

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI”
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD 03/30.12.2019.T.10.08 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI”
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI**

JURAYEV KURBON HAFIZ O‘G‘LI

**MASOFADAN ZONDLASH MA‘LUMOTLARI ASOSIDA O‘RMON
O‘SIMLIKLARI DEGRADATSIYASINI GEOFAZOVIIY TAHLIL QILISH
USULINI TAKOMILLASHTIRISH
(Zomin milliy bog‘ davlat o‘rmon xo‘jaligi misolida)**

11.00.07 – Geoinformatika

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

Toshkent – 2026

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

**Оглавление автореферата диссертации на соискание ученой степени
доктора философии (PhD) по техническим наукам**

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

Jurayev Kurbon Hafiz o'g'li

Masofadan zondlash ma'lumotlari asosida o'rmon o'simliklari degradatsiyasini geofazoviy tahlil qilish usulini takomillashtirish (Zomin milliy bog' davlat o'rmon xo'jaligi misolida)..... 3

Жураев Курбан Хафизович

Совершенствование метода геопространственного анализа деградации лесной растительности на основе данных дистанционного зондирования Земли (на примере государственного лесного хозяйства Национального природного парка Заамин)..... 23

Juraev Kurbon

Improving the method for geospatial analysis of forest vegetation degradation using remote sensing data (a case study of the state forestry of Zaamin National Nature Park)..... 45

E'lon qilingan ishlar ro'uxati

Список опубликованных работ
List of published works..... 49

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI”
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD 03/30.12.2019.T.10.08 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI”
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI**

JURAYEV KURBON HAFIZ O‘G‘LI

**MASOFADAN ZONDLASH MA‘LUMOTLARI ASOSIDA O‘RMON
O‘SIMLIKLARI DEGRADATSIYASINI GEOFAZOVIIY TAHLIL QILISH
USULINI TAKOMILLASHTIRISH
(Zomin milliy bog‘ davlat o‘rmon xo‘jaligi misolida)**

11.00.07 – Geoinformatika

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PHD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent – 2026

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.3.PhD/T6066 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.tiame.uz) va «ZiyoNet» axborot-ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:	Inamov Aziz Nizamovich texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Rasmiy opponenlar:	Sultonov Murodjon Qilichovich geografiya fanlari doktori (DSc), dotsent Reymov Mamanbek Polatovich texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Yetakchi tashkilot:	Mirzo Ulug'bek nomidagi Samarqand davlat arxitektura-qurilish universiteti

Dissertatsiya himoyasi "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universiteti huzuridagi PhD 03/30.12.2019. T.10.08 raqamli Ilmiy kengashning 2026 yil 20-iyun soat 13⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100000, Toshkent sh, Qori Niyoziy ko'chasi, 39 uy. Tel.: (+99871) 237-09-71, faks: (+99871) 237-54-79, e-mail: admin@tiame.uz)

Dissertatsiya bilan "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (_____raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100000, Toshkent sh, Qori Niyoziy ko'chasi, 39 uy. tel.(+99871) 237-19-45.

Dissertatsiya avtoreferati 2026 yil «_____» iyun kuni tarqatildi.

(2026 yil «_____» iyundagi _____ raqamli reestr bayonnomasi).

Sh.S.Shokirov

Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor

S.N.Abduraxmonov

Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash ilmiy kotibi, t.f.d., (DSc)

E.Yu.Safarov

Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash asosidagi Ilmiy seminar raisi, t.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori PhD dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda va uning turli mintaqalarida iqlim o'zgarishi, qurg'oqchilik, haroratning oshishi hamda antropogen bosim ta'sirida o'rmon ekotizimlarining degradatsiyasi kuchayib bormoqda. Buning natijasida vegetatsiya qoplami qisqarishi, tuproq va havo namligining kamayishi, quruq biomassa hajmining ortishi kuzatilmoqda hamda o'rmon yong'inlari xavfi sezilarli darajada oshmoqda. Xalqaro tadqiqotlar natijalariga ko'ra, so'nggi 20 yil davomida dunyoda sodir bo'lgan yirik o'rmon yong'inlari oqibatida yo'qolgan daraxt qoplami hajmi avvalgi davrlarga nisbatan qariyb 2 barobar ortgan. Global Forest Watch ma'lumotlariga ko'ra, 2021–2024-yillarda o'rmon yong'inlari soni oldingi davrga nisbatan 5,4 foizga oshgan bo'lib, mazkur jarayon natijasida 6 mln gektardan ortiq daraxt qoplami yo'qotilgan. Bu ko'rsatkich hududiy jihatdan Xorvatiya davlatining umumiy yer maydoniga teng keladi. Shuningdek, 2021-yilgacha o'rmon yong'inlari sababli daraxt qoplami yo'qotilishi umumiy yo'qotishlarning 22 foizini tashkil etgan bo'lsa, 2021–2025-yillarga kelib ushbu ko'rsatkich 35 foizga yetgan¹. Mazkur holat o'rmon resurslarini raqamlashtirish, ularning holatini doimiy monitoring qilish, yong'in xavfi yuqori bo'lgan hududlarni oldindan aniqlash hamda favqulodda vaziyatlarga tezkor munosabat bildirish bo'yicha zamonaviy ilmiy yondashuvlarni joriy etishni taqozo etmoqda. Shu jihatdan masofadan zondlash ma'lumotlari va geoaxborot tizimlari asosida o'rmon yerlari holatini kompleks baholash, tahlil qilish va boshqarish dolzarb ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Jahonda masofadan zondlash va geoaxborot tizimi texnologiyalaridan foydalanish asosida o'rmon xo'jaligi yerlari holatini geofazoviy tahlil qilish, o'rmon maydonlari chegaralarini aniqlash, o'simlik turlarini tasniflash, ularning o'zgarish dinamikasini kuzatish hamda uzoq muddatli ma'lumotlar bazalarini shakllantirishga qaratilgan keng ko'lamlil ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Shu bilan birga, yong'in xavfini prognozlash, o'simlik biomassasini baholash, noqonuniy kesish holatlarini aniqlash hamda degradatsiyaga uchragan hududlarni tiklash bo'yicha ilmiy-uslubiy yechimlar takomillashtirilmoqda. Bu borada mamlakatimiz o'rmon xo'jaligi yerlarining tabiiy-geografik, agroekologik va ijtimoiy-iqtisodiy sharoitlarini hisobga olgan holda geoaxborot texnologiyalari asosida o'simlik qoplaminin holatini baholash, ularning kamayishi yoki ko'payishini aniqlash hamda samarali boshqarish mexanizmlarini ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega.

Respublikamizda o'rmon xo'jaligini rivojlantirish, o'rmon fondi yerlaridan oqilona foydalanish, ularni muhofaza qilish va monitoring qilish bo'yicha izchil islohotlar amalga oshirilmoqda. Xususan, o'rmon yerlari va o'simlik qoplaminin geografik joylashuvini aniqlash, ularning raqamli ma'lumotlar bazasini shakllantirish, ekologik nazorat tizimini takomillashtirish hamda boshqaruv jarayonlariga zamonaviy axborot texnologiyalarini keng joriy etish yuzasidan amaliy chora-tadbirlar ko'rilmogda. ²2022–2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan "...davlat monitoringi elektron

¹ <https://umd.edu/>

² <https://lex.uz/docs/5841063>

ma'lumotlar bazalarini yagona geoaxborot platformasiga integratsiya qilish, tabiiy resurslar to'g'risidagi ma'lumotlarning ishonchliligi va ochiqligini ta'minlash" hamda "Ekologik muammolarni bartaraf etish, atrof-muhitni muhofaza qilish, yashil iqtisodiyot tamoyillarini keng joriy etish, resurslardan oqilona foydalanish hamda aholining ekologik madaniyatini oshirish" bo'yicha vazifalar belgilangan. Mazkur vazifalarni amalga oshirishda o'rmon xo'jaligi ekinlarini maqbul joylashtirish, o'rmon fondi yerlarining holatini tezkor baholash, ularni masofadan monitoring qilish hamda boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslash bo'yicha zamonaviy usullarni ishlab chiqish dolzarb hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasining 2016-yil 21-sentabrdagi O'RQ-409-son "O'simlik dunyosini muhofaza qilish va undan foydalanish to'g'risida"gi, 2018-yil 16-apreldagi O'RQ-475-son "O'rmon to'g'risida"gi qonunlari, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 11-maydagi PQ-2966-son qarori bilan O'zbekiston Respublikasi O'rmon xo'jaligi davlat qo'mitasi faoliyatini takomillashtirish bo'yicha belgilangan vazifalar, shuningdek Vazirlar Mahkamasining o'rmonlarning davlat hisobi va monitoringini yuritish, o'rmon fondi yerlarida muhofaza etiladigan tabiiy hududlarni tashkil etishga oid qarorlarida ushbu sohani ilmiy asosda rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlari belgilab berilgan. Mazkur me'yoriy-huquqiy hujjatlarda ko'zda tutilgan vazifalarni samarali amalga oshirishda o'rmon xo'jaligi yerlarini masofadan zondlash va geoaxborot tizimlari asosida tahlil qilish, monitoring yuritish hamda boshqarish bo'yicha ilmiy-uslubiy tavsiyalar ishlab chiqishga mazkur dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining I -"Qishloq xo'jaligi yo'nalishi bo'yicha (qishloq xo'jaligi va atrof-muhitni muhofaza qilish fanlari)", III -"Axborot texnologiyalari yo'nalishi bo'yicha (axborotlashtirish va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish fanlari)" ustuvor yo'nalishlariga muvofiq bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Sohaga tegishli ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, masofadan zondlash asosida o'rmon o'simliklari degradatsiyasini geofazoviy tahlil qilish usullari bo'yicha xorijiy davlat olimlari qatorida respublikamizda ham ilmiy tadqiqot ishlari olib borilgan. Shuningdek, o'rmon resurslarini geografik vizuallashtirish va masofaviy zondlash usullaridan foydalangan holda o'rmon o'simliklarini geofazoviy tahlil qilishning nazariy va uslubiy asoslari xorijiy olimlardan M.Wulder, N.Kups, E.Hudak, M.Pereyra, T.Mbah, A.Avono, B.Saux, J.Rizzo, R.Gimenez, J.Sanches, A.Kumar, A.Mohanti, K.Kalabokidis, G.Mertzanis, S.Parks, M.Krouz, B.Mays, L.Peter, H.Wang, X.Chen, N.Polys, P.Sforza va boshqalar tomonidan o'rganilgan.

Mustaqil Davlatlar Hamdo'stligi mamlakatlarida o'rmon yerlarini monitoring qilish, o'rmon yerlari hisobini yuritish, o'rmon daraxtlari pasportini yaratish hamda o'rmon yerlarini muhofaza qilish bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlari A.Burykin, S.Zonn, V.Tselishchev, A.Smagin, D.Vorobyov, V.Sofronov, P.Drachyov, B.Kharuk, A.Sokolov, S.Vonsky, N.Strakhov, M.Muxitdinov, L.Grebennikov, Y.Plyukhin va boshqa olimlar tomonidan olib borilgan.

O‘zbekistonda o‘rmonlarni tashkil etish, o‘rmonlar hisobini yuritish hamda ularni monitoring qilish, kartografik jihatdan o‘rmon yerlarini geovizuallashtirish, degradatsiya ma‘lumotlarini olish va integratsiyalash, masofadan zondlash, fazoviy tahlillar hamda fazoviy ma‘lumotlar modellari bo‘yicha Sh.Shokirov, Sh.Narbayev, R.Jaqsbayev, M.Reyimov, I.Abduraxmonov, M.Matchanov, E.Berdiyev, K.Zokirov, R.Mahammadjanova va boshqa olimlarning ilmiy ishlarida tadqiq etilgan hamda ijobiy natijalarga erishilgan.

Bugungi kunda o‘rmon xo‘jaligi yerlarining holatini masofadan zondlash ma‘lumotlari asosida kompleks baholash va geofazoviy tahlil qilish ishlari yetarli darajada rivojlanmagan. Natijada o‘rmon hududlaridagi mavjud o‘simlik qoplami, ularning maydoniy o‘zgarishlari hamda degradatsiya jarayonlarini tezkor aniqlashda ayrim muammolar saqlanib qolinmoqda. Shu bois, o‘rmon xo‘jaligi yerlaridagi o‘simlik qoplami masofadan zondlash ma‘lumotlari asosida geofazoviy tahlil qilish, ularning holatini baholash hamda zamonaviy geoaxborot tizimlari texnologiyalari yordamida monitoring usullarini takomillashtirish bugungi kunda dolzarb ahamiyat kasb etmoqda.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta‘lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi.

Dissertatsiya ishi “Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq, xususan, “Sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi yerlarining ekologik holatini xaritaga olish uslubini takomillashtirish” (qayd raqami №1.13, 2023-2025), “Geofazoviy usullar orqali organik va an’anaviy dehqonchilikni qo‘llab-quvvatlash” AL-6222052520 davlat granti loyihasi (2023-2025) hamda “GAT dasturlari asosida o‘rmon o‘simliklarining sifat hisobi ma‘lumotlar bazasini yaratish” (2025-2026) mavzularidagi tadqiqotlar doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi geoaxborot tizimi va masofadan zondlash texnologiyalari asosida o‘rmon o‘simliklari degradatsiyasini geofazoviy tahlil qilish usulini takomillashtirish bo‘yicha ilmiy asoslangan taklif va tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari quyidagilardan iborat:

sun‘iy intellekt algoritmlaridan foydalanib, masofadan zondlash asosida o‘rmon daraxtlari miqdorini aniqlash;

masofadan zondlash orqali o‘rmon o‘simliklarining qayta tiklanish dinamikasini monitoring qilish;

yong‘inga moyil o‘rmon hududlarini geofazoviy tahlillar asosida aniqlash;

yong‘in xavfini monitoring qilish uchun “GeoFire Monitoring” interaktiv veb-platformasini yaratish.

Tadqiqot obyekti sifatida sifatida Zomin milliy bog‘ davlat o‘rmon xo‘jaligi hududi olingan.

Tadqiqotning predmeti geoaxborot tizimi dasturlari, masofadan zondlash materiallari va veb-platforma asosida o‘rmon o‘simliklari degradatsiyasini geofazoviy tahlil qilish hamda yong‘in sodir bo‘lgan hududlarni masofadan aniqlash imkonini beruvchi “GeoFire Monitoring” interaktiv veb-platformasi yaratilgan.

Tadqiqot usullari. Dissertatsiyada dala tadqiqotlari, geoaxborot texnologiyalari, sun'iy intellekt tahlili, geofazoviy, taqqoslash, hududiy statistika, geovizuallashtirish, interpolyatsiya algoritmlari, aerokosmik va boshqa usullardan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

sun'iy intellekt texnologiyalarini qo'llagan holda, masofadan zondlash ma'lumotlaridan foydalanib o'rmon daraxtlari miqdorini aniqlash usuli takomillashtirilgan;

masofadan zondlash ma'lumotlaridan foydalanib, o'rmon xo'jaligi hududlarida degradatsiyaga uchragan o'simliklarning qayta tiklanish jarayonini geofazoviy tahlillar orqali monitoring qilish usuli takomillashtirilgan;

geoinnovatsion texnologiyalarni inobatga olib, yong'inga moyilligi bo'lgan o'rmon hududlarini masofadan zondlash ma'lumotlari asosida aniqlash algoritmi ishlab chiqilgan;

o'rmon hududidagi videllar va bo'limlarni interaktiv tarzda ko'rish, o'simlik qoplami, daraxt turlarining tarqalishini va yong'inga moyilligi bor hududlarni geovizuallashtirish hamda hududni kompleks baholash ishlari "GeoFire Monitoring" interaktiv veb-platformasini ishlab chiqish asosida takomillashtirilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

masofadan zondlash ma'lumotlari asosida Zomin Milliy bog' davlat o'rmon xo'jaligi hududida "object detection" algoritmidan foydalanish orqali mavjud daraxtlarning soni hamda ularning hududiy joylashuvi aniqlangan;

masofadan zondlash ma'lumotlari yordamida NDVI-NBR-dMBR tahlillarini taqqoslash yo'li orqali o'rmon xo'jaligida yong'in sodir bo'lgan hududlarni aniqlash va qayta tiklash jarayonini monitoring qilish usuli takomillashtirilgan;

yong'inga moyilligi bo'lgan o'rmon xo'jaligi hududlarini avtomatlashgan tizim asosida aniqlash va moyillik darajalarini sinflarga ajratish algoritmi o'rmonga ta'sir etuvchi omillarni inobatga olgan holda ishlab chiqilgan;

o'rmon hududidagi yong'inga moyilligi yuqori bo'lgan yer maydonlarini aniqlash, yong'in xavfini tezkor baholash hamda unga qarshi zarur chora-tadbirlarni belgilash maqsadida GAT asosida GeoFire Monitoring interaktiv veb-platfomasi ishlab chiqilgan;

Tadqiqot natijalarining ishonchligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi O'zbekiston Respublikasi ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o'zgarishi vazirligi hamda uning tasarrufidagi O'rmon xo'jaligi agentligi, Zomin o'rmon xo'jaligi va Zomin milliy tabiat bog'i materiallaridan foydalanilganligi, tadqiqotlar natijasi amaliyotga joriy etilganligi, olingan natijalarning vakolatli tuzilmalar tomonidan tasdiqlanganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati masofadan zondlash ma'lumotlari va geoaxborot tizimlaridan foydalanib, Zomin milliy bog'i davlat o'rmon xo'jaligida mavjud daraxtlarning soni, joylashuvi va yong'inga moyil bo'lgan o'rmon xo'jaligi hududlarini hamda moyillik darajalarini turli sinflarga ajratishini aniqlash uchun algoritmi ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati, Zomin milliy bog‘i hududida o‘rmonlarni muhofaza qilish, o‘rmon degradatsiyasini bartaraf etish, masofadan zondlash ma‘lumotlari va geoaxborot tizimlari yordamida o‘rmon hududlarini doimiy monitoring qilish imkoniyatini yaratish, yong‘in xavfini kamaytirish uchun tavsiyalar berish hamda tezkor chora-tadbirlarni amalga oshirishdan iborat.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Masofadan zondlash ma‘lumotlari asosida o‘rmon o‘simliklari degradatsiyasini geofazoviy tahlil qilish usulini takomillashtirish bo‘yicha olingan natijalar asosida:

o‘rmon daraxtlarining sonini aniqlash hamda o‘rmon xo‘jaligi yerlarida degradatsiyaga uchragan o‘simliklarni qayta tiklanish dinamikasini masofadan zondlash ma‘lumotlari asosida monitoring qilish usullari Zomin o‘rmon xo‘jaligi va Zomin milliy tabiat bog‘ida joriy etilgan (O‘zbekiston Respublikasi ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligining 2025-yil 10- noyabrdagi 03-03/1-03/3-11575-son ma‘lumotnomasi). Natijada, Zomin milliy bog‘ davlat o‘rmon xo‘jaligidagi mavjud daraxtlarning soni va ularning joylashuvini aniqlash, o‘rmon xo‘jaligida yong‘in sodir bo‘lgan hududlarni aniqlash va qayta tiklash jarayonini monitoring qilish imkoniyati yaratilgan;

yong‘inga moyilligi bo‘lgan o‘rmon hududlarini masofadan zondlash ma‘lumotlari asosida aniqlash algoritmi Zomin o‘rmon xo‘jaligi va Zomin milliy tabiat bog‘ida joriy etilgan (O‘zbekiston Respublikasi ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligining 2025-yil 10- noyabrdagi 03-03/1-03/3-11575-son ma‘lumotnomasi). Natijada, masofadan zondlash ma‘lumotlari va xavf omillari (harorat, namlik, o‘simlik turlari) integratsiyasi orqali o‘rmondagi yong‘in xavfini oldindan aniqlash va uni oldini olish imkoniyati yaratildi;

“GeoFire Monitoring” nomli interaktiv veb-platforma Zomin o‘rmon xo‘jaligi va Zomin milliy tabiat bog‘ida joriy etilgan (O‘zbekiston Respublikasi ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligining 2025-yil 10- noyabrdagi 03-03/1-03/3-11575-son ma‘lumotnomasi). Natijada, Zomin milliy bog‘ va davlat o‘rmon xo‘jaligi hududlarini raqamli modulini ko‘rish, tahlil qilish, yer maydonlarini aniqlash, o‘simliklar tarqalishini kuzatish, yong‘inga moyilligi bo‘lgan hududlarini hamda o‘rmon yerlaridagi namlik va harorat ko‘rsatkichlarini masofadan turib aniqlash imkonini bergan;

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur ishning tadqiqot natijalari 4 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e‘lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 10 ta ilmiy ish chop etilgan bo‘lib, shulardan, O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiyasi komissiyasining dissertatsiyalarning asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 4 ta maqola, jumladan, 2 tasi respublika, 2 tasi xorijiy ilmiy jurnallarda nashr etilgan.

