

**RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VA SUN'IY INTELLEKTNI
RIVOJLANTIRISH ILMIY-TADQIQOT INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.13/30.12.2021.T.142.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VA SUN'IY INTELLEKTNI
RIVOJLANTIRISH ILMIY-TADQIQOT INSTITUTI**

TUXTAMURODOV NOZIR ULMAS O'G'LI

**SINGULYARLIK SHAROITLARIDA MA'LUMOTLARNI
INTELLEKTUAL TAHLIL QILISH ALGORITMLARI**

05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt

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

Toshkent– 2024

**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**

Tuxtamurodov Nozir Ulmas O'g'li Singulyarlik sharoitlarida ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish algoritmlari.....	3
Тухтамурдов Нозир Улмас угли Алгоритмы интеллектуального анализа данных в условиях сингулярности....	21
Tukhtamurodov Nozir Ulmas ugli Algorithms of data mining under singularity.....	41
E'lon qilingan ishlar ro'uxati Список опубликованных работ List of published works.....	42

**RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VA SUN'IY INTELLEKTNI
RIVOJLANTIRISH ILMIY-TADQIQOT INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.13/30.12.2021.T.142.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VA SUN'IY INTELLEKTNI
RIVOJLANTIRISH ILMIY-TADQIQOT INSTITUTI**

TUXTAMURODOV NOZIR ULMAS O'G'LI

**SINGULYARLIK SHAROITLARIDA MA'LUMOTLARNI
INTELLEKTUAL TAHLIL QILISH ALGORITMLARI**

05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt

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

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.3.PhD/T4804 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.airi.uz) va "Ziyonet" Axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar: **Muxamediyeva Dilnoz Tulkunovna**
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar: **Mamatov Narzillo Solidjonovich**
texnika fanlari doktori, professor

Raxmanov Xoshim Erdanovich
texnika fanlari falsafa doktori

Yetakchi tashkilot: **Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti huzuridagi DSc.13/30.12.2021.T.142.01 raqamli Ilmiy kengashning 2024 yil "____" _____ soat ____ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100125, Toshkent shahar, Mirzo Ulug'bek tumani, Bo'z-2 dahasi, 17A-uy. Tel.: (99871) 263-41-98, e-mail: info@airi.uz).

Dissertatsiya bilan Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (____ raqam bilan ro'yxatga olingan.). (Manzil: 100125, Toshkent shahar, Mirzo Ulug'bek tumani, Bo'z-2 dahasi, 17A-uy. Tel.: (99871) 263-41-98).

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil "____" _____ kuni tarqatildi.
(2024 yil "____" _____ dagi _____ raqamli reyestr bayonnomasi)

N. Ravshanov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash raisi, t.f.d., professor

F.M. Nuraliyev
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash ilmiy kotibi, t.f.d., dotsent

Sh.X. Fozilov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash qoshidagi ilmiy seminar
raisi, t.f.d., professor

KIRISH ((PhD) doktorlik dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Dunyoda qishloq xo‘jaligida ma‘lumotlarni intellektual tahlili, raqamli ishlov berish va tahlil qilish tizimlarini rivojlantirishga alohida e‘tibor berilmoqda. Qishloq xo‘jalik sohasidagi ma‘lumotlarning intellektual tahlili, mevalar barglari kasalliklarini aniqlash uchun, qishloq xo‘jalik mahsulotlari samaradorligini oshirish va barqarorligini ta‘minlashda muhim rol o‘ynaydi. Bu yo‘nalishdagi dolzarb muammolar sirasiga sun‘iy ong va yumshoq hisoblash asosidagi modellar, usullar va algoritmlarni ishlab chiqish, takomillashtirish va joriy etish masalalarini kiritish mumkin. Hozirgi vaqtda rivojlangan mamlakatlarda, jumladan AQSh, Xitoy, Rossiya Federatsiyasi, Angliya, Germaniya, Hindiston, Fransiya va boshqa mamlakatlar, sun‘iy intellekt va yumshoq hisoblashning nazariy va amaliy masalalari hal etilishiga katta e‘tibor berilmoqda.

Dunyoda ma‘lumotlarni intellektual tahlil qilish, raqamli ishlov berish va tasvirlarni aniqlash bo‘yicha noravshan algoritmlar yaratishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar ishlari olib borilmoqda. Xususan, ma‘lumotlarning intellektual tahlili sohasida Apple, Microsoft, Google, Sap, Oracle, Intel, Amazon, Salesforce, NVIDIA, Facebook (Meta) va IBM kabi yetakchi kompaniyalar va korporatsiyalarni misol sifatida keltirish mumkin.

Mamlakatimizda sun‘iy intellekt texnologiyalarining katta ahamiyati va salohiyatini e‘tirof etgan holda unga asoslangan tizimlarni ishlab chiqish va amaliyotga joriy etishga alohida e‘tibor qaratilmoqda. Xususan “Yerni masofadan zondlash ma‘lumotlari asosida tuproq va qishloq xo‘jaligi ekinlari holatini shuningdek, qishloq xo‘jaligi texnikasi, shu jumladan kombaynlar ishini monitoring qilish jarayonida sun‘iy intellekt texnologiyalarini qo‘llash”¹

Mazkur dissertatsiya tadqiqoti O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-4947-son Farmonlarida belgilangan vazifalarni bajarishga ma‘lum darajada xizmat qilmoqda. ”, 2017-yil 29-avgustdagi “Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari sohasida loyihalarni boshqarish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-3245-son, 2020-yil 5-oktabrdagi “Strategiyani tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-6079-son. “Raqamli O‘zbekiston – 2030” va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari”, 23.10.2019 yildagi “O‘zbekiston Respublikasining Qishloq xo‘jaligini rivojlantirishning 2020-2030-yillarda strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PQ-5853-sonli Prezidentning fevraldagi PQ-5349-son qarorlari. 2018 yil 19-son “Axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalari sohasini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”, 17.02.2021 yildagi PQ-4996-son “Sun‘iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun shart-sharoitlar yaratish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi, iyuldagi PQ-321-son. 2022 yil 14-sonli “Koreya Respublikasi Hukumatining grant mablag‘lari hisobidan O‘zbekiston qishloq xo‘jaligiga ilg‘or

¹ 1 O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021 yil 18 fevraldagi “Sun‘iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun shart-sharoitlar yaratish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-4996-son qarori

texnologiyalarni joriy etish chora-tadbirlari to‘g‘risida’gi qarori hamda ushbu sohada qabul qilingan boshqa me‘yoriy hujjatlar.

Ilmiy-tadqiqot ishining respublika fan va texnologiyasini rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlariga muvofiqligi. Ushbu tadqiqot fan va texnologiyalarni rivojlantirishning IV ustuvor yo‘nalishiga muvofiq amalga oshirildi. “Axborot va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish”.

Muammoni o‘rganish darajasi. Xorijiy olimlar L.A. Zade, E.X. Mamdani, M. Sugeno, Y. Tsukamoto, F. Smarandash, M. Abdel-Basset, V.I. Yunkerov, G. Rodrigo, L. Ferreyra T. Yaning ilmiy ishlari diqqatga sazovordir noravshan neytrosofik modellarni, tasvirlarni qayta ishlash va tanib olish usullari va algoritmlarini, neyron tarmoqlarni ishlab chiqish va takomillashtirish va ularni amaliyotga tatbiq etish bo‘yicha.

O‘zbekistonda obrazlarni anglash, intellektual tizimlarda bilimlarga ishlov berish, yashirin qonuniyatlarni aniqlash, alomatlar fazosi o‘lchamini qisqartirish va olingan natijalarning samaradorligini aniqlash bo‘yicha muvaffaqiyatga erishgan bir qator olimlarni ko‘rsatish mumkin, jumladan, akademik M.M. Komilov, T.F. Bekmuratov, F.B. Abutaliev, X.Z. Igamberdiev, Sh.H. Fozilov, F.T. Adilova, M.A. Rahmatullaev, N.A. Ignatiev va boshqalar ushbu sohalar rivojlanishiga o‘z hissalarini qo‘shib kelishmoqda.

Hozirgi vaqtda noravshan to‘plam texnologiyasidan foydalangan holda tasvirlarni oldindan qayta ishlashga asoslangan mavzu sohalarining ma‘lumotlarini intellektual tahlil qilish jadal rivojlanmoqda. Bu yo‘nalishda olib borilgan tadqiqotlar tahlili shuni ko‘rsatdiki, tasvirdagi noravshan to‘plam va kasalliklarni aniqlash texnologiyasi eng yaxshi va istiqbolli texnologiyalardan biridir. **Bundan tashqari, qishloq xo‘jaligi ekinlari barglari tasvirlarini oldindan qayta ishlash va tanib olish asosida tasvirni tahlil qilishning ishonchli va tezkor noravshan usullari va algoritmlarini ishlab chiqish muammosi etarlicha o‘rganilmagan.**

Dissertatsiya tadqiqoti va dissertatsiya tugallangan ilmiy muassasaning ilmiy tadqiqot rejalari o‘rtasidagi bog‘liqlik. Muhammad Al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universitetida Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari ilmiy-innovatsion markazining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga asosan BV-V-F4-011 mavzulari bo‘yicha ilmiy-tadqiqot loyihalari doirasida tadqiqot ishlari olib borildi. “Noaniqlik sharoitida intellektual tahlil ma‘lumotlarining noaniq muammolarini hal qilish usullari va algoritmlari” (2017-2020).

Tadqiqotning maqsadi – qishloq xo‘jaligi o‘simliklarining barglari kasalliklarini aniqlash dasturini va singulyarlik sharoitida intellektual tahlil qilish algoritmlarini ishlab chiqish.

Tadqiqot maqsadlari:

singulyarlik sharoitida ma‘lumotlarni intellektual tahlil qilish muammosini o‘rganish;

neytrosofik noravshan to‘plamlar nazariyasi elementlari asosida tasvirni oldindan qayta ishlash algoritmini ishlab chiqish;

singulyarlik sharoitida noravshan Sugeno modelini qurish algoritmini takomillashtirish;

barglar tasvirlari asosida alomatlarni hisobga olgan holda o‘simlik kasalliklarini tashxislashning gibrid algoritmini ishlab chiqish;

barglar tasvirlarining xususiyatlarini hisobga olgan holda o‘simlik kasalliklarini tashxislash uchun CNN arxitekturasini ishlab chiqish;

mavjud va taklif qilingan algoritmlar va hisoblash tajribasi asosida barglar tasvirlari asosidagi alomatlarni hisobga olgan holda o‘simlik kasalliklari diagnostikasi dasturini ishlab chiqish;

Tadqiqot obyekti –raqamli tasvirlar.

Tadqiqot predmeti – noravshan modellar, usullar va algoritmlar, neyron tarmoqlar, shuningdek, barglar tasvirlari asosidagi alomatlarni hisobga olgan holda o‘simlik kasalliklarini tashxislash uchun dasturiy ta‘minot.

Tadqiqot usullari. Ishdagi nazariy tadqiqotlar diskret matematika, qaror qabul qilish nazariyasi, noravshan to‘plamlar nazariyasi, neytrosifik to‘plamlar nazariyasi va neyron tarmoqlar nazariyasiga va tasvirni qayta ishlash, mashinali va chuqur o‘rgatish, obrazlarni aniqlashga asoslandi.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

neytrosifik noravshan to‘plamlar nazariyasi elementlari asosida tasvirga dastlabki ishlov berish algoritmi ishlab chiqilgan;

singulyarlik shartini hisobga olgan holda noravshan Sugeno modelini qurish algoritmi takomillashtirilgan;

barglar tasvirlari asosidagi **alomatlarni** hisobga olgan holda o‘simlik kasalliklarini tashxislashning gibrid algoritmi ishlab chiqilgan;

barg tasvirlarining xususiyatlarini hisobga olgan holda o‘simlik kasalliklarini tashxislash uchun CNN arxitekturasini ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

tasvirlarni oldindan qayta ishlash algoritmi va o‘simlik kasalliklarini tashxislashning gibrid algoritmi, shuningdek, barg kasalliklarining **informatsion** tasvir xususiyatlarini yaratish ishlab chiqilgan;

mavjud va taklif qilingan algoritmlar asosida barg tasvirlari **alomatlarni** hisobga olgan holda o‘simlik kasalliklarini tashxislash uchun dasturiy ta‘minot ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi noravshan to‘plamlar nazariyasi, neytrosifik noravshan to‘plam, obyektini aniqlash, raqamli tasvirni qayta ishlash, shuningdek, eksperimental tadqiqotlar bilan asoslangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati shu bilan izohlanadiki, ishlab chiqilgan algoritmlar tasvirni qayta ishlashning nazariy asoslarini yanada rivojlantirish, tasvir sifati va qayta ishlash sifatini oshirishga yordam beradi. Bu tasvir sifatini yaxshilash va singulyarlik sharoitida tasvirni qayta ishlash algoritmlari va qoidalariga ega avtomatlashtirilgan tizimlarni ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati ishlab chiqilgan dasturiy ta‘minotdan tasvirlarni raqamli qayta ishlash, tasvirni shakllantirish, sifatni yaxshilash va ekin barglari kasalliklarini aniqlashning turli avtomatlashtirilgan tizimlarini yaratishda foydalanish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarini amalga oshirish. Mavjud va taklif qilingan yondashuvlar, modellar, usullar va o'simlik kasalliklarini tashxislash algoritmlari asosida yaratilgan dasturiy ta'minot asosida, barglar tasvirlari asosidagi alomatlarini hisobga olgan holda:

Neytrosofik noravshan to'plamlar nazariyasi elementlari asosida tasvirga dastlabki ishlov berish algoritmiga, singulyarlik shartini hisobga olgan holda noravshan Sugeno modeliga, barglar tasvirlari asosidagi alomatlarini hisobga olgan holda o'simlik kasalliklarini tashxislashning gibril algoritmiga va barg tasvirlarining xususiyatlarini hisobga olgan holda o'simlik kasalliklarini tashxislash uchun ishlab chiqilgan CNN arxitekturasiga asoslanga dasturiy ta'minot Samarqand viloyati Nurobod tumani qishloq xo'jaligi bo'limida joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Qishloq xo'jaligi vazirligi Samarqand viloyati qishloq xo'jaligi boshqarmasining № 27-sonli ma'lumotnomasi). Natijada o'simlik kasalliklarini tashxislash vaqtini 9,5% ga qisqartirish va diagnostika aniqligini esa 4,7% ga oshirish imkonini bergan.

