

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT
UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/29.12.2023.T.02.12 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI**

SAFAROV RUSTAM ABDULLAYEVICH

**TASVIR TARKIBIY ORTIQCHALIGI XOSSALARI ASOSIDA
MIKROOB'EKTLAR IDENTIFIKATSIYALANISHINI
MAQBULLASHTIRUVCHI USULLAR**

05.01.02- Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash

**TEXNIKA FANLAR BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
avtoreferati mundarijasi**

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

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

Safarov Rustam Abdullayevich

Tasvir tarkibiy ortiqchaligi xossalari asosida mikroob'ektlar
identifikatsiyalanishini maqbullashtiruvchi usullar..... 3

Сафаров Рустам Абдуллаевич

Методы оптимизации идентификации микрообъектов на основе свойств
избыточных структурных составляющих изображений..... 19

Safarov Rustam Abdullayevich

Methods for optimizing micro-object identification based on the properties of
redundant structural components of images 37

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ
List of published works 41

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT
UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/29.12.2023.T.02.12 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI**

SAFAROV RUSTAM ABDULLAYEVICH

**TASVIR TARKIBIY ORTIQCHALIGI XOSSALARI ASOSIDA
MIKROOB'EKTLAR IDENTIFIKATSIYALANISHINI
MAQBULLASHTIRUVCHI USULLAR**

05.01.02- Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash

**TEXNIKA FANLAR BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Samarqand – 2025

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2022.2.PhD/T2827 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya ishi Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universitetida bajarilgan.
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.samdu.uz) va «ZiyoNet» Axborot ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Jumanov Isroil Ibragimovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Kalandarov Palvan Iskandarovich
texnika fanlari doktori, professor

Gulyamov Javlon Nurillayevich
texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Yetakchi tashkilot:

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti

Dissertatsiya himoyasi Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi PhD.03/29.12.2023.T.02.12 raqamli ilmiy kengashning 2025 yil «9» yanvar soat 13:00 dagi majlisida bo'lib o'tadi, (Manzil: 140104, Samarqand shahri, Universitet hiyoboni, 15., Tel.: (99866) 239-11-40, faks: (99866) 239-11-40.

Dissertatsiya bilan Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (127 raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 140104, Samarqand shahri, Universitet hiyoboni, 15., Tel.: (99866) 239-11-40, faks: (99866) 239-11-40.

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil «24» Dekabr da tarqatildi.
(2024 yil «23» Dekabr dagi 3- raqamli reyestr bayonnomasi.)



[Handwritten signature]

A.R.Axatov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi,
texnika fanlari doktori, professor

F.M.Nazarov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash ilmiy kotibi,
texnika fanlari bo'yicha
falsafa doktori, dotsent

[Handwritten signature]

X.A.Primova
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash qoshidagi
ilmiy seminar raisi,
texnika fanlari doktori, dotsent

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda elektron, raqamli va intellektual boshqaruv tizimlarini avtomatlashtirishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Bugungi kunda AQSh, Xitoy, Rossiya, Germaniya, Fransiya, Yaponiya, Angliya, Janubiy Koreya va Hindiston kabi rivojlangan mamlakatlarda mikroob'ektlar tasvirini aniqlik bilan identifikatsiya qilish, tanish va sinflashtirish samaradorligini oshirish bo'yicha keng qamrovli tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu tadqiqotlar ekologiya, atrof muhitni muhofaza qilish, tibbiyot, palinologiya kabi sohalarning rivojlanishiga hissa qo'shishiga qaratilgan. Havoning ifloslanishini bashorat qilish va o'rganish uchun ma'lumotlar bazalari, havodagi chang zarralarini avtomatlashtirilgan identifikatsiya qilish, tanish, tasniflash va tizimlashtirish usullari qo'llanilmoqda. Havodagi chang na'munalarini yig'ish, hisoblash, tahlil qilish va identifikatsiya qilish bilan shug'ullanuvchi Yevropa mamlakatlari har hafta global tarmoq orqali ma'lumot yuboradi. Ayniqsa, murakkab tizimlarda mikroob'ektlar tasvirini tahlil qilish, ma'lumotlarni qayta ishlash va boshqarish usullarini ishlab chiqish zaruriyatini ilmiy jihatdan asoslashga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda belgilangan ilmiy yo'nalishdagi ijobiy natijalar ko'p variantli qarorlar qabul qilish, keng spektrda statistik, dinamik, ehtimolli, intellektual modellarni qo'llash usullari, hamda turli tipdagi – chang zarralari, bir hujayrali mikroorganizmlar, tibbiyot ob'ektlari, foydali minerallar tasvirlariga ishlov beruvchi model va algoritmlarni yaratishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar ustuvor hisoblanmoqda. Shu bilan birga, mikroob'ektlar tasvirini identifikatsiya qilishda yechilishi kerak bo'lgan muammolar, jumladan, tasvirda "shovqin"li ta'sir, nuqtalar xiraligi, xalaqitlar (помеха), axborotda xato sodir bo'lishi, siljish kabi turli nuqsonlar kuzatiladi. Bu esa, tasvirlarni identifikatsiya qilish, tanish va sinflashtirish jarayonida jiddiy qiyinchiliklar tug'diradi. Shu bilan birga, inson faktorining ta'sirini kamaytirishga qaratilgan texnologiyalarni rivojlantirish yo'nalishida mikroob'ektlar tasviri tarkibiy ortiqchaligi xossalari – statistik, dinamik, morfometrik, geometrik va boshqa tasniflardan foydalanish vositalarini qurish, hamda identifikatsiya qilish, tanish va sinflashtirishning maqbul mexanizmlarini yaratishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda sun'iy intellekt, raqamli boshqaruv usullari va avtomatlashtirilgan axborot texnologiyalarini qo'llash barcha sohalarga jadal joriy qilinmoqda, xususan, palinologiya, ekologiya, don seleksiyasi va urug'chiligi, atrof muhitni muhofaza qilish, tibbiyot tizimlarida yuqori aniqlikdagi identifikatsiya qilish texnologiyalarini joriy etishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Ushbu sohalarda sun'iy intellekt va raqamli texnologiyalar yordamida mikroob'ektlarni aniqlash, tasniflash va analiz qilishning samarali usullari ishlab chiqilmoqda. O'zbekiston Respublikasi prezidentining «Raqamli O'zbekiston — 2030» strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risidagi farmonida, jumladan, «... axborot texnologiyalari sohasida tijoratlashtirish salohiyati baland bo'lgan yuqori texnologik mahsulotlar yaratilishiga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqot

ishlanmalari ishlab chiqilishini rivojlantirish ...»¹ bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda jumladan, mikroob'ektlar tasvirining tarkibiy komponentlari, ularning xossalari va tasniflariga asoslangan usullar, mexanizmlar va texnologiyalarni yanada takomillashtirish, tasniflashning intellektual tizimlarini rivojlantirish va keng qamrovda joriy etish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvarda qabul qilingan "2022–2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekiston taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi PF-60 – son, 2018-yil 19-fevraldagi "Axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalarini yanada takomillashtirish chora- tadbirlari to'g'risida"gi PF-5349 – son, 2020-yil 5-oktabrdagi "Raqamli O'zbekiston–2030" strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risidagi PF-6079 – sonli Farmonlari, hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining IV. «Axborotlashtirish va axborot-kommunikasiya texnologiyalarini rivojlantirish» ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Dunyo bo'ylab bir qancha olimlar, tadqiqotchilar va ekspertlar mikroob'ektlarni identifikatsiya qilish, tanish va sinflashtirish ustida tadqiqotlar olib bormoqdalar. Xorijiy olimlar S.Horowitz, T.Pavlidis, R.M.Haralick, L.G.Shapiro, S.Lloyd va Yu.I.Juravlev tomonidan ishlab chiqilgan ehtimolli modellar, mashinaviy o'qitish algoritmlari va intellektual yondashuvlar mikroob'ektlar tasvirini qayta ishlashda sezilarli natijalarni ta'minlab, bu yo'nalishda samarali ilmiy tadqiqotlar uchun muhim asos bo'lib xizmat qilmoqda. Tasvirlarni optimal identifikatsiya qilish usullarini rivojlantirishda J.Long, W.Liu, H.Noh, A.Krizhevsky, G.E.Hinton, O.Ronneberger, T.-Y. Lin, R.Girshick, H.Zhao kabi olimlar tadqiqot ishlarini olib bormoqdalar.

Shuningdek O'zbekistonda V.K.Kabulov, N.R.Yusupbekov, M.M.Kamilov, X.Z.Igamberdiyev, A.V.Kabulov, I.I.Jumanov, R.X.Xamdamov, X.N.Zaynidinov kabi yetakchi mutaxassislar tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash nazariyalarini rivojlantirishda o'zlarining katta hissasini qo'shib kelishmoqda.

Yuqorida keltirilgan olim va tadqiqotchilarning ilmiy ishlari tizimli tahlil qilinishi natijasida mikroob'ektlar tasvirini identifikatsiya qilish, tanish va sinflashtirishda model va algoritmlar yetarli darajada o'rganilmaganligi aniqlandi.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Tadqiqot Samarqand davlat universiteti ilmiy-tadqiqot rejasi hamda davlat ilmiy tadqiqot dasturi A5-039 «Ma'lumotlarni intellektual tahlil qilishning parallel algoritmlarini qurish dasturiy vositalarini ishlab chiqish» (2018-2020 yy.) mavzusidagi loyiha doirasida bajarilgan.

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 5 oktyabrdagi PF-6079-son «Raqamli O'zbekiston — 2030» strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida" gi Farmoni

Tadqiqotning maqsadi. Mikroob'ektlarni optimal identifikatsiya qilish, tanish, sinflashtirishda tasvir tarkibiy ortiqchaligi xossa va tasniflaridan foydalanish imkoniyatini beruvchi usullarni ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari quyidagilarni tashkil qiladi:

mikroob'ektlarni identifikatsiya qilish, tanish va sinflashtirish uchun tasvir tarkibiy ortiqchaligi xossalari va tasniflaridan umumli foydalanish imkonini beruvchi ilmiy uslubiyat, maqbul yondashuv, tamoyillar va modellarni aniqlash hamda ishlab chiqish;

zamonaviy kompyuter texnologiyalari, statistik, dinamik, ehtimolli modellar, turli arxitekturadagi neyron tarmoqlarini hamda tasvir signallarining statistik, dinamik, morfometrik, geometrik, chastotali va spektral xususiyatli vositalarini umumlashtirish asosida mikroob'ektlarni optimal identifikatsiya qilish model va algoritmlarini ishlab chiqish;

bo'sag'ali, qattiq va yumshoq xatolik nazorati, kontur nuqtalarining yorqinligini aniqlash, tasvirning tarkibiy qismlarining xususiyatlaridan foydalanish asosida mikroob'ektlarni optimal identifikatsiya qilish gibril model va algoritmlar yaratish;

mikroob'ektlarni identifikatsiya qilish, tanish va sinflashtirishda ko'p mezonli optimallashtirish imkonini yaratuvchi samarali algoritmlar, funksional modullar va dastur majmuasini joriy etish va qo'llash.

Tadqiqot ob'ekti sifatida palinologiya, ekologiya, don seleksiyasi, bemorlar diagnostikasi tizimlaridagi chang zarrasi, mikroskopik va tibbiyot ob'ektlari tasvirini qayta ishlash jarayonlari olingan.

Tadqiqotning predmeti sifatida mikroob'ektni optimal identifikatsiya qilish, tanish, sinflashtirish, usul, model, algoritmlar va dasturiy majmua tizimlari olingan.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqotda tizimli tahlil nazariyasi, boshqaruv, algoritmlashtirish, modellashtirish, axborotlarni qayta ishlash, tasvirlarni identifikatsiya qilish va neyron tarmoqlari usullardan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

mikroob'ektlarni optimal identifikatsiya qilishda tasvirning tarkibiy ortiqchaligi xossalariidan foydalanuvchi va tasvir konturidagi nuqtalarning statistik, dinamik, morfometrik, geometrik, gistologik, chastotali va spektral xususiyatlariga asoslangan model va algoritmlari ishlab chiqilgan;

kiruvchi va etalon tasvirlar konturlari xosligini nuqtali, noxiziqli nazorat qilish, segmentlash, ortiqchalikka ega nuqtalarni bartaraf etish, rastr o'lchamini qisqartirish, masshtablash va ko'p bosqichli nazoratni amalga oshirishga asoslangan mikroob'ektlarni identifikatsiya qiliuvchi mexanizmlar ishlab chiqilgan;

adekvat tavsiflash vositalarining sintezi, gibril modellar o'zgaruvchilarini muvofiqlashtirish, statistik, korrelyatsion va mantiqiy bog'lanishlar, nuqtalar ketma-ketligi dinamikasi hamda turli arxitekturadagi neyron tarmoqlardan foydalanishga asoslangan mikroob'ektlar tasvirini identifikatsiya qilish mexanizmlari ishlab chiqilgan;

tasvir konturi nuqsonli nuqtalarini bartaraf qilishda qattiq va yumshoq bo'sag'ali nazoratni qo'llovchi, Gauss va mediana filtrlariga asoslangan, kontur nuqtasi xatoligini ruxsat etilgan chegaralarda, ular orttirmalari, ekstrapolyatsiya

xatoliklari qiymatlari nazorati bo'yicha, nuqta yorqinligidan foydalanishga asoslangan vositalarni qo'llovchi mikroob'ektlarni identifikatsiya qilish mexanizmlari ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

mikroob'ektlarni aniq identifikatsiya qilish, tanish, sinflashtirish imkonini yaratuvchi mikroob'ektlarni identifikatsiya, tanish va tasniflashni amalga oshiruvchi dasturiy majmua ishlab chiqilgan;

tasvir konturi nuqtalari statistik, dinamik, geometrik, morfologik va signalli tasniflaridan foydalanish vositalari, mikroob'ektlarni tezkor qayd qilish, tanish, sinflashtirish vazifalarini amalga oshirish vositalari ishlab chiqilgan;

dasturiy majmua modullari axborotga ishlov berishni yuqori aniqlikda, tezlikda, kam murakkablik ko'rsatkichlari qiymatida amalga oshiradi.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi mikroob'ekt tasviri tarkibiy ortiqchaligi xossalari asoslangan maqbul identifikatsiya qilish usullaridan foydalanish, ishlab chiqilgan dasturiy majmuaning yaroqliligi, nazariy va amaliy natijalarning mosligi, statsionar bo'lmagan ob'ektlarni bashorat qilish masalalarini real sharoitlarda yechish, hamda joriy etilgan algoritmlarning samaradorligini qiyosiy tahlil qilish orqali izohlangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy mohiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati shundan iboratki, ishlab chiqilgan model va algoritmlar tasvir tarkibiy ortiqchaligi xossa va tasnifidan samarali foydalanish imkoniyatlarini beradi, hamda mikroob'ektlarni identifikatsiya qilish, tanish va sinflashtirish amallari neyron tarmog'i asosida qurilgan dinamik model bo'yicha bajarilganda optimal yechimlar berishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati shundan iboratki, ishlab chiqilgan dasturiy majmua mikroob'ektlarni identifikatsiya qilish aniqligini nazorat qilishda tasvirni tahlil qiluvchi statistik, dinamik, geometrik, morfologik, gistologik tasniflardan foydalanib axborotda sodir bo'ladigan xatoliklarni sezilarli darajada kamaytiradi, tanib olish va sinflashtirish aniqligini oshirishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Dissertatsiya tadqiqotlari doirasida tasvir tarkibiy ortiqchaligi xossalari asosida mikroob'ektlar identifikatsiyalanishini maqbullashtiruvchi usullar mavzusi bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

