях сосудов. По пороговому значению толщины можно выделить магистральные сосуды, идущие к почке.

В четвертой главе “Экспериментальные исследования и применение программного комплекса на практике” приведено описание

разработанного программного комплекса «MedExpertUZ 1.0», результаты экспериментальных исследований и изложены решения практических задач.

В параграфе 4.1 приведено описание разработанный на основе существующих и предлагаемых моделей, методов и алгоритмов программный комплекс, предназначенного для предварительной обработки медицинских изображений, сегментации почки и ее кровеносных сосудов, выявления изменений формы почки и создания ее трехмерного изображения. Главное окно разработанного программного комплекса представлено на рис. 5.

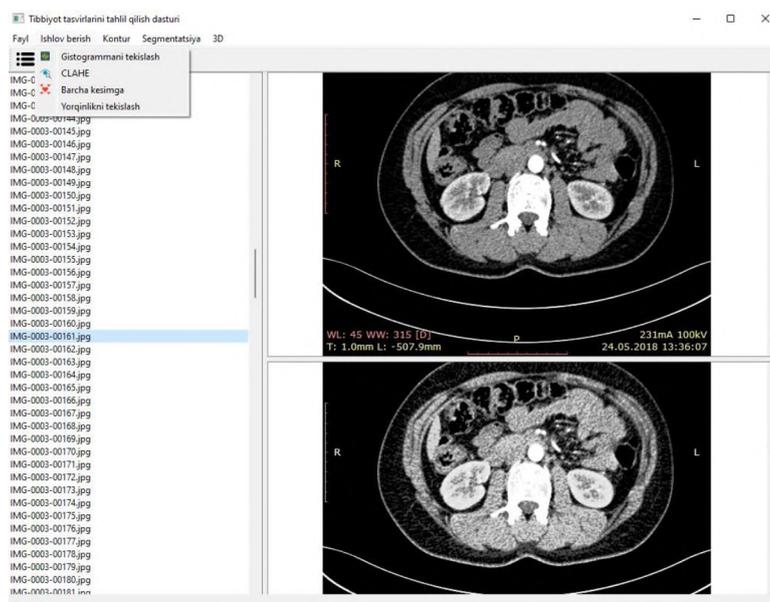


Рис. 5. Главное окно программного комплекса

В параграфе 4.2 представлены экспериментальные и исследовательские данные о существующих и предлагаемых моделях, методах и алгоритмах для решения задач анализа медицинских изображений. Для экспериментов использовались такие международные открытые базы данных медицинских изображений, как C4KC-KiTS. Данный алгоритм сравнивается со стандартными алгоритмами CLAHE, сглаживания гистограмм, предназначенными для повышения качества изображения. Результаты исследования представлены в табл. 5.

Таблица 5

Алгоритмы повышения качества изображения

Алгоритм	Индикатор BRISQUE
Изображение	22,4
HE	22.1
CLAHE	19.2
Предлагаемый алгоритм	18,6

Результаты применения предложенных алгоритмов на основе нейронных сетей для определения области почек и их сегментации на медицинских

изображениях представлены на рис. 6. Этот алгоритм использовался в различных сериях баз данных.



Рис. 6. Производительность IoU в алгоритме сегментации изображений почек

Результаты сравнения алгоритма определения изменения объема почки с другими алгоритмами представлены в табл. 6.

Таблица 6

Результаты сравнения алгоритма обнаружения изменения объема почки

Алгоритм	Accuracy	Precision
Extreme Gradient Boosting	87,3	80
Алгоритм определения изменения объема почек	88	80
Linear Discriminant Analysis	85,8	82
Ridge Classifier	85	79
Decision Tree Classifier	84	83
Random Forest Classifier	84	79
Logistic Regression	82	79
K Neighbors Classifier	81	81

В параграфе 4.3 представлены результаты решения практических задач с использованием программного комплекса.