Neytrosofik noravshan to'plamlar nazariyasi elementlari asosida tasvirga dastlabki ishlov berish algoritmiga, singulyarlik shartini hisobga olgan holda noravshan Sugeno modeliga, barglar tasvirlari asosidagi alomatlarini hisobga olgan holda o'simlik kasalliklarini tashxislashning gibril algoritmiga va barg tasvirlarining xususiyatlarini hisobga olgan holda o'simlik kasalliklarini tashxislash uchun ishlab chiqilgan CNN arxitekturasiga asoslanga dasturiy ta'minot Samarqand viloyati Payariq tumani qishloq xo'jaligi bo'limida joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Qishloq xo'jaligi vazirligi Samarqand viloyati qishloq xo'jaligi boshqarmasining № 27-sonli ma'lumotnomasi). Natijada o'simlik kasalliklarini tashxislash vaqtini 10% ga qisqartirish va diagnostika aniqligini esa 5% ga oshirish imkonini bergan.

Neytrosofik noravshan to'plamlar nazariyasi elementlari asosida tasvirga dastlabki ishlov berish algoritmiga, singulyarlik shartini hisobga olgan holda noravshan Sugeno modeliga, barglar tasvirlari asosidagi alomatlarini hisobga olgan holda o'simlik kasalliklarini tashxislashning gibril algoritmiga va barg tasvirlarining xususiyatlarini hisobga olgan holda o'simlik kasalliklarini tashxislash uchun ishlab chiqilgan CNN arxitekturasiga asoslanga dasturiy ta'minot Samarqand viloyati Toyloq tumani qishloq xo'jaligi bo'limida joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Qishloq xo'jaligi vazirligi Samarqand viloyati qishloq xo'jaligi boshqarmasining № 27-sonli ma'lumotnomasi). Natijada o'simlik kasalliklarini tashxislash vaqtini 10,2% ga qisqartirish va diagnostika aniqligini esa 4,9% ga oshirish imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarini aprobatsiya qilish. Dissertatsiya tadqiqotining nazariy va amaliy natijalari 7 ta xalqaro va 5 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma'ruza qilindi va muhokama qilingan.

Tadqiqot natijalarini nashr etish. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha 16 ta ilmiy ishlar, shu jumladan, O'zbekiston Respublikasi OAK tomonidan doktorlik dissertatsiyalarining asosiy ilmiy natijalarini nashr etish uchun tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 7 ta maqola chop etilgan, shundan 3 tasi respublika, 4 tasi xorijiy jurnallar, EHM uchun dasturni rasmiy ro'yxatdan o'tkazish to'g'risidagi 4 ta sertifikat.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to‘rt bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 112 bet.

DISSERTASIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirishda dissertatsiya mavzusining aktualigi va dolzarbligi asoslanadi, tadqiqotning maqsad va vazifalari, tadqiqot obyekti va predmeti belgilanadi, tadqiqotning O‘zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlariga muvofiqligi ta‘minlanadi. ilmiy yangilik, tadqiqotning amaliy natijalari, olingan natijalarning ishonchliligini asoslaydi, natijalar tadqiqotining nazariy va amaliy ahamiyatini ochib beradi, tadqiqot natijalarini amaliyotga tatbiq etish, natijalarni nashr etish va dissertatsiya tuzilishi haqida ma‘lumot beradi.

Dissertatsiyaning **“Singulyarlik sharoitlarida ma‘lumotlarni intellektual tahlil qilish algoritmlarining nazariy asoslari”** nomli birinchi bobida ma‘lumotlarni singulyarlik sharoitlarida intellektual tahlil qilish muammolarining asosiy xarakteristikalari tahlil qilingan, singulyarlik muammosining umumiy ko‘rinishi ko‘rib chiqilgan va ma‘lumotlarni singulyarlik sharoitida intellektual tahlil qilish muammosi tahlil qilingan.

1.1-bo‘limda ma‘lumotlarni qidirishning asosiy vazifalari va usullariga bag‘ishlangan. Noravshan Sugeno modelini qurish masalalarida singulyarlik holati o‘rganiladi. Bundan tashqari, singular spektral tahlil (SSA) algoritmi keltirilgan.

1.2-bo‘limda Takagi-Sugeno (TS) noravshan model usullari, SVD (singular qiymat dekompozitsiyasi) ga asoslangan noravshan qoidalar, neytrosifik noravshan to‘plam usullari va tasvirni qayta ishlashda qo‘llanilishi, bargdagi kasallik maydonini aniqlash usullarining analitik sharhi va konvolyutsion neyron tarmog‘i (CNN). Ushbu bo‘lim, shuningdek, kasalliklarni aniqlashda qo‘llaniladigan barglar tasvirlari ma‘lumotlar bazalari va tanib olish tizimlarining muammolarini ko‘rib chiqadi.

1.3-bo‘lim yakkalik holatida ma‘lumotlarni intellektual tahlil qilishga bag‘ishlangan. SVD ni qisqartirish yondashuvi, asosan, aniq yaqinlashishga erishish uchun qoidalarni zich noravshan qismlarga bo‘lish orqali noravshan modelni ishlab chiqish orqali eng yaxshi ishni bajaradi. Shuningdek, ushbu bandda mavjud tizimlarning afzalliklari va kamchiliklari, shuningdek, ularning o‘ziga xos xususiyatlari, texnik va dasturiy ta‘minot talablari keltirilgan.

Dissertatsiyaning **"Singularlik sharoitini hisobga olgan holda tasvir sifatini miqdoriy baholash uchun noravshan Sugeno modelini qurish algoritmi"** ikkinchi bobi tasvir sifatini miqdoriy baholash uchun neyro-noravshan modelni qurishga bag‘ishlangan bo‘lib, uning qurilishi ko‘rib chiqiladi. Noravshan Sugeno modeli va tasvir segmentatsiyasiga neytrosifik yondashuv va segmentatsiya algoritmining blok diagrammasini taqdim etadi.

2.1-bo‘lim yakka qiymatli dekompozitsiyaga asoslangan ma‘lumotlarning o‘lchamini kamaytirishga bag‘ishlangan. Qishloq xo‘jaligi ekinlari barglari tasvirida misol muammosi ko‘rib chiqiladi.

Asosiy komponentlar tahlili (PCA) va Singular Value Decomposition (SVD) ma‘lumotlarning o‘lchamini kamaytirishning ikkita chambarchas bog‘liq usullaridir.

1-qadam: Ma‘lumotlarni markazlashtirish

Har bir ustunning o‘rtacha qiymatini ayirish orqali X ma’lumotlar matritsasini markazlashtiramiz:

$$C_{centered} = X - \mu.$$

2-qadam: Kovarians matritsasini hisoblang

Kovarians matritsasini hisoblang:

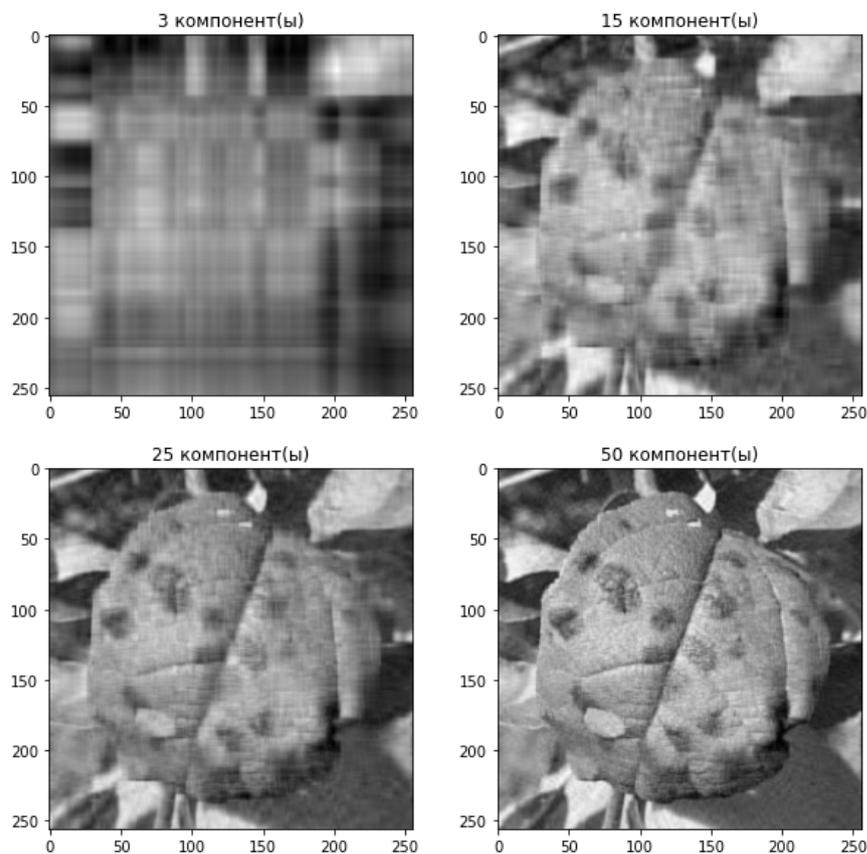
$$C = \frac{1}{m} X_{centered}^T X_{centered}.$$

3-qadam: xos vektorlar va xos qiymatlarni topish.

Kovariatsiya matritsasi hisoblanganda $C = \frac{1}{m} X_{centered}^T X_{centered}$ kovariatsiya matritsasi hisoblanganda, ayniqsa xususiyatlar (ustunlar) soni n , belgilar (qatorlar) soni m dan oshib ketganda, singulyarlik muammosi paydo bo‘lishi mumkin.

Bu holda $X_{centered}^T X_{centered}$ matritsa bir yoki birlik bo‘ladi, ya’ni uning determinanti nolga teng va teskari matritsaga ega emas. Bu xos vektorlar va xos qiymatlarni keyingi hisob-kitoblarni qiyinlashtiradi. Bunday holda, SVD (Singular Value Decomposition) yordamida o‘lchamlarni kamaytirish ishlatilgan.

$$X_k = \sum_{l=1}^k \sigma_l u_l v_l.$$



1-rasm. Tasvirni turli xil komponentlar bilan tiklash

2.2-bandda biz tasvir sifatini miqdoriy baholash uchun neyro-noravshan modelni quramiz. Shuningdek, ushbu paragrafda olti darajali va boshlang‘ich nol

darajasini o'z ichiga olgan original va qayta ishlangan tasvir sifatini miqdoriy baholash uchun neyro-noravshan tarmoq taklif etiladi.

2.3-bo'limda Sugeno noravshan bilimlar bazasidan foydalangan holda, Sugeno noravshan modelini qurish ko'rib chiqiladi. Biz noaniq tanib olish muammosini Sugeno noravshan-mantiqiy xulosalar bazasi natijalariga asoslangan va ma'lumotlar qaydlari orasidagi minimal og'ishlarni ta'minlaydigan bunday qoida xulosasi koeffitsientlarini aniqlash sifatida ko'rib chiqamiz.

Quyidagilar berilgan deb taxmin qilinadi:

1) Eksperimental namunalarni tahlil qilish

(x_r, y_r) $r = \overline{1, M}$, bu yerda $x_r = (x_{r,1}, x_{r,2}, \dots, x_{r,m})$ r -chi juftlikning kirish vektori va y_r adekvat chiqish.

2) Takagi-Sugeno noravshan ekspert tizimining shartlari:

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} \left(\bigcap_{j=1}^n x_i = a_{i,jp} \text{ vazn } w_{jp} \right) \rightarrow y = (b_{j,0}, b_{j,1} \cdot x_1 + b_{j,2} \cdot x_2, \dots, + b_{j,n} \cdot x_n) \quad j = \overline{1, m}$$

Kvadrat nomuvofiqlikni minimal darajaga tushiruvchi $B = (b_{1,0}, b_{2,0}, \dots, b_{m,0}, b_{1,1}, b_{2,1}, \dots, b_{m,1}, \dots, b_{1,n}, b_{2,n}, \dots, b_{m,n})^T$ qoidalarda berilgan yechimlarga mos keladigan koeffitsientlarni topish kerak.

$$\sum_{r=1}^M (y_r - y_r^f)^2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

bu yerda y_r^f - noravshan bilimlar bazasiga va tanlamaning r -qatoridagi kirishlar qiymatidagi B parametrlariga asoslangan xulosa. Matritsa shaklida (1) masala quyidagicha bo'ladi: B vektorni shunday topish kerak

$$E = (Y - Y^f)^T \cdot (Y - Y^f) \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$Y = A \cdot B, \quad (3)$$

Agar (3) tenglamaning yechimi qanoatlansa, kvadratik nomuvofiqlik E $Y^f = Y$ nuqtada minimal bo'ladi.

Haqiqiy sharoitda sozlanishi mumkin bo'lgan parametrlar soni $m \cdot (n + 1) < M$ ma'lumotlar namunasi hajmidan kamroq, shuning uchun (3) tenglama aniq yechimni taqdim etmaydi. Bunday vaziyatda yechimni topish uchun matritsa psevdoinversiyalaridan foydalanish mumkin. A :

$$B = (A^T \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot Y. \quad (4)$$

(4) muammoni yechishda yuzaga keladigan muammolar matritsaning mumkin bo'lgan yagonaligi tufayli yuzaga keladi. Bunday holda, ushbu muammoni hal qilish uchun ikkita algoritm taklif etilgan:

1. Kalman filtri yordamida quyidagi iterativ algoritmdan foydalanib, B vektorni topish mumkin:

$$B^{<0>} = 0 \text{ va } w^{<0>} = w \cdot I, \quad W^{<k+1>} = W^{<k>} - \frac{W^{<k>} \cdot A^{<k+1>} (A^{<k+1>})^T W^{<k>}}{1 + (A^{<k+1>})^T \cdot W^{<k>} \cdot A^{<k+1>}},$$

$$B^{<k+1>} = B^{<k>} + W^{<k+1>} \cdot A^{<k+1>} (y_{k+1} - (A^{<k+1>})^T \cdot B^{<k>}), k = \overline{0, M-1},$$

bu erda w katta musbat son, I – birlik matritsasi; $\langle \dots \rangle$ - takrorlash raqami burchakli qavslarda raqam sifatida ko‘rsatiladi.