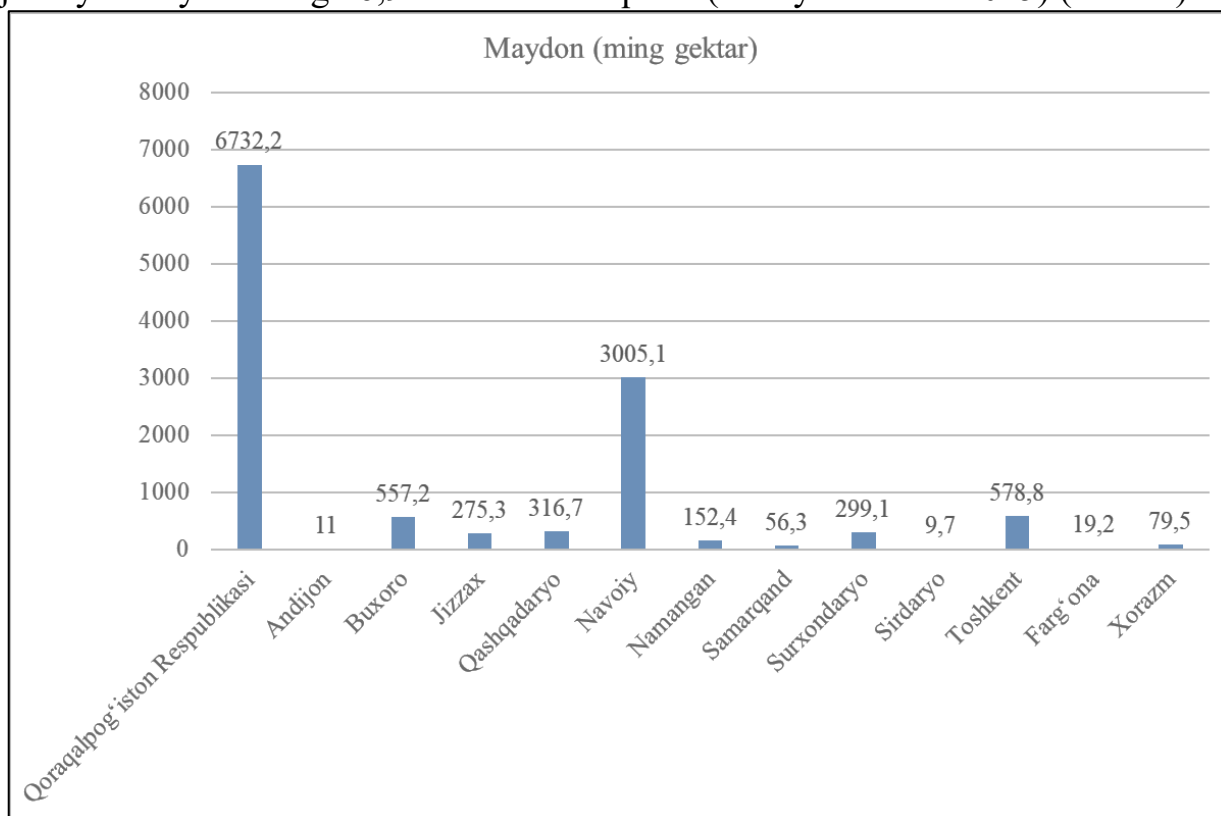
Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, uchta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 120 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya tadqiqotining dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqot maqsadi va vazifalari hamda obyekt va predmetlari shakllantirilib, tadqiqotning O‘zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishiga mosligi ko‘rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, tadqiqot natijalarining ishonchliligi olingan natijalarning joriy qilinganligi, nashr etilgan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“O‘rmon xo‘jaligi yerlarining sifat va miqdor jihatidan hamda o‘simliklarini degradatsiyaga uchrash jarayonlarini tahlil qilishning nazariy asoslari”** deb nomlangan birinchi bobida o‘rmon xo‘jaligi yerlari hisobi, tabiiy sharoiti va iqlim ko‘rsatkichlari, o‘rmon xo‘jaligi yerlarini aniqlash, undagi o‘simliklar dunyosi va muhofaza zonasini belgilash hamda o‘rmon o‘simliklarini degradatsiyaga uchrash jarayoni, sabablari va xorijiy tajribalar tahlili kabi masalalar yoritilgan.

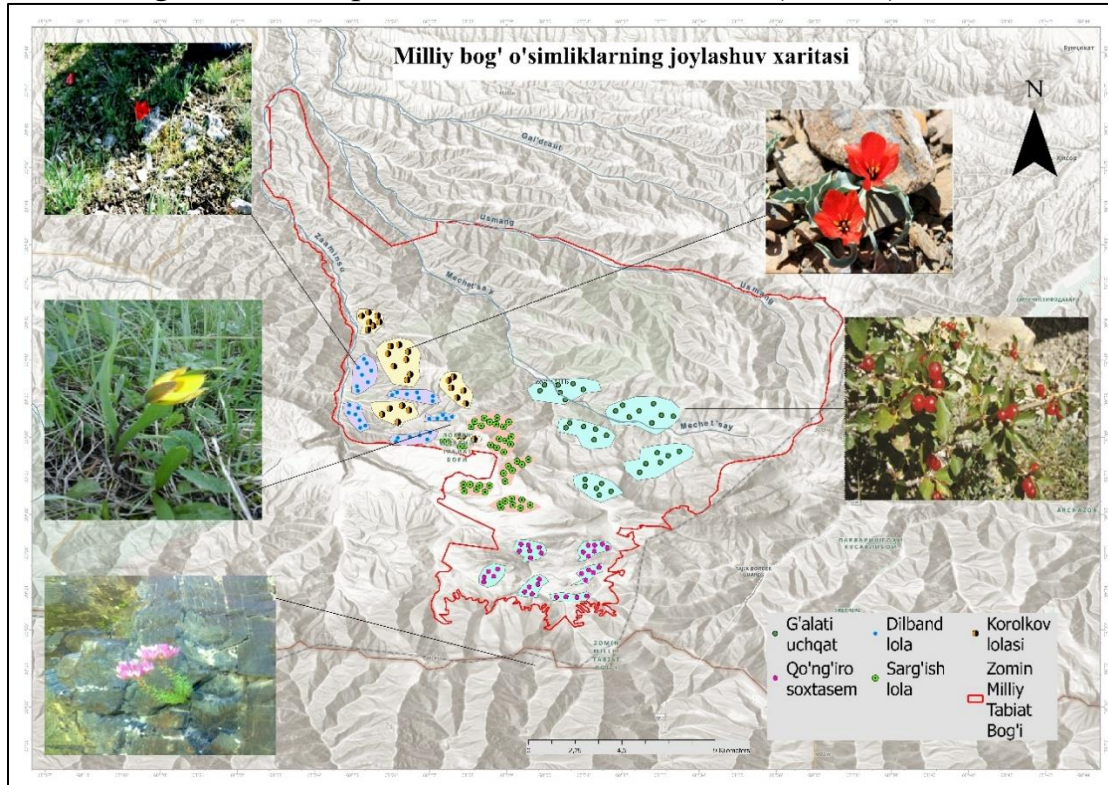
O‘rmon fondi yerlari alohida ekologik ahamiyatga ega bo‘lib, o‘rmon bilan qoplangan, shuningdek o‘rmon bilan qoplanmagan bo‘lsa ham, o‘rmon xo‘jaligi ehtiyojlari uchun ajratilgan yerlardan iborat. 2024-yil 1-yanvar holatiga ko‘ra, o‘rmon fondi yerlarining umumiy maydoni 12 092,5 ming gektarni tashkil etib, bu jami yer maydonining 26,9 % ini tashkil qiladi (Milliy hisobot - 2025) (1-rasm).



1-rasm. O‘rmon fondi yerlarini viloyatlar kesimida taqsimlanish diagrammasi (ming. ga. hisobida)

Zomin milliy tabiat bog‘i hududida O‘zbekiston Respublikasi “Qizil kitobi” ga kiritilgan 20 tur o‘simlik bo‘lib, ulardan 5 turi dorivor giyohlardir.

Dala tadqiqot ishlaridan kelib chiqib, Zomin tumani Milliy bog‘ hududidagi o‘simliklar xaritasi tuzildi. Bunda GNSS qurilmasi yordamida o‘simliklar joylashgan hududlar koordinatalari aniqlanib, geoma'lumotlar bazasiga aniqlangan koordinatalar konvertatsiya qilindi. O‘simliklar aniqlangan hududlar maydonli qatlam ko‘rinishida shakllantirilib, Zomin tumani Milliy bog‘ hududidagi o‘simliklarning elektron raqamli xaritasi shakllantirildi (2-rasm).



2-rasm. Milliy bog‘ hududidagi o‘simliklarning joylashuv xaritasi

Zomin milliy tabiat bog‘i 1976-yilda tashkil topgan vaqtida umumiy yer maydon 24110 gektarga teng bo‘lgan. Hozirgi vaqtda uning yer maydoni 23609,2 gektarga teng bo‘lib, milliy bog‘ hududini 490,8 gektarga kamaygani tadqiqotlar davomida aniqlandi. Zomin milliy tabiat bog‘ida yovvoyi holda o‘sadigan o‘simliklarning 1216 dan ortiq turi mavjud. Ulardan 107 dan ortiq turida dori-darmonlik xususiyati aniqlangan. Shu bilan birga hududda “Qizil kitob” ga kiritilgan o‘simlikning 20 tur bo‘lib, ulardan 5 turi dorivor giyohlar sanaladi.

Natijada, milliy bog‘ hududida biologik xilma-xillikni saqlash, noyob o‘simlik turlarini muhofaza qilish hamda ularning tarqalish areallarini doimiy monitoring qilish zarurligi asoslandi. Shuningdek, yer maydonining qisqarishi hududda antropogen bosim va tabiiy omillar ta’sirini chuqur o‘rganishni talab etadi. Olingan natijalar asosida hududdan oqilona foydalanish, ekologik muhofaza choralari kuchaytirish hamda raqamli monitoring tizimlarini joriy etish bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.

Dissertatsiyaning **“O‘rmon xo‘jaligi yerlarini raqamlashtirish va o‘rmon o‘simliklari degradatsiyasini aniqlashning tahliliy asoslari”** deb nomlangan ikkinchi bobida o‘rmon o‘simlik degradatsiyasini aniqlash, tahlil qilishning amaliy-uslubiy asoslari, geoaxborot tizimlari va texnologiyalari asosida o‘rmon xo‘jaligi yerlarini raqamlashtirish va tasniflash hamda sun‘iy intellektga asoslangan

geofazoviy tahlillar yordamida o‘rmon xo‘jaligidagi mavjud daraxtlar miqdorini aniqlash usuli kabi masalalar tadqiq qilingan.

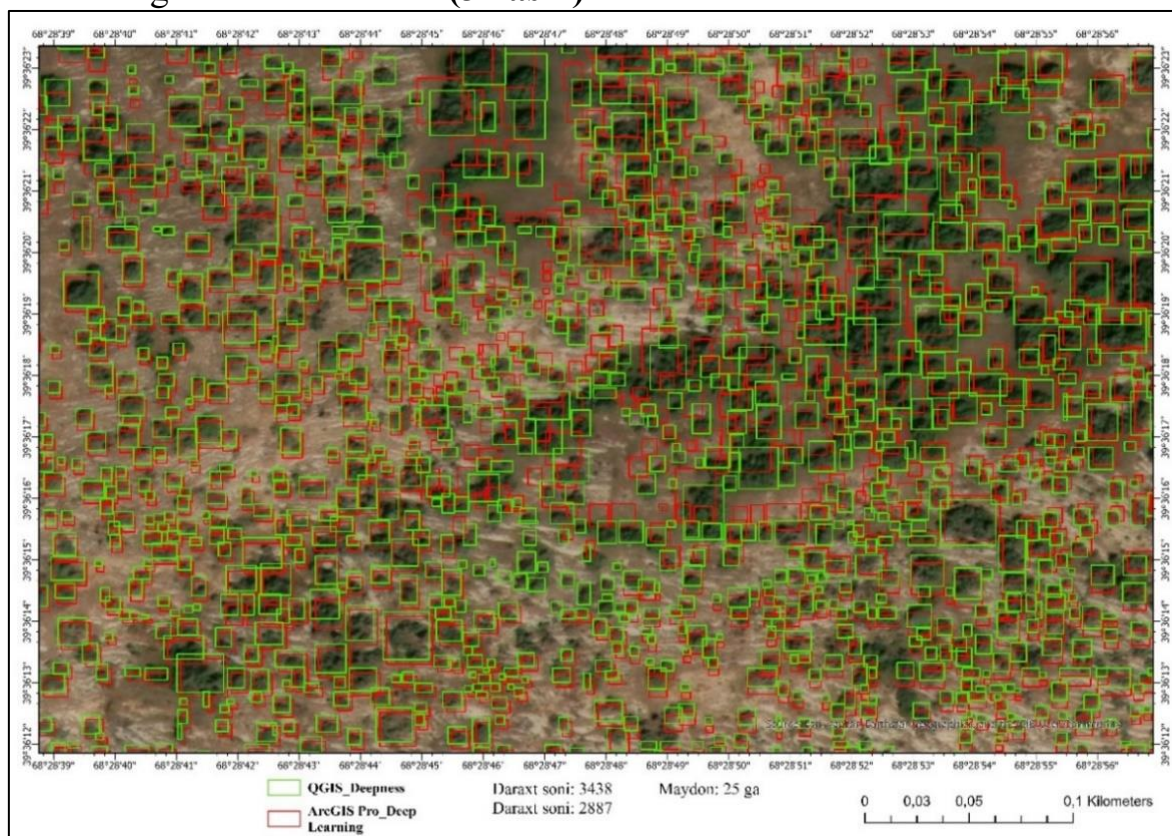
O‘rmon xo‘jaligida fazoviy tahlil usullarining nazariy imkoniyatlari juda keng bo‘lib, ular yordamida daraxt kesish uchun eng maqbul hududlarni aniqlash, o‘rmon resurslari, yovvoyi hayvonlar yashash joylari va o‘rmon xo‘jaligiga ajratilgan maydonlarning yo‘l tarmoqlari hamda aholi punktlariga nisbatan joylashuvini tahlil qilish imkonini beradi.

ArcGIS Pro dasturining Deep Learning modeli hamda QGIS dasturining Deepness moduli orqali masofadan zondlash ma‘lumotlari asosida daraxtlarning soni avtomatik ravishda aniqlandi.

ArcGIS Pro dasturining Deep Learning modeli yordamida rastr va vektor ma‘lumotlari tahlil qilinib, hududning muhim xususiyatlari ajratib ko‘rsatildi. Olingan natijalar obyektlarni aniqlashda yuqori aniqlikni namoyon etgan bo‘lsa-da, ayrim maydonlarda noto‘g‘ri tasniflash holatlari ham kuzatildi.

QGIS dasturining Deepness: Deep Neural Remote Sensing plagini orqali olingan tasniflash natijalari tasvirlandi. Model natijalari ArcGIS Pro bilan solishtirilganda yuqori aniqlikka ega ekani ko‘rsatdi.

Xaritada ikkala tizim tomonidan tasniflangan hududlar ustma-ust joylashtirilib, tasniflash natijalari o‘rtasidagi farqlar vizual ravishda ko‘rsatilgan. QGIS dasturining Deepness modelining aniqlik bo‘yicha ustunligi yaqqol namoyon bo‘lib, u ob‘ektlarni aniqlashda kamroq xatolikka yo‘l qo‘ygani kuzatilgan. Shu bilan birga, ArcGIS Pro dasturining Deep Learning modeli ayrim hududlarda noto‘g‘ri tasniflashlarga sabab bo‘lgan. Mazkur xarita ikki tizimning samaradorligini imkonini berdi (**3-rasm**).