kiruvchi va etalon tasvirlar mosligini nuqtali va noxiziqli tekshirish, ajratish, segmentlash, nol nuqtani reduksiyalash, rastr o'lchamini qisqartirish, masshtablash, bo'sag'a va ko'p bosqichli dinamik nazorat qilish, nuqta qiymatini muvofiqlashtirish vositalariga asoslangan algoritmnining dasturiy vositasi G'allaorol shahri "Lalmikor dehqonchilik" Ilmiy tadqiqot institutida "Don seleksiyasi va urug'chiligi" masalalarida qo'llanilgan (O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligining 2024-yil 23-maydagi 33-8/3411 sonli ma'lumotnomasi). Natijada ishlab chiqilgan dasturiy vosita mikroob'ektlar tasvirlarini tanish va sinflashtirish jarayonini tezlashtirdi, hamda identifikatsiya qilishdagi yutuq koeffitsiyenti qiymatini 3-5 martagacha oshirilishiga erishilgan;

statistik, korrelyatsion, mantiqiy va morfologik tasniflar, nuqtalar bog'liqligi, kontur dinamikasi va axborotlardagi xatolarni qattiq va yumshoq bo'sag'alar asosida nazorat qilish vositalarini sintez qilishga asoslangan algoritmnining dasturiy

vositasi “Oziq - ovqat ingrediylentlari tarkibi va qiymatlarini tahlil hamda qayd qilish” masalalarini yechishda Jizzax viloyati “Sanitariya-epidemiologik osoyishtalik va jamoat salomatligi” boshqarmasida qo‘llanilgan (O‘zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligining 2024-yil 23-maydagi 33-8/3411 sonli ma‘lumotnomasi). Natijada ishlab chiqilgan dasturiy vosita mikrozaralarni tanish va sinflashtirish ishonchliligini 84% dan 87% gacha oshirildi, axborotga ishlov berish murakkabligini 3-4 martagacha kamaytirilishga erishilgan;

model o‘zgaruvchisi maqbul qiymatini aniqlash, kontur nuqtasini ruxsat etilgan qiymatlar, orttirmalar va ekstrapolyatsiya noaniqligi chegaralari bo‘yicha nazorat qilish vositalariga asoslangan algoritimning dasturiy vositasi “Korhonalar texnik - iqtisodiy ko‘rsatkichlarini tahlil qilish, axborotlarga ishlov berish, hamda bashorat qilish” bo‘yicha “O‘zbektelekom” AJ Samarqand filiali faoliyatida qo‘llanilgan (O‘zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligining 2024-yil 23-maydagi 33-8/3411 sonli ma‘lumotnomasi). Natijada ishlab chiqilgan dasturiy vosita identifikatsiya qilish aniqligini 98,3% ga, axborotga ishlov berish tezligini 2 martagacha, hamda mikroob‘ektlarni tanish va sinflashtirish ishonchliligini 19% gacha oshirilishiga erishilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 10 ta xalqaro va 4 respublika miqyosidagi ilmiy - amaliy anjumanlarida muhokamadan o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e‘lon qilinganligi. Dissertatsiya ishi mavzusi bo‘yicha 36 ta ilmiy maqola va ma‘ruza tezislari chop etilgan bo‘lib, ulardan 5 tasi ilmiy jurnal maqolalari, 14 tasi Skopus ma‘lumotlar bazasida, 10 tasi xalqaro, 4 tasi respublika miqyosidagi ilmiy konferensiya materiallarda, hamda 3 ta EHM uchun yaratilgan dasturiy vositalarni qayd qilish guvohnomalari olingan.

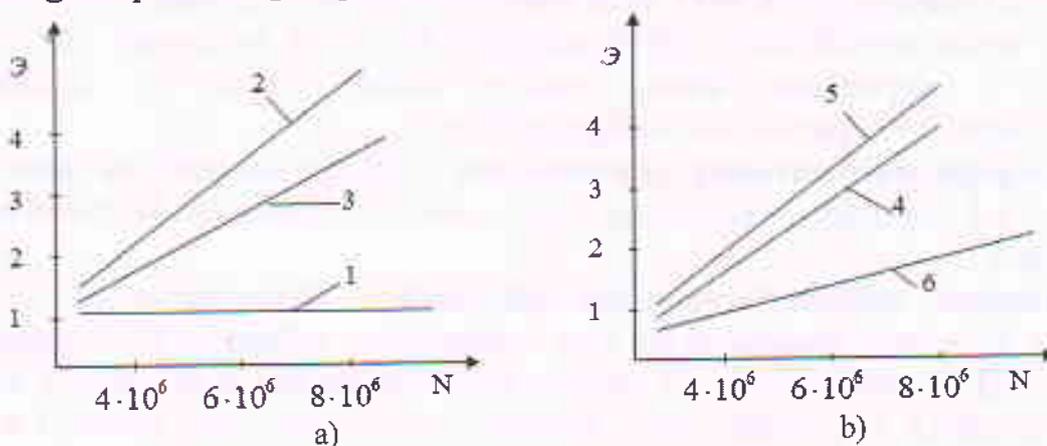
Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati, ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 111 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Dissertatsiyaning “**Tasvir tarkib xossalari va tasnifidan foydalanish vositalari bo‘yicha mikroob‘ektlarni identifikatsiya qilish ilmiy–uslubiy asoslarini ishlab chiqish**” nomli birinchi bobida mikroob‘ektlar tasviri statistik, dinamik, morfologik, geometrik, kontur nuqtalari yorqinligi tasnifi va xossalardan foydalanish bo‘yicha mikroob‘ektlarni identifikatsiya qilish, tanish, sinflashtirishga yo‘naltirilgan maqbul yondashuv, prinsip, usullar ishlab chiqilgan. Taklif etilgan model va algoritmlar mikroob‘ektlar tasvirini vizuallashtirishda, tarkib nuqtalari bog‘lanishligidan foydalanishda, qismlari dinamikasini moslashtirishda, modellari o‘zgaruvchilari qiymatini optimallashtirishda keng imkoniyatlar yaratadi va yuqori darajadagi imtiyozlarga ega bo‘ladi.

Tadqiqotlar mikroob‘ektlarni identifikatsiya qilishda qo‘llaniladigan mexanizmlar (modellar, algoritmlar va qoidalar)ini o‘rganishni o‘z ichiga olgan bo‘lib, bu jarayonda axborotga dastlabki ishlov berish, tasvir konturini kontrastlash, segmentlash, ortiqcha nuqtalarni bartaraf qilish, rastrlar o‘lchamini

kamaytirish, masshtablash, nuqtalar qiymatlarini bo'sag'a hamda ko'p bosqichli dinamik nazorat qilish kabi vositalar qo'llaniladi. Taklif qilingan identifikatsiya mexanizmlari, rang yorqinligi tasvirining nuqtalar dispersiyasini, boshlang'ich qiymatlarni, segmentlar markazini va tasvir konturining maydonini tartibga solishga qaratilgan. Shu bilan birga, ularning imkoniyatlari kontur segmentlarining maqbul chegaralarini aniqlash, tayanch nuqtalarining nazorat chegaralarini o'rnatish, ularning qiymatini o'sish dinamikasi bo'yicha saralash, nol nuqtalarni bartaraf etish, identifikatsiya xatoligini bo'sag'ali nazorat qilish va kiruvchi hamda etalon tasvirlar konturlarining mosligini tekshirish kabi vositalar yordamida sezilarli darajada kengayadi. 1 a)-rasmda $\Theta = \sigma_n / \sigma$ - mikroob'ektlar tasvirlarini identifikatsiya qilish aniqligidagi yutuq koeffitsiyentini aks ettiruvchi samaradorlik funksiyasi, σ_n - axborotga ishlov berish xatoligining dispersiyasi va σ - tasvir konturidagi nuqtalarining dispersiyasi grafiklari namoyish qilingan.



1-rasm. Mikroob'ektlarni identifikatsiya qilish samaradorligi.

Grafiklar Θ funksiyasining instrument xatosi va N — qayta ishlanadigan axborot hajmining o'sish dinamikasiga bog'liqligini ko'rsatadi. Tadqiqotda quyidagi algoritmlar tadqiq qilingan: 1 - algoritmda segmentlash, klasterlash va reduksiya qilish vositalari qo'llanilmagan; 2 - algoritmda segmentlash, klasterlash va reduksiya qilish vositalari qo'llanilgan; 3 - algoritmda uch qobiqli neyron tarmog'i (NT) asosida umumlashgan dinamik modellari qo'llanilgan.

Quyidagi sintezlashgan algoritmlarga tayangan mexanizm samaradorligi grafiklari 1 b) – rasmida ifodalangan: 4–algoritm nuqtali qidiruv, tanish, klasterlash vositalari qo'llanilgan; 5–algoritm kuydirish yoki cheklash bo'yicha evristik qidirish vositalari qo'llanilgan; 6–algoritm kesik Markov zanjiri bo'yicha stoxastik qidiruv, tanish, sinflashtirish vositalari qo'llanilgan.

Ishda kirish va etalon mikroob'ekt tasvirlari o'zaro mosligi o'rta kvadratik xatolik mezoni bo'yicha baholanadi,

$$\Delta D = \frac{1}{I \cdot J} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (D_{i,j} - D'_{i,j})^2, \quad i \in \overline{1, I}, \quad j \in \overline{1, J};$$

bunda $D_{i,j}$ - kirish tasviri oynasi nuqtalari dispersiyasi (i, j); $D'_{i,j}$ - etalon tasvir oynasi nuqtalari dispersiyasi (i, j); I - vertikal bo'yicha darchalar soni; J - gorizontal bo'yicha darchalar soni.

Uch qobiqli NTning ikki yo'nalishda tayanch nuqta miqdorini inobatga olgan o'rgatuvchi algoritmi tadqiq qilingan, identifikatsiya vazifasi bichiziqli interpolyatsiya algoritmi bo'yicha amalga oshirilgan, hamda tasvirni gibridd identifikatsiyasi umumlashgan algoritmi qurilgan. O'tkazilgan tajribada axborotga ishlov berish murakkabligi koeffitsiyenti quyidagi qiymatlarda: 3 - algoritm - 2 marotabaga; 2 - algoritm - 20 marotabaga; 1 - algoritm - 30 marotabaga kamayishi aniqlandi.

Tasvirni identifikatsiya qilish mexanizmlari kontur nuqtalarining dispersiya qiymatlarini bir tartibga kamaytirishga, klasterlar orasidagi masofani sezilarli darajada oshirishga va noto'g'ri tasniflangan nuqtalar sonini kamaytirishga yordam berishi aniqlangan. Agar tasvirlar surilish, rang ustunligi yoki boshqa xatoliklar sababli past sifatta taqdim etilsa, unda biz tomondan yaratilgan identifikatsiya qilish mexanizmi mavjud texnologiyalarga nisbatan ancha samaraliroq bo'lar ekan. Agar identifikatsiya qilingan tasvir noxiziqli nazorat vositasiga asoslansa, unda mexanizm aniqligi 11 barobargacha oshadi, axborotga ishlov berish murakkabligi koeffitsiyenti esa qariyb 100 marotabagacha kamayadi. Agar mexanizm Dobeshi 5 interpolyatsiya splayn-funksiyasiga asoslansa, u mavjud texnologiyalarga nisbatan 2-3 marotaba samarali bo'ladi. Agar tasvirni identifikatsiya qilish mexanizmida Gauss va mediana filtrlari, veyvlet - o'girish, rangli kodlash, nuqtalar koordinatalari va yorqinligini moslash kabi vositalar qo'llanilsa, u holda mikroob'ektlarni tanish va sinflashtirish ishonchliligi sezilarli darajada oshishi kuzatiladi.

Mexanizm vositalari identifikatsiya qilish, tanish va sinflashtirish vazifalarini bajarishda murakkablikni bartaraf etadi. Olingan natijalarning amaliy ahamiyati yuqori bo'lib, ayniqsa, don urug'i seleksiyasi, inson o'pkasi sil kasalligini diagnostika qilish, atrof-muhit ifloslanishini prognoz qilish va boshqa predmet sohalarda ijobiy natijalarga erishildi.

Umumlashtirilgan identifikatsiya mexanizmi algoritmi bug'doy urug'lari seleksiyasi va urug'chilik vazifasini hal qilish uchun taqdim etilgan 450 ta chang zarrasi tasviridan iborat jamlama orqali sinovdan o'tkazildi. Sinov natijalariga ko'ra, neyron tarmoq va dinamik model algoritmlari parallel hisoblash vositalari bilan sintezlanganda, axborotga ishlov berish murakkablik koeffitsiyentini o'rtacha 23 barobargacha kamaytirishi aniqlandi. Mikroob'ektlarni identifikatsiya qilish mexanizmlarining samaradorligi, shuningdek, rak kasalligini diagnostika qilish va parametrik o'zgarishlarni miqdoriy baholashda foydalanilgan 400 ta bir hujayrali organizmdan iborat jamlama asosida testdan o'tkazilgan dasturiy modullar orqali tasdiqlandi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, mediana filtrlash, veyvlet-o'girish, rangli kodlash va yorqinlikni sozlash vositalarini qo'llash identifikatsiya xatolarini 12% dan 8% gacha kamaytiradi. Bundan tashqari, murakkab proseduralarni bartaraf etib, mexanizmning seleksiya, o'pka sil kasalligini diagnostika qilish va atrof-muhit ifloslanishini prognozlash vazifalarida samaradorlik jihatlari aniq namoyon bo'ladi.

Dissertatsiyaning **“Tasvir informatsiyasi dinamik tasniflaridan foydalanuvchi vositalar bo'yicha mikroob'ektlarni identifikatsiya qilish model va algoritmlarini yaratish”** nomli ikkinchi bobida tasvirning dinamik, geometrik tasniflari va xossalari axborotga ishlov berishga qaratilgan trend, regressiya,

moslashuvchan polinomial modellar vositalari bo'yicha mikroob'ektlarni maqbul identifikatsiya qilish yondashuvi, model va algoritmlari ishlab chiqilgan.