2. Singular dekompozitsiya (SVD) algoritmiga ko‘ra:

$$B = (A^T A)^{(-1)} A^T Y = X^{(-1)} A^T Y,$$

$$X = A^T A = USV^T,$$

$$X^{(-1)} = VS^{(-1)}U^T,$$

$$B = VS^{(-1)}U^T R^T Q.$$

“Neytrosof noravshan to‘plamlar nazariyasi elementlariga asoslangan tasvirlarni oldindan qayta ishlash algoritmi” dissertatsiyasining uchinchi bobi bipolyar neyrosifik to‘plamdagi yarim ohangli tasvirning noaniqligini kamaytirish va aylantirilgan tasvir sifatini baholashga bag‘ishlangan.

3.1-bo‘lim bipolyar neyrosifik to‘plamda yarim tasvir noaniqligini kamaytirishni ko‘rsatadi.

Bipolyar-neyrosifik noravshan to‘plamlar nazariyasi elementlariga asoslangan tasvirni oldindan qayta ishlash algoritmi.

1-qadam. Pikel taqsimotini baholash uchun bipolyar neyrosifik to‘plamdagi entropiyani hisoblash.

$$En_{BNS} = \varepsilon(\mu_F^{T+}) + \varepsilon(\mu_F^{T-}) + \varepsilon(\mu_F^{F+}) + \varepsilon(\mu_F^{F-}) + \varepsilon(\mu_F^{I+}) + \varepsilon(\mu_F^{I-}),$$

bu yerda

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

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

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

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

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

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

2-qadam. Nochiziqli local kontrast transformatsiyasi $C(x, y)$

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

bu yerda

$$\begin{aligned}\varepsilon(\mu_F^1) &= \varepsilon(\mu_F^{T+}), \varepsilon(\mu_F^2) = \varepsilon(\mu_F^{T-}), \\ \varepsilon(\mu_F^3) &= \varepsilon(\mu_F^{F+}), \varepsilon(\mu_F^4) = \varepsilon(\mu_F^{F-}), \\ \varepsilon(\mu_F^5) &= \varepsilon(\mu_F^{I+}), \varepsilon(\mu_F^6) = \varepsilon(\mu_F^{I-}).\end{aligned}$$

3-qadam. Tasvirni tiklash

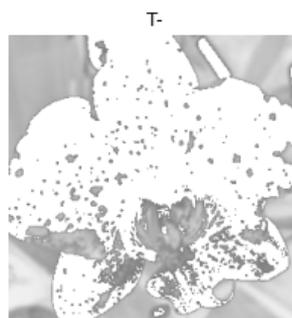
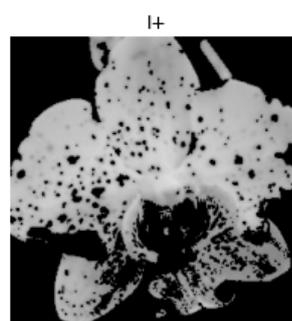
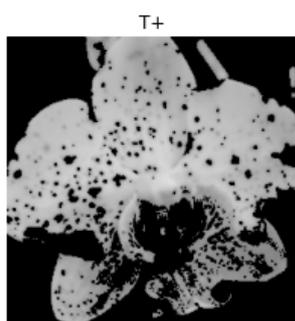
$$g_1^j(x, y) = f(x, y) + \left(\begin{array}{l} C_j^*(x, y) * n * m - \sum_{\forall(x, y) \in W_2} \\ -W_1 \left(\frac{\sum_{i=1}^k f_i(x, y) \mu_F^{ij}(x, y)}{\sum_{i=1}^k \mu_F^{ij}(x, y)} - f(x, y) \right)^2 h_f(f(x, y)) \end{array} \right)^{0.5},$$

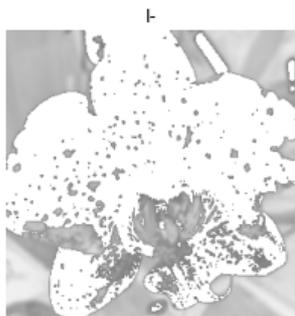
bu yerda

$$\begin{aligned}T^+(i, j) &= \frac{\bar{g}(i, j) - \bar{g}_{\min}}{\bar{g}_{\max} - \bar{g}_{\min}}, & T^-(i, j) &= \frac{\hat{g}(i, j) - \hat{g}_{\min}}{\hat{g}_{\max} - \hat{g}_{\min}}, \\ I^+(i, j) &= \frac{\delta(i, j) - \delta_{\min}}{\delta_{\max} - \delta_{\min}}, & I^-(i, j) &= \frac{\hat{\delta}(i, j) - \hat{\delta}_{\min}}{\hat{\delta}_{\max} - \hat{\delta}_{\min}}, \\ F^+(i, j) &= 1 - T^+(i, j) = \frac{\bar{g}_{\max} - \bar{g}(i, j)}{\bar{g}_{\max} - \bar{g}_{\min}}, & F^-(i, j) &= 1 - T^-(i, j) = \frac{\hat{g}_{\max} - \hat{g}(i, j)}{\hat{g}_{\max} - \hat{g}_{\min}}.\end{aligned}$$



2-rasm. Asl tasvir.





3-rasm. Kontrastni kuchaytirgandan so'ng asl tasvirning neytrosifik bir nechta tasvirlari

T-to'plamlar I-to'plamlar F-to'plamlar

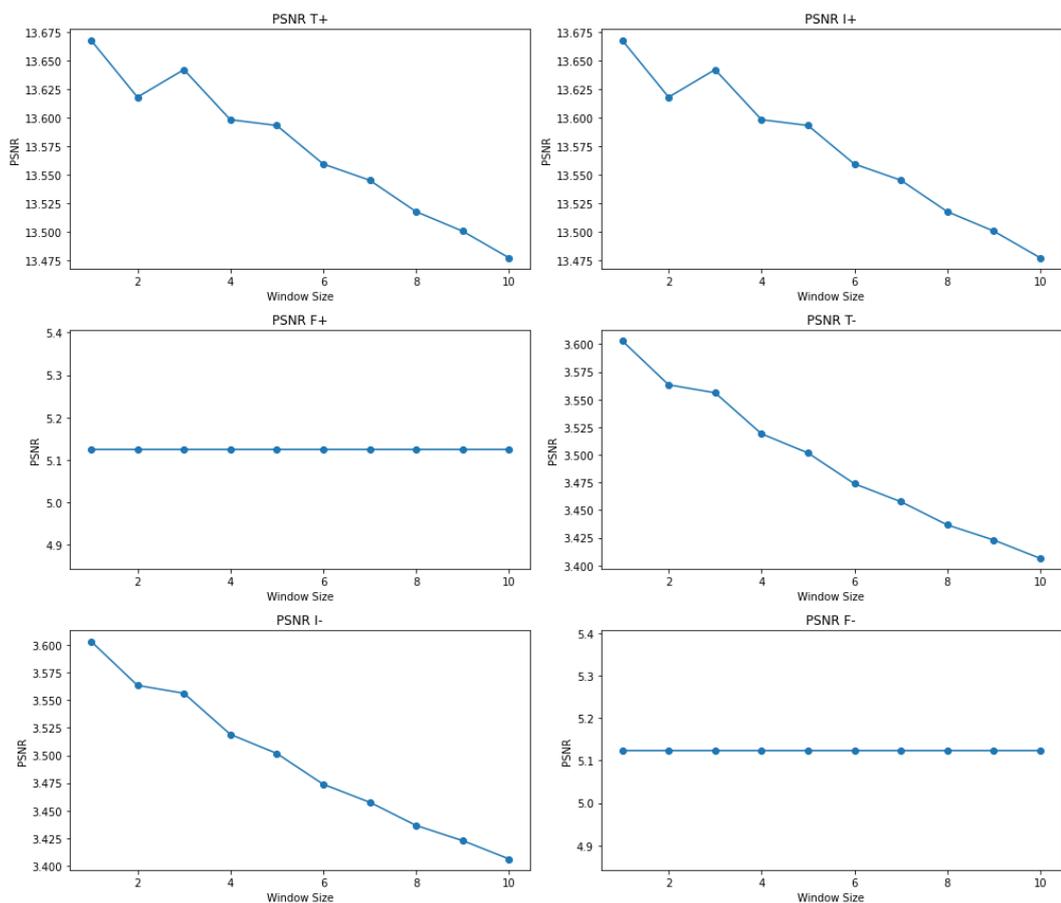
3.3-bo'lim o'zgartirilgan tasvir sifatini baholash muammosiga bag'ishlangan. Biz asl tasvir uchun PSNR qiymatini va o'zgartirilgan hududdagi turli xil o'lchamdagi rasmlarni tekshiramiz.

1-jadval.

Qishloq xo'jaligi ekinlarining barglari tasvirlari uchun turli xil qo'shnichilik oynalariga tegishli BNS to'plamidagi PSNR qiymatlari

Oynaning o'lchami	T+ to'plam	I+ to'plam	F+ to'plam	T- to'plam	I- to'plam	F- to'plam
1x1	13,667874	13,667874	5,124685	3,603123	3,603123	5,124685
2x2	13,617990	13,617990	5,124685	3,563249	3,563249	5,124685
3x3	13,642084	13,642084	5,124685	3,556114	3,556114	5,124685
4x4	13,598260	13,598260	5,124685	3,518963	3,518963	5,124685
5x5	13,593223	13,593223	5,124685	3,501731	3,501731	5,124685
6x6	13,559467	13,559467	5,124685	3,473886	3,473886	5,124685
7x7	13,545289	13,545289	5,124685	3,457668	3,457668	5,124685
8x8	13,517767	13,517767	5,124685	3,436669	3,436669	5,124685
9x9	13,500717	13,500717	5,124685	3,423009	3,423009	5,124685
10x10	13,477356	13,477356	5,124685	3,406448	3,406448	5,124685

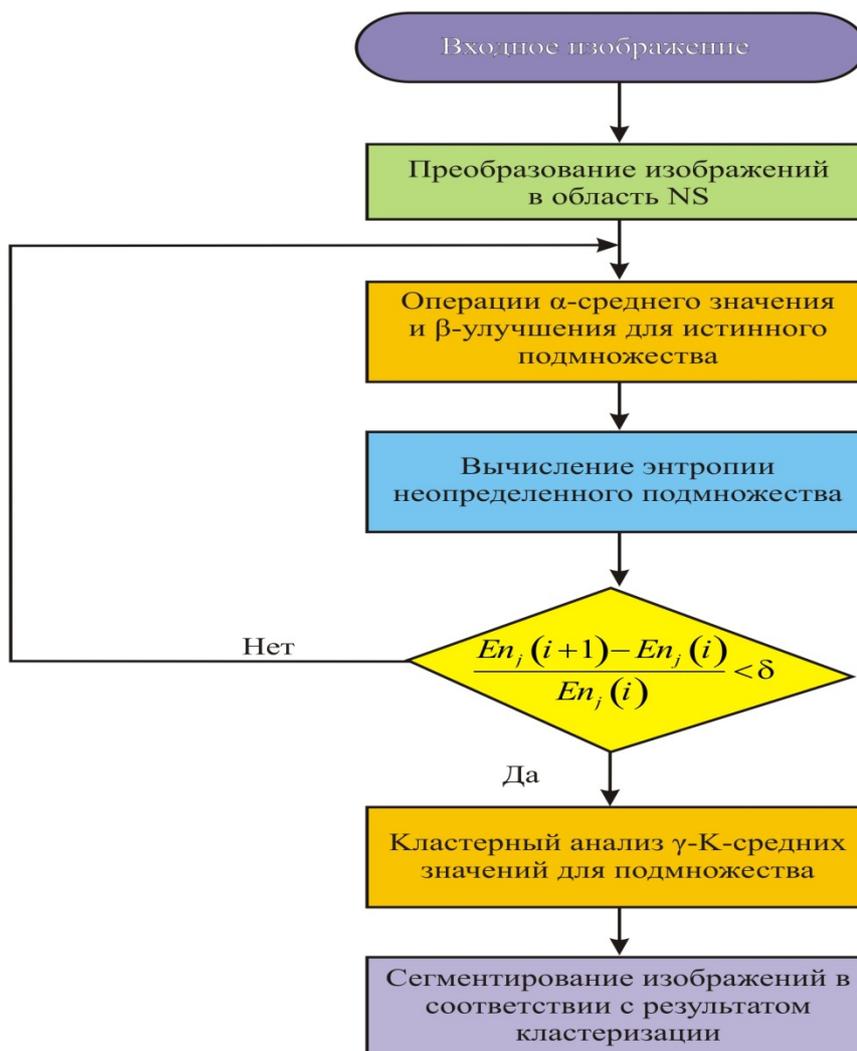
Quyidagi grafiklarda lokal o'rtacha qiymat hisoblashda oynaning o'lchami oshirilganda PSNR qiymatlarining o'zgarishlari ko'rsatilgan



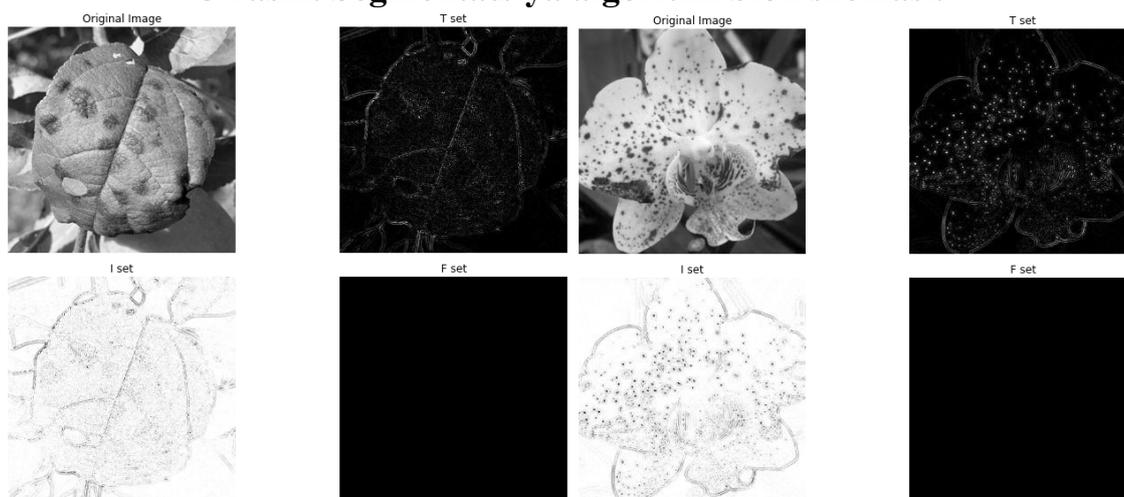
4-rasm. PSNR qiymatlari va qo'shnihilik oynasining o'lchamini taqqoslash: T+ to'plamida, I+ to'plamida, F+ to'plamida, T to'plamida, I to'plamida, F to'plamida.

PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) qiymatlari asl tasvir va uning o'zgartirilgan versiyalari o'rtasidagi farq darajasini aks ettiradi (bu holda turli oyna o'lchamlari bilan o'zgartirilgan tasvirlar). PSNR ko'pincha tasvir sifatini baholash va shovqin yoki buzilish darajasini aniqlash uchun ishlatiladi.

3.3-bo'lim tasvirni segmentatsiyalashning neytrosifik yondashuviga bag'ishlangan bo'lib, segmentatsiya algoritmining oqim sxemasini taqdim etadi.



5-рasm. Segmentatsiya algoritmi blok sxemasi.



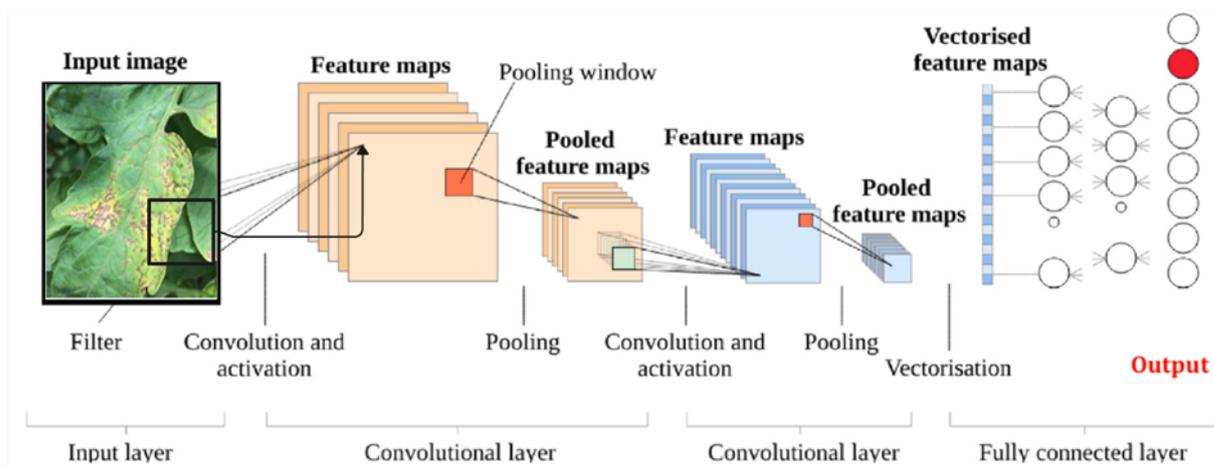
6-рasm. Asl rasm. Taklif etilgan yondashuvdan foydalangan holda natijani segmentatsiyalash.

Dissertatsiya ishining “Barglar tasviri bo‘yicha o‘simliklar kasalliklarini tanish” to‘rtinchi bobida tasvir sifatini baholash ko‘rib chiqildi, barg tasvirlarining xususiyatlarini hisobga olgan holda o‘simlik kasalliklari diagnostikasi uchun CNN

arxitekturasi ishlab chiqildi va hisoblash tajribasi o‘tkazildi. Oldindan ishlov berishdan so‘ng o‘simlik kasalliklarini aniqlashning aniqligi 64,5% dan 90,2% gacha oshdi, ya'ni noravshan filtrlash amalga oshirilganda hisoblashning aniqligi oshdi.

4.1-bo‘limda tasvir sifatini baholash muammolari va uni barg tasvirlaridan o‘simlik kasalliklarini aniqlashda qo‘llash muhokama qilinadi. Moslashuvchan tasvir kontrastini yaxshilash uchun noravshan algoritmi, noravshan yorqinlikni oshirish algoritmi va o‘rtacha filtrlar yordamida shovqinni bostirish algoritmi taqdim etilgan.

4.2-bo‘limda CNN arxitekturasi barglar tasvirlarining xususiyatlarini hisobga olgan holda o‘simlik kasalliklarini tashxislash uchun ishlab chiqilgan.



7-rasm. Ekinlar kasalliklarini diagnostika qilish uchun chuqur CNN arxitekturasi.

Ekin kasalliklarini tashxislash uchun ishlatilgan CNN arxitekturasi tavsifi.

1. Kirish qatlami:
 - O‘simlik barglarining rangli tasvirlarini qabul qiladi, o‘lchamlari 256x256 piksel va uchta rangli kanallar (RGB).
2. Konvolyutsion bloklar:
 - Boshlang‘ich konvolyutsion blok bitta konvolyutsion qatlam bilan.
 - Keyingi konvolyutsion blok o‘lchamni kamaytirish uchun birlashtirish bilan.
3. Qoldiq bloklar:
 - Ikkita qoldiq blok har biri ikkita konvolyutsion qatlamdan iborat, paketli normallashtirish va ReLU aktivatsiyasini qo‘llaydi.
 - Qoldiq bloklari chuqur tarmoqlarni o‘rganishga yordam beradi, yo‘qolgan gradient muammosini yumshatadi.
4. Klassifikator:
 - Fazoviy o‘lchamlarni kamaytirish uchun global maksimal birlashtirish qatlami.
 - 2D xususiyatli xaritalarni 1D tensoriga aylantirish uchun tekislash qatlami.
 - Kasalliklarni tasniflash uchun chiqish logitlarini yaratadigan to‘liq bog‘langan qatlam.
 - Chiqish neyronlarining soni kasalliklar sinflarining umumiy soniga mos keladi.

5. Faollashtirish funksiyalari:

- Har bir konvolyutsion qatlamdan keyin ReLU aktivatsiyasi qo'llaniladi.

6. Yo'qotish funksiyasi:

- Cross-Entropy Loss ko'p sinfli tasniflash uchun ishlatiladi.

7. Optimallashtirish:

- Model parametrlarini yangilash uchun Adam optimizatori.

- O'qish tezligini dinamik ravishda sozlash uchun OneCycle o'qish tezligi rejalashtiruvchisi.

8. Trening va baholash:

Trening tafsilotlari:

- Optimizator: Adam

- O'qish tezligi rejalashtiruvchisi: OneCycle

- Gradientni kesish: 0,1

Og'irlikni kamaytirish (tartibga solish): $1e-4$ Treningdan so'ng, chuqur CNN yangi barg tasvirlarini tasniflash va ularning fitosanitar holatini aniqlash uchun ishlatilishi mumkin. Model tasvirlardagi xususiyatlarni avtomatik ravishda tahlil qiladi, mos naqshlarni topadi va shu naqshlar asosida qaror qabul qiladi.

4.3-bandda hisoblash tajribasi mavjud.

Ma'lumotlar to'plami asl ma'lumotlar to'plamidan oflayn kengaytirish yordamida qayta yaratiladi. Ushbu ma'lumotlar to'plami 46 xil sinfga bo'lingan sog'lom va kasal ekin barglarining taxminan 87K RGB tasvirlaridan iborat. Umumiy ma'lumotlar to'plami katalog tuzilishini saqlab qolgan holda 80/20 nisbatda o'quv va sinov to'plamlariga bo'linadi. Keyinchalik bashorat qilish uchun 33 ta test tasviridan iborat yangi katalog yaratiladi.

Ma'lumotlar to'plamidan misollar

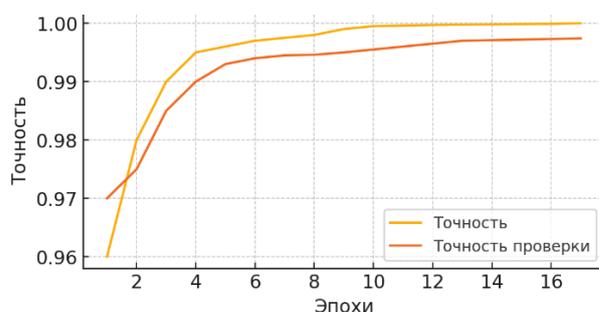
Bug'doy: Barglarning zanglari



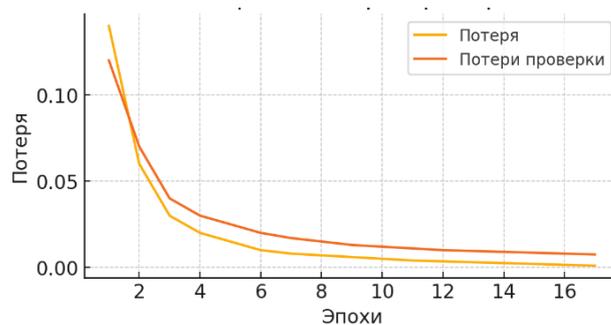
Bug'doy: chang chiriyoqan



Olingan ma'lumotlarga asoslanib, o'quv davrlari soni bo'yicha aniqlik va taqsimlash xatosining o'rtacha qiymatini ko'rsatadigan grafik bog'liqligi tuzilgan (4.2,4.3-rasm).

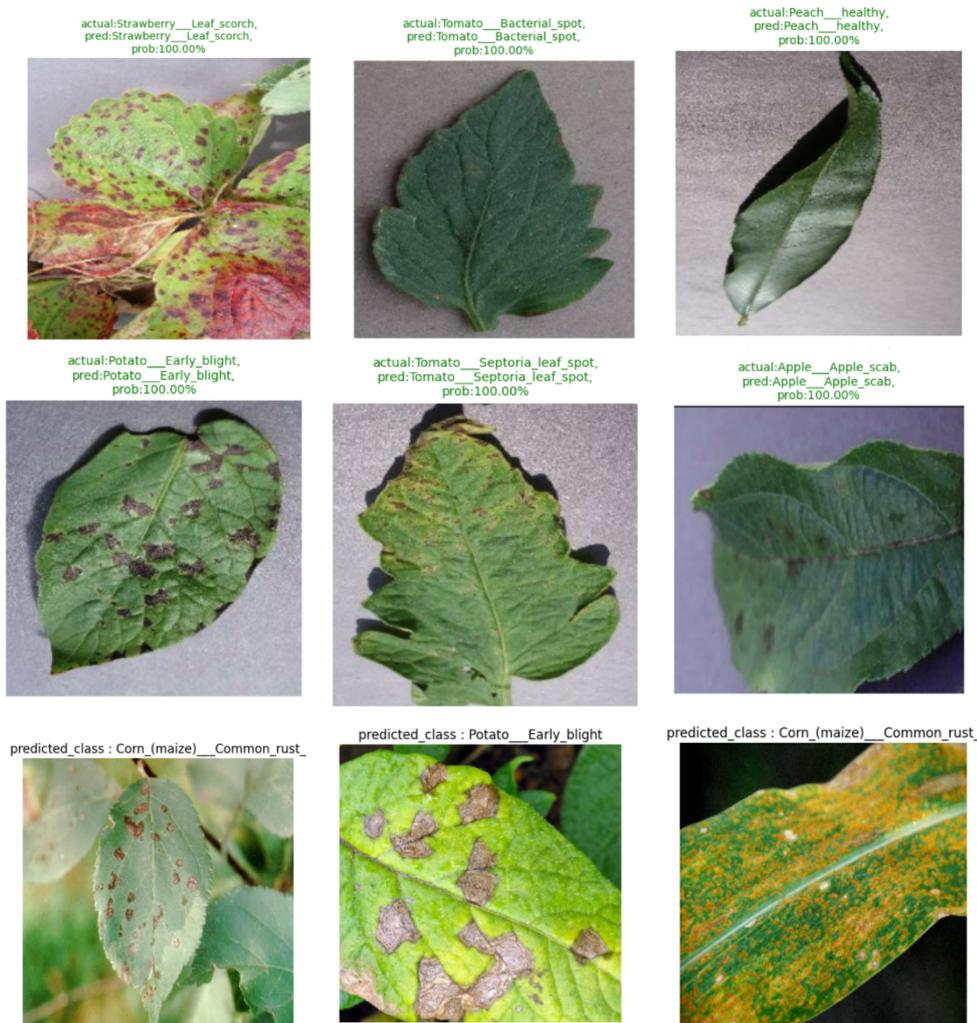


8-rasm. Tugallangan o'quv davrlari soniga qarab taqsimlanish aniqligi grafigi.



9-rasm. O'qitishning o'tkazilgan epochalar soniga bog'liq ravishda taqsimot xatosining grafigi

Olingan natijalarga misollar



Mavjud mashinalarni o'qitish texnologiyalarini tahlil qilish asosida tasvirni tahlil qilish va kasal o'simliklarni keyinchalik aniqlash uchun CNN-ga asoslangan dasturiy ta'minot to'plami ishlab chiqildi.