3-rasm. Ikki model natijalarining solishtirma tahlili

Zomin milliy tabiat bog'ida umumiy daraxtlar sonini aniqlash jarayonida hududning o'rmon bilan qoplangan maydoni rasmiy manbalar asosida aniqlanib, qo'shimcha ravishda relyef va o'rmon zichligini baholash uchun QGIS dasturining Deepness modelidan foydalanildi. Tadqiqot hududi bo'ylab 6 mln 780 dona daraxt mavjud ekanligi aniqlandi.

Dala monitoringi orqali real vaziyat bilan solishtirilganida, QGIS natijalari daraxtlarning haqiqiy joylashuvi, shakli va soyalarini yaxshiroq ajrata olgani tasdiqlandi. ArcGIS Pro modeli esa zich guruh bo'lib o'sgan yoki soyaga tushgan daraxtlarni bir obyekt sifatida qabul qilganligi sababli aniqlik darajasi past bo'lgan. Shuningdek, QGIS Deepness modeli kichik o'lchamli, yakka daraxtlarni ham tanib olishi bilan afzallik ko'rsatdi. Shunday qilib, yuqoridagi tahlillar asosida daraxtlar sonini masofadan aniqlashda QGIS platformasi modelining aniqlik, barqarorlik hamda dala ma'lumotlari bilan moslik darajasi yuqori ekanligi ilmiy jihatdan asoslandi.

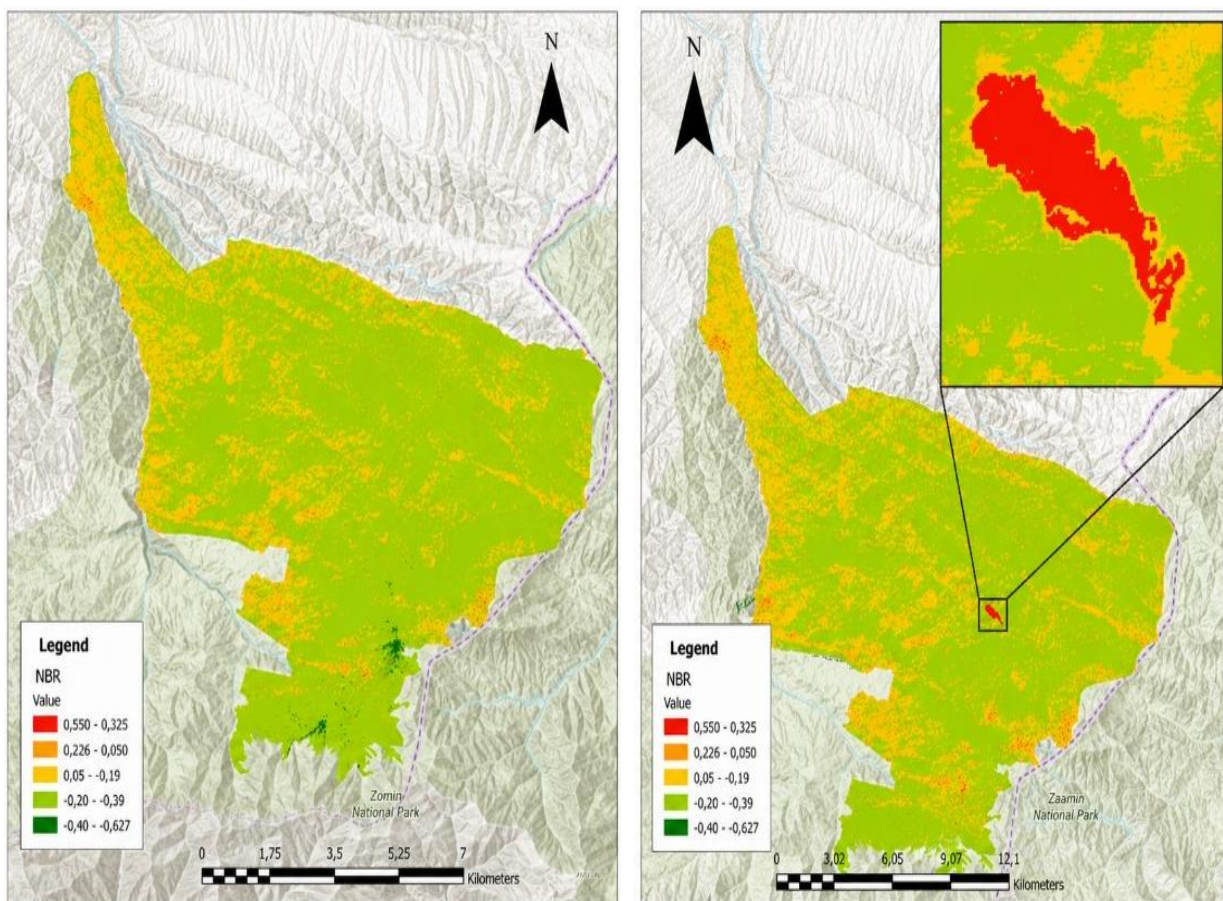
Dissertatsiyaning **“Masofadan zondlash ma'lumotlari asosida o'rmon o'simliklari degradatsiyasini geofazoviy tahlil qilish usulini takomillashtirish”** deb nomlangan uchinchi bobida masofadan zondlash ma'lumotlari asosida degradatsiyaga uchragan o'simliklarning qayta tiklanish dinamikasini monitoring qilish, yong'in sababli degradatsiyaga uchrashga moyilligi yuqori bo'lgan o'rmon xo'jaligi hududlarni geofazoviy tahlillar asosida aniqlash hamda GAT asosida yong'in xavfi monitoringi uchun “GeoFire Monitoring” interaktiv veb-platformasini yaratish bo'yicha taklif va tavsiyalarning ustuvor yo'nalishlariga bag'ishlangan.

Degradatsiyaga uchragan o'simliklarni qayta tiklash dinamikasini aniqlash uchun, Zomin milliy bog' hududida moslik tahlili amalga oshirildi. Zomin milliy bog'i noyob bioxilma-xillik, qimmatbaho o'simlik turlari va yovvoyi hayvonotiga boy hudud sanaladi. Biroq, qurg'oqchilikning kuchayishi, inson faolligining o'sishi va iqlim o'zgarishi tufayli yong'in hodisalarining chastotasi ortib borayotganligi bog' ekotizimlariga jiddiy tahdid solmoqda.

NBR doimiy ravishda “Landsat” va “Sentinel” tasvirlari uchun yong'in zarar ko'rgan hududlarni aniqlash va xaritalashda ustun natijalarni ko'rsatdi.

NDVI indeksi Jizzax viloyatidagi Zomin Milliy tabiat bog'ida yong'indan keyingi o'simliklarning tiklanishini samarali aks ettirishda cheklovlarga ega ekanligi aniqlandi.

Sentinel-2 va Landsat-8 ma'lumotlaridan hisoblangan NBR (Normalized Burn Ratio) va NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) indeksleri orqali yong'indan oldingi va keyingi holatlar xaritalashtirildi. Uch yil davomida kuzatuv natijalari shuni ko'rsatdiki, NBR indeksi yong'in zararlangan hududlarni aniqlashda yuqori sezgirlikka ega bo'ldi, NDVI esa o'simliklarning tiklanish dinamikasini kuzatishda samarali qo'llanildi, ammo yong'indan keyingi o'simlik qoplamining tiklanish jarayonini monitoring qilishda nisbatan kuchsiz ekanligini namoyish qildi. Ushbu yondashuv yong'indan keyingi ekotizimlarning barqarorligini baholash va tiklanish jarayonini geofazoviy monitoring qilishda muhim ahamiyat kasb etdi (4-rasm).



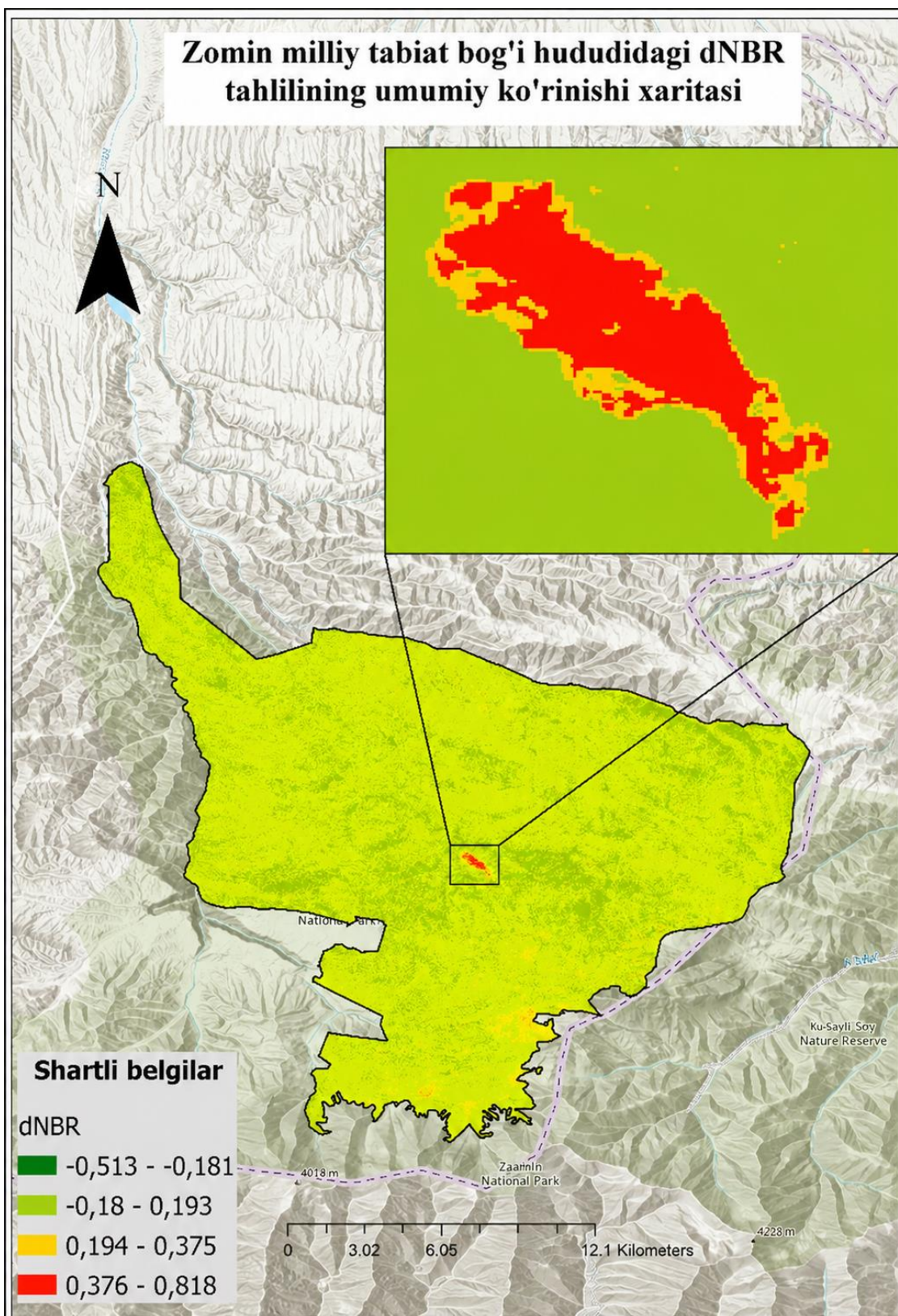
Yongʻindan oldingi tasvir
(25.07.2021)

Yongʻindan keyingi tasvir
(12.08.2021)

4-rasm. Zomin Milliy Tabiat Bogʻi hududidagi NBR tahlillarning umumiy koʻrinish xaritasi

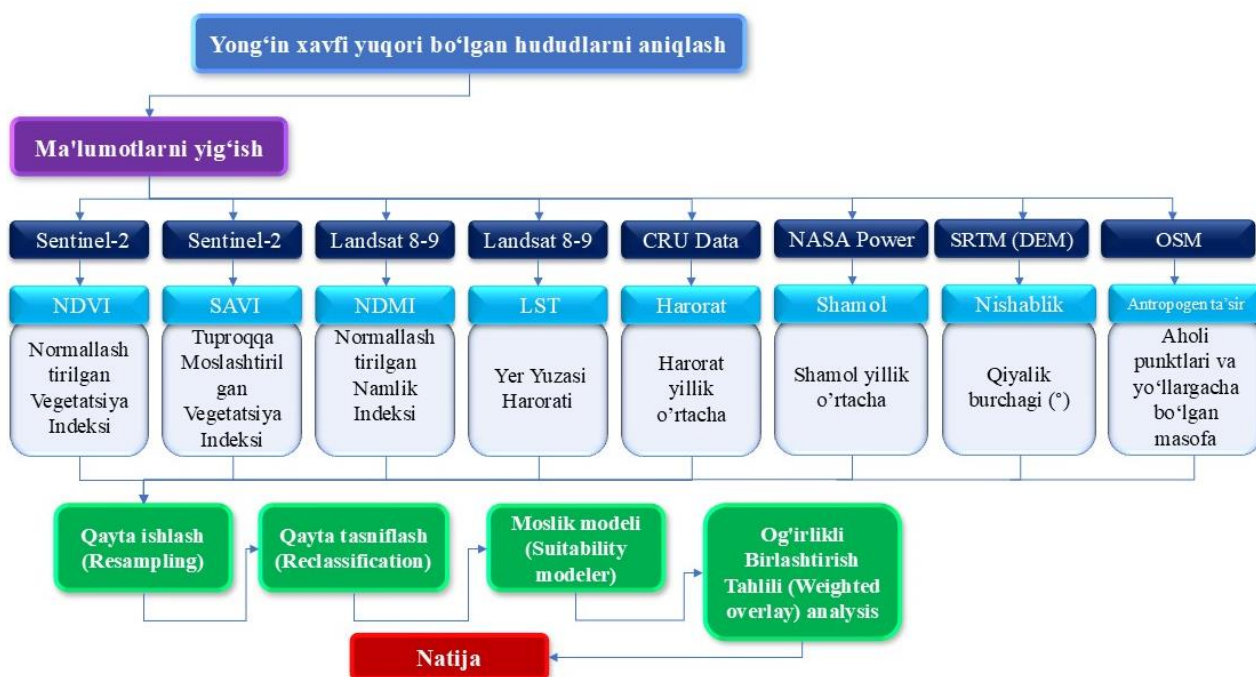
Yongʻindan keyingi oʻsimlik qoplarning degradatsiyasi va tiklanish jarayonini baholashda dNBR (Differenced Normalized Burn Ratio) indeksi qoʻllanildi. dNBR – yongʻin oldin va keyingi tasvirlar asosida yongʻinning qanchalik kuchli taʼsir qilganini baholash uchun ishlatiladigan indeks. Bu oʻrmon yongʻinlari natijasida vegetatsiyaning oʻzgarishini aniqlash va tiklanish jarayonini kuzatish uchun juda muhim. Ushbu koʻrsatkich yongʻindan oldin va keyin hisoblangan NBR qiymatlari oʻrtasidagi farq asosida aniqlanadi va zarar koʻrgan hududlarni xaritalashda yuqori aniqlik beradi. Tadqiqotda Landsat 8, Landsat 9 va Sentinel-2 tasvirlari asosida dNBR qiymatlari hisoblab chiqildi hamda fazoviy taqsimoti xaritalashtirildi. Natijalar shuni koʻrsatdiki, dNBR indeksi yongʻin intensivligini vizual va statistik tarzda eng yaxshi aks ettirdi hamda qayta tiklanish jarayonini aniqlashda samarali vosita sifatida namoyon boʻldi (5-rasm).

Umuman olganda, masofadan zondlash maʼlumotlari asosida olib borilgan ushbu yondashuv oʻrmon ekotizimlarining barqarorligini tahlil qilish, yongʻindan keyingi degradatsiya darajasini aniqlash va tiklanish jarayonini geofazoviy monitoring qilishda samarali metod sifatida oʻzini oqladi. Natijalar hududni boshqarish va ekologik xavfsizlik choralarini belgilashda muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.



5-rasm. Zomin Milliy Tabiat Bog'i hududidagi dNBR tahlilining umumiy ko'rinishi xaritasi (15.09.2021)

Taqdim etilgan metodologik sxema yong'in xavfi darajasini aniqlash va yong'inga moyil hududlarni fazoviy baholash jarayonini ketma-ket va ilmiy asosda amalga oshirish uchun ishlab chiqildi (6- rasm).



6- rasm. Yong'in xavfi yuqori bo'lgan hududlarni ko'p-kriteriyali baholash asosida aniqlash metodologik sxemasi

NASA POWER veb-sayti orqali tadqiqot hududining geografik koordinatalarni kiritilib, 2 metr balandlikdagi shamol tezligi va yo'nalishi bo'yicha ma'lumotlar olindi. Ushbu ma'lumotlar CSV, JSON yoki NetCDF formatlarida yuklab olindi. Mazkur tadqiqotda olingan shamol parametrlari ArcGIS Pro dasturida qayta ishlanib, hududiy shamol tezligi va yo'nalishining fazoviy taqsimot xaritasi tuzildi.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – bu normallashtirilgan o'simlik indeksi bo'lib, vegetatsiyaning zichligi va sog'lomligini baholashda eng ko'p qo'llaniladigan ko'rsatkichlardan biridir. Ushbu indeks o'simliklardagi xlorofill miqdorini va ularning fotosintez faoliyatini aniqlash imkonini beradi. NDVI qiymatlari -1 dan +1 gacha bo'lib, +1 ga yaqin bo'lgan qiymatlar zich va sog'lom o'simliklarni, 0 ga yaqin qiymatlar tuproq, tosh yoki qurilish maydonlarini, -1 ga yaqin qiymatlar esa suv yuzalarini ifodalaydi. Sentinel-2 sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari asosida NDVI quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$NDVI = (NIR - Red)/(NIR + Red) \quad (1)$$

Bu yerda:

- NIR - ya'ni yashillik spektrining yaqin infraqizil (Near Infrared) qismi.
- Red - qizil spektrning qismi.
- Sentinel-2 ma'lumotlarida NIR va Red kanallari quyidagi indekslar bilan ifodalanadi:

- NIR: B8 (842 nm)
- Red: B4 (665 nm)

NDMI (Normalized Difference Moisture Index) – Normallashtirilgan Namlik Indeksi – bu o'simliklarning namlik darajasini aniqlash uchun ishlatiladigan indeks bo'lib, u Yaqin infraqizil (NIR) va O'rta infraqizil (SWIR) diapazonlardagi spektral

tahlilga asoslanadi. NDMI asosan o‘simliklarning suv tarkibini baholash, qurg‘oqchilik monitoringi va o‘rmon yong‘inlariga ta’sirchan hududlarni aniqlash uchun ishlatiladi. NDMI formulasi:

NDMI hisoblash uchun quyidagi formula qo‘llaniladi:

$$NDMI = \frac{NIR-SWIR}{NIR+SWIR} \quad (2)$$

Bu yerda:

- NIR (Yaqin infraqizil) – o‘simliklarning sog‘lig‘ini aks ettiruvchi to‘lqin uzunligi (masalan, Landsat 8 uchun Band 5).