Tasvir nuqtalarining ruxsat etilgan qiymatlari, orttirmalar, ekstrapolyatsiya xatoliklari chegaralari bo'yicha, shuningdek, qattiq va yumshoq bo'sag'alar asosida nazorat qilish vositalari ishlab chiqilgan va qo'llanilgan. Masalalarning umumiy va xususiy yechimlari olingan. Maqbul nazorat qilish chegaralari va o'rta-kvadratik xatoliklar bahosini beruvchi matematik ifodalar topilgan. Tadqiqotda 47 trend, adaptiv eksponensial muvozanat, regressiya va oldingi n - nuqtalar bo'yicha ekstrapolyatsiya bog'lanishlari joriylashtirilgan. Ishda, dekorrelyatsiya, reduksiya, parametrlar o'zgarishlari va o'tishlari, joy almashish, shovqin (pomexa), nuqtalar xiraligi va boshqa nuqsonlar filtratsiyasini amalga oshiruvchi algoritmlarni qamrab olgan identifikatsiya qilish mexanizmi yaratilgan.

Chiziqli va nochiziqli muvozanatli filtrlar, xatolikni nazorat qilish, vektorli kvantlash, segmentlash, "sirpanish oynasi"ni hosil qiluvchi vositalar sintezlashuviga asoslangan tasvirni identifikatsiya qilish gibridd modelini qurilgan.

Testlashtirish jarayonida model va vositalar impulsli shovqin ta'siriga yo'liqsa, dastlabki ma'lumot tanqisligi mavjud sharoitlarda ularning samaradorligi juda past qiymatda bo'lishi aniqlandi.

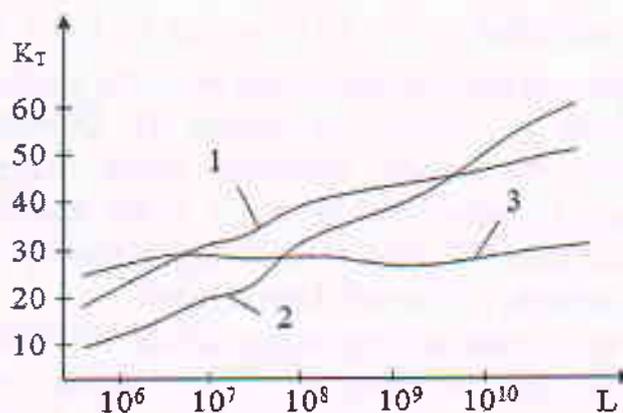
Bunda, avtokorrelyatsiya, nuqtalar bog'liqligi, ortiqchalikni reduksiya qilish vositalari qo'llanilganda tasvirni identifikatsiya qilishdagi xatoliklar sezilarli darajada kamayadi. Identifikatsiya xatoligi ishonchli interval bo'yicha nazorat qiluvchi vositaga asoslansa, u holda identifikatsiya aniqligi, tanish va sinflashtirish natijalari ishonchlilik yuqori ko'rsatkich qiymatlarida ta'minlanadi. Tajribalarda, ishlab chiqilgan identifikatsiya xatoligini ruxsat etilgan qiymatlar, orttirmalar, ekstrapolyatsiya xatoliklari chegaralari va boshqa vositalarni qo'llash qiziqarli natijalar berishini ta'kidlaydi.

Tadqiqotda quyi $\alpha_\alpha - x$ va yuqori $\alpha_\alpha + y$ bo'sag'ada xatolikni nazorat qilish vositasi taklif etilgan. Bo'sag'alar $\{\beta_j\}$ nuqta qiymati to'plamini ikki qismdagi to'plamlarga ajratadi, ya'ni ruxsat etilgan - $\{\beta_p\}$ $\alpha_\alpha - x \leq \beta_p \leq \alpha_\alpha + y$ va ruxsat etilmagan $\{\beta_3\}$ $\alpha_{\min} \leq \beta_3 < \alpha_\alpha - x$; $\alpha_\alpha + y \leq \beta_3 < \alpha_{\max}$. Nazorat qoidasi bo'yicha ikki turdagi xatoliklar ehtimoliga yo'l qo'yiladi.

Birinchi turdagi - $P_1 = P\{\alpha_i \neq \beta_j; \beta_j \in \{\beta_p\}\} = P \frac{x+y}{B-\delta}$ va ikkinchi turdagi

$$- P_2 = P\{\alpha_i \neq \beta_j; \beta_j \in \{\beta_3\}\} = (1-P) \left[1 - \sum_{\alpha_i = \alpha_\alpha - x/\delta}^{\alpha_\alpha + y/\delta} f(\alpha_i) \right].$$

2-rasmda grafiklar K_T - mikroob'ektlar tasviri axborotiga ishlov berish murakkabligi koeffitsiyenti va L - turli o'lchamli o'rgatuvchi tanlama, hamda gibridd modellar bo'yicha qurilgan. 1-grafikda sintezlashgan uch qobiqli neyron tarmoq (NT) va Dobeshi, 5 modeli, 2-grafikda sintezlashgan Kohonen NT va Dobeshi, 5 modeli, 3-grafikda esa sintezlashgan radial bazisli tarmoq va Dobeshi, 5 modeli tasvirlangan.



2-rasm. Mikroob'ekt identifikatsiyasi samaradorligi.

Tajribalarda ishlab chiqilgan mexanizm va vositalar axborotga ishlov berish tezligini 1,17 dan 5,4 marotabaga oshirishi, tarmoq o'rgatish algoritmi iterativligi esa 3-4 marotabaga kamayishi aniqlandi.

Tasvir identifikatsiyasi xatoligi eng kichik o'rta-kvadratik xatolik ifodalari bo'yicha baholanadi. Bu natijalar turli xil identifikatsiya qilish modellari va vositalari asosida o'tkazilgan sinovda aniqlangan. Nazorat vositalarining imkoniyatlari axborotlarda xato sodir bo'lish ehtimolining turli qiymatlarida, nazorat bo'sag'alari, dispersiya va korrelyatsiya funksiyalarini hisoblash ifodalari asosida, hamda normal, log-normal qonunlar va Reley, β -taqsimotlari bo'yicha aniqlangan.

Agar mikroob'ekt tasvirlarini identifikatsiya qilish interpolatsiya va ekstrapolyatsiya splayn-funksiyalari hamda polinomial bazis modellarga asoslangan bo'lsa, mexanizm umumlashgan modeli va algoritmlarining turg'unligi yuqori qiymatda bo'lishi ta'kidlanadi.

Bazis splayn nuqtalari soni oshganda tasvir identifikatsiyasi xatoligi qiymati anchaga kamayadi. Shuni ta'kidlash kerakki, natijalar nostasionar jarayonlar vizual nazoratiga asoslangan an'anaviy texnologiyaga nisbatan biz taklif qilgan mexanizmlar kam hisob operatsiyalari hajmida identifikatsiya vazifasini amalga oshiradi. Kubik bazis splaynga asoslangan identifikatsiya mexanizmining xatoligi polinomial identifikatsiyaga nisbatan 1,39 marotaba kichik bo'ladi, hamda identifikatsiya vaqti 2,33 marotaba kamayadi.

Dissertatsiyaning **“Tasvir morfometrik tasnifidan foydalanuvchi vositalar bo'yicha mikroob'ektlarni identifikatsiya qilish model va algoritmlarini ishlab chiqish”** nomli uchinchi bobida mikroob'ektlarni optimal tanish va sinflashtirishda yuqori darajadagi imkoniyatlarni yaratuvchi tasvir morfometrik xossa va tasniflarida, ya'ni geometrik, morfologik, gistologik, adaptiv segmentlash, bo'sag'alar bo'yicha filtrlash, xato nuqtalarni aniqlash, ortiqcha fragmentlarni bartaraf qilish vositalariga asoslangan maqbul yondashuv, prinsip, model hamda algoritmlar tadqiq qilingan.

Natijalar, tibbiyot obyektlari va chang zarralari ma'lumotlariga asoslangan mikroob'ektlarni to'g'ri va noto'g'ri tanib olish hamda sinflashtirish mezonlari bo'yicha taqdim etilgan. Masalan, «kirish-chiqish» funksiyasi

- $y = (y_1, y_2, \dots, y_n) \rightarrow \min(\max)$, $y_j = f_j(x_1, x_2, \dots, x_l)$, $j = \overline{1, n}$ ko'p faktorli mezon modeli ko'rinishida optimallashtirish uslubi bo'yicha yechilgan.

Identifikatsiya qilish mexanizmi uch qobiqli NT, Dobeshi 5 veyvlet-o'girish modellari va vositalari sintezlashuvi asosidagi gibril model va umumlashgan algoritmgaga asoslangan. Algoritm 700 ta tasvir kvant nuqtalari o'lchamida test qilingan. Shu kabi natijalar Hopfield, Hemming, Kohonen va ikki yo'nalishli assotsiativ xotira tarmoqlarini qo'llashda ham olingan.

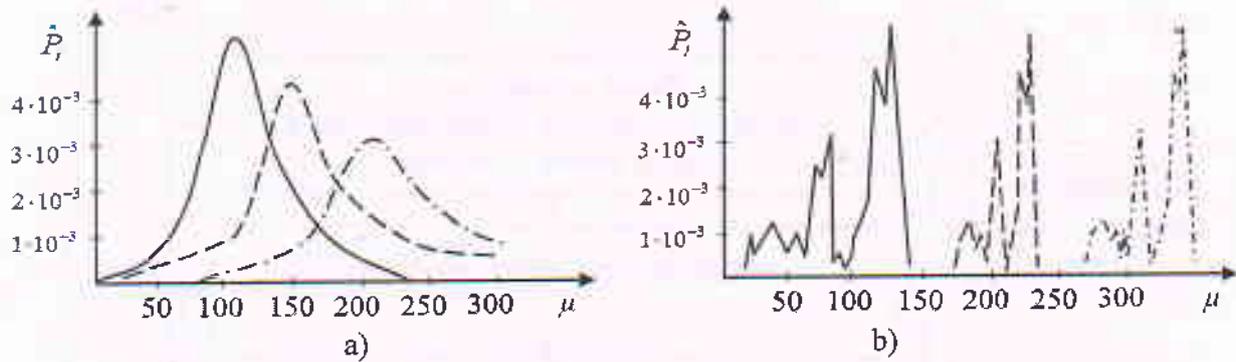
Uch qobiqli NTda neyronlar bog'liqligi qobiq bo'yicha amalga oshiriladi. Kirishlarda uchta neyron signalini qabul qilib, ular sinapslar orqali o'tadi. Natijada, neyron tarmog'i uchta chiqish signallarini taqdim etadi, bu esa chiqishni tashkil qiladi.

Umumlashgan model axborotga parallel ishlov berishni, NT hisob sxemalarini moslashtirishni, normallashtirishni, tasvir tasnifidan foydalanishni, binarlashtirishni, rangli tasvir nuqtalari va teksturasining yorqinlik tasniflarini qamrab oladi. Shu tufayli, mikroob'ektlarni identifikatsiya qilish aniqligi an'anaviy vizual texnologiyaga nisbatan 12% ga oshadi. Mikroob'ektlar identifikatsiyasi xatoligini yumshoq bo'sag'ali nazorat qiluvchi vosita, qattiq bo'sag'ali nazorat qilish va konturni uzluksiz segmentlashtiruvchi vositalarga qaraganda samaraliroqdir. Ko'p mezonli optimallashtirishga asoslangan mikroob'ektlar tasvirini identifikatsiya qilish mexanizmi kontur chegaralari yorqinlik kontrastini kuchaytirishni va ikki o'lchamli veyvlet-tahlil hamda B-splaynni qo'llashni o'z ichiga oladi. Sil xastaligiga yo'liqqan bemorlar o'pka CXR-tasvirlarining chegaralarini aniqlash bo'yicha tajribaviy tadqiqot o'tkazilgan. Bunda umumlashgan algoritm samaradorligi 80 tasi o'pka patologiyasiga ega tasvir va 50 tasi patologiyasiz tasvir misolida aniqlangan. Xastalik chegarasi belgilangan tasvirlar va sog'lomlikni akslantiruvchi boshqa o'pka tarkiblari aniqlangan. O'pka chegarasini aniqlash va sinflashtirish, xasta va sog'lom obyekt konturlarining o'zaro o'xshashligi aniqligi, vositaning sezuvchanligi va aniqligi bo'yicha baholangan. Tibbiy ob'ektlarni tanish va sinflashtirish o'rtacha aniqligi 96% bo'ladi. Anomal CXR tasvir sinflashtirish xatoligi 4% dan oshmaydi.

3 a)-rasmda o'pka xastaligi hujayrasi tasviri, ishonchli tanish ehtimoligida $P_i = n_i / N_i$, ma'lum intervalda, $\mu = \lambda \tau$ intensivlik parametriga bog'liq holda qurilgan grafiklar namoyishi ko'rsatilgan. Natijada, axborotga ishlov berish vositalari tasvirni o'rganish ishonchliligi va tezkorligini oshirishligi akslantiriladi.

3 b)-rasmda tasvir spektral tasnifi RGB sohada, uning qismlari foni, nuqtalar intensivligiga bog'liq holda qurilgan grafiklar keltirilgan. Grafikning chap qismi uzluksiz chiziq bilan, o'rta qismi shtrixli chiziq bilan, o'ng qismi esa shtrix punktirli chiziq bilan tasvirlangan.

Tasvirni identifikatsiya qiluvchi mexanizm nuqtalar intensivligi spektr medianasi atrofida almashtirilganda o'z samaradorligini namoyish etadi. Mexanizm samaradorligi mikroob'ekt chegaralari shaffofligi (kontrastligi) past bo'lganda, impuls shovqinlari va boshqa nuqsanlar mavjud bo'lganda ham yaxshi saqlanadi. Bunda, bir tasvir axborotini qayta ishlashga ketgan vaqt 9,532 mks, 450 ta tasvir ko'rilganda esa 42,75mks tashkil etadi.



3-rasm. Tasvir identifikatsiyasi sifatini baholash tasniflari.