Программный комплекс, разработанный на основе методов и алгоритмов для решения таких задач, как повышение качества медицинских изображений, сегментация области почки, определение изменения формы почки, создание 3D-изображения брюшной полости, внедрен в урологические отделения медицинских учреждений.

Набор абдоминальных снимков состоит из 300-500 срезов, и для постановки диагноза почки в норме необходимо поочередно просматривать область почек на этих снимках врачом. С помощью разработанного программного обеспечения область почек выделяется на этих изображениях особым цветом и помогает врачу.

Программный комплекс, основанный на анализе почки и ее изображений, был применен к задаче диагностики изменений формы почки в урологических отделениях медицинских учреждений, в которых использовались абдоминальные изображения 30 пациентов. Полученные результаты представлены в табл. 7.

Таблица 7

Результаты диагностики заболеваний почек у пациентов с использованием программного комплекса

Алгоритм	Количество пациентов	Объем данных, (Мб)	Точность, %	Время, потраченное на обучение, (сек.)	Время, потраченное на диагностику, (сек.)
Определение изменения объема почек	30	98,4	88,2	22,1	15,3
На практике	30	98,4	76,2	86,1	21,4

Полученные результаты были положительно восприняты специалистами данной области. Разработанный программный комплекс на основе предложенных методов и алгоритмов помог медицинским работникам в практических исследованиях, а также значительно ускорить процесс диагностики почек, и сократил временные затраты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного диссертационного исследования на тему «Алгоритмы анализа изображений почки и ее кровеносных сосудов» дают основание сформулировать следующие основные выводы.

1. Проведен анализ современных методов, моделей и алгоритмов анализа медицинских изображений, определены их преимущества и недостатки

2. Разработан усовершенствованный алгоритм CLANE для повышения качества медицинских изображений, основанный на определении соответствующих параметров для набора медицинских изображений. Обосновано, что данный алгоритм обеспечивает повышение качества медицинских изображений.

3. Предложен алгоритм на основе нейронных сетей и морфологических операций для выделения области почек из изображений брюшной полости, в результате чего удалось улучшить результаты выделения области почки из изображений брюшной полости.

4. Разработан алгоритм выявления изменений формы почек на основании признаков, характеризующих их размеры, путем анализа срезов изображений органов брюшной полости. Данный алгоритм позволяет поставить диагноз на основании изменения размеров почки.

5. Предложен алгоритм выделения сосудов почек по цвету и толщине. В результате удалось выделить сосуды почек от общих по цвету и толщине и проанализировать их.

6. На основе предоставленных изображений был разработан метод, позволяющий создать трехмерные изображения почек. В результате процесс диагностики почек ускорился.

7. Разработан программный комплекс «MedExpertUZ 1.0» для анализа изображений почки и ее кровеносных сосудов на основе существующих и предложенных методов, моделей и алгоритмов. Данный программный комплекс позволяет повысить качество медицинских изображений, сегментировать почки и их кровеносные сосуды, выявлять изменения формы почек, а также создавать трехмерные изображения почек на основе анализа серии изображений брюшной полости человека.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.13/30.12.2021.T.142.01 AT DIGITAL TECHNOLOGIES AND
ARTIFICIAL INTELLIGENCE DEVELOPMENT RESEARCH
INSTITUTE**

**DIGITAL TECHNOLOGIES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE
DEVELOPMENT RESEARCH INSTITUTE**

KHASHIMOV AKHMAD ANVAROVICH

**ALGORITHMS FOR IMAGE ANALYSIS OF THE KIDNEY AND
ITS VESSELS**

05.01.11 – Digital technologies and artificial intelligence

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

Tashkent-2023

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 B2022.1.PhD/T2648.

The dissertation has been prepared at Research institute for development of digital technologies and artificial intelligence.