- SWIR (O‘rta infraqizil) – o‘simliklardagi namlik miqdorini aks ettiruvchi to‘lqin uzunligi (masalan, Landsat 8 uchun Band 6 yoki Band 7).

NDMI (Normalized Difference Moisture Index) qiymatlari -1 dan +1 gacha bo‘lib, ular vegetatsiyaning namlik darajasini ifodalaydi. Yuqori qiymatlar (+0.2 dan yuqori) o‘simliklarda namlikning ko‘pligini ko‘rsatadi va vegetatsiyaning yaxshi holatda ekanligidan dalolat beradi. Salbiy yoki past qiymatlar (-0.2 va past) qurg‘oqchilik sharoitini yoki vegetatsiyasiz hududlarni bildiradi. O‘rtacha qiymatlar (0.0–0.2) esa o‘simliklarning namlik darajasi past yoki normal ekanligini ifodalaydi. Shu bois, NDMI qurg‘oqchilik monitoringi, vegetatsiya holatini baholash va yong‘in xavfi yuqori bo‘lgan hududlarni aniqlashda muhim ko‘rsatkich hisoblanadi.

SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) – Tuproqqa Moslangan Vegetatsiya Indeksi – bu vegetatsiya (o‘simlik qoplami) zichligini aniqlash uchun ishlatiladigan indeks bo‘lib, NDVI indeksining rivojlangan shakli hisoblanadi. U ayniqsa tuproq yuzasi ochiq bo‘lgan, ya’ni vegetatsiya kam joylarda aniq natija beradi. SAVI quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$SAVI = \frac{(NIR-Red)}{(NIR+Red+L)} * (1 + L) \quad (3)$$

Bu yerda:

- NIR (Near Infrared, yaqin infraqizil) – o‘simliklarning sog‘lig‘ini aks ettiruvchi to‘lqin uzunligi (Landsat 8 uchun Band 5).

- RED (Qizil spektr) – o‘simliklar tomonidan eng ko‘p yutiladigan to‘lqin uzunligi (Landsat 8 uchun Band 4).

- L – tuproqni tuzatish koeffitsienti (odatda 0.5 deb olinadi).

SAVI qiymati +1 ga yaqin bo‘lsa, bu hududda zich vegetatsiya mavjudligini anglatadi. Agar qiymat 0 dan 0.3 gacha bo‘lsa, bu siyrak vegetatsiya mavjudligidan dalolat beradi. 0 yoki manfiy qiymatlar esa hududda vegetatsiya yo‘qligini, ya’ni tuproq, suv yoki beton kabi sirtlarning ustunligini bildiradi. Shu sababli, SAVI ayniqsa vegetatsiya qoplamasi kam bo‘lgan hududlarda o‘simlik zichligini aniqroq baholash uchun ishlatiladi.

LST (Land Surface Temperature) – yer yuzasi sirtining haqiqiy haroratini ifodalovchi ko‘rsatkich bo‘lib, u infratovush nurlanish (termal infraqizil) ma’lumotlari asosida hisoblanadi. LST asosan ob-havo monitoringi, qurg‘oqchilik tahlili, issiqlik to‘plami effekti va yong‘in xavfini baholash uchun ishlatiladi. LST

ni hisoblash uchun termal infraqizil (TIR) ma'lumotlari kerak bo'ladi. Landsat sun'iy yo'ldosh tasvirlari uchun LST hisoblash quyidagi bosqichlardan iborat:

1. Radiyatsion yorqinlik haroratini (Brightness Temperature – BT) hisoblash
 - Landsat 8 va 9 sun'iy yo'ldoshlari TIR1 (Band 10) yoki TIR2 (Band 11) kanalidan foydalaniladi.
 - BT quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$BT = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L}+1\right)} \quad (4)$$

Bu yerda:

- L – tarmoqli yorqinlik (Top of Atmosphere, TOA),
- K1 va K2 – Landsat sun'iy yo'ldoshi uchun berilgan doimiy qiymatlar.

Yuzadagi nurlanish darajasini (Emissivity) hisoblash

Yuzadagi emissivlikni hisoblash uchun NDVI ishlatiladi:

$$\varepsilon=0.004 \times PV+0.986 \quad (5)$$

LST (yer harorati) ni hisoblash

- Yakuniy LST quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$LST = \frac{BT}{1+\left(\lambda \cdot \frac{BT}{c2}\right) \cdot \ln \varepsilon} \quad (6)$$

Bu yerda:

λ – termal infraqizil to'lqin uzunligi (~10.9 μm Landsat 8 uchun),

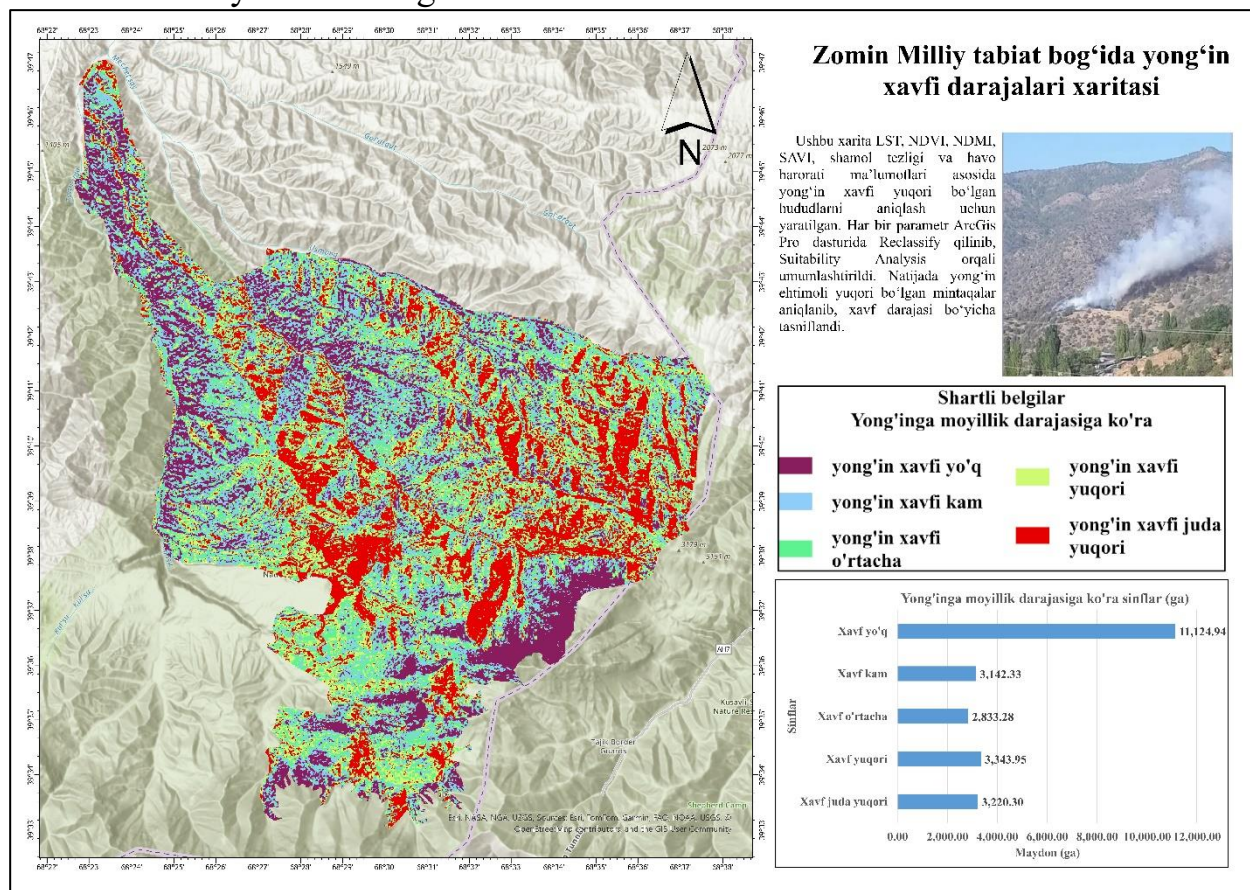
- c2 – Plank doimiysi (1.438×10^{-2} m K),
- ε – emissivlik.

Yong'inga moyil hududlarni aniqlashda masofadan zondlash va meteorologik ma'lumotlarni tayyorlash muhim metodologik bosqich hisoblanadi. NDVI, SAVI, LST kabi vegetatsiya va issiqlik ko'rsatkichlari, topografik (slope) va antropogen (yo'llar va aholi punktlariga yaqinlik), shuningdek shamol tezligi va o'rtacha harorat parametrlari integratsiyalash orqali hududlarning ekologik va iqlimiy sharoitlari baholandi. Ushbu ma'lumotlarni to'g'ri tayyorlash va bir tizimga keltirish natijasida yong'in xavfi yuqori bo'lgan hududlarni aniqlash imkoniyati kengaydi.

Yong'in xavfini baholash jarayonida tanlangan omillar o'zaro ta'sir darajasiga ko'ra baholandi va ularga mos og'irlik koeffitsientlari belgilandi. Og'irliklar Weighted Overlay Analysis yordamida aniqlangan: LST - 15%, NDVI/SAVI - 25%, shamol tezligi - 15%, NDMI - 10%, nishablik (Slope) - 10%, aholi turar joyga yaqinligi - 10%, yo'l va so'qmoqlarga yaqinligi -10%, va o'rtacha harorat - 5% ulush bilan baholangan. Shundan so'ng, ma'lumotlar 0 dan 1 gacha normalizatsiya qilingan, bu esa qatlamlarning bir xil shkalada tahlil qilinishini ta'minlagan. Yakuniy bosqichda barcha faktorlar qo'shib, Suitability Map yaratilgan va hududlarning moslik darajasi fazoviy xarita ko'rinishida ifodalangan (7-rasm).

Zomin Milliy tabiat bog'i hududida yong'in xavfini baholash jarayonida NDVI, SAVI, NDMI, LST, shamol tezligi, topografik (slope) va antropogen (yo'llar

va aholi punktlariga yaqinlik) va o'rtacha harorat kabi ko'rsatkichlar asosida ko'p-mezonli fazoviy tahlil amalga oshirildi.



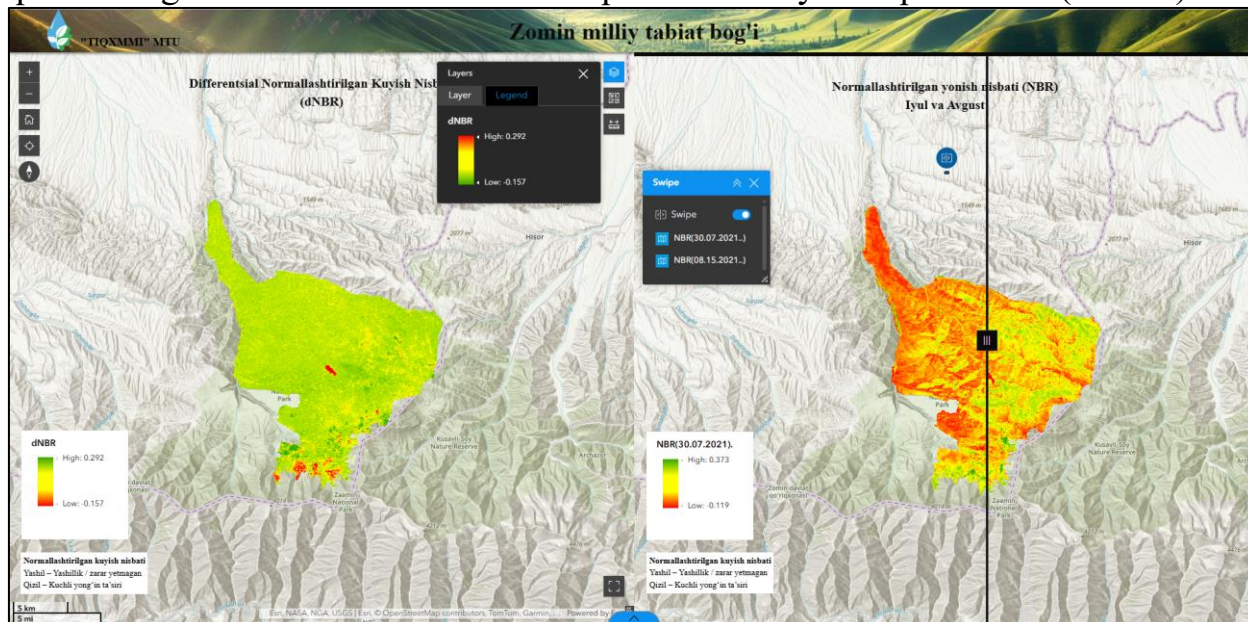
7 - rasm. Zomin milliy tabiat bog'i hududida yong'in moyilligi bo'lgan hududlar xaritasi

Har bir parametr AHP (Analytic Hierarchy Process) usuli orqali og'irlik koeffitsientlariga ajratilib, raster algebra yondashuvi yordamida integratsiya qilindi. Natijada hudud yong'in moyillik darajasiga qarab beshta sinfga - juda pastdan juda yuqori xavfgacha bo'lgan oralig'da tasniflandi. Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, o'simlik namligi past, harorati yuqori va shamol tezligi nisbatan kuchli bo'lgan shimoliy va markaziy qismda yong'in xavfi yuqori, aksincha vodiylardan iborat soyal hamda nam hududlarda xavf darajasi pastroq ekanligi aniqlandi.

Shuningdek, hosil qilingan xaritalar yo'l tarmog'i va aholi punktlari bilan solishtirilganda, yong'in eng sezgir zonalar asosan o'rmon fondining yuqori qiya, quruq va antropogen ta'sir ko'p bo'lgan hududlarida to'plangani kuzatildi. Ushbu natijalar yong'in xavfi mavjud yo'nalishlarda monitoringni kuchaytirish, profilaktik chora-tadbirlarni hududiy rejalashtirish va o'rmon resurslarini barqaror boshqarish uchun ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi. Mazkur tahlil keyingi bosqichda "GeoFire Monitoring" interaktiv geoinformatsion platformasini yaratish uchun metodik asos vazifasini bajaradi.

Tadqiqotlar davomida "GeoFire Monitoring" nomli interaktiv veb-platforma ishlab chiqildi. Platforma masofadan zondlash ma'lumotlari (NDVI, SAVI, LST, NDMI va boshqa indekslar), shuningdek meteorologik ko'rsatkichlar (shamol tezligi, o'rtacha havo harorati va namlik) asosida yaratilgan tematik xaritalar integratsiyasiga tayanadi.

Platforma ArcGIS Online va ArcGIS Enterprise bilan to‘liq integratsiyalashgan bo‘lib, Developer Edition orqali maxsus vidjetlar va temalarni yaratish imkoniyatini ham beradi. Shuningdek, foydalanuvchilarga bir sahifa yoki ko‘p sahifali ilovalarni yaratish, 2D va 3D kontentni birlashtirish, “drag-and-drop” usulida funksiyalar qo‘shish, shuningdek, ilovalarni brendlash va ularni turli qurilmalarga moslashuvchan tarzda chiqarish imkoniyati taqdim etadi (8-rasm).



8-rasm. Yordamchi funksiyalarni qo‘shish va foydalanish jarayoni

Natijada, veb-ilova foydalanuvchilar uchun intuitiv, funksional va vizual jozibador platforma sifatida shakllanadi hamda yong‘in xavfi monitoringi jarayonini samarali boshqarishga xizmat qiladi.

XULOSA

Masofadan zondlash ma’lumotlari asosida o‘rmon o‘simliklari degradatsiyasini geofazoviy tahlil qilish usulini takomillashtirish mavzusida olib borilgan ilmiy tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Tadqiqot hududi maydonining dinamik tahlili natijalariga ko‘ra, 1976-yilda 24 110 gektarni tashkil etgan milliy bog‘ hududi hozirgi kunda 23 609,2 gektarga teng bo‘lib, uning maydoni ayrim yer uchastkalarining boshqa yer toifalariga o‘tkazilishi hisobiga 490,8 gektarga qisqargani aniqlandi, shu bilan birga, o‘rmon daraxtzorlarining qishloq xo‘jaligi ekinlarini suv va shamol eroziyasidan muhofaza qilish, sel oqimlarini sizot suvlariga singdirish, ko‘chma qumlarni mustahkamlash hamda cho‘llanishga qarshi kurashishdagi ekologik va xo‘jalik ahamiyati inobatga olinib, o‘rmon xo‘jaligi tizimidagi mavjud muammolarni bartaraf etishga yo‘naltirilgan tizimli muammolar sxemasi ishlab chiqildi

2. Tadqiqot davomida o‘rmon xo‘jaligi hududlarini inventarizatsiya qilish, ularni kvartallar va videllarga ajratish, o‘rmon fondi yerlarining hududiy chegaralarini aniqlash hamda geofazoviy ma’lumotlar bazasini shakllantirish bo‘yicha takliflar ishlab chiqildi. Dala tadqiqotlari jarayonida GNSS texnologiyalari, masofadan zondlash materiallari hamda geoaxborot tizimi (GAT) dasturlaridan foydalanilgan holda Zomin milliy tabiat bog‘i hududidagi o‘simlik

qoplami elementlarining koordinatalari aniqlanib, raqamli kartografik ma'lumotlar bazasi yaratildi.