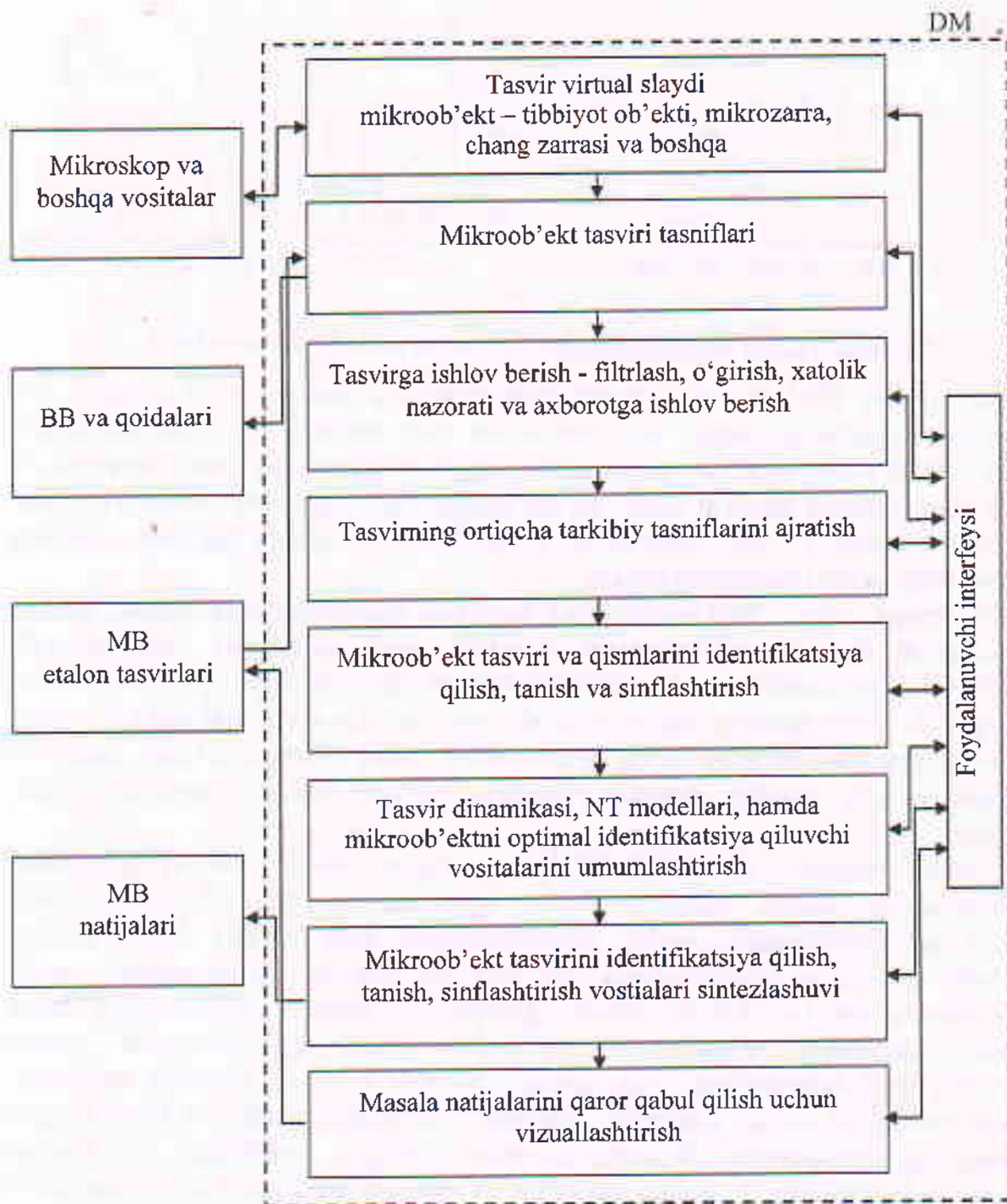
Bir tasvirni filtrlash va segmentlashga ketgan o'rtacha vaqt 9,266mks, NT tarmog'ini o'rgatishga ketgan vaqt esa 0,006 mks bo'ladi. Ayniqsa, mexanizm tasvirni vektor kvantlashtirish, raqobatlash, Gauss yadrosini qo'llash, shovqinli va impuls shovqinlarini bartaraf etish, ob'ekt chegaralarini saqlash, reduksiya qilish, medianali filtrlash va veyvlet-o'girish vositalarini o'z ichiga olganda, ularning samaradorligi yorqin namoyish etiladi.

Dissertatsiyaning "**Mikroob'ektlar tasvirini identifikatsiya qilish, tanish, sinflashtirish dasturiy majmuasini yaratish, joriy qilish va samaradorlik tahlili**" nomli to'rtinchi bobida mikroob'ektlarni identifikatsiya qilish, tanish va sinflashtirish uchun dasturiy majmua ishlab chiqilgan. Dasturiy majmua C++ tilida joriylashtirilgan. Mikroob'ektlar tasvirilarini olish, tahlil qilish, hisoblash, tanish va tasniflash hamda dasturiy majmua interfeysi uchun dasturiy modullar ishlab chiqilgan.

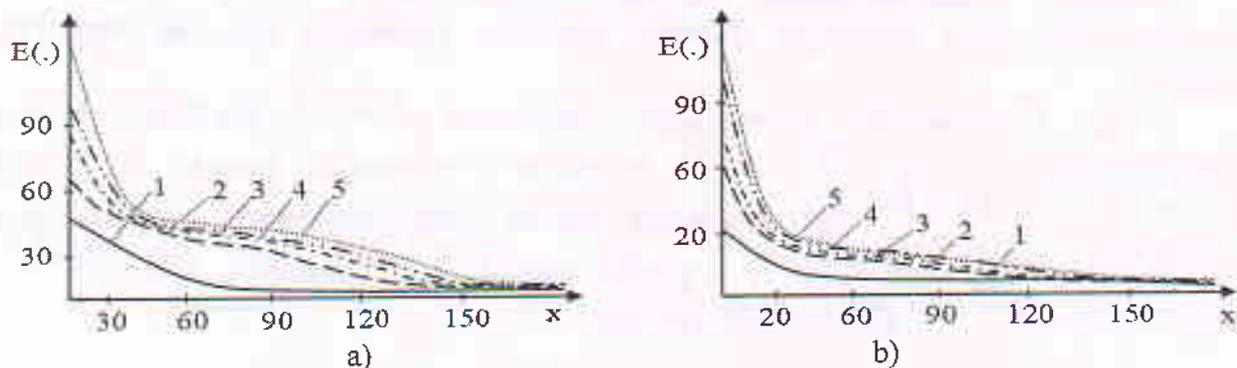
Bundan tashqari, dinamik modelga kiritilgan neyron tarmoq o'zgarmas arxitekturada bo'lganda, namunaga ishlov berish uslubi vektori bo'yicha ishlov berishga almashtirilganda, tasvir identifikatsiyasi kam xatolik bilan amalga oshiriladi. Lozim bo'lgan hollarda, har bir mikroob'ekt namunasi tasviri sensor maydonida korreksiya qilinadi. Tadqiqotda dasturiy majmuaning ijobiy xossalari identifikatsiya qilishda quyidagi vositalar qo'llanilganda yaxshi namoyishlanishi ko'rsatilgan: uch qobiqli neyron tarmoq, dinamik modellar, nuqtalar surilishini vizual kuzatish, informativ bo'lmagan nuqta va lokal belgini belgilash va shovqinlarni filtrlash, nuqtalar xiraligini, surilishini va boshqa nuqsonlarni bartaraf qilish, nuqta yorqinligi va soyasini korreksiya qilish vazifalari bajarilishi talab etiladi.

4-rasmda mikroob'ektlar tasvirini identifikatsiya qilish, tanish va sinflashtirish uchun yaratilgan dasturiy modullar algoritmik sxemasi namoyish etilgan.

5 a), b)-rasmlarda ko'rsatilgan funksional $E(x, y)$ grafklari kontur nuqtalarining OX va OY o'qlari bo'yicha o'zgarishida hamda β zichlik a) 36×36 ; b) 64×64 bo'lgan hollar uchun namoyishlangan. 1-grafik, agar $\beta = 0,5$; 2-grafik, agar $\beta = 1,5$; 3-grafik, agar $\beta = 2,5$; 4-grafik, agar $\beta = 3,5$; 5-grafik, agar $\beta = 4,5$ qiymatlarda qurilgan.



4-rasm. DM tarkibiy modullari.



5-rasm. DM samaradorligi tahlili.

Tadqiqotda, DM axborotga avtomatlashtirilgan ishlov berish darajasini an'anaviy texnologiyaga nisbatan 10% ga oshirishi mumkinligi aniqlandi. Tadqiqotlar quyidagi mezonlar qiymatlarida olib borilgan: P_D – mikroob'ektni ishonchli tanish va sinflashtirish ehtimoli, P_{ER} – tanish va sinflashtirish xatoliklari ehtimoli, P_D/P_{ER} – yutuq koeffitsiyenti; T , C – axborotga ishlov berish murakkabligi bo'yicha yutuqlar koeffitsiyenti.

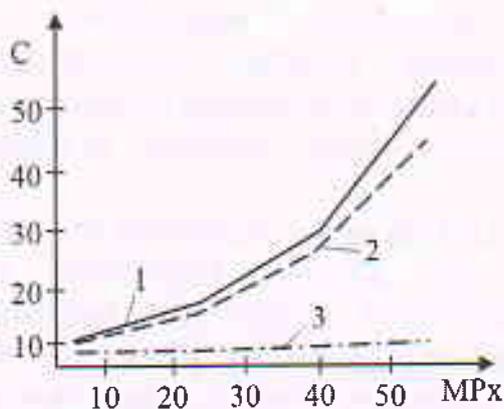
1-jadvalda eksperimental tadqiqotlar natijalari turli vositalarni qo'llash bo'yicha mikroob'ektlarni ishonchli tanish va sinflashtirish ehtimolining optimal qiymatlari keltirilgan.

1-jadval

№	Optimallashtirish tasniflari	Samaradorlik me'zonlarining ahamiyati			
		P_D	P_D/P_{ER}	T	S
1	Statistik	$12 \cdot 10^{-5}$	$0,35 \cdot 10^{-1}$	6-7	3-4
2	Dinamik	$2,34 \cdot 10^{-5}$	$0,62 \cdot 10^{-1}$	8-9	3-4
3	Morfometrik	10^{-5}	$0,3 \cdot 10^{-1}$	10-12	5-7
4	Geometrik	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$0,44 \cdot 10^{-2}$	10-13	8-9
5	Chastotali- spektrli	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$0,3 \cdot 10^{-2}$	13-15	10-12

Tadqiqotlarda, agar axborotda sodir bo'lgan xatolik ehtimoli o'rta qiymati $10^{-4} - 10^{-5}$ bo'lganda, 100 ta mikroob'ekt tasvirini ishonchli tanish va sinflashtirishga sarflanadigan vaqt 1,1 soatgacha qisqarishi, yutuq esa 3-5 marotabaga oshishi, axborotga ishlov berish murakkabligi koeffitsiyentlari 5-6 marotabaga qisqarishi mumkinligi aniqlangan.

Bundan tashqari, tibbiyot mikroob'ektlarini identifikatsiya qilish aniqligini oshirish uchun quyidagi operatsiyalarni bajarish natijasida: tayanch nuqtalarni ob'ekt foni sohasiga mos ravishda oshirganda; informativ bo'lmagan nuqtalarni bartaraf etish orqali zarra tasvirini soddalashtirganda; ichki nuqtalar sonini kamaytirish hisobiga zarra tasviri konturini yo'g'onlashtirganda; nuqtalar yorqinligi qiymatlariga asoslanib, zarra tasviri bilan bog'liq bog'langan sohalarni aniqlaganda ijobiy natijalar kuzatildi.



6-rasm. Parallel hisoblanish muhitida DM samaradorligi.

Agar mikroob'ekt tasviri o'lchami 4000×2000 gacha oshirilsa, DM samaradorligi 24% gacha oshadi. Shundan, 19% tasvirni fazo RGB dan HSV fazosiga o'g'irganda, hamda parallel hisoblanish paketi «CUDA» ni qo'llaganda

sodir bo'ladi. 6-rasmda samaradorlik grafiklari parallel hisoblash muhitida namoyish etilgan. Grafiklarning taqsimlanishi quyidagicha: 1-grafik – yassi chiziq CPU RGBga, 2-grafik – shtrixli chiziq GPU RGB0ga, 3-grafik – shtrix punktirli chiziq GPURGBga mos keladi. Tadqiqotda birinchi tasvir, tajriba jamlamasi bo'yicha mikrozararlarni tanish ishonchliligi 74%, ikkinchi tajriba jamlamasida – 87%, uchinchi tajriba jamlamasida – 86%, to'rtinchi tajriba jamlamasida – 84% ga oshirilishi mumkinligi aniqlangan.

XULOSA

“Tasvir tarkibiy ortiqchaligi xossalari asosida mikroob'ektlar identifikatsiyalanishini maqbullashtiruvchi usullar” mavzusidagi dissertatsiya ishi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. Palinologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish, ekologiya, tibbiyot, tog' konchiligi tizimlari va boshqa bilimlar sohalarida mikroob'ektlar tasviri tarkibiy ortiqchalik xossalari - statistik, dinamik, tekstura, morfometrik, geometrik, gistologik tasniflaridan foydalanishga asoslangan optimal identifikatsiya qilish, tanish, sinflashtirish vazifalarini bajarish uchun maqbul yondashuvlar, prinsiplari va vositalar turlari ishlab chiqilgan.

2. Mikroob'ekt tasviri konturini defektini filtrlash, vaqtli qator nuqtalarini ruxsat etilgan, dinamik orttirmalari, bashoratlash modellari xatoliklari qiymatlarini nazorat qilish masalalari umumiy va xususiy yechimlari olingan. Agar real tasvirning etalon tasvirga mosligi nochiziqli nazorat va stoxastik qidiruv vositalari yordamida amalga oshirilsa, identifikatsiya natijalari yuqori aniqlikda olinadi.

3. NTga asoslangan dinamik modellar mikroob'ekt tasviri tasniflarini ajratish, konturini segmentlash, tarkibda yot zarrani, shovqin, impulsli pomexani, nuqta xiraligini va boshqa nuqsonlarni bartaraf qiluvchi umumlashgan algoritmlar qurilgan. Agar gibrid algoritimga vektorli kvantlash, raqobat va gauss yadrosini shakllantirish, filtrlar chegarasini barqaror qilish, veyvlet-o'girish vositalari qo'llanilsa, identifikatsiya qilish samaradorligi yorqin namoyishlanadi.

4. Mikroob'ektlar identifikatsiyasi optimal tasvir xossalari va tasniflarini ajratish, konturini kontrastlash, segmentlash, binarlash, nuqtalarini approksimatsiyalash, sirpanish “oyna”sida kuzatish algoritmlari bo'yicha DM tarkibi kengaytirilgan. Bu vositalar, axborotga ishlov berish, tanish va sinflashtirish vazifalarining ishonchligini yuqori darajada ta'minlaydigan chegaralar va sharoitlar aniqlangan.

5. Ishlab chiqilgan DM va uning funksional modullari samaradorligi: g'alla seleksiyasi va urug'chiligi; allergiya kasalliklari; atmosfera ifloslanishligi tadqiqotida chang zarralarini qayd va tahlil qilish; bemorlarda sil kasalligini tashxis qilish; oziq-ovqat ingrediyentli tarkibi va qiymatlarini tahlil hamda qayd qilish masalalarida yechimlar asoslangan. Natijada, identifikatsiya qilish aniqligi 98,3% gacha, axborotga ishlov berish tezligi 2 marotabagacha, tanish va sinflashtirish ishonchliligi 19% dan 24% gacha oshishi, axborotga ishlov berish murakkabligi koeffitsiyenti 3-5 marotabagacha va moddiy xarajatlar 20%ga kamayishi aniqlangan.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ Р^hD.03/29.12.2023.Т.02.12 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ САМАРКАНДСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ
ИМЕНИ ШАРОФА РАШИДОВА**

**САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ШАРОФА РАШИДОВА**

САФАРОВ РУСТАМ АБДУЛЛАЕВИЧ

**МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ИДЕНТИФИКАЦИИ МИКРООБЪЕКТОВ
НА ОСНОВЕ СВОЙСТВ ИЗБЫТОЧНЫХ СТРУКТУРНЫХ
СОСТАВЛЯЮЩИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

05.01.02 - Системный анализ, управление и обработка информации

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (Р^hD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Самарканд – 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инновации Республики Узбекистан за номером B2022.2.PhD/T2827

Диссертация выполнена в Самаркандском государственном университете имени Шарофа Рашидова.