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

Scientific adviser: **Mirzaev Nomaz**
Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher

Official opponents: **Muhamadiyeva Dilnoz Tulkunovna**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Yusupov Ozod Rabbimovich
Doctor of Philosophy (PhD) of Technical Sciences, Docent

Leading organization: **Namangan State University**

The defense will take place "17" february 2023 at 16⁰⁰ on the meeting of Scientific council No. DSc.13/30.12.2021.T.142.01 at Research Institute for Development of Digital Technologies and Artificial Intelligence (Address: 17A, Buz-2, M.Ulugbek district, Tashkent city, 100125/ Phone: (+99871) 263-41-98, e-mail: info@airi.uz).

The dissertation is available at the Information Resource Centre of the Research Institute for Development of Digital Technologies and Artificial Intelligence (is registered under No. 26). (Address: 17A, Buz-2, M.Ulugbek district, Tashkent city, 100125/ Phone: (+99871) 263-41-98).

Abstract of dissertation sent out on "2" february 2023 y.
(mailing report No. 34 on "30" december 2022 y.).



N. Ravshanov
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

Sh.Kh. Fazilov
Chairman of the academic seminar under the
scientific council awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is the develop algorithms for analyzing images of the kidney and its vessels.

The object of the research work is the tomographic images of the abdominal cavity.

The scientific novelty of the research work is as follows:

has been improved the algorithm for improving the quality of medical images based on contrast limitation;

developed algorithm for kidney segmentation based on neural network and morphological operations on images of the abdominal cavity;

developed algorithm for the extraction renal vessels by thickness from abdominal images;

has been developed algorithm for determining changes in the size of the kidneys based on labels characterizing the images of the kidneys.

Implementation of the research results. The practical application of the obtained scientific results related to the solution of the problem of analyzing images of the kidney and its vessels is as follows:

a software package created on the basis of algorithms for improving the quality of medical images, segmenting the kidney and its vessels, detecting changes in the shape of the kidney was introduced in the urological department of the hospital of the Ferghana city medical association (certificate of the Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan No. 08-38228 dated December 1, 2022). As a result, this made it possible to increase the accuracy of diagnosing the condition of the kidneys in patients by 12%;

a software package created on the basis of algorithms for improving the quality of medical images, segmenting the kidney and its vessels, detecting changes in the shape of the kidney, was introduced in the Uromed ABK private clinic (certificate of the Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan No. 08-38228 dated December 1, 2022). As a result, this made it possible to increase the speed of diagnosing kidneys in patients by 1.4 times and the accuracy by 12%;

a software package created on the basis of algorithms for improving the quality of medical images, segmenting the kidney and its vessels, detecting changes in the shape of the kidney was introduced in the center for training and specialization of paramedical and pharmaceutical workers of the Republic of Uzbekistan (certificate of the Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan No. 08-38228 dated December 1, 2022). As a result, this made it possible for the laboratory assistant to have an idea of the changes in the kidneys of patients.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, the list of used literature and appendix. The volume of the dissertation is 100 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Ахатов А.Р., Хашимов А.А., Мамажонов М.Р. Тиббиёт тасвирларида буйрак сонини аниқлаш алгоритмлари // Ҳисоблаш ва амалий математика муаммолари. – Тошкент, 2022. №2/1(40).- Б. 31-39. (05.00.00; №23)
2. Хашимов А.А. Тиббиёт тасвирларини сегментлашнинг нейрон тармоққа асосланган алгоритмлари // Информатика ва энергетика муаммолари Ўзбекистон журнали. – Тошкент, 2022. – № 1. – Б. 29-35. (05.00.00; № 5)
3. Radjabov S.S., Khashimov A.A., Urinov E.M., Kakharov Sh.S. Neural networks for medical image segmentation // IEEE 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). – 2021.– Pp. 1-5. (05.00.00; 30.10.2021 № 308/6-сон раёсат қарори)
4. Раджабов С.С., Хашимов А.А., Ўринов Э.М., Атаханов М.Х. Юз тасвири махсус нукталари ва уларнинг дескрипторларини ажратиш алгоритмларининг қиёсий таҳлили // Фарғона политехника институти илмий – техника журнали. – Фарғона, 2020. –№4.- Б.99-106. (05.00.00; №20)
5. Раджабов С.С., Хашимов А.А., Кахаров Ш.С., Атаханов М.Х. Видеоархивлардан шахсларни қидириш дастури // Мухаммад ал-Хоразмий авлодлари. – Тошкент, 2021. – № 2(16). – Б. 135-137. (05.00.00; № 10)
6. Fazilov Sh., Radjabov S., Atakhanov M., Khashimov A. Access Control System based on facial image analysis AIP Conference Proceedings 2432, 060007 – Tashkent, 2022. (№3; Scopus; IF=0,402)