3. Mahalliy va xorijiy ilmiy tadqiqotlar tahlili o'rmon o'simliklari degradatsiyasini aniqlashda masofadan zondlash ma'lumotlari hamda geoaxborot texnologiyalariga asoslangan monitoring usullarining samaradorligini ko'rsatdi. Shu bilan birga, o'rmon yong'inlari va degradatsiya jarayonlarini baholashda sun'iy yo'ldosh tasvirlari, spektral indekslar va geofazoviy modellashtirishni kompleks qo'llash masalalari yetarli darajada tizimlashtirilmaganligi aniqlanib, ushbu yo'nalishda tadqiqot olib borish zarurati asoslanildi.

4. Tadqiqot davomida Zomin milliy tabiat bog'i hududining o'rmon xo'jaligi yerlarini raqamlashtirish va ularning fazoviy ma'lumotlar bazasini shakllantirish ishlari GAT asosida amalga oshirildi, ArcGIS va QGIS dasturiy muhitida o'rmon kvartallari, videllar va ularning fazoviy atribut ma'lumotlari bilan integratsiyalangan geoma'lumotlar bazasi yaratildi. Bu esa o'rmon hududlarining fazoviy tuzilishini tizimli tahlil qilish hamda degradatsiya jarayonlarini monitoring qilish uchun zarur bo'lgan raqamli kartografik asosni shakllantirdi.

5. Masofadan zondlash ma'lumotlari va sun'iy intellekt algoritmlaridan foydalanish asosida o'rmon daraxtlarini sonini aniqlash usuli takomillashtirildi. Kosmik tasvirlarni qayta ishlash jarayonida obyektlarni aniqlash (object detection) yondashuvi qo'llanilib, daraxtlarning fazoviy joylashuvi hamda ularning taqsimlanishi belgilandi. Ushbu yondashuv o'rmon resurslarini inventarizatsiya qilish jarayonlarini avtomatlashtirish va ularni masofadan turib monitoring qilish imkonini berdi.

6. Zomin milliy tabiat bog'i hududida daraxtlar sonini avtomatik aniqlash maqsadida ArcGIS Pro (Deep Learning) va QGIS (Deepness modeli) dasturlarining imkoniyatlari taqqoslab baholandi. Tadqiqot hududida dala o'lchovlari va vizual tekshiruvlar asosida 3454 ta daraxt mavjudligi aniqlanib, modellar aniqligi mazkur ma'lumotlar bilan solishtirildi. Olingan ma'lumotlarga ko'ra, ArcGIS Pro modeli 83,6 % aniqlik bilan 2887 ta daraxtni to'g'ri aniqlagan bo'lsa, QGIS Deepness modeli taxminan 90 % aniqlik ko'rsatib, 3838 ta daraxtni identifikatsiya qilgan, ayrim obyektlar esa noto'g'ri tasniflangan. Umumiy tahlil QGIS Deepness modeli o'rmon daraxtlarini kosmik tasvirlar asosida aniqlashda yuqori aniqlikka ega ekanligini ko'rsatdi.

7. Sentinel-2 va Landsat-8 sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari asosida NBR, dNBR va NDVI indeksleri hisoblab chiqildi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, NBR va ayniqsa dNBR indeksleri yong'in ta'sirini aniqlashda yuqori sezgirlikka ega bo'lib, kuygan biomassa va degradatsiyaga uchragan hududlarni ishonchli tarzda fazoviy xaritalash imkonini berdi, dNBR esa yong'in intensivligini differensial baholashda eng aniq natijani ta'minladi. Uch yil davomida olib borilgan monitoring o'simlik qoplaminin tiklanish darajasi va fazoviy taqsimotidagi farqlarni aniq ko'rsatdi.

8. ArcGIS Pro Suitability Modeler vositasi yordamida ko'p-me'zonli baholash (MCA) va Analitik ierarxiya jarayoni (AHP) metodlari asosida yong'in xavfi yuqori bo'lgan hududlar aniqlanib, ularning hududiy taqsimoti xaritalashtirildi. Baholashda LST, NDVI/SAVI, shamol tezligi va o'rtacha harorat asosiy omillar sifatida tanlandi. Suv obyektlari va himoyalangan zonalar esa cheklov

qatlamlari sifatida chiqarib tashlandi. Natijada hududning ekologik va iqlimiy xususiyatlarini hisobga olgan holda yong'in xavfi zonalarini belgilashning ilmiy asoslangan modeli ishlab chiqildi.

9. Yong'in xavfini o'z vaqtida aniqlash, xavfli hududlarni tezkor baholash hamda ularni masofadan turib monitoring qilish zarurati tufayli "GeoFire Monitoring" nomli veb-platforma ishlab chiqildi. Mazkur platforma masofadan zondlash indeklari hamda meteorologik ko'rsatkichlar integratsiyasiga asoslanib, yong'in xavfi darajasini monitoring qilish, xavfli hududlarni aniqlash va ularni interaktiv xaritalar asosida tahlil qilish imkonini beruvchi amaliy axborot tizimi sifatida taklif etildi hamda O'zbekiston Respublikasi Favqulodda vaziyatlar vazirligi, O'rmon xo'jaligi agentligi hamda O'zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o'zgarishi qo'mitasi tizimlarida amaliyotga joriy etish uchun tavsiya etildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ
PhD.03/30.12.2019.Т.10.08 ПРИ НАЦИОНАЛЬНОМ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ “ТАШКЕНТСКИЙ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА”**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
“ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И
МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА”**

ЖУРАЕВ КУРБАН ХАФИЗОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОГО
АНАЛИЗА ДЕГРАДАЦИИ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА
ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**
*(на примере Зааминского национального парка — государственного лесного
хозяйства)*

11.00.07 – Геоинформатика

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

Ташкент - 2026

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве Высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером B2025.3.PhD/T6066

Диссертация выполнена в Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства».

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу (www.tiame.uz), и на информационно-образовательном портале Ziyonet по адресу (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:	Инамов Азиз Низамович доктор философии по техническим наукам (PhD), доцент
Официальные оппоненты:	Султонов Муроджон Киличович доктор географических наук (DSc), доцент Реймов Маманбек Полатович доктор философии по техническим наукам (PhD), доцент
Ведущая организация:	Самаркандский государственный университет архитектуры и строительства имени Мирзо Улугбека.

Защита диссертации состоится _____ июнь 2026 года в 13⁰⁰ часов на заседании Научного совета по присуждению учёных степеней PhD.03/30.12.2019.T.10.08 при Национального исследовательского университета «Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства». (Адрес: 100000, г. Ташкент, ул. Кары-Ниязий, 39. Тел.: (99871) 237-09-71, Факс: (99871) 237-54-79, e-mail: admin@tiame.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Национального исследовательского университета «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» (регистрационный № _____). Адрес: 100000, г. Ташкент, ул. Кары-Ниязий, 39. Тел.: (99871) 237-19-45.

Автореферат диссертации разослан « ____ » « ____ » 2026 года.

(реестр протокола рассылки № _____ от « ____ » 2026 года).

Ш.С.Шокиров

Председатель научного совета
по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

С.Н.Абдурахмонов

Ученый секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней, д.т.н., доцент

Э.Ю.Сафаров

Председатель научного семинара при
Научном совете по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире и его различных регионах под воздействием изменения климата, засухи, повышения температуры, а также антропогенного давления наблюдается усиление деградации лесных экосистем. В результате отмечаются сокращение растительного покрова, снижение влажности почвы и воздуха, увеличение объёма сухой биомассы, а также значительное возрастание риска лесных пожаров. Согласно результатам международных исследований, за последние 20 лет объём утраченного древесного покрова в результате крупных лесных пожаров в мире увеличился почти в 2 раза по сравнению с предыдущими периодами. По данным Global Forest Watch, в 2021–2024 годах количество лесных пожаров возросло на 5,4% по сравнению с предыдущим периодом, в результате чего было утрачено более 6 млн гектаров древесного покрова. Этот показатель сопоставим с общей площадью территории Хорватии. Кроме того, если до 2021 года потери древесного покрова вследствие лесных пожаров составляли 22% от общего объёма потерь, то в 2021–2025 годах данный показатель достиг 35%. Сложившаяся ситуация требует внедрения современных научных подходов к цифровизации лесных ресурсов, их постоянному мониторингу, предварительному выявлению территорий с высоким риском возникновения пожаров, а также оперативному реагированию на чрезвычайные ситуации. В этом контексте комплексная оценка, анализ и управление состоянием лесных земель на основе данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных систем приобретают важное научно-практическое значение.

В мировой практике активно проводятся широкомасштабные научные исследования, направленные на геопространственный анализ состояния земель лесного фонда с использованием технологий дистанционного зондирования Земли и геоинформационных систем, определение границ лесных территорий, классификацию видов растительности, мониторинг динамики их изменений, а также формирование долгосрочных баз данных. Наряду с этим совершенствуются научно-методические подходы к прогнозированию риска лесных пожаров, оценке растительной биомассы, выявлению случаев незаконной вырубке лесов, а также восстановлению деградированных территорий. В данном контексте особое значение приобретает оценка состояния растительного покрова на основе геоинформационных технологий с учётом природно-географических, агроэкологических и социально-экономических условий лесных земель нашей страны, выявление тенденций их сокращения или увеличения, а также разработка эффективных механизмов управления.

В Республике последовательно реализуются реформы, направленные на развитие лесного хозяйства, рациональное использование земель лесного фонда, их охрану и мониторинг. В частности, принимаются практические меры по определению географического расположения лесных земель и растительного покрова, формированию их цифровых баз данных, совершенствованию системы экологического контроля, а также широкому

внедрению современных информационных технологий в процессы управления. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы, в частности, предусмотрены задачи по «интеграции электронных баз данных государственного мониторинга в единую геоинформационную платформу, обеспечению достоверности и открытости данных о природных ресурсах», а также «устранению экологических проблем, охране окружающей среды, широкому внедрению принципов зелёной экономики, рациональному использованию ресурсов и повышению экологической культуры населения». В реализации данных задач особую актуальность приобретает разработка современных методов рационального размещения лесохозяйственных культур, оперативной оценки состояния земель лесного фонда, их дистанционного мониторинга, а также научного обоснования управленческих решений.

Законы Республики Узбекистан от 21 сентября 2016 года № ОРҚ-409 «Об охране и использовании растительного мира», от 16 апреля 2018 года № ОРҚ-475 «О лесах», задачи, определённые Постановлением Президента Республики Узбекистан от 11 мая 2017 года № ПК-2966 по совершенствованию деятельности Государственного комитета по лесному хозяйству Республики Узбекистан, а также постановления Кабинета Министров, касающиеся ведения государственного учёта и мониторинга лесов, организации особо охраняемых природных территорий на землях лесного фонда, определяют приоритетные направления научного развития данной отрасли. Эффективная реализация задач, предусмотренных указанными нормативно-правовыми актами, требует разработки научно-методических рекомендаций по анализу, мониторингу и управлению землями лесного хозяйства на основе данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных систем. В этом контексте настоящее диссертационное исследование в определённой степени направлено на решение данных задач.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Настоящее исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики: I - «в области сельского хозяйства (сельскохозяйственные науки и науки об охране окружающей среды)», III - «в области информационных технологий (науки по информатизации и развитию информационно-коммуникационных технологий)».

Степень изученности проблемы. Анализ научной литературы по данной тематике показывает, что исследования по методам геопространственного анализа деградации лесной растительности на основе данных дистанционного зондирования проводились как зарубежными учёными, так и исследователями нашей республики. В частности, теоретические и методологические основы геопространственного анализа лесной растительности с использованием методов дистанционного зондирования и географической визуализации лесных ресурсов изучались такими зарубежными учёными, как M.Wulder, N.Coops, E.Hudak, M.Pereyra, T.Mbah, A.Avono, B.Saux, J.Rizzo, R.Gimenez, J.Sanches, A.Kumar, A.Mohanty, K.Kalabokidis, G.Mertzanis, S.Parks, M.Krouz, B.Mays, L.Peter, H.Wang, X.Chen,

N.Polys, P.Sforza и другими.

В странах Содружества Независимых Государств научные исследования, направленные на мониторинг лесных земель, ведение их учёта, создание паспортов лесных насаждений, а также охрану лесных территорий, проводились такими учёными, как А.Бурйкин, С.Зонн, В.Тселишчев, А.Смагин, Д.Воробёв, В.Софронов, П.Драчёв, Б.Кхарук, А.Соколов, С.Вонский, Н.Стракхов, М.Мукхитдинов, Л.Гребенников, Й.Плюкхин и др.

В Узбекистане вопросы организации лесного хозяйства, ведения учёта лесов и их мониторинга, картографической геовизуализации лесных территорий, получения и интеграции данных о деградации, дистанционного зондирования, пространственного анализа и моделирования пространственных данных исследованы в научных работах Sh.Shokirov, Sh.Narbayev, R.Jaqsibayev, M.Reymov, I.Abdurakhmonov, M.Matchanov, E.Berdiyev, K.Zokirov, R.Mahammadjanova и других учёных, по результатам которых достигнуты положительные результаты.

В настоящее время работы по комплексной оценке состояния земель лесного фонда и их геопространственному анализу на основе данных дистанционного зондирования развиты недостаточно. В результате сохраняются определённые проблемы в оперативном выявлении существующего растительного покрова в лесных территориях, его площадных изменений, а также процессов деградации. В этой связи геопространственный анализ растительного покрова лесных земель на основе данных дистанционного зондирования, оценка их состояния, а также совершенствование методов мониторинга с использованием современных геоинформационных технологий приобретают особую актуальность.

В настоящее время работы по комплексной оценке состояния земель лесного фонда и их геопространственному анализу на основе данных дистанционного зондирования недостаточно развиты. В результате сохраняются определённые проблемы в оперативном выявлении существующего растительного покрова в лесных территориях, его площадных изменений, а также процессов деградации. В этой связи геопространственный анализ растительного покрова лесных земель на основе данных дистанционного зондирования, оценка их состояния, а также совершенствование методов мониторинга с использованием современных геоинформационных технологий приобретают особую актуальность.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательской работы высшего учебного заведения, в котором выполнялась диссертация. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ Национального исследовательского университета «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», в частности, в рамках следующих тем: «Совершенствование методики картографирования экологического состояния орошаемых сельскохозяйственных земель» (регистрационный номер №1.13, 2023–2025 гг.), государственного грантового проекта AL-6222052520 «Поддержка органического и традиционного земледелия с использованием геопространственных методов» (2023–2025 гг.), а также «Создание базы

данных качественного учёта лесной растительности на основе программ ГИС» (2025–2026 гг.).

Цель исследования является разработка научно обоснованных предложений и рекомендаций по совершенствованию метода геопространственного анализа деградации лесной растительности на основе технологий геоинформационных систем и дистанционного зондирования Земли.

Задачи исследования:

определение количества лесных деревьев на основе данных дистанционного зондирования с использованием алгоритмов искусственного интеллекта;

мониторинг динамики восстановления лесной растительности на основе данных дистанционного зондирования;

выявление лесных территорий, подверженных пожароопасности, на основе геопространственного анализа;

разработка интерактивной веб-платформы «GeoFire Monitoring» для мониторинга пожарной опасности.

Объектом исследования: территория государственного лесного хозяйства Зааминского национального парка.

Предметом исследования: Создана интерактивная веб-платформа “GeoFire monitoring” позволяющая проводить геопространственный анализ деградации лесной растительности и дистанционный обнаружение очагов пожаров на основе программы ГИС, материалов дистанционного зондирования и веб-платформы.

Методы исследования: В диссертационной работе использованы методы полевые исследования, геоинформационные технологии, анализ с помощью искусственного интеллекта, геопространственные, сравнение пространственная, статистика, геовизуализация, алгоритмы интерполяции, аэрокосмические и другие методы.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

усовершенствован метод определения количества лесных деревьев на основе данных дистанционного зондирования с применением технологий искусственного интеллекта;

усовершенствован метод мониторинга процессов восстановления деградированной растительности на территориях лесного хозяйства на основе данных дистанционного зондирования с использованием геопространственного анализа;

разработан алгоритм выявления лесных территорий, подверженных пожароопасности, на основе данных дистанционного зондирования с учётом геоинновационных технологий;

усовершенствованы процессы интерактивного отображения выделов и кварталов лесных территорий, геовизуализации растительного покрова, распространения древесных пород и пожароопасных зон, а также комплексной оценки территорий на основе разработки интерактивной веб-платформы «GeoFire Monitoring».

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

на основе данных дистанционного зондирования на территории государственного лесного хозяйства Зааминского национального парка с использованием алгоритма «object detection» определены количество существующих деревьев и их пространственное размещение;

на основе данных дистанционного зондирования путём сравнительного анализа индексов NDVI, NBR и dNBR усовершенствован метод выявления территорий, пострадавших от лесных пожаров, и мониторинга процессов их восстановления;

разработан алгоритм автоматизированного выявления лесных территорий, подверженных пожароопасности, и классификации уровней их уязвимости с учётом факторов, воздействующих на лесные экосистемы;

разработана интерактивная веб-платформа «GeoFire Monitoring» на основе ГИС для выявления участков лесных территорий с высокой пожароопасностью, оперативной оценки риска возникновения пожаров и определения необходимых мер по их предотвращению.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования обосновывается использованием материалов Министерства экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан, а также подведомственного ему Агентства лесного хозяйства, Зааминского лесного хозяйства и Зааминского национального природного парка, внедрением результатов исследования в практику, а также подтверждением полученных результатов уполномоченными структурами.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в разработке алгоритма, позволяющего на основе данных дистанционного зондирования и геоинформационных систем определять количество и пространственное размещение деревьев в государственном лесном хозяйстве Зааминского национального парка, а также выявлять лесные территории, подверженные пожароопасности, с классификацией уровней их уязвимости по различным категориям.

Практическая значимость результатов исследования состоит в обеспечении возможностей для охраны лесов на территории Зааминского национального парка, предотвращения деградации лесов, организации постоянного мониторинга лесных территорий с использованием данных дистанционного зондирования и геоинформационных систем, разработки рекомендаций по снижению риска лесных пожаров, а также реализации оперативных мероприятий.

Внедрение результатов исследования.