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

Научный руководитель:

Жуманов Исраил Ибрагимович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Каландаров Палван Искандарович
доктор технических наук, профессор

Гулямов Жавлон Нуриллаевич
доктор философии по техническим наукам (PhD)

Ведущая организация:

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

Защита диссертации состоится « 17 » декабря 2025 г. в 15⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.03/29.29.12.2023.T.02.12 при Самаркандском государственном университете имени Шарофа Рашидова (Адрес: 140104, г. Самарканд, университетский бульвар, 15. Тел.: (99866) 239-11-40; факс: (99866) 239-11-40; E-mail: devonxona@samdu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Самаркандского государственного университета имени Шарофа Рашидова (регистрационный номер № ____). (Адрес: 140104, г. Самарканд, университетский бульвар, 15. Тел.: (99866) 239-11-40; факс: (99866) 239-11-40).

Автореферат диссертации разослан « 24 » декабря 2024 года.
(протокол рассылки № 3 от « 23 » декабря 2024 года).



[Handwritten signature]

А.Р.Ахатов
Председатель Научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор

[Handwritten signature]

Ф.М.Назаров
Ученый секретарь Научного совета
по присуждению ученых степеней,
доктор философии по
техническим наукам, доцент

[Handwritten signature]

Х.А.Примова
Председатель научного семинара
при Научном совете по присуждению
ученых степеней, доктор технических наук, доцент

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD)).

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется автоматизации, применениям электронных, цифровых, интеллектуальных систем управления. На сегодняшний день в таких развитых странах, как США, Китай, Россия, Германия, Франция, Япония, Великобритания, Южная Корея, Индия и других проводятся масштабные исследования, направленные на решение вопросов идентификации, распознавания и классификации изображений микрообъектов. Эти исследования востребованы в предметных областях таких, как экология, охрана окружающей среды, медицина и палинология. Для предсказания и изучения загрязнения воздуха применяют базы данных, автоматической идентификации, распознавания, классификации, систематизации пыльца. Европейские страны, занимающиеся сбором, подсчетом, анализом и идентификации пыльца, посылают еженедельно информацию по глобальным сетям. Особое внимание уделяется научному обоснованию необходимости для разработки методов анализа изображений микрообъектов, обработки информации, а также управлению в сложных системах.

В мире положительные результаты в указанном научном направлении считаются приоритетными и направлены на создание моделей и алгоритмов для обработки изображений различных типов — пылевые частицы, одноклеточные микроорганизмы, медицинские объекты и полезные ископаемые. Исследования включают разработку методов многовариантного принятия решений, применения широкого спектра статистических, динамических, вероятностных и интеллектуальных моделей. При идентификации изображений микрообъектов возникают различные проблемы — наличие «шума», помехи, смази точек, сдвигов и ошибки в информации. Эти дефекты создают серьезные трудности в процессе идентификации, распознавания и классификации изображений. В то же время в направлении развития технологий, направленных на снижение влияния человеческого фактора, особое внимание уделяется созданию средств использования свойств избыточность структурных составляющих изображения микрообъектов — статистических, динамических, морфометрических, геометрических и других характеристик, а также разработке оптимальных механизмов для идентификации, распознавания и классификации микрообъектов.

В Республике активно внедряются технологии искусственного интеллекта, методы цифрового управления и автоматизированные информационные технологии во всех отраслях. Особое внимание уделяется внедрению высокоточных технологий идентификации в таких сферах, как палинология, экология, селекция и семеноводство, охрана окружающей среды и медицинские системы. В этих областях с помощью искусственного интеллекта и цифровых технологий разрабатываются эффективные методы идентификации, классификации и анализа микрообъектов. В постановлении

Президента РУз об утверждении стратегии «Цифровой Узбекистан - 2030» и мерах по ее эффективной реализации, в том числе задачах, направленных на «... развитие научно-исследовательских разработок, ориентированных на создание высокотехнологичных продуктов с высоким потенциалом коммерциализации в сфере информационных технологий...»². В этих областях разрабатываются эффективные методы обнаружения, классификации и анализа микрообъектов с использованием искусственного интеллекта и цифровых технологий. Важное значение придается совершенствованию методов, механизмов и технологий, основанных на структурных составляющих изображений микрообъектов, а также развитию интеллектуальных систем классификации и их широкому внедрению.

Настоящее диссертационное исследование ориентировано на обеспечение реализации указов, принятых Президентом Республики Узбекистан. В частности, данное диссертационное исследование в определённой степени способствует реализации задач, предусмотренных Указом № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы», Указом № УП-5349 от 19 февраля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию информационных технологий и коммуникаций», а также Указом № УП-6079 от 5 октября 2020 года «О утверждении стратегии Цифровой Узбекистан – 2030 и мерах по её эффективной реализации», а также другими нормативно-правовыми актами, относящимися к данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. Ряд ученых, исследователей и экспертов по всему миру проводят исследования по идентификации, распознаванию и классификации микрообъектов. Разработанные зарубежными учёными, такими как С.Хоровиц, Т.Павлидис, Р.М.Харалик, Л.Г.Шапиро, С.Ллойд и Ю. И. Журавлев, вероятностные модели, алгоритмы машинного обучения и интеллектуальные подходы обеспечивают значительные результаты в обработке изображений микрообъектов и служат важной основой для эффективных научных исследований в этой области. На развитие методов оптимизации идентификации изображения внесли большой вклад исследователи - J.Long, W.Liu, H.Noh, A.Krizhevsky, G.E.Hinton, O.Ronneberger, T.-Y. Lin, R.Girshick и H.Zhao.

В Узбекистане в развитии теории анализа, управления, обработки информации значительный вклад внесли следующие ученые В. К. Кабулов,

² Указ Президента Республики Узбекистан, от 05.10.2020 г. № УП-6079 "Об утверждении стратегии «Цифровой Узбекистан-2030» и мерах по ее эффективной реализации"

Н.Р.Юсупбеков, М.М.Камилов, Х.З.Игамбердиев, А.В.Кабулов, И.И.Джуманов, Р.Х.Хамдамов и Х.Н.Зайнидинов.

В результате системного анализа научных работ вышеупомянутых учёных и исследователей было установлено, что модели и алгоритмы для идентификации, распознавания и классификации изображений микрообъектов изучены недостаточно.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Исследование выполнено в рамках НИР - Самаркандского государственного университета по теме государственной научно-технической программы А5-039 «Интеллектуальный анализ данных на основе построения программных инструментов параллельных алгоритмов» (2018-2020 гг.).

Цель исследования. Разработка методов оптимальной идентификации, распознавания, классификации микрообъектов на основе использования свойств и характеристик структурных составляющих изображения микрообъектов.

Задачи исследования составляют следующие:

анализ научной методологии, определении конструктивных подходов, принципов, моделей идентификации, распознавания, классификации микрообъектов, направленных на использовании свойств и характеристик структурных составляющих изображения микрообъектов;

разработка моделей и алгоритмов оптимальной идентификации микрообъектов на основе совмещения современных компьютерных технологий, статистических, динамических, вероятностных моделей, ИС различной архитектуры, а также инструментов использования статистических, динамических, морфометрических, геометрических, частотных, спектральных характеристик сигналов изображения;

построение гибридных моделей, алгоритмов, а также инструментов оптимальной идентификации микрообъектов на основе порогового, жесткого и мягкого контроля погрешности, определения яркости точек контура, использования характеристик структурных составляющих изображения;

тестирование и реализация алгоритмов, функциональных модулей, программного комплекса идентификации, распознавания, классификации микрообъектов, многокритериальная оптимизация, анализ эффективности.

Объектом исследования являются процессы обработки изображения – пыльца, микроскопических объектов, медицинских объектов систем палинологии, экологии, селекции зерна и диагностики больных.

Предмет исследования. Методы, модели, алгоритмы, программные комплексы оптимальной идентификации, распознавания, классификации изображения микрообъектов.

Методы исследования. В исследованиях применены методы теории системного анализа, управления, алгоритмизации, моделирования, обработки информации, идентификации изображений и нейронных сетей.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны модели и алгоритмы оптимальной идентификации микрообъектов, использующие свойства избыточных структурных составляющих изображения, основанные на статистических, динамических, морфометрических, геометрических, гистологических, частотных и спектральных характеристиках точек на контуре изображения;

разработаны механизмы идентификации микрообъектов, ориентированные на использовании инструментов, основанные на точечные, нелинейные проверки соответствий входного и эталонного контуров изображения, сегментирования, редукции избыточных точек, уменьшения размерности растров, масштабирования и многоуровневого контроля;

разработаны механизмы идентификации изображения микрообъектов на основе синтеза инструментов адекватного описания, настройки переменных гибридных моделей, использования статистических, корреляционных, логических связей, динамики последовательности точек, а также нейронных сетей различной архитектуры;

разработаны механизмы идентификации микрообъектов на основе инструментов фильтрации дефектных точек с использованием фильтров Гаусса, медианы на основе жестких и мягких порогов, а также инструментов контроля по границам допустимых значений погрешности точки контура, приращений, ошибок экстраполяции, определения яркости точек контура изображения.

Практические результаты исследования заключаются следующим:

разработан программный комплекс идентификации, распознавания, классификации микрообъектов, позволяющий точно идентифицировать, корректно распознавать и классифицировать микрообъектов;

разработаны инструменты, использующие статистические, динамические, геометрические, морфологические и сигнальные характеристики точек на контуре изображения, обеспечивающие большую оперативность учета, распознавания, классификации микрообъектов;

программные модули комплекса позволяют повысить точность, увеличить скорость, уменьшить трудоемкость обработки информации.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования объясняются использованием оптимальных методов идентификации, основанных на характеристиках структурных избыточностей изображений микрообъектов, подтверждением пригодности разработанного программного комплекса, соответствием теоретических и практических результатов, решением задач прогнозирования нестабильных объектов в реальных условиях, а также сравнительным анализом эффективности внедрённых алгоритмов.

Научная и практическая значимость результатов исследования заключается в следующем. Научная значимость результатов исследования заключается в том, что разработанные модели и алгоритмы позволяют эффективно использовать характеристики и классификацию структурных

избыточностей изображений, а также обеспечивают оптимальные решения при выполнении операций идентификации, распознавания и классификации микрообъектов на основе динамической модели, построенной на нейронных сетях.

Практическое значение результатов исследования заключается в том, что разработанный программный комплекс позволяет значительно снизить ошибки в информации, используя статистические, динамические, геометрические, морфологические и гистологические классификации для анализа изображений, что способствует повышению точности распознавания и классификации микрообъектов.

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов, полученных в рамках диссертационного исследования на тему “Методы оптимизации идентификации микрообъектов на основе свойств избыточных структурных составляющих изображений”:

точечной и нелинейной проверки соответствия контуров входного и эталонного изображений, сегментирования, редукции нулевых точек, уменьшения размерности растров, масштабирования, многоуровневого контроля точек, реализованное программное средство использовалось в НИИ «Богарного земледелия» г.Галлаарал в решении задач "Селекции и семеноводства зерна" (справка № 33-8/3411 от 23 мая 2024 года Министерства цифровых технологий Республики Узбекистан). Временные затраты инструментов повышения достоверности распознавания и классификации коллекции изображений микрообъектов сокращались до 1,1 часа, значение коэффициента выигрыша в точности идентификации увеличивалось в 3-5 раза;

использовании инструментов использования статистических, корреляционных, логических, морфологических характеристик, связей точек, их динамики, искажения информации и контроля погрешности, разработанное программное средство было использовано для решения задач при подсчете ингредиентного состава пище продуктов в «Службы санитарно-эпидемиологического благополучия и общественного здоровья» г. Джизака (справка № 33-8/3411 от 23 мая 2024 года Министерства цифровых технологий Республики Узбекистан). В результате разработанное программное средство повысило достоверность распознавания и классификации микрочастиц с 84% до 87%, а также трудоемкость обработки информации уменьшались в 3-4 раза;

инструменты адекватного описания, настройки переменных, контроля погрешностей по границам допустимых значений точек контура, приращений, экстраполяции и фильтрации, а также прогнозирования технико-экономических показателей деятельности Самаркандского филиала «Узбектелеком» (справка № 33-8/3411 от 23 мая 2024 года Министерства цифровых технологий Республики Узбекистан). Программное средство позволило повысить точность идентификации до 98,3%, увеличить скорость

обработки информации в 2 раза, а достоверность распознавания и классификации микрообъектов на 19%.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования обсуждены на 10 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 36 научных статей, тезисы докладов, из них: 5 - журнальные статьи, 14 - статьи в изданиях Скопус, 10 - в материалах международных, 4 - в республиканских научных конференциях, а также получены 3 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

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

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

В первой главе диссертации «**Научно-методические основы идентификации микрообъектов на основе использования свойств, характеристик структурных составляющих изображения**» разработаны конструктивные подходы, принципы, методы идентификации, распознавания, классификации микрообъектов на основе статистических, динамических, морфометрических, геометрических, яркостные характеристик точек на контуре изображения. Модели и алгоритмы имеют широкую возможность и большие преимущества, проявляемых при визуализации в динамике, декомпозиции, структуризации, коррекции их частей, оптимизации переменных моделей, обеспечении компактности расположения и систематизации.

Исследованы механизмы - модели, алгоритмы и правила идентификации микрообъектов, включающие инструменты предварительной обработки информации, контрастирования, сегментирования контура, редукции избыточных точек, уменьшения размерности растров, масштабирования, порогового и много уровневого контроля значений точек. Предложены механизмы идентификации, направленные на регулировании дисперсии точек цветового яркостной картины, начальных значений, центра сегментов, площади контура изображения. При этом, возможность их существенно расширяется за счет инструментов определения оптимальных границ сегментов контура, установления границ контроля значений опорных точек, сортировки массива частот по возрастанию, редукции нулевых точек, выполнения порогового контроля, проверки адекватности вводимого контура изображения к эталонному контуру модального примера. На рис.1 а) проиллюстрированы графики функции эффективности $\mathcal{E} = \sigma_n / \sigma$ - коэффициента выигрыша в точности идентификации изображения микрообъектов, σ_n - погрешность инструмента обработки информации; σ - дисперсия рассеивания точек контура.

Графики показывают зависимости функции \mathcal{E} от погрешности инструмента и динамики роста объема обрабатываемой информации N . Исследованы: алгоритм 1 - без применения инструментов сегментации, кластеризации и редукции; алгоритм 2 - с применением инструментов сегментации, кластеризации и редукции; алгоритм 3 - с применением совмещенных динамических с трехслойной НС моделей.