Dissertatsiya ilovalarida tadqiqot davomida olingan natijalar va ularni amaliy qo'llash bo'yicha hujjatlar, shuningdek, O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi tomonidan berilgan dasturlarning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnomalar nusxalari keltirilgan

XULOSA

“Singulyarlik sharoitlarida ma’lumotlarni intellektual lahlil qilish algoritmlari” mavzusidagi dissertatsiya tadqiqotining natijalari quyidagi asosiy xulosalarga asoslanadi:

1. Singulyarlik masalalarini yechish uchun, singulyarlik holatida ma’lumotlarni intellektual tahlil qilish muammolari o‘rganildi. Tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, ma’lumotni intellektual tahlil qilishda singulyarlik muammosini yagonalik holatida hal qilish samarali natijalarga erishish imkonini beradi.

2. Qishloq xo‘jalik ekinlarining barg kasalliklari belgilaridan kelib chiqib, singulyarlik holatini hisobga olgan holda noaniq Sugeno modelini tuzish algoritmi takomillashtirildi. Bu usul informatsion xususiyatlarning ishonchliligini oshirishga xizmat qiladi.

3. Tadqiqot natijasida qishloq xo‘jalik ekinlari barglari kasalliklari uchun neytrosifik noravshan to‘plamlar nazariyasi elementlari asosida tasvirni oldindan qayta ishlash algoritmi ishlab chiqildi. Bu ekinlar kasalliklari natijalaridan foydalangan holda neytrosifik modellarni qurish algoritmlarini ishlab chiqish imkonini berdi.

4. Barg tasvirlari asosidagi alomatlarni hisobga olgan holda o‘simlik kasalliklarini tashxislashning gibridd algoritmi ishlab chiqildi. Ushbu algoritmi barg tasvirlari asosidagi alomatlarni hisobga olgan holda o‘simlik kasalliklarini tashxislash ishonchliligini oshirishga xizmat qiladi.

5. Neyron tarmoqlar o‘rganildi va bu arxitekturalar asosida barg tasvirlarining xususiyatlarini hisobga olgan holda o‘simlik kasalliklarini tashxislash uchun CNN arxitekturasi ishlab chiqildi. Ushbu usullar o‘simlik kasalliklarini tashxislashning ishonchliligini oshirish imkonini berdi.

6. Mavjud va taklif qilingan algoritmlar va hisoblash tajribalari asosida barg tasvirlari asosidagi larni hisobga olgan holda o‘simlik kasalliklarini tashxislash dasturi ishlab chiqildi. Yaratilgan dasturning tuzilishi, maqsadi, vazifalari va foydalanuvchi ko‘rsatmalari tavsiflanadi. Bir qator mavjud (model) tasniflash va baholash masalalarini yechish va natijalarni bir nechta algoritmlar yordamida taqqoslash jarayonlari ko‘rib chiqiladi. Olingan natijalar o‘z vaqtida tashxis qo‘yish va muayyan terapevtik tadbirlarni amalga oshirish, shuningdek, ma’lumotlarni tahlil qilish vaqtini qisqartirish, qishloq xo‘jaligi ekinlari barglarini diagnostika qilish samaradorligini 15-20% ga oshirish imkonini beradi.

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

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

ТУХТАМУРАДОВ НОЗИР УЛМАС УГЛИ

**АЛГОРИТМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В
УСЛОВИЯХ СИНГУЛЯРНОСТИ**

05.01.11 - Цифровая технология и искусственный интеллект

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

Тошкент – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инновации Республики Узбекистан за номером B2024.3.PhD/T4804.

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

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

Научный руководитель: **Мухамедиева Дилноз Тулкуновна**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Маматов Нарзилло Солидждонович**
доктор технических наук, профессор

Рахманов Хошим Эрданович
доктор философии по техническим наукам

Ведущая организация: **Ешмуратов Шавкат Артикбаевич**
Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий кандидат технических наук, доцент

Защита диссертации состоится «_____» _____ 2024 года в _____ часов на заседании Научного совета DSc.13/30.12.2021.T.142.01 при Научно исследовательском институте развития цифровых технологий и искусственного интеллекта» (Адрес: 100125, г. Ташкент, ул. М. Улугбекский, Буз-29, дом 17А. Тел: (99871) 236-41-98; e-mail: info@airi.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре при научно исследовательском институте развития цифровых технологий и искусственного интеллекта (зарегистрировано №_____). (Адрес: 100125, г. Ташкент, ул. М. Улугбекский, Буз-29, дом 17А. Тел: (99871) 236-41-98; e-mail: info@airi.uz).

Автореферат диссертации разослан «_____» _____ 2024 года.
(реестр протокола рассылки №_____ от «_____» _____ 2024 года)

Н. Равшанов
Председатель Научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор

Ф.М. Нуралиев
Ученый секретарь Научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации (PhD))

Актуальность и необходимость темы диссертации. В связи с интенсивным развитием компьютерных технологий в мире особое внимание уделяется развитию интеллектуального анализа данных в сельском хозяйстве, систем цифровой обработки, анализа особенно для распознавания болезней листьев культур. Интеллектуальный анализ данных в сельском хозяйстве, особенно для распознавания болезней листьев культур, играет ключевую роль в повышении эффективности и устойчивости сельскохозяйственного производства. В этом направлении одним из актуальных вопросов остается разработка, усовершенствование и внедрение моделей, методов и алгоритмов на основе искусственного интеллекта и мягких вычислений. В настоящее время в развитых странах мира, в том числе в США, Китае, Российской Федерации, Англии, Германии, Индии, Франции и других странах, большое внимание уделяется решению теоретических и практических задач на основе искусственного интеллекта и мягких вычислений.

В настоящее время в мире проводятся научные исследования, направленные на усовершенствование, разработку методов и алгоритмов интеллектуального анализа данных, а также создание нечетких алгоритмов цифровой обработки и распознавания изображений. В частности, лидерами в области интеллектуального анализа данных являются такие крупные компании и корпорации, как Apple, Microsoft, Google, Sap, Oracli, Intel, Amazon, Salesforce, NVIDIA, Facebook (Meta), IBM.

Признавая большую значимость и потенциал технологий искусственного интеллекта в нашей стране, особое внимание уделяется разработке и внедрению систем на его основе. В частности, определены такие задачи, как «Применение технологий искусственного интеллекта в процессе мониторинга состояния почвы и сельскохозяйственных культур на основе данных дистанционного зондирования земли, а также работы сельскохозяйственной техники, в том числе комбайнов».²

Настоящее диссертационное исследование в определенной степени служит для выполнения задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», №УП-3245 от 29 августа 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления проектами в сфере информационно-коммуникационных технологий», №УП-6079 от 5 октября 2020 года «Об утверждении стратегии «Цифровой Узбекистан-2030» и мерах по ее эффективной реализации», № УП-5853 от 23.10.2019 г «Об утверждении Стратегии развития сельского хозяйства Республики Узбекистан на 2020 – 2030 годы» постановлениями Президента №ПП-5349 от 19 февраля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию сферы информационных технологий и коммуникаций», № ПП-4996 от 17.02.2021 г «О мерах по созданию условий для ускоренного

¹ Постановление Президента Республики Узбекистан от 18 февраля 2021 года ПП-4996 «О мерах по созданию условий для ускоренного внедрения технологий искусственного интеллекта»

внедрения технологий искусственного интеллекта», № ПП-321 от 14.07.2022 г. «О мерах по внедрению передовых технологий в сельское хозяйство Узбекистана за счет грантовых средств Правительства Республики Корея» а также другими нормативно-правовыми актами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследований приоритетам развития науки и техники республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий IV. “Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий”.

Степень изученности проблемы. Заслуживают внимания научные работы зарубежных учёных Л.А.Заде, Э.Х.Мамдани, М.Сугено, Я.Цукамото, Ф.Смарандаш, М.Абдель-Бассет, В.И.Юнкеров, Г.Родриго, Л.Феррейра, Т.Я.Хуниорс и других по разработке и совершенствованию нечетких нейтрософских моделей, методов и алгоритмов обработки и распознавания изображений, нейронных сетей их внедрению на практике.

В Узбекистане можно указать ряд ученых, добившихся успехов в проблемах распознавания образов, обработки знаний в интеллектуальных системах, выявлении скрытых закономерностей, снижение размерности признакового пространства, определение эффективности полученных результатов, в том числе академик М.М.Камилов, Т.Ф.Бекмуратов, Ф.Б.Абуталиев, Х.З.Игамбердиев, Ш.Х.Фозилов, Ф.Т.Адилова, З.Т.Адилова, Р.Х.Хамдамов, М.А.Рахматуллаев, Н.А.Игнатъев, Р.Н.Усманов, Д.Т.Мухамедиева, Н.С.Маматов и др. внесли большой вклад в развитие этих направлений.

В настоящее время быстрыми темпами развиваются интеллектуальный анализ данных предметных областей на основе предварительной обработки изображений с использованием технологии нечеткого множества. Анализ исследований, проведенных в этом направлении, показал, что технология нечеткого множества и распознавания болезней на изображении является одной из лучших и перспективных технологий. Кроме того, недостаточно изучена проблема разработки надежных и быстродействующих нечетких методов и алгоритмов анализа изображений, основанных на предварительной обработке и распознавании изображений листьев сельскохозяйственных культур.

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

Целью исследования является разработка алгоритмов интеллектуального анализа в условиях сингулярности и программы для распознавания болезней листьев сельскохозяйственных растений.

Задачи исследования:

исследование проблемы интеллектуального анализа данных в случае сингулярности;

разработка алгоритм предварительной обработки изображений на основе элементов теории нейтрософских нечетких множеств;

усовершенствование алгоритма построения нечеткой модели Сугено с учетом условия сингулярности;

разработка гибридного алгоритма диагностики болезней растений с учетом симптомов по изображению листьев;

разработка архитектуры CNN для диагностики болезней растений с учетом особенностей изображений листьев;

разработка программного обеспечения для диагностики болезней растений с учетом симптомов по изображению листьев, на основе существующих и предлагаемых алгоритмов и вычислительный эксперимент.

Объектом исследования являются цифровые изображения.

Предмет исследования составляют нечеткие модели, методы и алгоритмы, нейронные сети, а также программное обеспечение для диагностики болезней растений с учетом симптомов по изображению листьев.

Методы исследования. Теоретические исследования в работе базировались на методах дискретной математики, теории принятия решений, теории нечетких множеств, теории нейтрософских множеств, нейронных сетей. Обработки изображений, машинного и глубокого обучения, распознавания образов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан алгоритм предварительной обработки изображений на основе элементов теории нейтрософских нечетких множеств;

усовершенствован алгоритм построения нечеткой модели Сугено с учетом условия сингулярности;

разработан гибридный алгоритм диагностики болезней растений с учетом симптомов по изображению листьев;

разработана архитектура CNN для диагностики болезней растений с учетом особенностей изображений листьев.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработан алгоритм предварительной обработки изображений и гибридный алгоритм диагностики болезней растений, а также формирования информативных признаков изображения болезней листьев;

разработано программное обеспечения для диагностики болезней растений с учетом симптомов по изображению листьев, на основе существующих и предлагаемых алгоритмов.

Достоверность результатов исследования обосновывается использованием теории нечеткого множества, нейтрософского нечеткого множества, распознавания образов, цифровой обработки изображений, а также положительными результатами экспериментальных исследований.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что

разработанные алгоритмы способствуют дальнейшему развитию теоретических основ обработки изображений, повышению качества и обработки изображений. Он служит для разработки автоматизированных систем с алгоритмами и правилами обработки изображений, предлагаемыми для улучшения качества изображения и в условиях сингулярности.

Практическая значимость результатов исследования объясняется использованием разработанного программного обеспечения при создании различных автоматизированных систем цифровой обработки изображений, формирования изображений, повышения качества и распознавания болезней листьев сельскохозяйственных культур.

Внедрение результатов исследований. На базе программного обеспечения, созданного на основе существующих и предлагаемых подходов, моделей, методов и алгоритмов для диагностики болезней растений с учетом симптомов по изображению листьев:

Программный комплекс, разработанный на основе алгоритма предварительной обработки изображений на основе элементов теории, алгоритма построения нечеткой модели Сугено с учетом условия сингулярности нейтрософских нечетких множеств, гибридного алгоритма и архитектуры CNN для диагностики болезней растений с учетом особенностей изображений листьев диагностики болезней растений с учетом симптомов по изображению листьев, внедрен в практическую деятельность в отделе сельского хозяйства Нурабадского района Самаркандской области (справка Управления сельского хозяйства Самаркандской области Министерства сельского хозяйства республики Узбекистан № 01/023-500 от 05 июль 2024 г.). В результате удалось достичь сокращения времени, затрачиваемое на диагностику на 9,5% и повышения точности диагностики на 4,7%;

Программный комплекс, разработанный на основе алгоритма предварительной обработки изображений на основе элементов теории, алгоритма построения нечеткой модели Сугено с учетом условия сингулярности нейтрософских нечетких множеств, гибридного алгоритма и архитектуры CNN для диагностики болезней растений с учетом особенностей изображений листьев диагностики болезней растений с учетом симптомов по изображению листьев, внедрен в практическую деятельность в отделе сельского хозяйства Пайарыкского района Самаркандской области (справка Управления сельского хозяйства Самаркандской области Министерства сельского хозяйства республики Узбекистан № 01/023-500 от 05 июль 2024 г.). В результате удалось достичь сокращения времени, затрачиваемое на диагностику на 10% и повышения точности диагностики на 5%;

Программный комплекс, разработанный на основе алгоритма предварительной обработки изображений на основе элементов теории, алгоритма построения нечеткой модели Сугено с учетом условия сингулярности нейтрософских нечетких множеств, гибридного алгоритма и архитектуры CNN для диагностики болезней растений с учетом особенностей изображений листьев диагностики болезней растений с учетом симптомов по изображению листьев, внедрен в практическую деятельность в отделе

сельского хозяйства Тайлякского района Самаркандской области (справка Управления сельского хозяйства Самаркандской области Министерства сельского хозяйства республики Узбекистан № 01/023-500 от 05 июль 2024 г.). В результате удалось достичь сокращения времени, затрачиваемое на диагностику на 10,2% и повышения точности диагностики на 4,9%;

Апробация результатов исследования. Теоретические и практические результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на 7 международных и 5 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 16 научных работ, в том числе 7 статей в научных изданиях, рекомендованных ВАК Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, из них 4 в республиканских и 3 в зарубежных журналах, получены 4 свидетельства об официальной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 112 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В первой главе диссертации **«Теоретические основы интеллектуального анализа данных в условиях сингулярности»** проанализированы основные характеристики задач интеллектуального анализа данных в условиях сингулярности, изучены обзор проблемы сингулярности и посвящен анализу проблемы интеллектуального анализа данных в случае сингулярности.