На основе результатов, полученных по совершенствованию метода геопространственного анализа деградации лесной растительности с использованием данных дистанционного зондирования:

методы определения количества лесных деревьев и мониторинга динамики восстановления деградированной растительности на землях лесного фонда на основе данных дистанционного зондирования внедрены в Зааминском лесном хозяйстве и Зааминском национальном природном парке (справка Министерства экологии, охраны окружающей среды и изменения

климата Республики Узбекистан от 10 ноября 2025 года № 03-03/1-03/3-11575). В результате создана возможность определения количества существующих деревьев и их пространственного размещения в государственном лесном хозяйстве Зааминского национального парка, а также выявления территорий, пострадавших от лесных пожаров, и мониторинга процессов их восстановления;

алгоритм выявления лесных территорий, подверженных пожароопасности, на основе данных дистанционного зондирования внедрён в Зааминском лесном хозяйстве и Зааминском национальном природном парке (справка Министерства экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан от 10 ноября 2025 года № 03-03/1-03/3-11575). В результате обеспечена возможность предварительного определения риска возникновения лесных пожаров и их предотвращения на основе интеграции данных дистанционного зондирования и факторов риска (температура, влажность, виды растительности);

интерактивная веб-платформа «GeoFire Monitoring» внедрена в Зааминском лесном хозяйстве и Зааминском национальном природном парке (справка Министерства экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан от 10 ноября 2025 года № 03-03/1-03/3-11575). В результате обеспечена возможность дистанционного просмотра цифровых модулей территорий Зааминского национального парка и государственного лесного хозяйства, их анализа, определения земельных участков, мониторинга распространения растительности, выявления пожароопасных зон, а также дистанционного определения показателей влажности и температуры лесных территорий.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 4 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано в общей сложности 10 научных работ, из них 4 статьи - в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, в том числе 2 - в республиканских и 2 - в зарубежных научных журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Общий объём диссертации составляет 120 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и необходимость диссертационного исследования, сформулированы цель и задачи, а также объект и предмет исследования, показано соответствие работы приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования. Кроме того, приведены сведения о достоверности результатов, их внедрении в практику, опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием «Теоретические основы анализа качественных и количественных характеристик земель лесного хозяйства, а также процессов деградации лесной растительности» рассмотрены вопросы учёта земель лесного фонда, их природных условий и климатических показателей, определения границ лесных территорий, характеристик растительного мира и установления охранных зон, а также процессы деградации лесной растительности, их причины и анализ зарубежного опыта.

Земли лесного фонда обладают особой экологической значимостью и включают как покрытые лесом территории, так и земли, не покрытые лесной растительностью, но выделенные для нужд лесного хозяйства. По состоянию на 1 января 2024 года общая площадь земель лесного фонда составляет 12 092,5 тыс. гектаров, что соответствует 26,9 % общей площади земель (Национальный доклад — 2025) (рис. 1).

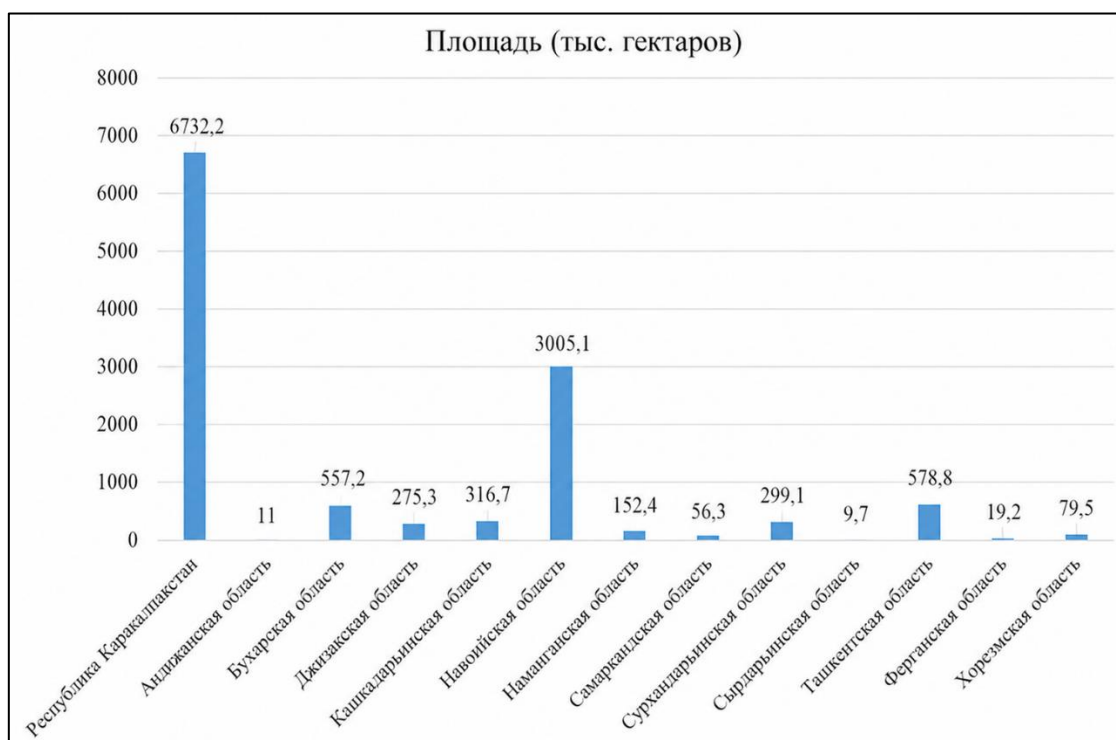


Рисунок 1. Диаграмма распределения земель лесного фонда по областям (в тыс. га)

На территории Зааминского национального природного парка произрастают 20 видов растений, занесённых в «Красную книгу» Республики Узбекистан, из которых 5 видов являются лекарственными. На основе проведённых полевых исследований была составлена карта растительности территории Зааминского национального парка в Зааминском районе. При этом с использованием GNSS-устройства были определены координаты участков произрастания растений, которые затем были конвертированы в геоинформационную базу данных. Выявленные территории произрастания растений были сформированы в виде площадных слоёв, в результате чего создана электронная цифровая карта растительности территории Зааминского национального парка (рис. 2).

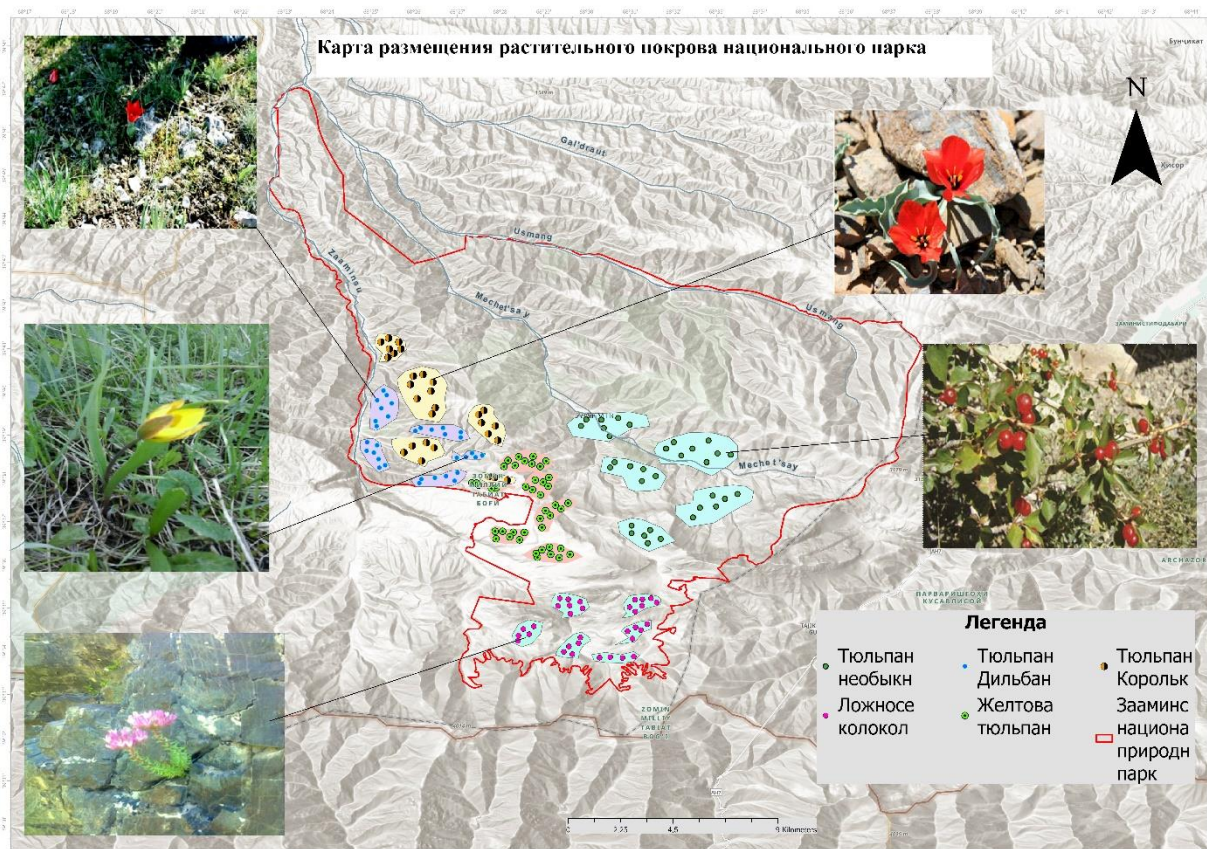


Рисунок 2. Карта размещения растительности на территории национального парка

Зааминский национальный природный парк был создан в 1976 году, и на момент его образования общая площадь составляла 24 110 гектаров. В настоящее время его площадь составляет 23 609,2 гектара, при этом в ходе исследований установлено сокращение территории национального парка на 490,8 гектара.

На территории Зааминского национального природного парка произрастает более 1216 видов дикорастущих растений, из которых более 107 видов обладают лекарственными свойствами. Кроме того, в регионе насчитывается 20 видов растений, занесённых в «Красную книгу», из которых 5 видов относятся к лекарственным растениям.

В результате обоснована необходимость сохранения биологического разнообразия на территории национального парка, охраны редких видов растений, а также осуществления постоянного мониторинга ареалов их распространения. Установлено, что сокращение площади земель требует углублённого изучения влияния антропогенных и природных факторов на данную территорию. На основе полученных результатов разработаны научно-практические рекомендации по рациональному использованию территории, усилению мер экологической защиты и внедрению цифровых систем мониторинга.

Во второй главе диссертации под названием «Аналитические основы цифровизации земель лесного хозяйства и выявления деградации лесной растительности» исследованы практико-методические основы определения

и анализа деградации лесной растительности, вопросы цифровизации и классификации земель лесного фонда на основе геоинформационных систем и технологий, а также методы определения количества существующих деревьев в лесном хозяйстве с использованием геопространственного анализа на основе искусственного интеллекта.

Теоретические возможности пространственных методов анализа в лесном хозяйстве весьма широки и позволяют определять наиболее оптимальные территории для вырубki леса, анализировать размещение лесных ресурсов, местообитаний диких животных, а также расположение выделенных под лесное хозяйство территорий по отношению к дорожной сети и населенным пунктам.

С использованием модели Deep Learning в программном обеспечении ArcGIS Pro и модуля Deepness в программе QGIS на основе данных дистанционного зондирования было автоматически определено количество деревьев. С использованием модели глубокого обучения (Deep Learning) в программном обеспечении ArcGIS Pro были проанализированы растровые и векторные данные, в результате чего выделены ключевые характеристики исследуемой территории. Полученные результаты продемонстрировали высокую точность при выявлении объектов, однако на отдельных участках также наблюдались случаи некорректной классификации.

С использованием плагина Deepness: Deep Neural Remote Sensing программы QGIS были получены и визуализированы результаты классификации. При сравнении с результатами ArcGIS Pro установлено, что данная модель характеризуется более высокой точностью.

На карте территории, классифицированные обеими системами, наложены друг на друга, что позволило визуально отразить различия в результатах классификации. Выявлено, что модель Deepness программы QGIS обладает более высокой точностью и допускает меньше ошибок при распознавании объектов. В то же время модель Deep Learning программы ArcGIS Pro в отдельных случаях приводила к некорректной классификации. Данная карта позволяет провести сравнительную оценку эффективности двух систем (рис. 3).

В процессе определения общего количества деревьев в Зааминском национальном природном парке площадь лесного покрова территории была установлена на основе официальных источников, а также дополнительно использована модель Deepness программы QGIS для оценки рельефа и плотности леса. В результате установлено, что на исследуемой территории произрастает 6 млн 780 тыс. деревьев.

При сопоставлении с реальной ситуацией по результатам полевого мониторинга установлено, что результаты QGIS более точно отражают фактическое размещение деревьев, их форму и тени. В то же время модель ArcGIS Pro демонстрировала более низкую точность, поскольку в ряде случаев воспринимала деревья, произрастающие плотными группами или находящиеся в тени, как единый объект.

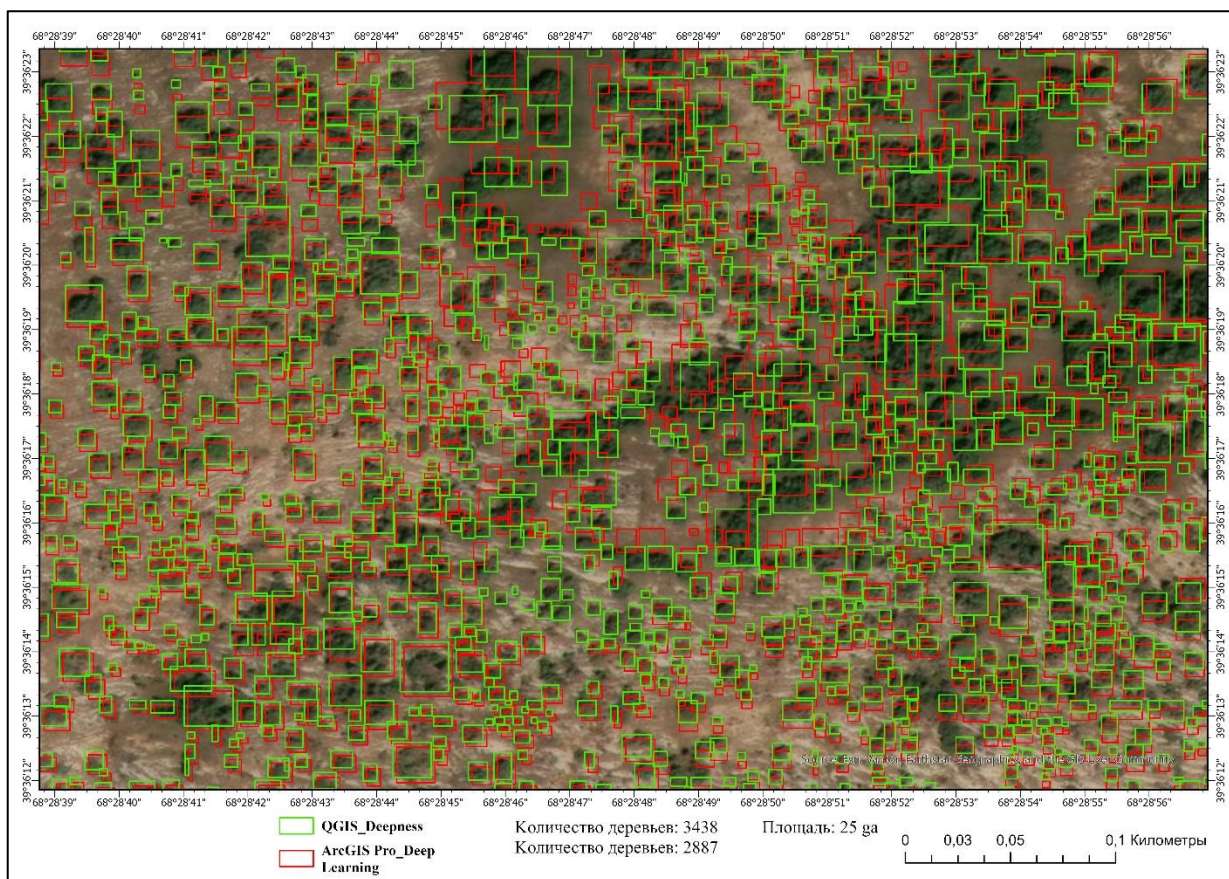


Рисунок 3. Сравнительный анализ результатов двух моделей

Кроме того, модель Deepness программы QGIS показала преимущество, распознавая даже отдельные деревья малого размера. Таким образом, на основе проведённого анализа научно обосновано, что при дистанционном определении количества деревьев модель платформы QGIS характеризуется более высокой точностью, устойчивостью и степенью соответствия полевым данным.

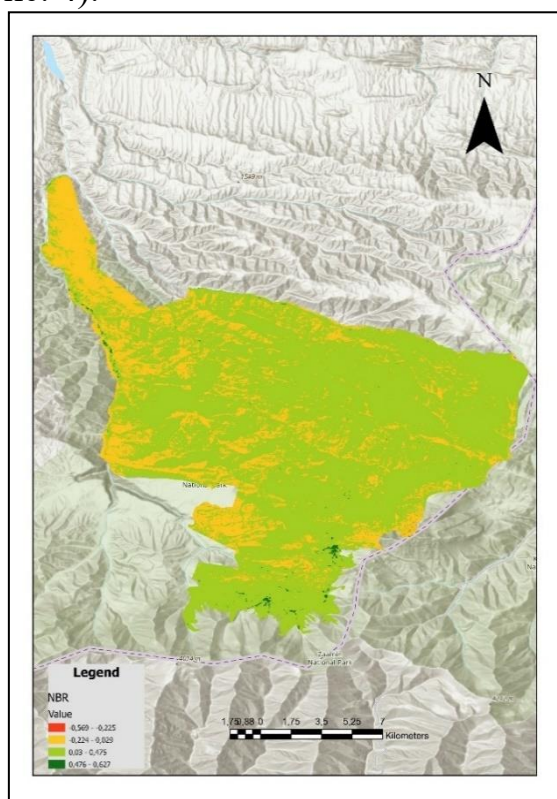
В третьей главе диссертации под названием «Совершенствование метода геопространственного анализа деградации лесной растительности на основе данных дистанционного зондирования» рассмотрены приоритетные направления разработки предложений и рекомендаций по мониторингу динамики восстановления деградированной растительности, выявлению лесных территорий с высокой пожароопасностью на основе геопространственного анализа, а также созданию интерактивной веб-платформы «GeoFire Monitoring» на базе ГИС для мониторинга пожарного риска.