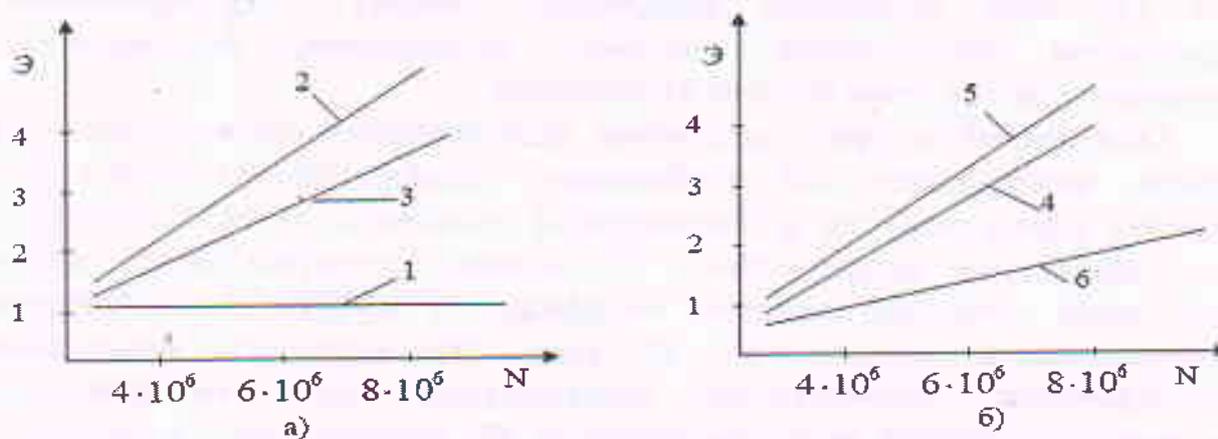


Рис 1. Эффективность алгоритмов идентификации микрообъектов.

На рис.1 б) проиллюстрированы графики функции \mathcal{E} , основанные на синтез: алгоритма 4 - поточечного поиска, распознавания и кластеризации; алгоритма 5 - эвристического поиска с отжигом и запретом, распознавания и кластеризации; алгоритма 6 - стохастического поиска по усеченной цепи Маркова, распознавания и кластеризации.

Соответствия вводимого и эталонного изображения микрообъектов в них проверяются по критерию среднеквадратической погрешности $\Delta D = \frac{1}{I \cdot J} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (D_{i,j} - D'_{i,j})^2$, $i \in \overline{1, I}$, $j \in \overline{1, J}$; $D_{i,j}$ - дисперсия точек (i, j) «окно» вводимого изображения; $D'_{i,j}$ - дисперсия точек (i, j) «окно» эталонного изображения; I - количество окон по вертикали; J - количество окон по горизонтали контура изображения.

Протестирован обобщенный алгоритм гибридной идентификации изображения на основе биквадратической модели интерполяции, которая синтезирована с алгоритмом обучения трехслойной НС двунаправленным взвешиванием опорных точек. Установлено, что, при этом значение коэффициента трудоемкости обработки информации уменьшается: по алгоритму 3 - 2 раза, по алгоритму 2 - 20 раза, по алгоритму 1 до 30 раза.

Определено, что механизмы идентификации изображения способствуют уменьшению значений дисперсии точек контура на порядок, увеличению расстояния между кластерами и уменьшению количество неправильно классифицированных точек. Когда идентифицируются низкокачественные изображения с дефектами такими, как смещение, доминирование одного цвета, тогда предложенные механизмы показали себя намного эффективнее,

чем существующие аналоги. Когда, в механизмах используется инструмент нелинейной проверки соответствия изображений, тогда точность идентификации микрообъектов повышается до 11 раза, трудоемкость обработки информации уменьшается до 100 разов, становится 2-3 раза эффективнее, чем интерполяционная сплайн – функция Добеши, 5.

Определено, что лучшая идентификация микрообъектов проявляется при гауссовой, медианной фильтрации, вейвлет - преобразовании, применении инструментов цветового кодирования, регулирования, коррекций яркости точек контура изображения.

Обобщенный алгоритм механизма идентификации протестирован при наборе, включающего 450 изображения пыльца, представленные для решения задачи селекции и семеноводства пшеничных зерен. Определено, что совмещенные динамические с НС модели, алгоритмы параллельного вычисления уменьшает значение коэффициента трудоемкости обработки информации в среднем до 23 раза. Эффективность механизмов идентификации микрообъектов подтверждены также тестированием программных модулей на основе набора из 400 одноклеточных организмов, используемых при анализе количественной оценке параметрических изменений и при диагностировании ракового заболевания. Результаты показали, что применение инструментов медианной фильтрации, вейвлет – преобразования, цветового кодирования, коррекция яркости снижают погрешности идентификации изображения с 12% до 8%. Кроме того, устраняют трудоемких процедур, прозрачно проявляется положительные стороны механизма при решении задач селекции зерновых культур, диагностики легких больных с туберкулезом, прогнозировании загрязненности окружающей среды.

Во второй главе диссертации **«Модели и алгоритмы идентификации микрообъектов на основе использования динамических характеристик информации изображения»** разработаны подходы, модели и алгоритмы оптимальной идентификации микрообъектов на основе использования динамических, геометрических характеристик изображения. Механизмы идентификации включают инструменты предварительной обработки изображения, трендовых, регрессионных, полиномиальных моделей, настройки значений переменных.

Построены и реализованы инструменты жесткого, мягких порогового контроля погрешности идентификации по границам допустимых значений, по приращениям, экстраполированным значениям опорных точек контура изображения. Получены общее и частные решения задач. Найдены математические выражения оценки оптимальных границ контроля и оценки минимальной среднеквадратической погрешности. Реализованы 47 трендовые зависимости, адаптивное экспоненциальное сглаживание, регрессионные, экстраполяционная модель по n - предыдущим точкам.

Разработаны механизмы идентификации, которые синтезируются алгоритмами выполнения декорреляции, редуцирования, связывания точек

перепадов и переходов, фильтрации шума (помех), смази точек и других дефектов. Гибридные модели идентификации изображения включают линейные, нелинейные сглаживающие фильтры, инструменты контроля погрешности, векторного квантования, сегментации, образования «скользящего окна». Инструменты с доверительным интервалом контроля погрешности способствуют уменьшению погрешности идентификации.

Определено, что низкая эффективность механизмов проявляется при присутствии случайных всплесков, помех, недостаточности априорных сведений. Интересно заметить, что когда используются инструменты использования: коэффициентов автокорреляции, точечных связей, редукции избыточных точек, тогда механизмы обеспечивает наибольшую точность идентификации и достоверность распознавания и классификации.

Предложен механизм идентификации с инструментом контроля погрешности идентификации по нижнему $a_\alpha - x$ и верхнему $a_\alpha + y$ порогам. Пороги разделяют множество значений точек контура $\{\beta_j\}$ на подмножество разрешенных значений $\{\beta_p\}$ $a_\alpha - x \leq \beta_p \leq a_\alpha + y$ и подмножество запрещенных значений $\{\beta_3\}$ $\alpha_{\min} \leq \beta_3 < a_\alpha - x$; $a_\alpha + y \leq \beta_3 < \alpha_{\max}$. Необнаруженными остаются вероятности ошибок двух родов.

Вероятность ошибки первого рода $P_1 = P\{\alpha_i \neq \beta_j; \beta_j \in \{\beta_p\}\} = P \frac{x+y}{B-\delta}$; и

второго рода $P_2 = P\{\alpha_i \neq \beta_j; \beta_j \in \{\beta_3\}\} = (1-P) \left[1 - \sum_{\alpha_i = a_{\alpha} - x/\delta}^{a_{\alpha} + y/\delta} f(\alpha_i) \right]$.

На рис.2 показаны графики функции выигрыша по коэффициенту K_T - трудоемкость обработки информации изображения микрообъектов, построенные при различных размерах обучающего набора L и гибридной модели. Графики отражаются кривыми: 1 – синтез трехслойной НС с моделью Добеши, 5; 2 – синтез НС Кохонена с моделью Добеши, 5, с картой адаптации признаков; 3 – синтез радиально - базисной сети с моделью Добеши, 5. Определено, что выигрыш в трудоемкости обработки информации по механизмам повышается от 1,7 до 5,4 раза, итеративность обучения гибридной модели уменьшается 3 - 4 раза.

Для различных моделей идентификации, инструментов контроля погрешности получены математические выражения порогов контроля, минимальной среднеквадратической погрешности. Инструменты протестированы при различных вероятностях ошибок, порогах контроля, значениях дисперсии, функций корреляции при нормальном, лог.нормальном законах и распределениях Релея, а также β - распределений.

Доказана, что когда при идентификации изображения микрообъектов применяются интерполяционная и экстраполяционная сплайн - функции, полиномиальные базисные модели, тогда обобщенные алгоритмы становятся высоко устойчивыми. Увеличение количество используемых точек базис - сплайна уменьшает значение погрешности идентификации изображения, при

этом результаты достигается при меньшем объеме вычислительных операций, чем традиционная технология. Механизмы на основе кубического базис - сплайна дает в 1,39 раза меньше погрешности по сравнению полиномиального. Время идентификации при этом уменьшается в 2,33 раза.

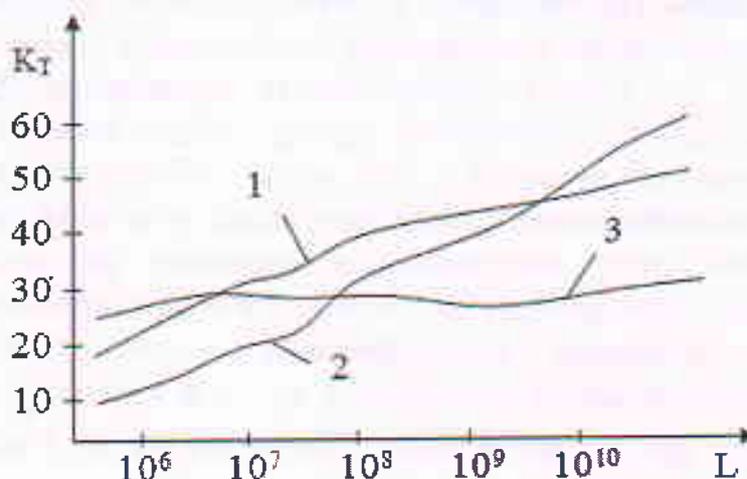


Рис. 2. Эффективность идентификации микрообъектов.

В третьей главе диссертации «**Модели и алгоритмы идентификации микрообъектов на основе использования морфометрических характеристик изображения**» предложены конструктивные подходы, принципы, механизмы идентификации микрообъектов на основе использования морфометрических, геометрических, гистологических характеристик изображения и инструментов адаптивной сегментации, пороговой фильтрации, обнаружения точек, локализация ненужных фрагментов, которые способствуют оптимизации распознавания и классификации микрообъектов. Результаты представлены по критериям корректного, некорректного распознавания и классификации микрообъектов, которые получены по данным медицинских объектов и пыльцевых зерен.

Решена задача многокритериальной оптимизации выходной функции $y = (y_1, y_2, \dots, y_n) \rightarrow \min(\max)$, где $y_j = f_j(x_1, x_2, \dots, x_l)$, $j = \overline{1, n}$, отражающая «входы-выходы» модели. Протестированы обобщенный алгоритм, синтезированный с трехслойной НС, вейвлет - преобразованием Добеши 5, 8 при 700 проквантованных точках изображения микрообъектов. Получены результаты НС Хопфильда, Хемминга, Кохонена, ДАП. В случае трехслойной НС взаимодействие нейронов ведется послойно. На входы поступают сигналы по 3 нейронам, проходят по синапсам. НС выдает три выходные сигналы, которые образуют выход. Совмещенная модель включает параллельной обработки информации, настройки вычислительных схем НС, инструменты нормализации, использования геометрии полутонового, бинарного изображения, цветного изображения в яркостные текстурные характеристики. Благодаря применению, которых повышается точность идентификации микрообъектов на 12%, которую не обеспечивает традиционная визуальная технология. Установлено, что механизм с мягким

порогом контроля погрешности идентификации дает возможность представления лучших визуальных характеристик изображения, чем механизм с жестким порогом, обусловленного появлением прерывистых точек сегментации. Эффективность механизма многокритериальной оптимизации идентификации исследована на основе инструментов усиления контраста, формирования границ контура, классификации изображения, а также двухмерного вейвлет - разложения и B -сплайна.

Проведено экспериментальное исследование больных с туберкулезом, при определении границы легких в СХР – изображениях. Оценена эффективность обобщенного алгоритма, в исследование которого использовано 80 изображений с патологией легких и 50 изображений без патологии. Получены пороговые изображения, содержащие патологию, и другие легочные структуры, а также содержащие структуры без патологии. Проведены расчеты и сравнения в виде общей точности определения и классификации границ легких, чувствительности и специфичности по коэффициентам сходства, среднего расстояния до контура.

Средняя точность классификации медицинских объектов составляет 96%. Ошибка классификация аномальных СХР изображений составляет почти 4%.

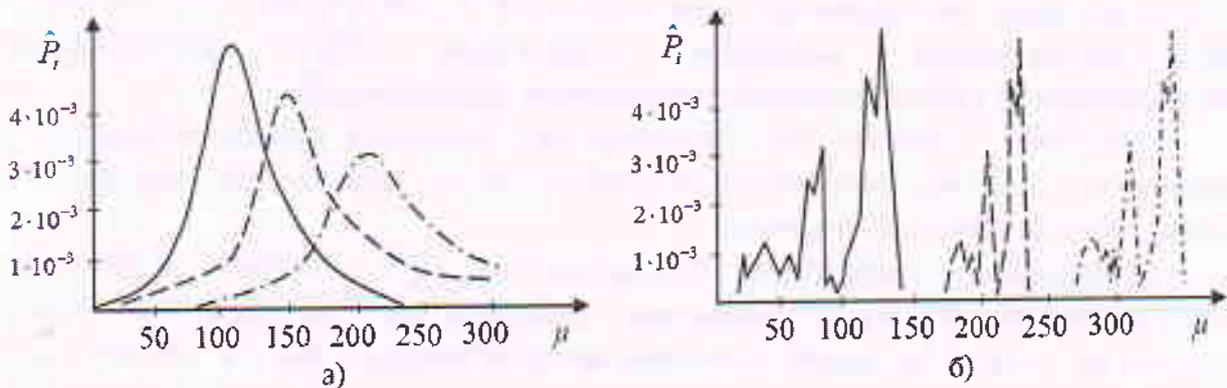


Рис. 3. Характеристики оценки качества идентификации изображения.

На рис. 3 а) проиллюстрированы графики вероятностной характеристики $P_i = n_i / N_i$ корректного распознавания точек на изображение грудной клетки с патологией болезни, построенные в зависимости точек в интервале с интенсивностью точек $\mu = \lambda \tau$, λ - число правильно распознанных точек в τ - интервале; n_i - числа неправильно распознанных точек; N_i - общее число точек контура, подлежащие к распознаванию за время t . Определено, что при этом, в значительной степени повышается оперативность и достоверность оценки параметров изучаемых изображений микрообъекта.