Параграф 1.1 посвящен основным задачам и методам интеллектуального анализа данных. Изучен случай сингулярности в задачах построения нечеткой модели Сугено. Кроме того, приведен алгоритм сингулярного спектрального анализ (SSA).

В параграфе 1.2 рассмотрен аналитический обзор методов нечеткого модели Такаги-Сугэно (TS), нечетких правил на основе SVD (разложение по сингулярным значениям), методов нейтрософских нечетких множеств и его применение к обработке изображений, изучены методы обнаружения области заболевания на листе и сверточную нейронную сеть (CNN). Также в этом параграфе рассмотрены базы данных изображений листьев, используемые при

распознавании болезней, проблемы систем распознавания.

Параграф 1.3 посвящен анализу проблемы интеллектуального анализа данных в случае сингулярности. Подход снижения SVD в основном позволяет сделать максимально хорошую работу, придумав нечеткую модель, используя плотное нечеткое разбиение правил для достижения точной аппроксимации. Также в этом параграфе приведены достоинства и недостатки существующих систем, а также их специфические характеристики, технические и программные требования.

Вторая глава диссертации «Алгоритм построения нечеткой модели Сугено количественной оценки качества изображения с учетом условия сингулярности» посвящена построению нейро-нечеткой модели количественной оценки качества изображения, рассматривается построения нечеткой модели Сугено.

Параграф 2.1 посвящен сокращению размерности данных на основе сингулярного разложения, рассматривается задача пример на изображении листьев сельскохозяйственных культур.

Principal Component Analysis (PCA) и Singular Value Decomposition (SVD) – это два тесно связанных метода для снижения размерности данных.

Шаг 1: Центрирование данных

Центрируем матрицу данных X , вычитая среднее значение каждого столбца:

$$C_{centered} = X - \mu.$$

Шаг 2: Вычисление ковариационной матрицы

Вычисляем ковариационную матрицу:

$$C = \frac{1}{m} X_{centered}^T X_{centered}.$$

Шаг 3: Поиск собственных векторов и собственных значений.

Когда мы вычисляем ковариационную матрицу $C = \frac{1}{m} X_{centered}^T X_{centered}$,

может возникнуть проблема сингулярности, особенно в случае, когда количество признаков (столбцов) n превышает количество наблюдений (строк) m . В этом случае матрица $X_{centered}^T X_{centered}$ становится вырожденной или сингулярной, то есть ее определитель равен нулю, и она не имеет обратной матрицы. Это затрудняет дальнейшие вычисления собственных векторов и собственных значений. В этом случае использовано сокращение размерности с SVD (Singular Value Decomposition)

$$X_k = \sum_{l=1}^k \sigma_l u_l v_l.$$

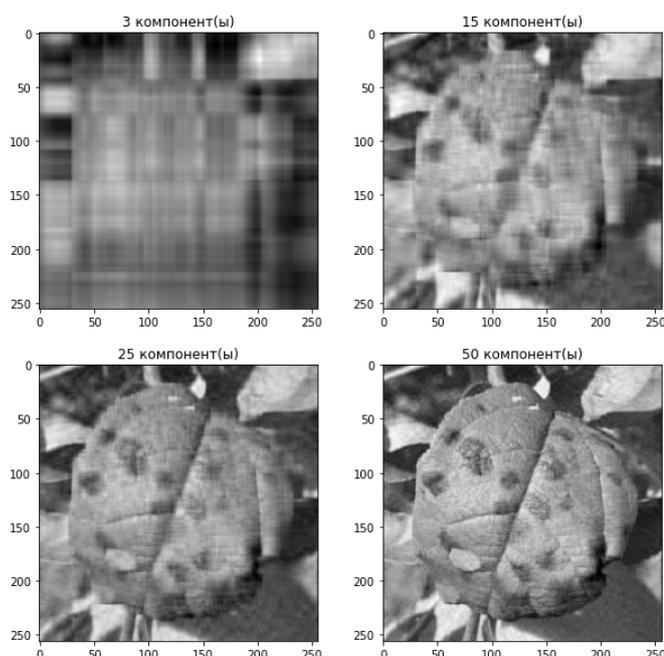


Рис.1. Восстановление изображения с различным количеством компонентов

В параграфе 2.2 идет построению нейро-нечеткой модели количественной оценки качества изображения. Также в этом параграфе предлагается нейро-нечеткая сеть для количественной оценки качества изображения, как исходного, так и обработанного, которые включает в себя шесть уровней и начальный нулевой уровень.

В параграфе 2.3 с помощью нечеткой базы знания Сугено рассматривается построения нечеткой модели Сугено. Задачу нечеткого распознавание будем рассматривать как обнаружения таких коэффициентов вывода правил по результатами базы нечетко-логического вывода Сугено и которое предоставляют минимальное отклонения между данными примечаний.

Предполагаются, что дано:

1) Анализ экспериментальных выборок

$(x_r, y_r) \quad r=1, \overline{M}$, где $x_r=(x_{r,1}, x_{r,2}, \dots, x_{r,m})$ входной вектор r -ой пары

и y_r адекватный вывод

2) Условия нечеткой экспертной системы Такаги-Сугено:

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} \left(\bigcap_{j=1}^n x_i = a_{i,jp} \text{ с весом } w_{jp} \right) \rightarrow y = (b_{j,0}, b_{j,1} \cdot x_1 + b_{j,2} \cdot x_2, \dots, + b_{j,n} \cdot x_n) \quad j=1, \overline{m};$$

Необходимо найти коэффициенты, которые соответствуют решениям, заданным правилами $V=(b_{1,0}, b_{2,0}, \dots, b_{m,0}, b_{1,1}, b_{2,1}, \dots, b_{m,1} \dots b_{1,n}, b_{2,n} \dots b_{m,n})^T$, которые уменьшают квадратичную несогласованность до минимума:

$$\sum_{r=1}^M (y_r - y_r^f)^2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

где y_r^f - вывод на основе нечёткой базы знаний и параметров B при значении входов из r -й строчки выборки x_r . В матричной форме задача (1) заключается в следующем: необходимо найти вектор B , чтобы

$$E = (Y - Y^f)^T \cdot (Y - Y^f) \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $Y^f = A \cdot B$

Квадратичная несогласованность E минимальна при $Y^f = Y$, если выполнено решение уравнения

$$Y = A \cdot B, \quad (3)$$

В реальных условиях число настраиваемых параметров меньше, чем размер выборки данных $m \cdot (n + 1) < M$, по этой причине уравнение (3) не предоставляет точного решения. В этой ситуации для нахождения решения можно использовать псевдоинверсии матрицы. A :

$$B = (A^T \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot Y. \quad (4)$$

Проблемы, возникающие при решении задачи (4) вызваны возможной сингулярностью матрицы $(A^T \cdot A)$. В этом случае предложены два алгоритма решения этой проблемы:

1. По следующему итерационному алгоритму с использованием фильтра Калмана можно найти B вектора:

с учетом начальных условий:

$$B^{<0>} = 0 \text{ и } w^{<0>} = w \cdot I,$$

$$W^{<k+1>} = W^{<k>} - \frac{W^{<k>} \cdot A^{<k+1>} (A^{<k+1>})^T W^{<k>}}{1 + (A^{<k+1>})^T \cdot W^{<k>} \cdot A^{<k+1>}},$$

$$B^{<k+1>} = B^{<k>} + W^{<k+1>} \cdot A^{<k+1>} (y_{k+1} - (A^{<k+1>})^T \cdot B^{<k>}), k = \overline{0, M-1}.$$

где w - большое положительное число,

I - единичная матрица;

$<...>$ - итерационный номер отображается числом в угловых скобках.

2. По алгоритму Сингулярного разложения (SVD):

$$B = (A^T A)^{(-1)} A^T Y = X^{(-1)} A^T Y,$$

$$X = A^T A = USV^T,$$

$$X^{(-1)} = VS^{(-1)}U^T,$$

$$B = VS^{(-1)}U^T R^T Q.$$

Третья глава диссертации «Алгоритм предварительной обработки изображений на основе элементов теории нейтрософских нечетких множеств» посвящена уменьшению неопределенности полутонного изображения в биполярном нейтрософическом множестве и оценки качества преобразованного изображения.

В параграфе 3.1 приведена уменьшение неопределенности полутонного изображения в биполярном нейтрософическом множестве.

Алгоритм предварительной обработки изображения на основе элементов теории биполярно нейтрософических нечетких множеств.

Шаг1. Вычисление энтропии в биполярном нейтрософическом множестве для оценки распределения пикселей.

$$En_{BNS} = \varepsilon(\mu_F^{T+}) + \varepsilon(\mu_F^{T-}) + \varepsilon(\mu_F^{F+}) + \varepsilon(\mu_F^{F-}) + \varepsilon(\mu_F^{I+}) + \varepsilon(\mu_F^{I-})$$

здесь

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

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

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

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

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

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

Шаг2. Нелинейное преобразование локального контраста $C(x, y)$

$$C_j^*(x, y) = C(x, y)^{\alpha_{\min} + (\alpha_{\max} - \alpha_{\min})(\varepsilon(\mu_F^I) - \varepsilon_{\min})(\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min})^s} \text{ где:}$$

$$\varepsilon(\mu_F^1) = \varepsilon(\mu_F^{T+}), \varepsilon(\mu_F^2) = \varepsilon(\mu_F^{T-}),$$

$$\varepsilon(\mu_F^3) = \varepsilon(\mu_F^{F+}), \varepsilon(\mu_F^4) = \varepsilon(\mu_F^{F-}),$$

$$\varepsilon(\mu_F^5) = \varepsilon(\mu_F^{I+}), \varepsilon(\mu_F^6) = \varepsilon(\mu_F^{I-}).$$

Шаг3. Восстановление изображения

$$g_1^j(x, y) = f(x, y) + \left(C_j^*(x, y) * n * m - \sum_{\forall(x, y) \in W_2} - \frac{\sum_{i=1}^k f_i(x, y) \mu_F^{ij}(x, y)}{\sum_{i=1}^k \mu_F^{ij}(x, y)} - f(x, y) \right)^2 h_f(f(x, y)) \right)^{0.5}$$

Здесь

$$T^+(i, j) = \frac{\bar{g}(i, j) - \bar{g}_{\min}}{\bar{g}_{\max} - \bar{g}_{\min}}, \quad T^-(i, j) = \frac{\hat{g}(i, j) - \hat{g}_{\min}}{\hat{g}_{\max} - \hat{g}_{\min}},$$

$$I^+(i, j) = \frac{\delta(i, j) - \delta_{\min}}{\delta_{\max} - \delta_{\min}}, \quad I^-(i, j) = \frac{\hat{\delta}(i, j) - \hat{\delta}_{\min}}{\hat{\delta}_{\max} - \hat{\delta}_{\min}},$$

$$F^+(i, j) = 1 - T^+(i, j) = \frac{\bar{g}_{\max} - \bar{g}(i, j)}{\bar{g}_{\max} - \bar{g}_{\min}}, \quad F^-(i, j) = 1 - T^-(i, j) = \frac{\hat{g}_{\max} - \hat{g}(i, j)}{\hat{g}_{\max} - \hat{g}_{\min}}.$$



Рис. 2. Оригинальное изображение.

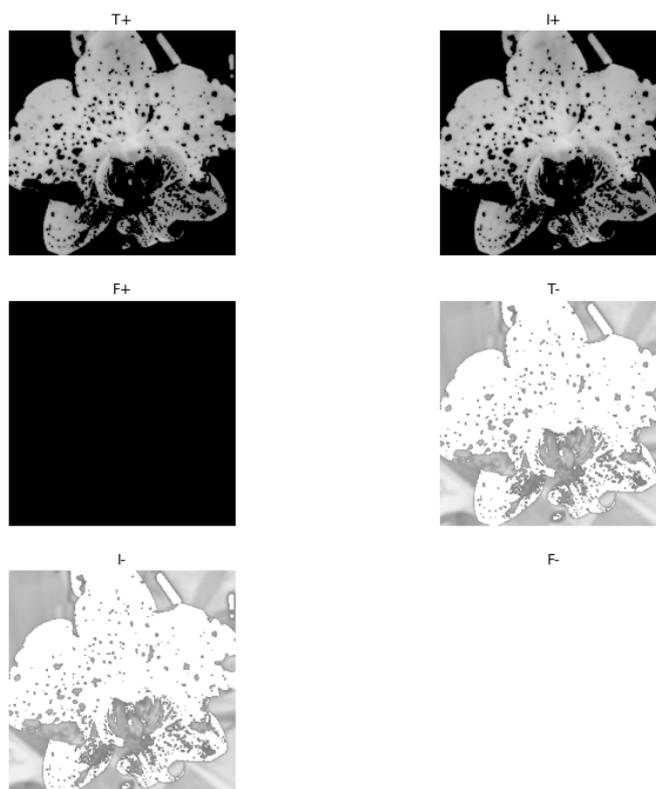


Рис. 3. Нейтрософические множественные изображения исходного изображения после улучшения контрастности

(а) T- множеств (б) I- множеств (в) F- множеств

Параграф 3.3 посвящен задаче оценки качества преобразованного изображения. Мы исследуем значение PSNR для исходного изображения и изображений в преобразованной области при различных размерах окрестности

Таблица 1.