II бўлим (II часть; II part)

7. Fazilov Sh.Kh., Urinov E.M., Kakharov Sh.S., Khashimov A.A. Improving image contrast: Challenges and solutions // IEEE 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). – 2021. – Pp. 1-5.
8. Mirzaev N.M., Khashimov A.A. Algorithm for detection of kidney shape changes // «Научные исследования 2022» сборник статей IV международной научно-практической конференции. 23 декабрь 2022 г. – Пенза. – С. 57-60.
9. Хашимов А.А. Тиббиёт тасвирларини 3D кўринишга ўтказиш алгоритмлари // «Амалий математика ва ахборот технологияларининг замонавий муаммолари» халқаро илмий-амалий анжуман, 15 апрел 2021 йил. - Бухоро.- Б.386-388.
10. Хашимов А.А. Тиббиёт тасвирларининг сифатини ошириш усул ва алгоритмлари // “Ахборот тизимлари ва технологияларининг замонавий жамиятдаги ўрни” Республика илмий-амалий конференцияси, 30-31 март 2021 йил. – Наманган. - Б 29-32.

11. Хашимов А.А. Тиббиёт тасвирларида объектларни контурининг шакли асосида ажратиш алгоритмлари // Современное состояние и перспективы применения цифровых технологий и искусственного интеллекта в управлении: Тез. докл. Респ. науч.-техн. конф. 6-7 сентября 2021. – Ташкент. - С. 267-273.

12. Хашимов А., Каримов А. Тиббиёт тасвирларини сегментлаш алгоритмлари //“Транспортда инновацион ахборот технологияларини ривожлантиришнинг долзарб масалалари” I республика илмий техник анжуманининг материаллари, 24-25 ноябрь 2021 йил.- Тошкент. - Б. 163-165.

13. Фазылов Ш.Х., Дадахонов М.Х., Шамсиев Ф.М., Хашимов А.А. Тасвир контур чизикларини ажратиш дастури // ЎзР Адлия вазирлиги хузуридаги интеллектуал мулк агентлиги. Гувоҳнома № DGU 07191. 27.09.2019.

14. Мирзаев Н.М, Раджабов С.С., Хашимов А.А. Тиббиёт тасвирларини сифатини ошириш дастурий таъмиоти // ЎзР Адлия вазирлиги хузуридаги интеллектуал мулк агентлиги. Гувоҳнома № DGU 18962. 26.09.2022.

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

16. Мирзаев Н.М., Хашимов А.А. Алгоритмы анализа изображений почек // Коронавирус инфекциясини диагностикаси ва даволашдаги долзарб муаммолари республика илмий-амалий конференцияси, 30 ноябр 2022. – Фарғона. – Б. 278-283.

17. Хашимов А. Тиббиёт тасвирларини таҳлил қилиш дастурий таъминотлари // “Қурилишда инновациялар, бинолар ва иншоотларнинг сейсмик хавфсизлиги” Халқаро миқёсидаги илмий ва илмий-техник конференцияси 15-17 декабр 2022 йил. – Наманган. – Б. 1256-1259.

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