На рис. 3 б) проиллюстрированы спектральные характеристики изображения в пространстве RGB, построенные в зависимости от интенсивности точек с отражением фона его частей. Левая - сплошная линия, средняя - штриховая линия, правая - штрих пунктирная линия. Определено, что механизм показывает наилучшую производительность, подавляются

импульсные помехи, сохраняется четкость границ, контрастирующих объектов, заменяется значение интенсивности точек в окрестности медианы спектра. Средняя время, затрачиваемая на обработку информации одного изображения составляет 9,532 мкс, а на 450 изображений составляет почти 42,75 мкс. Среднее время, затрачиваемая на фильтрации и сегментации одного изображения составляет 9,266 мкс. Среднее время обучения НС составляет 0,006 мкс. Механизмы ярко проявляют себя при применении НС с контурным векторным квантованием, а также инструментов конкуренции, вычисления гауссовых ядер, подавления импульсной помехи и шума, сохранения границ объектов, устранения неинформативных точек, векторной медианной фильтрации, совмещения сдвиг, вейвлет – преобразования изображения.

В четвертой главе диссертации «Разработка программного комплекса идентификации, распознавания и классификации микрообъектов и эффективность его реализации» разработан программный комплекс (ПК) идентификации, распознавания, классификации микрообъектов. ПК протестирован по данным задач селекции и семеноводства пшеничного зерна и диагностики болезней, разработан и реализован на языке C++. Разработаны программные модули получения, анализа, подсчета, распознавания, классификации изображений микрообъектов и интерфейс ПК. На рис. 4 проиллюстрирована модульная структура ПК идентификации, распознавания, классификации изображения микрообъектов.

Диаграмму классов ПК соответствуют описания иерархии классов. В диаграмме даны названия классов, указаны используемые переменные и их типы, методы объектов в классе.

Установлено следующие преимущества ПК, который проектирует область поиска оптимума с меньшей размерностью. При этом, сохраняется топологии сети с меньшей ошибкой аппроксимации, вместе «поштучной» обработки образцов применяется по векторное их представление, нужная корректировка данных после обработки каждого образца изображения производится в сенсорное поле. Положительные свойства ПК достигаются за счет типовых инструментов идентификации: трехслойной НС совместно с динамическими моделями; со инструментами визуального слежения смещения точек; редукции числа неинформативных, локальных признаков, точек на контуре; устранения окклюзии, шума; смази точек, сдвигов и других дефектов, а также при выделении границ, снижении влияний составных фрагментов, освещении и тени точек, фильтрации, контроля погрешности.

На рис. 5 а), б) показаны графики функционала $E(x, y)$, которые построены при изменении точек на контуре по оси ОХ и ОУ с β - разреженностью а) 36×36 ; б) 64×64 . Графики получены, при условиях: 1, когда $\beta = 0,5$; 2, когда $\beta = 1,5$; 3, когда $\beta = 2,5$; 4, когда $\beta = 3,5$; 5, когда $\beta = 4,5$.

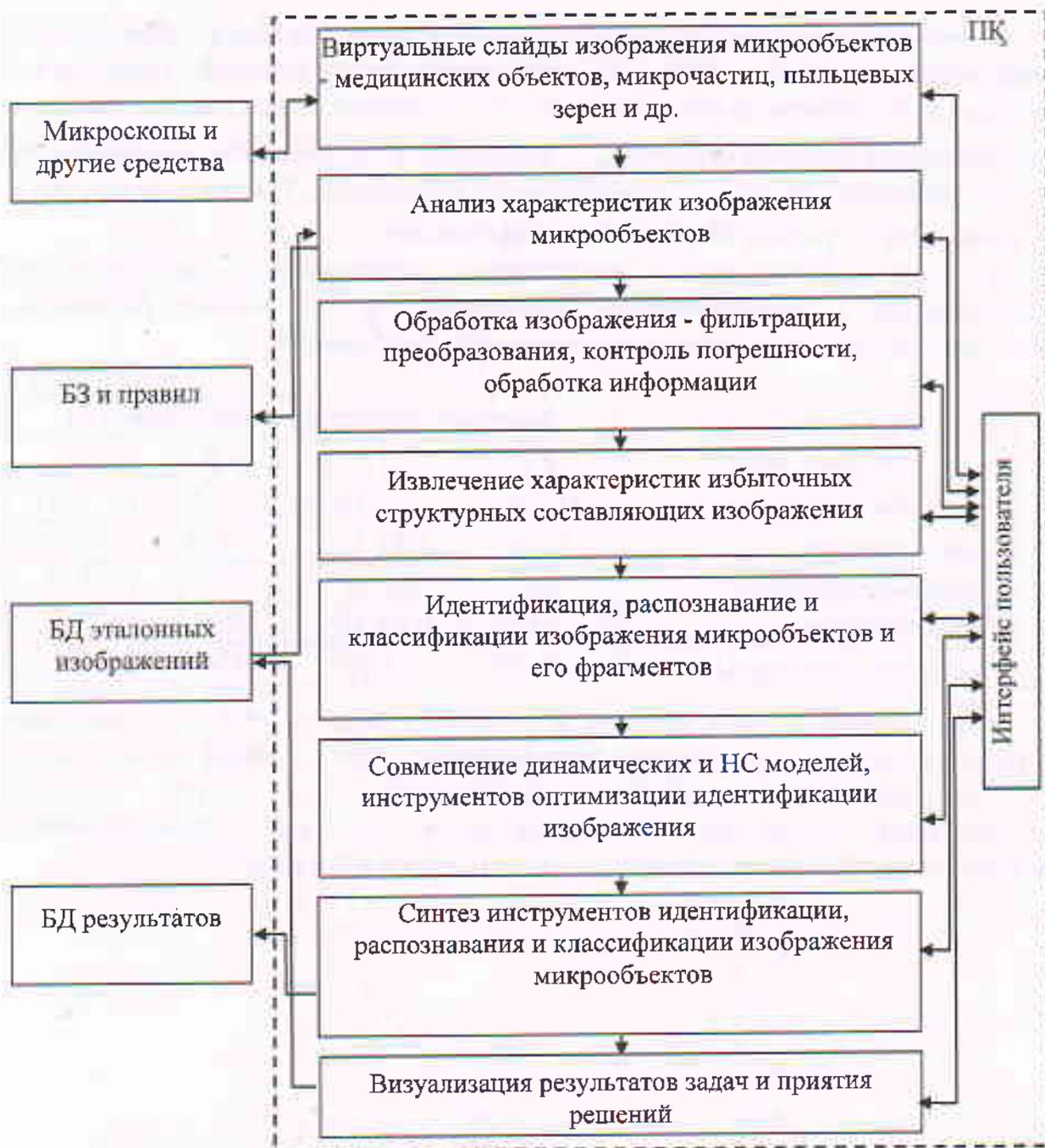


Рис. 4. Модульная структура ПК.

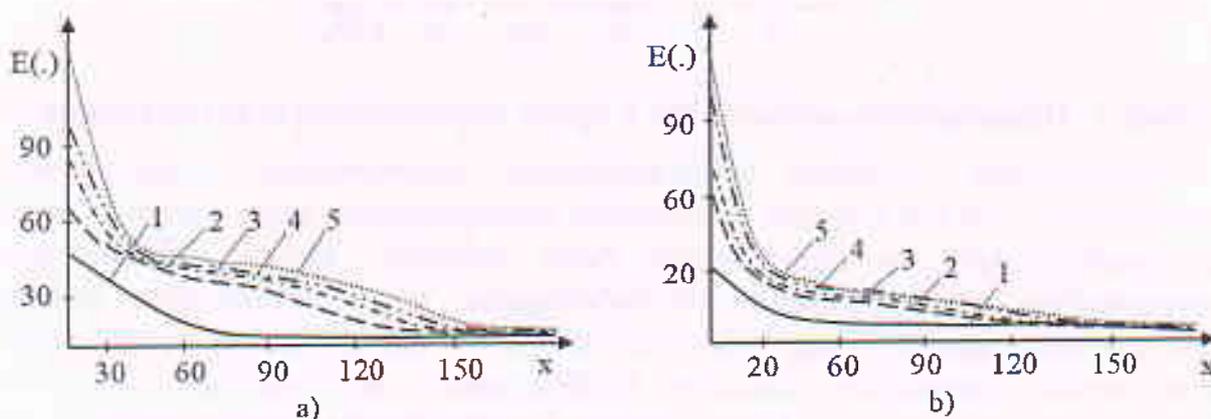


Рис. 5. Эффективность ПК.

За счет применения ПК уровень автоматизации обработки информации повышается не менее 10%, по сравнению традиционной технологии. Исследование проведено по критериям P_D – достоверность распознавания и классификации микрообъектов, $P_{ош}$ – вероятность ошибочного распознавания и классификации, $P_D/P_{ош}$ – коэффициента выигрыша; T, C – коэффициенты трудоемкости и стоимости обработки информации.

В табл.1 приведены результаты оптимизации достоверности распознавания и классификации микрообъектов на основе различных инструментов, использующие характеристики изображений.

Таблица 1

№	Характеристики оптимизации	Значения критериев эффективности			
		P_D	$P_D/P_{ош}$	T	C
1	Статистические	$12 \cdot 10^{-5}$	$0,35 \cdot 10^{-1}$	6-7	3-4
2	Динамические	$2,34 \cdot 10^{-5}$	$0,62 \cdot 10^{-1}$	8-9	3-4
3	Морфометрические	10^{-5}	$0,3 \cdot 10^{-1}$	10-12	5-7
4	Геометрические	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$0,44 \cdot 10^{-2}$	10-13	8-9
5	Частотно- спектральные	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$0,3 \cdot 10^{-2}$	13-15	10-12

Установлено, что при средней вероятности ошибок $10^{-4} - 10^{-5}$ значение временных затрат на повышение достоверности распознавания коллекции из 100 изображений микрообъектов сокращается до 1,1 часа, значение коэффициента выигрыша увеличивается в 3-5 раза, коэффициенты трудоемкости обработки информации уменьшаются 5-6 раза.

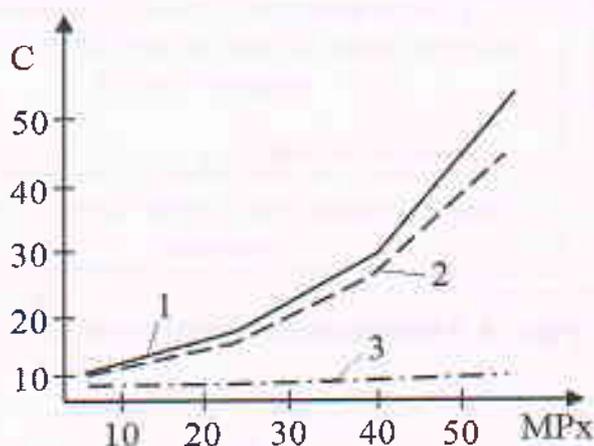


Рис. 6. Производительность ПК в среде параллельных вычислений.

Повышение точности идентификации медицинских микрообъектов достигается при следующих операциях: наращивание числа опорных точек по преобладанию в окрестности фона объекта; сжатие изображений микрочастиц путем удаления изолированных точек; утолщение контура изображений микрочастиц объекта путем удаления внутренних точек; определение связанные области изображения микрочастиц на основе значения яркости точек. Когда размер изображения увеличивается, как

4000 × 2000, тогда производительность ПК, т.е. скорость обработки информации увеличивается до 24 %. Из которого 19% принадлежит инструменту преобразования изображения в пространствах RGB и HSV в среде параллельных вычислений пакета «CUDA». На рис. 6 представлены графики производительности ПК С, достигнутые в среде параллельных вычислений «CUDA». График со сплошной линией, соответствует CPU RGB; график со штриховой линией, соответствует GPU RGB0; график со штрихпунктирной линией, соответствует GPURGB, которые слились в один. Установлено, что при первом наборе точек распознавание микрочастиц производится с достоверностью до 74%, а во втором наборе до 87%, в третьем наборе до 86%, четвертом наборе до 84%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты диссертационного исследования по теме: «Методы оптимизации идентификации микрообъектов на основе свойств избыточных структурных составляющих изображений» сводятся к следующим основным выводам:

1. Разработаны конструктивные подходы, принципы, механизмы и средства идентификации, распознавания и классификации микрообъектов, направленных на использовании избыточных структурных составляющих изображения микрообъектов, а также статистических, динамических, текстурных, гистограммных, морфометрических, геометрических характеристик, методология которых очень востребованы при решении задач систем палинологии, охраны окружающей среды, экологии, медицины, горной добычи и в других областях знаний.

2. Предложена методика оценки погрешности при идентификации, фильтрации, преобразовании изображения. Получены общее и частные решения задач контроля по порогам допустимых значений, приращений, погрешности моделей предсказаний точек контура, а также использования инструментов нелинейного, стохастического поиска, которые способствует достижению высокой точности идентификации микрообъектов.

3. Разработаны обобщенные алгоритмы, совмещаемые с НС динамических моделей, инструментами выделения свойств и характеристик изображения, сегментации, удаления неоднородных частиц, шума, смази точек, сдвигов и других дефектов. Установлено, что проявляются высокая эффективность инструментов, использующих алгоритмов векторного квантования, конкуренции, гауссовых ядер, устранения импульсной помехи, шума, сохранения границ, а также вейвлет – преобразования.

4. Проведена оптимизация идентификации микрообъектов на основе синтеза инструментов выделения свойств и характеристик изображения, контрастирования, сегментации, бинаризации, аппроксимации точек, слежению за смещением в скользящем «окне». Определено, что при этом ПК ярко проявляет высокую достоверность распознавания и классификации и точности идентификации изображения.

5. Реализован ПК, его функциональные модули эффективность, которых протестированы при решении задач на основе анализа пылевых зерен: селекции и семеноводство зерновых культур; исследования заболеваний граждан аллергией, загрязненности атмосферы региона, изучения больных с патологией туберкулеза легких; оценке ингредиентного состава пищевых продуктов. Рекомендовано применение ПК в различных областях знаний, который позволяет повысить точность идентификации до 98,3%, скорости обработки информации 2 раза, достоверности распознавания и классификации микрообъектов от 19% до 24%, уменьшить значения коэффициентов трудоемкости обработки информации 3-5 раза, а материальные затраты на 20%.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
PhD.03/29.12.2023.T.02.12 AT SAMARKAND STATE UNIVERSITY
NAMED AFTER SHAROF RASHIDOV**

**SAMARKAND STATE UNIVERSITY
NAMED AFTER SHAROF RASHIDOV**

SAFAROV RUSTAM ABDULLAYEVICH

**METHODS FOR OPTIMIZING MICRO-OBJECT IDENTIFICATION
BASED ON THE PROPERTIES OF REDUNDANT STRUCTURAL
COMPONENTS OF IMAGES**

05.01.02 – System analysis, management and information processing

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

Samarkand – 2025

The theme of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission of the Ministry of Higher Education, Science And Innovation of the Republic of Uzbekistan under number B2022.2.PhD/T2827.

The dissertation has been prepared at Samarkand State University named after Sharof Rashidov. The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website (www.samdu.uz) and on the website of "ZiyoNet" Information and Educational portal (www.ziynet.uz).