Значения PSNR изображения листьев сельскохозяйственных культур в множестве BNS, связанные с различными окнами соседства

Размер окна	множеств T+	множеств I+	множеств F+	T- множеств	I- множеств	F- множеств
1x1	13,667874	13,667874	5,124685	3,603123	3,603123	5,124685
2x2	13,617990	13,617990	5,124685	3,563249	3,563249	5,124685
3x3	13,642084	13,642084	5,124685	3,556114	3,556114	5,124685
4x4	13,598260	13,598260	5,124685	3,518963	3,518963	5,124685
5x5	13,593223	13,593223	5,124685	3,501731	3,501731	5,124685
6x6	13,559467	13,559467	5,124685	3,473886	3,473886	5,124685
7x7	13,545289	13,545289	5,124685	3,457668	3,457668	5,124685
8x8	13,517767	13,517767	5,124685	3,436669	3,436669	5,124685
9x9	13,500717	13,500717	5,124685	3,423009	3,423009	5,124685
10x10	13,477356	13,477356	5,124685	3,406448	3,406448	5,124685

На следующих графиках показаны изменения значений PSNR при увеличении размера окна в локальном среднем.

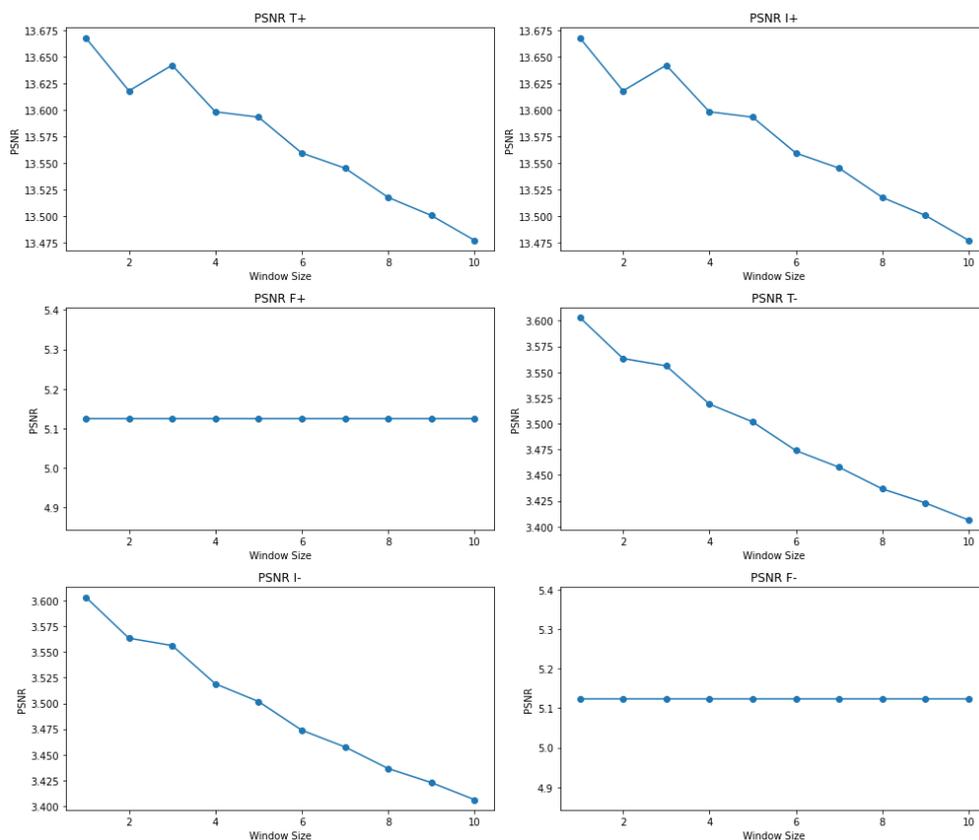


Рис.4 . Сравнение значений PSNR и размера соседнего окна в множестве T+, множестве I+, множестве F+, множестве T-, множестве I-, множестве F

Значения PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) отражают степень различия между оригинальным изображением и его модифицированными версиями (в данном случае, изображениями, преобразованными с разными размерами

окон). PSNR часто используется для оценки качества изображений и выявления уровня шума или искажений.

Параграф 3.3 посвящен нейтрософическому подходу к сегментации изображений, предоставляется блок-схема алгоритма сегментации.

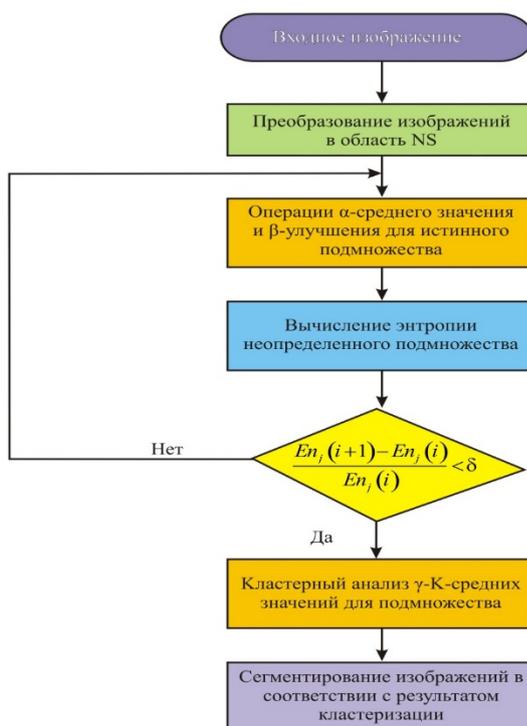


Рис. 5. Блок-схема алгоритма сегментации.

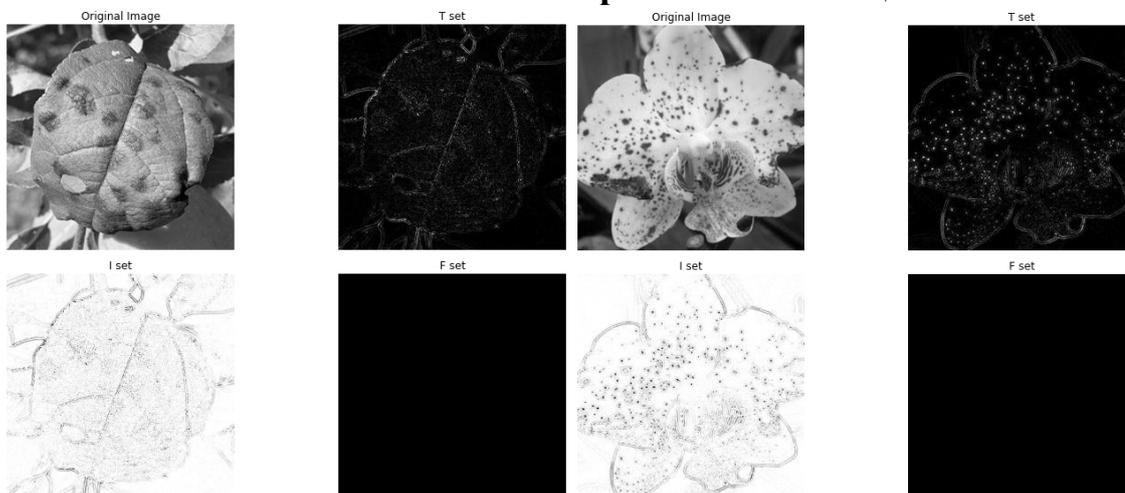


Рис. 6. Исходное изображение. Результат сегментации по предложенному подходу

Четвертая глава диссертации «**Распознавание болезней растений по изображениям листьев**», рассмотрено оценка качества изображения, разработано архитектуры CNN для диагностики болезней растений с учетом особенностей изображений листьев и проведён вычислительный эксперимент. После предварительной обработки точность выявления болезней растений увеличилась с 64,5% до 90,2%, то есть точность расчета увеличилась при проведении нечеткой фильтрации.

В параграфе 4.1 посвящена задачам оценки качества изображения и её применение при распознавании болезней растений по изображениям листьев. Предоставлен нечеткий алгоритм адаптивного повышения контрастности изображений, нечеткий алгоритм повышения яркости и алгоритм подавления шума усредняющими фильтрами.

В параграфе 4.2 разработано архитектуры CNN для диагностики болезней растений с учетом особенностей изображений листьев.

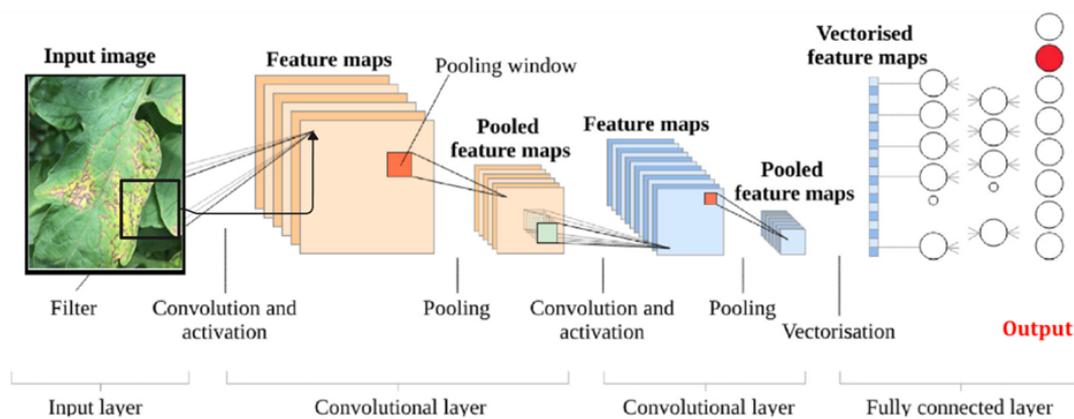


Рис. 7. Работа глубоких CNN для диагностики заболевания сельскохозяйственных культур

Даем описание работы работа глубоких CNN для диагностики заболевание сельскохозяйственных культур.

1. Входной слой:
 - Принимает цветные изображения листьев растений с размерами 256x256 пикселей и тремя цветовыми каналами (RGB).
2. Сверточные блоки:
 - Начальный сверточный блок с одним сверточным слоем.
 - Последующий сверточный блок с объединением для уменьшения размерности.
3. Остаточные блоки:
 - Два остаточных блока с двумя сверточными слоями каждый, использующие пакетную нормализацию и активацию ReLU.
 - Остаточные блоки помогают в обучении более глубоких сетей, смягчая проблему исчезающего градиента.
4. Классификатор:
 - Глобальный слой максимального объединения для уменьшения пространственных размеров.
 - Слой выравнивания для преобразования карт признаков 2D в тензор 1D.
 - Полностью связанный слой, создающий выходные логиты для классификации заболеваний.
 - Количество выходных нейронов соответствует общему количеству классов заболеваний.
5. Функции активации:
 - Активация ReLU применяется после каждого сверточного слоя.

6. Функция потерь:

- Cross-Entropy Loss используется для многоклассовой классификации.

7. Оптимизация:

- Оптимизатор Adam для обновления параметров модели.

- Планировщик скорости обучения OneCycle для динамической корректировки скорости обучения.

8. Обучение и оценка:

Подробности обучения:

- Оптимизатор: Adam

- Планировщик скорости обучения: OneCycle

- Отсечение градиента: 0,1

Уменьшение веса (регуляризация): $1e-4$. После обучения, глубокая CNN может использоваться для классификации новых изображений листьев и определения их фитосанитарного состояния. Модель автоматически анализирует признаки на изображениях, находит соответствующие паттерны и принимает решения на основе этих паттернов.

В параграфе 4.3 идет вычислительный эксперимент.

Набор данных воссоздан с использованием автономного дополнения из исходного набора данных. Этот набор данных состоит примерно из 87 тыс. RGB-изображений здоровых и больных листьев сельскохозяйственных культур, которые подразделяются на 46 различных классов. Общий набор данных разделен на обучающий и проверочный наборы в соотношении 80/20 с сохранением структуры каталогов. Новый каталог, содержащий 33 тестовых изображения, создается позже для целей прогнозирования.

Примеры из набора данных

Пшеница: Бурая ржавчина



Пшеница: Мучнистая роса



На основании полученных данных была построена графическая зависимость, показывающая среднее значение точности и ошибки распределения исходя из количества эпох обучения (рис. 4.2,4.3).