Для определения динамики восстановления деградированной растительности на территории Зааминского национального парка был проведён анализ пригодности. Зааминский национальный парк является территорией с богатым биоразнообразием, ценными видами растений и дикой фауной. Однако усиление засушливых условий, рост антропогенной активности и изменение климата приводят к увеличению частоты лесных пожаров, что представляет серьёзную угрозу для экосистем парка.

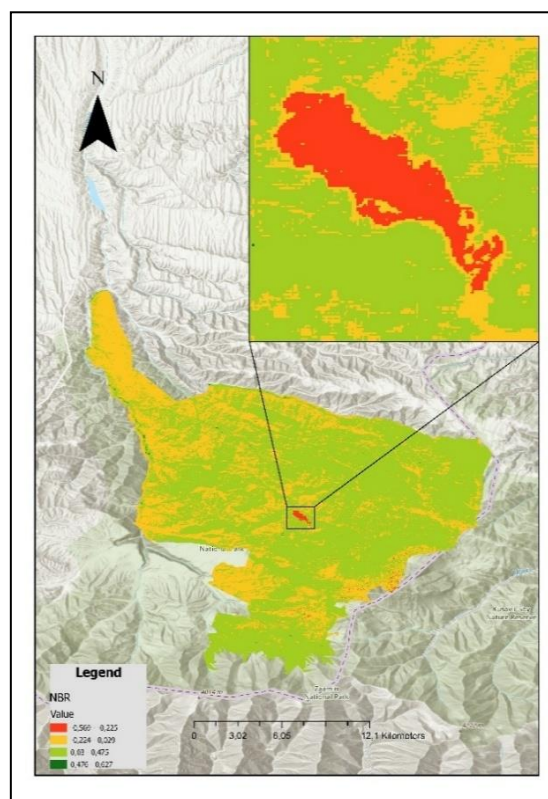
Индекс NBR продемонстрировал устойчиво высокую эффективность при выявлении и картографировании территорий, пострадавших от пожаров, на основе спутниковых снимков Landsat и Sentinel.

Установлено, что индекс NDVI имеет определённые ограничения при отражении процессов восстановления растительности после пожаров на территории Зааминского национального природного парка Джизакской области.

На основе данных Sentinel-2 и Landsat-8 были рассчитаны индексы NBR (Normalized Burn Ratio) и NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), что позволило картографировать состояние растительности до и после пожаров. Результаты трёхлетних наблюдений показали, что индекс NBR обладает высокой чувствительностью при выявлении выгоревших территорий, тогда как NDVI эффективно применяется для оценки динамики восстановления растительности, однако демонстрирует меньшую эффективность при мониторинге постпожарного восстановления растительного покрова. Данный подход имеет важное значение для оценки устойчивости экосистем после пожаров и геопространственного мониторинга процессов восстановления (рис. 4).



Снимок до пожара
(25.07.2021)



Снимок до пожара
(25.07.2021)

Рисунок 4. Общая карта результатов анализа NBR на территории Зааминского национального природного парка

Для оценки деградации и восстановления растительного покрова после пожаров был применён индекс dNBR (Differenced Normalized Burn Ratio). Данный индекс используется для определения степени воздействия пожара на основе сравнения спутниковых изображений до и после пожара. Он является

важным инструментом для выявления изменений в растительном покрове и мониторинга процессов восстановления. Значение dNBR рассчитывается как разница между показателями NBR до и после пожара, что обеспечивает высокую точность при картографировании повреждённых территорий.

В рамках исследования значения dNBR были рассчитаны на основе спутниковых данных Landsat 8, Landsat 9 и Sentinel-2, а также выполнено их пространственное картографирование. Полученные результаты показали, что индекс dNBR наиболее полно отражает интенсивность пожаров как в визуальном, так и в статистическом аспектах и является эффективным инструментом для анализа процессов восстановления (рис. 5).

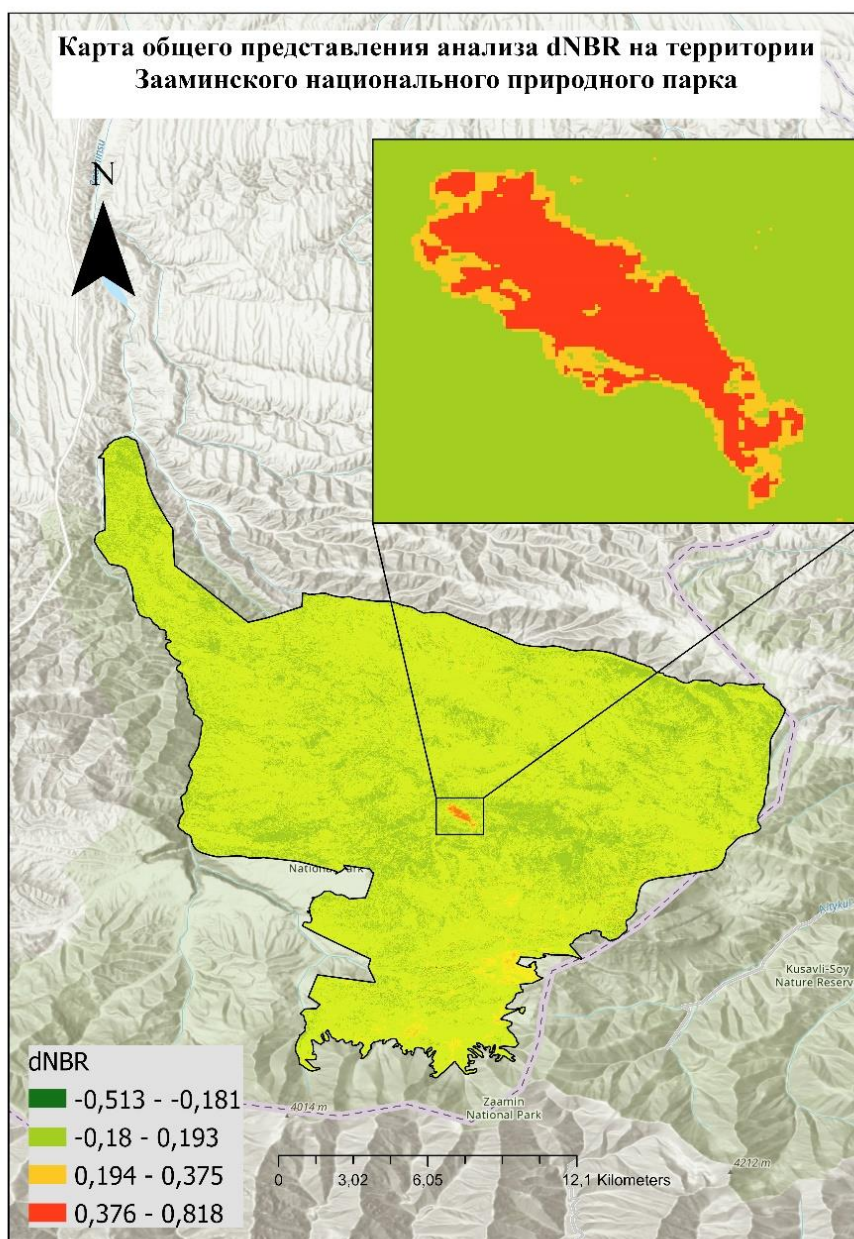


Рисунок 5. Общая карта результатов анализа dNBR на территории Зааминского национального природного парка (15.09.2021)

В целом, данный подход, основанный на использовании данных дистанционного зондирования, зарекомендовал себя как эффективный метод

для анализа устойчивости лесных экосистем, определения степени постпожарной деградации и геопространственного мониторинга процессов восстановления. Полученные результаты имеют важное научно-практическое значение при управлении территорией и разработке мер экологической безопасности.

Представленная методическая схема разработана для последовательного и научно обоснованного определения уровня пожарной опасности и пространственной оценки пожароопасных территорий (рис. 6).



Рисунок 6. Методологическая схема определения территорий с высоким уровнем пожарной опасности на основе многокритериальной оценки

С использованием веб-сайта NASA POWER были введены географические координаты исследуемой территории и получены данные о скорости и направлении ветра на высоте 2 метров. Данные были загружены в форматах CSV, JSON или NetCDF. В рамках данного исследования полученные параметры ветра были обработаны в программном обеспечении ArcGIS Pro, на основе чего построена карта пространственного распределения скорости и направления ветра по территории.

Индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) представляет собой нормализованный вегетационный индекс, являющийся одним из наиболее широко используемых показателей для оценки плотности и состояния растительности. Данный индекс позволяет определить содержание хлорофилла в растениях и их фотосинтетическую активность. Значения NDVI варьируются в диапазоне от -1 до +1: значения, близкие к +1, соответствуют плотной и здоровой растительности; значения, близкие к 0, отражают почву, каменистые поверхности или застроенные территории; значения, близкие к -1, характерны для водных объектов.

На основе данных спутника Sentinel-2 индекс NDVI рассчитывается по следующей формуле:

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

где:

- NIR - ближний инфракрасный диапазон спектра (Near Infrared);
- Red - красный диапазон спектра.

В данных спутника Sentinel-2 каналы NIR и Red представлены следующими индексами:– NIR: B8 (842 нм);– Red: B4 (665 нм).

Индекс NDMI (Normalized Difference Moisture Index) - нормализованный индекс влажности, используемый для определения уровня влажности растительности. Он основан на спектральном анализе в ближнем инфракрасном (NIR) и среднем инфракрасном (SWIR) диапазонах. NDMI применяется для оценки содержания влаги в растительности, мониторинга засухи, а также выявления территорий, подверженных лесным пожарам.

Для расчёта NDMI используется следующая формула:

$$NDMI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

где:

- NIR (ближний инфракрасный диапазон) - длина волны, отражающая состояние растительности (например, для Landsat 8 - канал Band 5);
- SWIR (средний инфракрасный диапазон) - длина волны, характеризующая содержание влаги в растениях (например, для Landsat 8 - канал Band 6 или Band 7).

Значения NDMI (Normalized Difference Moisture Index) варьируются в диапазоне от -1 до +1 и отражают уровень влажности растительности. Высокие значения (выше +0,2) свидетельствуют о высоком содержании влаги в растениях и хорошем состоянии растительного покрова. Низкие или отрицательные значения (ниже -0,2) указывают на засушливые условия или отсутствие растительности. Средние значения (0,0–0,2) характеризуют низкий или нормальный уровень влажности растений. В связи с этим NDMI является важным показателем при мониторинге засухи, оценке состояния растительности и выявлении территорий с высоким риском возникновения пожаров.

Индекс SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) - индекс растительности с учётом влияния почвы - используется для определения плотности растительного покрова и представляет собой усовершенствованную форму индекса NDVI. Он особенно эффективен в условиях разреженной растительности, где значительное влияние оказывает открытая почвенная поверхность. Индекс SAVI рассчитывается по следующей формуле:

$$SAVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + L)} * (1 + L)$$

где:

- NIR (Near Infrared, ближний инфракрасный диапазон) - длина волны, отражающая состояние растительности (для Landsat 8 - канал Band 5);
- RED (красный диапазон) - длина волны, наиболее активно поглощаемая растениями (для Landsat 8 - канал Band 4);
- L - коэффициент коррекции почвы (обычно принимается равным 0,5).

Если значение SAVI приближается к +1, это свидетельствует о наличии густой растительности. Значения в диапазоне от 0 до 0,3 указывают на разреженную растительность. Значения, равные 0 или отрицательные, свидетельствуют об отсутствии растительного покрова, то есть о преобладании таких поверхностей, как почва, вода или бетон. В связи с этим индекс SAVI особенно эффективен для более точной оценки плотности растительности в районах с низким уровнем растительного покрова.

Индекс LST (Land Surface Temperature) - это показатель, отражающий фактическую температуру поверхности земли, который рассчитывается на основе данных теплового инфракрасного излучения. LST широко используется для мониторинга погодных условий, анализа засух, оценки эффекта тепловых островов и определения пожарной опасности.

Для расчёта LST необходимы данные теплового инфракрасного диапазона (TIR). Для спутников Landsat вычисление LST осуществляется в несколько этапов:

1. Расчёт радиационной яркостной температуры (Brightness Temperature - BT):- для спутников Landsat 8 и 9 используются каналы TIR1 (Band 10) или TIR2 (Band 11);- значение BT рассчитывается по следующей формуле:

$$BT = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L} + 1\right)}$$

где:

- L - спектральная радиационная яркость на верхней границе атмосферы (Top of Atmosphere, TOA);- K1 и K2 - калибровочные постоянные, заданные для спутников Landsat.

Расчёт коэффициента излучательной способности поверхности (Emissivity)

Для определения эмиссионной способности поверхности используется индекс NDVI:

$$\varepsilon = 0,004 \times PV + 0,986$$

Расчёт LST (температуры поверхности земли)- итоговое значение LST определяется по следующей формуле:

$$LST = \frac{BT}{1 + \left(\lambda * \frac{BT}{c2}\right) * \ln\varepsilon}$$

где:

λ - длина волны теплового инфракрасного излучения (для Landsat 8 примерно 10,9 мкм);

- c_2 - постоянная Планка ($1,438 \times 10^{-2}$ м·К);

- ϵ - коэффициент излучательной способности (эмиссивность).

При определении пожароопасных территорий подготовка данных дистанционного зондирования и метеорологических параметров является важным методологическим этапом. Путём интеграции показателей растительности и температуры, таких как NDVI, SAVI и LST, а также топографических (уклон) и антропогенных факторов (близость к дорогам и населённым пунктам), наряду с параметрами скорости ветра и средней температуры, была проведена оценка экологических и климатических условий территорий. Корректная подготовка и унификация данных позволили значительно повысить точность выявления зон с высоким риском возникновения пожаров.

В процессе оценки пожарной опасности выбранные факторы были проанализированы с учётом степени их взаимного влияния, и каждому из них были присвоены соответствующие весовые коэффициенты. Веса определены с использованием метода Weighted Overlay Analysis: LST - 15%, NDVI/SAVI - 25%, скорость ветра - 15%, NDMI - 10%, уклон (Slope) - 10%, близость к населённым пунктам - 10%, близость к дорогам и тропам - 10%, средняя температура - 5%.

На следующем этапе данные были нормализованы в диапазоне от 0 до 1, что обеспечило их сопоставимость и анализ на единой шкале. В заключительной стадии все факторы были объединены, сформирована карта пригодности (Suitability Map), и уровни пригодности территорий представлены в виде пространственной карты (рис. 7).

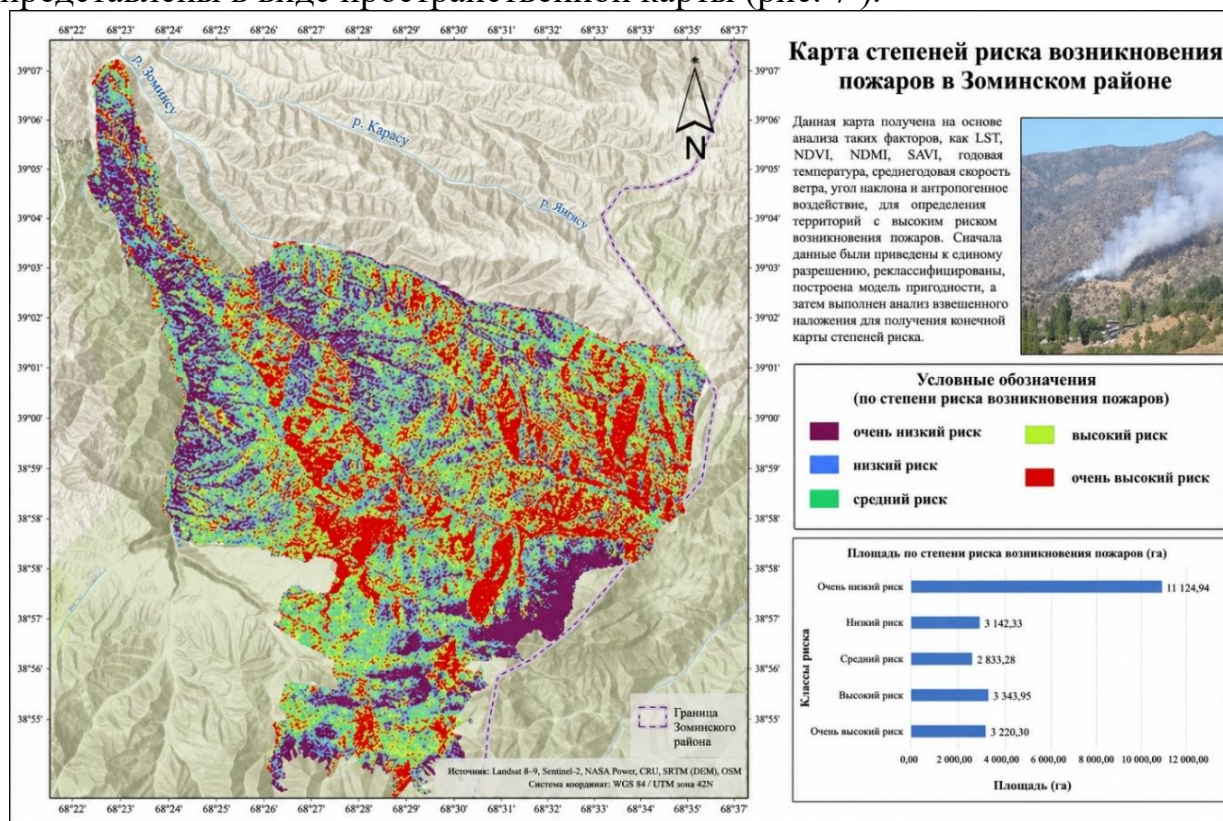


Рисунок 7. Карта пожароопасных территорий на территории Зааминского национального природного парка

В процессе оценки пожарной опасности на территории Зааминского национального природного парка был выполнен многокритериальный пространственный анализ на основе показателей NDVI, SAVI, NDMI, LST, скорости ветра, топографических (уклон) и антропогенных факторов (близость к дорогам и населённым пунктам), а также средней температуры. Каждый параметр был взвешен с использованием метода АНР (Analytic Hierarchy Process) и интегрирован посредством растровой алгебры.