Scientific adviser: **Jumanov Isroil Ibragimovich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents : **Kalandarov Palvan Iskandarovich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Gulyamov Javlon Nurillayevich
Doctor of Philosophy (PhD) on technical sciences

Leading organization: **Tashkent State Technical University named after Islom Karimov**

The defense will take place " 7 " January 2025 at 13⁰⁰ at the meeting of scientific council PhD.03/29.12.2023.T.02.12 at Samarkand state university named after Sharof Rashidov (Address: 140104, Samarkand, University street, 15. Tel.: (99866) 239-11-40; Fax: (99866) 239-11-40; E-mail: devonxona@samdu.uz.)

The dissertation is available at the Information Resource Centre of Samarkand state university named after Sharof Rashidov (is registered under 128). (Address: 140104, Samarkand, University street, 15. Tel.: (99866) 239-11-40; Fax: (99866) 239-11-40).

Abstract of the dissertation sent out on " 24 " December 2024 y.
(mailing report № 3 on " 23 " December 2024 y.).




A.R.Akhatov
Chairman of the scientific council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, professor


F. M.Nazarov
Scientific secretary of scientific council
awarding scientific degrees,
Doctor of Philosophy (PhD)
on technical science, docent


X.A.Primova
Chairman of the academic seminar
under the scientific council awarding scientific
degrees, Doctor of Technical Sciences, docent

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work. Development of methods for optimal identification, recognition, and classification of micro-objects based on the use of properties and characteristics of the structural components of the image of micro-objects.

The object of the research work are image processing processes - pollen, microscopic objects, medical objects of systems of palynology, ecology, grain selection, diagnosis of patients.

The scientific novelty of the research work is as follows:

models and algorithms for optimal identification of micro-objects have been developed, using the properties of redundant structural components of the image, based on statistical, dynamic, morphometric, geometric, histological, frequency and spectral characteristics of points on the image contour;

mechanisms for identifying micro-objects have been developed, focused on the use of tools based on point, non-linear checks of the correspondence of the input and reference contours of the image, segmentation, reduction of redundant points, reduction of the raster dimension, scaling and multi-level control;

mechanisms for identifying images of micro-objects have been developed based on the synthesis of tools for adequate description, setting up variable hybrid models, using statistical, correlation, logical connections, the dynamics of a sequence of points, as well as neural networks of various architectures;

mechanisms for identifying micro-objects have been developed based on tools for filtering defective points using Gaussian filters, medians based on hard and soft thresholds, as well as tools for monitoring the boundaries of acceptable values of contour point errors, increments, extrapolation errors, and determining the brightness of image contour points.

Implementation of the research results. Based on the scientific results obtained in the framework of the dissertation research on the topic "Methods for optimizing the identification of micro-objects based on the properties of redundant structural components of images":

point and nonlinear verification of the correspondence of the contours of the input and reference images, segmentation, reduction of zero points, reduction of the raster dimension, scaling, multi-level control of points, the implemented software was used at the Research Institute of Dry Farming in Gallaaral to solve the problems of "Breeding and Seed Production of Grain" (certificate No. 33-8 / 3411 dated May 23, 2024, the Ministry of Digital Technologies of the Republic of Uzbekistan). As a result, the developed software increased the reliability of recognition and classification of microparticles from 84% to 87%, and the labor intensity of information processing was reduced by 3-4 times;

using tools for using statistical, correlation, logical, morphological characteristics, connections of points, their dynamics, distortion of information and error control, the developed software was used to solve problems when calculating the ingredient composition of food products in the "Services for Sanitary and Epidemiological Welfare and Public Health" of Jizzakh (certificate No. 33-8 / 3411

dated May 23, 2024, the Ministry of Digital Technologies of the Republic of Uzbekistan). As a result, the developed software increased the reliability of recognition and classification of microparticles from 84% to 87%, and the labor intensity and cost of information processing were reduced by 3-4 times;

tools for adequate description, variable settings, error control at the boundaries of permissible values of contour points, increments, extrapolation and filtering, as well as forecasting technical and economic indicators of the activities of the Samarkand branch of Uzbektelecom (certificate No. 33-8 / 3411 dated May 23, 2024, the Ministry of Digital Technologies of the Republic of Uzbekistan). The software tool made it possible to increase the identification accuracy to 98.3%, increase the speed of information processing by 2 times, and the reliability of recognition and classification of micro-objects by 19%.

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

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть; Part I)

1. Jumanov I.I., Djumanov O.I., Safarov R.A. Algorithmic synthesis of computational schemes for optimization of identification and image recognition of micro-objects // Book Chapter: Artificial Intelligence, Blockchain, Computing and Security: Volume 2, 2023, pp. 629–636. (№3, Scopus).

2. Ibragimovich J.I., Isroilovich D.O., S.R. Abdullayevich. Recognition and classification of pollen grains based on the use of statistical, dynamic image characteristics, and unique properties of neural networks // Book Chapter: Advances in Intelligent Systems and Computing, 2021, 1323 AISC, pp. 170–179. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68004-6_22 (№3, Scopus).

3. Жуманов И.И., Джуманов О.И., Сафаров Р.А. Оптимизация обработки изображений с использованием характеристик и особенностей пыльцевых зерен // Химическая технология. Контроль и управление. // Международный научно-технический журнал // 2019, №6 (90) pp.71-78.(05.00.00; №12).

4. Жуманов И.И., Джуманов О.И. Сафаров Р.А. Распознавание изображений микрообъектов на основе разрежения точек информационно-структурных составляющих // Химическая технология. Контроль и управление. // Международный научно-технический журнал 2022, №3(105) pp.81-89. (05.00.00; №12).

5. Жуманов И.И. Сафаров Р.А. Оптимизации распознавания изображений пыльцевых зерен на основе параметрической идентификации // Международный Журнал Теоретических и Прикладных Вопросы Цифровых Технологий, 2024, 7(3), –С. 80-86. (05.00.00; №342/3 son OAK qarori).

6. I.I. Jumanov, O.I. Djumanov R.A. Safarov. Recognition of micro-objects with adaptive models of image processing in a parallel computing environment // XIV International Scientific and Technical Conference "Applied Mechanics and Systems Dynamics" (AMSD) // Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1791. 2020, Russia. doi:10.1088/1742-6596/1791/1/012099 (№3, Scopus).

7. I.I. Jumanov, R.A. Safarov. Optimization of recognition of micro-objects based on reducing excessive information structures of images // Journal of Physics: Conf. Series, vol. 2373, Mechanical, Electrical, Electronic Engineering and Innovative Technologies, 2022. DOI 10.1088/1742-6596/2373/7/072030 (№3, Scopus).

8. Jumanov I.I., R.A. Safarov. Optimization of identification and recognition of micro-objects based on the use of specific image characteristics // Book Chapter: Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, 2023, 180, pp. 478–487. (№3, Scopus).

9. Ibragimovich, J.I., Isroilovich, D.O., Abdullayevich, S.R. Optimization of identification of micro-objects based on the use of characteristics of images and properties of models // 2020 International Conference on Information Science and

Communications Technologies, 2020, 9351483. (Scopus) (30.10.2020 №287/9-son rayosat qarori).

10. Jumanov I.I., Safarov R.A., Djumanov O.I. Correction of distortions in signal characteristics of technological parameters based on wavelet analysis // International Conference on Information Science and Communications Technologies -Applications, Trends and Opportunities - ICISCT 2023 pp. 124-129. 28-30 Sep. Tashkent, Uzbekistan (29.08.2023 №342/3 – son rayosat qarori).

II bo‘lim (II часть; Part II)

11. Jumanov I.I., Safarov R.A. Correction of detected values of distorted image points based on truncated matrix filters // International Conference on Information Science and Communications Technologies -Applications, Trends and Opportunities - ICISCT 2023, pp. 319-325. 28-30 Sep. Tashkent, Uzbekistan 29.08.2023 №342/3 – son rayosat qarori).

12. Jumanov, I.I., Djumanov, O.I., Safarov, R.A. Optimization of identification of images of micro-objects taking into account systematic error based on neural networks // International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2020, 2020, pp. 626–631, 9208164 (Scopus).

13. Jumanov, I.I., Djumanov, O.I., Safarov, R.A. Methodology of Optimization of Identification of the Contour and Brightness-Color Picture of Images of Micro-Objects // International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2021, 2021, pp. 190–195. (Scopus).

14. Isroil Jumanov, Rustam Safarov. Optimization of the processing of images of pollen grains based on the use of their specific characteristics and geometric features // AIP Conference Proceedings 2637, 040016, 2022. (Scopus)

15. Jumanov, I.I., Djumanov, O.I., Safarov, R.A. Mechanisms for optimizing the error control of micro-object images based on hybrid neural network models // AIP Conference Proceedings, 2021, 2402, 030018. (Scopus).

16. Isroil Jumanov, Olim Djumanov and Rustam Safarov. Improving the quality of identification and filtering of micro-object images based on neural networks // 2nd International Conference on Energetics, Civil and Agricultural Engineering (ICECAE 2021) // E3S Web Conf. Vol 304, 01007, 2021. (Scopus).

17. Jumanov, I.I., Safarov, R.A., Xurramov, L.Ya. Optimization of micro-object identification based on detection and correction of distorted image points // AIP Conference Proceedings, 2021, 2402, 070041. (Scopus).

18. Jumanov, I.I., Safarov, R.A., Djumanov, O.I., Mechanisms for using image properties and neural networks in identification of micro-objects // The 16th IEEE International Conference // Application of Information and Communication Technologies // 12-14 Oct 2022 | Washington DC. (Scopus).

19. Жуманов И.И., Сафаров Р.А. Идентификации микрообъектов на основе использования текстурных и геометрических особенностей изображений. Научный вестник СамГУ, Серия “Точные и Естественные Науки” 2023, № 1 (137/2), Стр. 9-18.

20. Jumanov, I.I., Safarov, R.A., Djumanov, O.I. Detection of distorted points on images of micro-objects based on the properties and peculiarities of the wavelet - transformation // International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2022, 2022, pp. 794–799. (Scopus).

21. Isroil I. Jumanov, Rustam A. Safarov Improving the efficiency of recognition of micro-objects based on the use of redundant information structures of images. AIP Conf. Proc. 2700, 040022. 2023.

22. Jumanov, I., Safarov R. "Optimization of recognition of microorganisms based on histological information structures of images." 2023 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing. 2023. 23240937 pp. 679-684.

23. Джуманов О.И. Сафаров Р.А. Программный комплекс распознавания и классификации микрообъектов на основе применения нейронной сети // V Международная научно-практическая конференция «Наука и образование в современном мире: вызовы XXI века», Астана, Казахстан, 2019, с. 318-322.

24. Safarov R.A. Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirishning zamonaviy holati va istiqbollari" mavzusidagi Respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjumani 2022-yil 22-23-dekabr. Guliston Davlat Universiteti 2022.

25. Jumanov, Isroil I., Rustam A. Safarov, and Olimjon I. Djumanov. "Optimization of micro-object identification by correcting distorted image points." In 2023 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon), pp. 83-88. IEEE, 2023. DOI: 10.1109/SmartIndustryCon57312.2023.10110801.

26. Джуманов О.И. Сафаров Р.А. Модифицированная технология идентификации яркостно – цветовой картины микрообъектов в системах компьютерного зрения изображений // Международная конференция «Актуальные проблемы прикладной математики и информационных технологий», НУУз, 14-15 ноября 2019 г. - Ташкент, 2019, с.233-234.

27. Jumanov I.I., Safarov R.A. Optimization of recognition of micro-objects based on the use of morphometric characteristics of images // Наука, технологии, общество: экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий // III Всероссийская научная конференция с международным участием НТО-III-2022. pp. 93-108. // Изд.: Общественное учреждение "Красноярский краевой Дом науки и техники Российского союза научных и инженерных общественных объединений", 2022.

28. Jumanov I.I., Safarov R.A. Optimization of recognition of micro-organisms based on histological information structures of images // Uzbekistan-Malaysia international conference on "Computational models and technologies (CMT2022)", pp.82-83. Tashkent 2022.

29 Jumanov, I.I., Safarov, R.A. Optimization of Identification of Micro-Objects with Blurring of Image Points // Proceedings - 2023 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2023, 2023, pp. 549–554.

30. Сафаров Р.А., Бозоров Б.Б. Оптимизация обработки многомерных изображений микрообъектов в среде параллельных вычислений «CUDA» // Республиканская научно-практическая конференция» Роль искусственного

интеллекта в образовании": СамГУ, Каттакурганский филиал, 16-17 июня 2023 г., Vol. 1. pp. 334-336.

31. Jumanov I.I., Safarov R.A., Djumanov O.I. Error control of identification and filtering of micro-object images // Наука, технологии, общество: экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий // III Всероссийская научная конференция с международным участием НТО-III-2022, pp. 109-124. 2022.

32. Джуманов О.И. Сафаров Р.А. Идентификация микрообъектов в системах компьютерного зрения с определением границ на контуре изображения // Республиканская научно-техническая конференция «Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении», Самарканд, 5-6 сентября 2019 г. – Ташкент, 2019. – с. 276-282.

33. Safarov R.A. Оптимизация обработки изображений пыльцевых зерен на основе использования метрических характеристик // Мухаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети Фаргона филиали "Ёш олимлар, докторантлар ва тадқиқотчиларнинг онлайн илмий форуми" 25.02.2023.

34. Жуманов И.И., Джуманов О.И., Сафаров Р.А., Холмонов С.М. Программный комплекс распознавания микрообъектов медицинской диагностики на основе статистических и динамических характеристик изображений // Интеллектуал мулк агентлиги гувоҳнома, № DGU 15669, 25.04.2022.

35. Жуманов И.И., Джуманов О.И., Сафаров Р.А., Холмонов С.М. Тасвирлар морфометрик ва текстура таснифлари бўйича медицина диагностикаси микрообъектларини таниш ва синфлаштириш дастурий мажмуаси // Интеллектуал мулк агентлиги гувоҳнома, № DGU 35019, 16.03.2024.

36. Жуманов И.И., Джуманов О.И., Сафаров Р.А., Холмонов С.М. Тасвирлар статистик ва динамик таснифларидан фойдаланиш бўйича медицина диагностикаси учун микроорганизмларни танувчи дастурий мажмуа // Интеллектуал мулк агентлиги гувоҳнома, № DGU 35312, 26.03.2024.

Avtoreferat Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universitetining
"Ilmiy axborotnoma" jurnali tahririyatida tahrirdan o'tkazildi (20.12.2024).

Bosmaxona tasdiqnomasi:



4268

2024-yil 21-dekabrda bosishga ruxsat etildi:
Ofset bosma qog'oz. Qog'oz bichimi 60x84_{1/16}.
"Times new roman" garnituras. Ofset bosma usuli.
Hisob-nashriyot t.: 2,8. Shartli b.t. 2,4.
Adadi 100 nusxa. Buyurtma №21/12.

SamDCHTI tahrir-nashriyot bo'limida chop etildi.
Manzil: 140104, Samarqand sh., Bo'stonsaroy ko'chasi, 93.