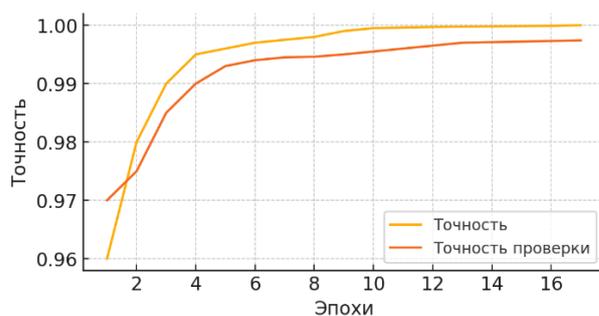


Рис. 8. График зависимости точности распределения от количества пройденных эпох обучения

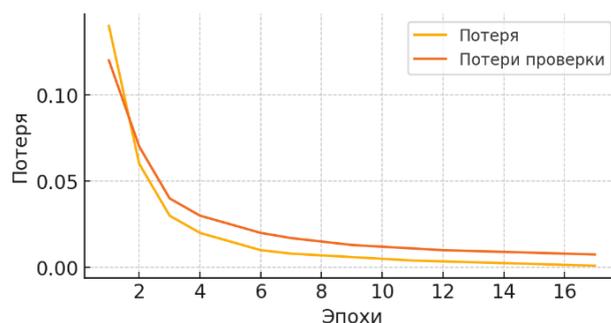
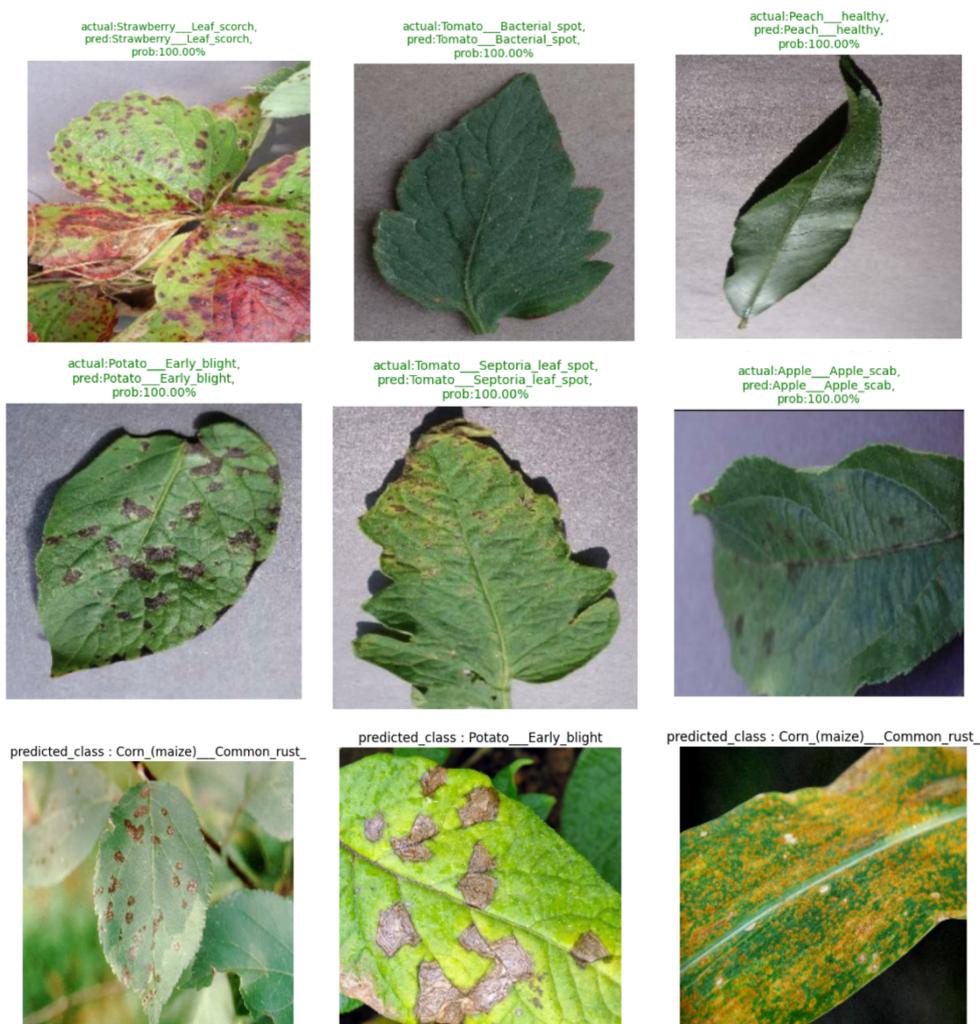


Рис. 9. График зависимости ошибки распределения от количества пройденных эпох обучения

Примеры полученных результатов



Исходя из проведенного анализа существующих технологий машинного обучения был разработан программный комплекс на основе CNN, предназначенной для анализа изображений и последующего определения заболевших растений.

В приложениях к диссертации представлены результаты, полученные в ходе исследования, и документы по их практическому применению, а также копии свидетельств об официальной регистрации программ, выданных

Агентством интеллектуальной собственности при Министерстве юстиции Республики Узбекистан.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного диссертационного исследования на тему «Алгоритмы интеллектуального анализа данных в условиях сингулярности» сводятся к следующими основными выводами:

1. Исследован проблемы интеллектуального анализа данных в случае сингулярности для решения проблем сингулярности. Исследование показал, что решение проблемы интеллектуального анализа данных в случае сингулярности позволяет получить эффективные результаты.

2. На основе признаков болезней листьев сельскохозяйственных культур усовершенствован алгоритм построение нечеткой модели Сугено с учетом условия сингулярности. Настоящий метод служит повышению достоверности информативных признаков.

3. В результате исследование разработан алгоритм предварительной обработки изображений на основе элементов теории нейтрософских нечетких множеств для болезней листьев сельскохозяйственных культур . Это позволило разработать алгоритмы построения нейтрософских моделей с использованием результатов болезней сельскохозяйственных культур.

4. Разработан гибридный алгоритм диагностики болезней растений с учетом симптомов по изображению листьев. Настоящий алгоритм служит повышению достоверности диагностирования болезней растений с учетом симптомов по изображению листьев.

5. Изучены нейронные сети и на основе этих архитектур разработан архитектуры CNN для диагностики болезней растений с учетом особенностей изображений листьев. Эти методы позволили повысить степень достоверности диагностики болезней растений.

6. На основе существующих и предлагаемых алгоритмов и вычислительный экспериментов разработан программа для диагностики болезней растений с учетом симптомов по изображению листьев. Описаны структура, цель, задачи и инструкция пользователя созданной программы. Рассмотрены процессы решения ряда существующих (модельных) задач классификации и оценки и сравнение результатов по нескольким алгоритмам. Полученные результаты позволяют своевременно поставить диагноз и выполнить определенные лечебные мероприятия, а также сократить время анализа данных, повысить эффективность постановки диагноза листьев сельскохозяйственных культур на 15-20 %.

**SCIENTIFIC COUNCIL RESEARCH INSTITUTE FOR DEVELOPMENT
OF DIGITAL TECHNOLOGIES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE
PhD.13.30.12.2021.T.142.01 AT THE MINISTRY FOR DEVELOPMENT OF
INFORMATION TECHNOLOGIES AND COMMUNICATIONS OF THE
REPUBLIC OF UZBEKISTAN**

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

TUKHTAMURODOV NOZIR ULMAS UGLI

ALGORITHMS OF DATA MINING UNDER SINGULARITY

05.01.11 – Digital technologies and artificial intelligence

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

Tashkent – 2024

The theme of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2022.1.PhD/T1577.

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

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

Scientific adviser: **Dilnoz Mukhamediyeva Tulkunovna**
Doctor of Technical Sciences, professor

Official opponents: **Narzillo Mamatov Solidjonovich**
Doctor of Technical Sciences, professor

Khoshim Rakhmanov Erdanovich
Philosophy Doctor

Leading organization: **Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi**

The defense will take place “_____” _____ 2024 at _____ the meeting of Scientific council No. DSc.13/30.12.2021.T.142.01 at research institute for development of digital technologies and artificial intelligence. (Address: 100125, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52, e-mail: info@airi.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of research institute for development of digital technologies and artificial intelligence (is registered under No. _____). (Address: 100125, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52).

Abstract of dissertation sent out on “_____” _____ 2024 y.
(mailing report No. ____ on “_____” _____ 2024 y.).

N. Ravshanov
Chairman of the scientific council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

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

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

INTRODUCTION (abstract of a doctoral dissertation (PhD))

The aim of the study is to develop algorithms for intelligent analysis under singularity conditions and a program for recognizing diseases of agricultural plant leaves.

The object of the study is digital images of agricultural crop leaves.

The scientific novelty of the research results:

an algorithm for preliminary image processing based on elements of the theory of neutrosophic fuzzy sets has been developed;

an algorithm for constructing a fuzzy Sugeno model has been improved taking into account the singularity condition;

a hybrid algorithm for diagnosing plant diseases taking into account symptoms based on leaf images has been developed;

a CNN architecture has been developed for diagnosing plant diseases taking into account the features of leaf images.

Implementation of research results. Based on software created on the basis of existing and proposed approaches, models, methods and algorithms for diagnosing plant diseases taking into account symptoms from leaf images:

The software package, based on an algorithm for preliminary image processing based on elements of the theory of neutrosophic fuzzy sets, an algorithm for constructing a fuzzy Sugeno model taking into account the singularity condition, a hybrid algorithm for diagnosing plant diseases taking into account symptoms based on leaf images and a CNN architecture for diagnosing plant diseases taking into account the features of leaf images, has been implemented in practical activities and as a result of using the software package, it was possible to reduce the time spent on diagnostics and increase the accuracy of diagnostics, by 9,5% and 4,7% in the Department of Agriculture of the Nurabad district (certificate of the Department of Agriculture of the Samarkand region of the Ministry of Agriculture of the Republic of Uzbekistan No. 01/023-500 dated July 5, 2024), by 10% and 5% Payaryk district (certificate of the Department of Agriculture of the Samarkand region of the Ministry of Agriculture of the Republic of Uzbekistan No. 01/023-500 dated July 5, 2024) and by 10,2% and 4,9% Taylyak district (certificate of the Department of Agriculture of the Samarkand region of the Ministry of Agriculture of the Republic of Uzbekistan No. 01/023-500 dated July 5, 2024) of the Samarkand region.

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

I bo'lim (Часть I; Part I)

1. Tulkinovna, M.D., Nozir, T. Development of Intelligent Algorithms for Interpretation of Images of the Remote Image of the Earth // 2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies, (ICISCT), ISBN 978-166547229-6 DOI 10.1109/ICISCT55600.2022.10146861– Pp. 1–7. (Scopus)
2. Muhamediyeva, D.T., Fozilova, M.M., Tukhtamurodov, N. Models for assessment of agricultural and processed products of agricultural complex // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022, ISSN 17551307 DOI 10.1088/1755-1315/1010/1/0120191010(1), -Pp. 1–7. (Scopus)
3. Muhamediyeva, D., Tukhtamurodov, N. Diagnostics system for plant leaf diseases using photo images // E3S Web of Conferences, 2023, 401, 04023// ISSN 25550403 DOI 10.1051/e3sconf/202340104023 Pp. 1–7. (Scopus)
4. Muhamediyeva D.T. Tukhtamuradov N.U. Algorithm for recognition of images of agricultural crops// Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops, and Environment, CIBTA 2023 Uzbekistan 3 July 2023до 5 July 2023// ISSN 22731709 DOI 10.1051/bioconf/20237101007 Pp. 1–7. (Scopus)
5. Л.У. Сафарова, Д.Т. Мухамедиева, Н.У. Тухтамурадов. Использование современных моделей для диагностики незаразных заболеваний у крупного рогатого скота на ранних стадиях// Проблемы информатики и энергетики. 4/2023, ISSN 2010-7242, Ташкент, 2023 г. – С. 10–16. (05.00.00, №23)
6. Сафарова Л.У., Мухамедиева Д.Т., Тухтамурадов Н.У. Оптимизация нечетко-логического алгоритма сугено в диагностирование незаразных заболеваний крупного рогатого скота// Мухаммад Ал-Хоразмий Авлодлари, 2(28)2024//. (05.00.00, №10)
7. D T Muhamediyeva and N U Tukhtamuradov and Safarova L Determination of optimal decision-making conditions for diagnostics of cattle diseases 2023 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2023, pp. 585-589. (05.00.00; OAK Rayosatining 2023-yil 29-avgustdagi 342/3-son qarori).

II bo'lim (Часть II; Part II)

8. Muhamediyeva D.T., Tukhtamuradov N. Approaches to solving the problems of monitoring water objects using remote earth sensing data. The III International Science Conference «Modern science and practice» // October 04-06, 2021 Varna, Bulgaria. European conference Voleme 123-125

9. Muhamediyeva D.T., Tukhtamuradov N. U Monitoring of water bodies using remote earth sensing data. The III International Science Conference «Modern science and practice» // October 04-06, 2021 Varna, Bulgaria. European conference Voleme 123-125

10. Mukhamedieva D.T., Tuxtamuradov N.U. Data dimensionality reductions based on singular value decomposition//Современное состояние и перспективы развития цифровых технологий и искусственного интеллекта Сборник докладов международной научно-технической конференции Бухара, 27-28 сентября 2024 г

11. Н.У. Тухтамурадов. Различных этапах разработки и обучения моделей машинного обучения. Matematika, fizika va informatika fanlarini o‘qitishning dolzarb muammolari respublika ilmiy-amaliy anjumani. Самарканд 2024-yil 18-19-oktabr

12. Н.У.Тухтамурадов. “Методы решения задач интеллектуального анализа данных: от классических алгоритмов до современных подходов” Matematika, fizika va informatika fanlarini o‘qitishning dolzarb muammolari respublika ilmiy-amaliy anjumani. Самарканд 2024-yil 18-19-oktabr

13. Muhamediyeva D.T., Tukhtamuradov N. U. Классификация изображений спутника// O‘zR Adliya vazirligi, O‘zR Dasturiy mahsulotlar davlat reyisterida 03.08.2023-yilda ro‘yxatdan o‘tgan Guvohnoma № DGU 26435.

14. Muhamediyeva D.T., Tukhtamuradov N. U., L.U. Safarova. Классификация культур растений// O‘zR Adliya vazirligi, O‘zR Dasturiy mahsulotlar davlat reyisterida 03.08.2023-yilda ro‘yxatdan o‘tgan Guvohnoma № DGU 26434.

15. Muhamediyeva D.T., Tukhtamuradov N. U., L.U. Safarova. Предсказание заболевания растения исходя от рисунка листьев // O‘zR Adliya vazirligi, O‘zR Dasturiy mahsulotlar davlat reyisterida 10.08.2023-yilda ro‘yxatdan o‘tgan Guvohnoma № DGU 26556.

16. Muhamediyeva D.T., Tukhtamuradov N. U., L.U. Safarova. Hududda ekilgan plantasiyalarni hisoblash dasturi// O‘zR Adliya vazirligi, O‘zR Dasturiy mahsulotlar davlat reyisterida 03.08.2023-yilda ro‘yxatdan o‘tgan Guvohnoma № DGU 26437.

Avtoreferat “Hisoblash va amaliy matematika muammolari” ilmiy jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi va o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlarini mosligi tekshirildi.

Bichimi: 84x60 $\frac{1}{16}$. “Times New Roman” garnitura raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 2,5. Adadi 100. Buyurtma № 39.

“O‘zR Fanlar akademiyasi Asosiy kutubxonasi” bosmaxonasida chop etildi.
100170, Toshkent, Ziyolilar ko‘chasi, 13-uy.