В результате территория была классифицирована по степени пожароопасности на пять классов - от очень низкого до очень высокого уровня риска. Анализ показал, что в северной и центральной частях, характеризующихся низкой влажностью растительности, высокой температурой и сравнительно высокой скоростью ветра, уровень пожарной опасности является высоким. Напротив, в затенённых и более увлажнённых участках, преимущественно расположенных в долинах, риск значительно ниже. Сопоставление полученных карт с дорожной сетью и населёнными пунктами показало, что наиболее уязвимые к пожарам зоны сосредоточены преимущественно в районах лесного фонда с крутым рельефом, засушливыми условиями и значительным антропогенным воздействием.

Полученные результаты служат научной основой для усиления мониторинга в зонах повышенного риска, территориального планирования профилактических мероприятий и устойчивого управления лесными ресурсами. Данный анализ также является методической основой для последующей разработки интерактивной геоинформационной платформы «GeoFire Monitoring».

В ходе исследования была разработана интерактивная веб-платформа «GeoFire Monitoring». Платформа основана на интеграции тематических карт, созданных с использованием данных дистанционного зондирования (NDVI, SAVI, LST, NDMI и другие индексы), а также метеорологических показателей (скорость ветра, средняя температура воздуха и влажность).

Платформа полностью интегрирована с ArcGIS Online и ArcGIS Enterprise и предоставляет возможности создания пользовательских виджетов и тем с использованием Developer Edition. Кроме того, пользователям доступно создание одностраничных и многостраничных приложений, объединение 2D- и 3D-контента, добавление функциональных элементов методом «drag-and-drop», а также брендинг приложений и их адаптация для различных устройств (рис. 8).

В результате веб-приложение формируется как интуитивно понятная, функциональная и визуально привлекательная платформа для пользователей и служит эффективному управлению процессами мониторинга пожарной опасности.

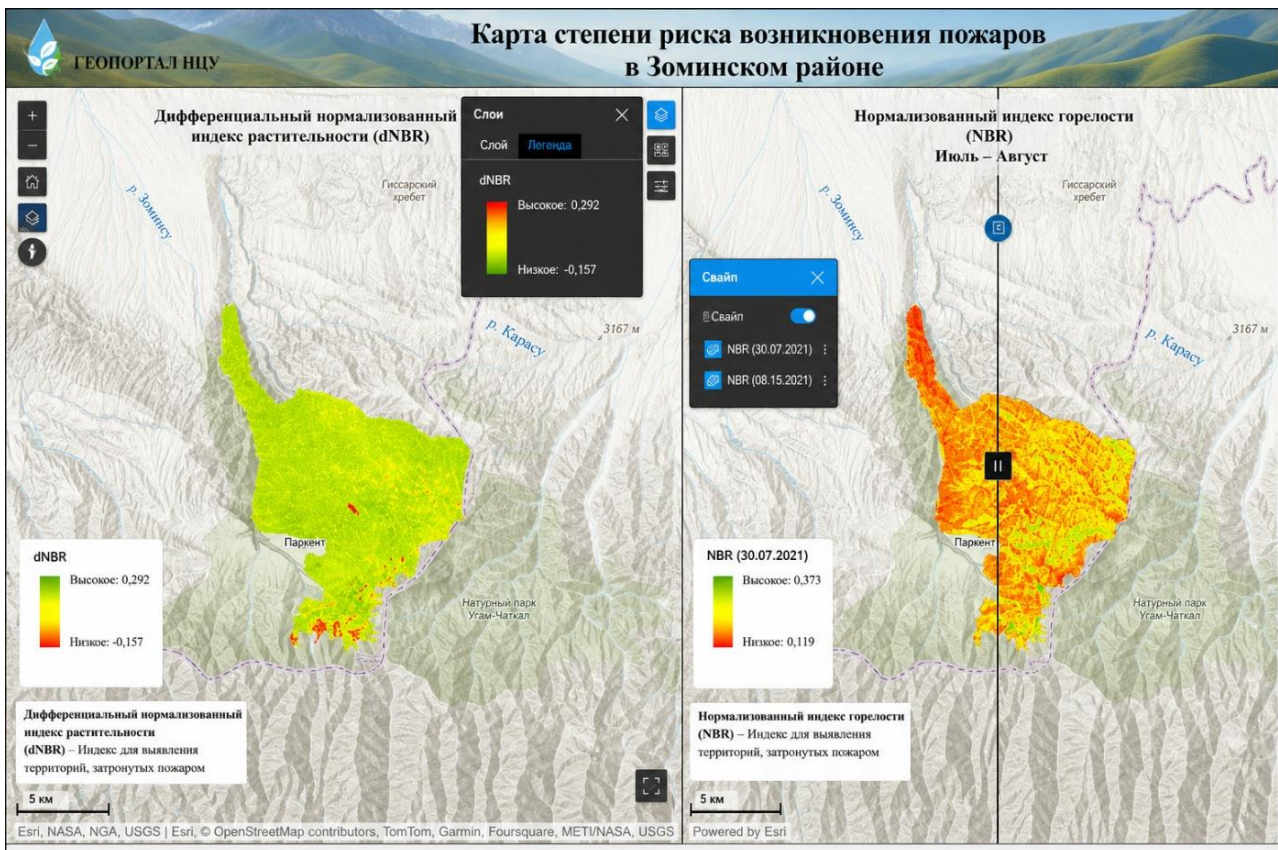


Рисунок 8. Процесс добавления и использования вспомогательных функций
ВЫВОДЫ

В результате научных исследований, проведённых по теме совершенствования метода геопространственного анализа деградации лесной растительности на основе данных дистанционного зондирования, сформулированы следующие выводы:

1. По результатам динамического анализа площади исследуемой территории установлено, что площадь национального парка, составлявшая в 1976 году 24 110 га, в настоящее время равна 23 609,2 га, то есть сократилась на 490,8 га вследствие перевода отдельных земельных участков в другие категории земель. Вместе с тем, с учётом экологического и хозяйственного значения лесных насаждений (защита сельскохозяйственных культур от водной и ветровой эрозии, инфильтрация селевых потоков, закрепление подвижных песков и борьба с опустыниванием), разработана схема системных проблем, направленная на их устранение в системе лесного хозяйства.

2. В ходе исследования разработаны предложения по инвентаризации лесных территорий, их разделению на кварталы и выделы, определению территориальных границ земель лесного фонда и формированию геопространственной базы данных. В процессе полевых исследований с использованием технологий GNSS, материалов дистанционного зондирования и программ геоинформационных систем (ГИС) были определены координаты элементов растительного покрова на территории

Зааминского национального природного парка и создана цифровая картографическая база данных.

3. Анализ отечественных и зарубежных научных исследований показал эффективность методов мониторинга, основанных на данных дистанционного зондирования и геоинформационных технологиях, при выявлении деградации лесной растительности. В то же время установлено, что вопросы комплексного применения спутниковых данных, спектральных индексов и геопространственного моделирования для оценки лесных пожаров и деградационных процессов недостаточно систематизированы, что обосновывает необходимость дальнейших исследований в данном направлении.

4. В рамках исследования работы по цифровизации земель лесного хозяйства и формированию их пространственной базы данных на территории Зааминского национального природного парка выполнены с использованием ГИС. В программных средах ArcGIS и QGIS создана геоинформационная база данных, интегрирующая лесные кварталы, выделы и их пространственные атрибутивные характеристики, что обеспечило формирование цифровой картографической основы для системного анализа пространственной структуры лесных территорий и мониторинга процессов деградации.

5. Усовершенствован метод определения количества лесных деревьев на основе данных дистанционного зондирования с использованием алгоритмов искусственного интеллекта. В процессе обработки космических снимков применён подход обнаружения объектов (object detection), позволивший определить пространственное размещение деревьев и характер их распределения. Данный подход обеспечивает автоматизацию процессов инвентаризации лесных ресурсов и их дистанционного мониторинга.

6. В целях автоматического определения количества деревьев на территории Зааминского национального природного парка проведено сравнительное исследование возможностей программ ArcGIS Pro (модель Deep Learning) и QGIS (модель Deepness). На основе полевых измерений и визуальной проверки установлено наличие 3454 деревьев, с которыми сопоставлены результаты моделей. По полученным данным, модель ArcGIS Pro с точностью 83,6 % корректно определила 2887 деревьев, тогда как модель QGIS Deepness продемонстрировала точность около 90 %, идентифицировав 3838 деревьев, при этом отдельные объекты были классифицированы ошибочно. В целом установлено, что модель QGIS Deepness обладает более высокой точностью при определении лесных деревьев по космическим снимкам.

7. На основе спутниковых данных Sentinel-2 и Landsat-8 рассчитаны индексы NBR, dNBR и NDVI. Результаты показали, что индексы NBR и особенно dNBR обладают высокой чувствительностью при выявлении последствий пожаров, обеспечивая надёжное пространственное картографирование выгоревшей биомассы и деградированных территорий. Индекс dNBR продемонстрировал наибольшую точность при дифференцированной оценке интенсивности пожаров. Трёхлетний

мониторинг позволил чётко выявить различия в степени восстановления и пространственном распределении растительного покрова.

8. С использованием инструмента ArcGIS Pro Suitability Modeler на основе методов многокритериальной оценки (МСА) и аналитического иерархического процесса (АИР) определены территории с высоким уровнем пожарной опасности и выполнено их картографирование. В качестве основных факторов использованы LST, NDVI/SAVI, скорость ветра и средняя температура, тогда как водные объекты и охраняемые зоны исключены в качестве ограничивающих слоёв. В результате разработана научно обоснованная модель определения зон пожарной опасности с учётом экологических и климатических особенностей территории.

9. В связи с необходимостью своевременного выявления пожарной опасности, оперативной оценки рисков территорий и их дистанционного мониторинга разработана веб-платформа «GeoFire Monitoring». Данная платформа основана на интеграции индексов дистанционного зондирования и метеорологических показателей и предложена в качестве прикладной информационной системы, обеспечивающей мониторинг уровня пожарной опасности, выявление опасных зон и их анализ на основе интерактивных карт. Платформа рекомендована к внедрению в практику в системах Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Узбекистан, Агентства лесного хозяйства и Министерства экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики

**SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARD OF SCIENTIFIC DEGREES
PhD.03/30.12.2019.T.10.08 AT THE “TASHKENT INSTITUTE OF
IRRIGATION AND AGRICULTURAL MECHANIZATION ENGINEERS”
NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY**

**“TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL
MECHANIZATION ENGINEERS” NATIONAL RESEARCH
UNIVERSITY**

JURAYEV KURBON HAFIZ OGLI

**IMPROVING THE METHOD OF GEOSPATIAL ANALYSIS OF FOREST
VEGETATION DEGRADATION BASED ON REMOTE SENSING DATA
(CASE STUDY: ZOMIN NATIONAL PARK STATE FORESTRY)**

11.00.07 – Geoinformatics

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

Tashkent – 2026

The theme of doctoral dissertation (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan under number B2025.3.PhD/T6066.

The doctoral dissertation has been prepared at the “Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers” National Research University.

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

Scientific supervisor:

Inamov Aziz

doctor of technical sciences, associate professor

Official opponents:

Sultonov Murodjon

doctor of geographical sciences (DSc) associate professor

Reymov Mamanbek

doctor of technical sciences, associate professor

Leading organization:

**Mirzo Ulugbek Samarkand State University
of Architecture and Civil Engineering**

The defense of the thesis will take place on the June 20th 2026 at 13⁰⁰ hours at the meeting of Scientific council PhD.03/30.12.2019.T.10.08 at the “Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers” National Research University (Address: 100000, Tashkent, Kari-Niyazi street 39. Tel: (99871) 237-22-09; Fax: (99871) 237-54-79, e-mail: admin@tiame.uz).

The dissertation can be found at the Information Resource Centre of the “Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers” National Research University (registered with № _____) at the address: 100000, Tashkent, Kari-Niyazi street 39. Tel: (99871) 237-54-79

The abstract of dissertation was sent out on « ____ » « ____ » 2026 year.

(register of the distribution protocol № ____ from « ____ » 2026 year).

Sh.Shokirov

Chairman of the Scientific Council
for award of scientific degrees,
Doctor technical sciences, professor

S.Abduraxmonov

Acting Scientific secretary of the Scientific Council
for award of scientific degrees,
Doctor technical sciences, professor

E.Safarov

Chairman of the Scientific seminar under the Scientific
council award of scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The purpose of the research. The objective is to develop scientifically grounded proposals and recommendations for improving the method of geospatial analysis of forest vegetation degradation based on geoinformation systems and remote sensing technologies.

The objects of the research work is the territory of the Zomin national park state forestry.

The scientific novelty of the research work is as follows:

the method for determining the number of forest trees has been improved through the application of artificial intelligence technologies based on remote sensing data;

the method for monitoring the recovery dynamics of degraded vegetation in forest areas has been enhanced using geospatial analysis based on remote sensing data;

an algorithm has been developed to identify fire-prone forest areas based on remote sensing data, taking into account geoinnovative technologies;

the processes of interactive visualization of forest compartments and sections, mapping vegetation cover, distribution of tree species, identification of fire-prone areas, and comprehensive territorial assessment have been improved through the development of the interactive web platform “GeoFire Monitoring.”

Implementation of the research results: Based on the results obtained from improving the method of geospatial analysis of forest vegetation degradation using remote sensing data:

Methods for determining the number of forest trees and monitoring the recovery dynamics of degraded vegetation in forest lands based on remote sensing data have been implemented in the Zomin Forestry and Zomin National Nature Park (Reference No. 03-03/1-03/3-11575 dated November 10, 2025, issued by the Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Uzbekistan). As a result, the capability to determine the number and spatial distribution of existing trees, identify fire-affected areas, and monitor post-fire recovery processes in the Zomin National Park State Forestry has been established;

An algorithm for identifying fire-prone forest areas based on remote sensing data has been implemented in the Zomin Forestry and Zomin National Nature Park (Reference No. 03-03/1-03/3-11575 dated November 10, 2025). As a result, the integration of remote sensing data with risk factors (temperature, humidity, vegetation types) has enabled early detection and prevention of forest fire risks;

The interactive web platform “GeoFire Monitoring” has been implemented in the Zomin Forestry and Zomin National Nature Park (Reference No. 03-03/1-03/3-11575 dated November 10, 2025). As a result, it provides capabilities for visualizing and analyzing digital modules of forest territories, identifying land areas, monitoring vegetation distribution, detecting fire-prone zones, and remotely assessing moisture and temperature conditions within forest lands.

Dissertation composition and volume. The dissertation consists of an introduction, three chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The total length of the dissertation is 120 pages.

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

I bo'lim (I chast; I part)

1. Jurayev K.H., Inamov A.N. // Zomin milliy bog'idagi o'rmon yong'inlarini masofadan zondlash yordamida baholash: NBR va NDVI qiyosiy tahlili//“Geodeziya, kartografiya va geoinformatika” Ilmiy-texnik jurnal 2024-yil 3-son B.115-120. (OAK Rayosatining 30.11.2023-yildagi 346-son qarori: 05.00.00; №1).

2. Jurayev K.H., Inamov A.N. // QGIS va ArcGIS pro dasturlaridagi sun'iy intellektga asoslangan modellarining o'rmon daraxtlari monitoringidagi samaradorligini baholash // “Geodeziya, kartografiya va geoinformatika” Ilmiy-texnik jurnal 2025-yil 1-son B.31-39. (OAK Rayosatining 30.11.2023-yildagi 346-son qarori: 05.00.00; №1).

3. Jurayev K.H., Inamov A.N. // Forest resource management based on gis and remote sensing: analysis from the legislation and scopus database // Texas Journal of Multidisciplinary Studies <https://zienjournals.com> ISSN NO: 2770-0003 November 2025 Peer Reviewed International Journal Volume 50 №2(129) B.16-18.

4. Jurayev K.H., Inamov A.N. Assessing land surface temperature and NDMI variations in zomin national park using sentinel-2 dat // Eurasian Journal of Engineering and Technology www.geniusjournals.org Volume 47 November 2025 ISSN: 2795-7640 Pp. 1-4.

II bo'lim (II chast; II part)

5. Jurayev K.H., Inamov A.N, Teshayev.N.N. // Assessment of Forest Fires in Zaamin National Park Using Remote Sensing: Comparative Analysis of NBR and NDVI.// AIP Conference Proceedings July 15 2025 Pp. 040042-1 -040042-7

6. Jurayev K.H., Inamov A.N. // Modern methods of creating forestry maps.// Innovation in the modern education system// Part 49 january 2025 B.25-28.

7. Jurayev K.H, Inamov A.N. // Zomin milliy bog'ida yong'inga moyilligi bo'lgan hududlarni geoaxborot tizimlari va masofadan zondlash asosida aniqlash // “Development of Specialized Higher Education and Science in the Conditions of Globalization: Problems and Opportunities” International Scientific Conference, April 9–10, 2025, Tashkent, Uzbekistan B.323-331.

8. Jurayev K.H., Fayzullaev M.N, Muslimbekov B.M. // O'rmon xo'jaligi obyektlari to'g'risidagi geografik tafsilotlarni innovatsion usullar asosida geovizuallashtirish// “Importance of innovative technologies in the sustainable development of water culture” International Scientific-Practical Conference | 334 “Suv xo'jaligini barqaror rivojlantirishda innovatsion texnologiyalarning ahamiyati” mavzusidagi xalqaro ilmiy va ilmiy-texnikaviy anjumanini Buxoro-2023 yil, 30-31 Mart B.334-338

9. Jurayev K.H., Inamov A.N. // Dunyo o‘rmon resurslari va O‘zbekiston o‘rmon xo‘jaligi tahlili. // “Zamonaviy ta’lim tizimini rivojlantirish va unga qaratilgan kreativ g‘oyalar, takliflar va yechimlar” mavzusidagi 77-sonli respublika ilmiy-amaliy online konferensiyasi materiallari to‘plami 1-mart , 2025-yil 77-son B.11-14.

10. Jurayev K.H. // O‘rmon xo‘jaligi kartalarini yaratishning zamonaviy uslublar.//“Zamonaviy ta’lim tizimini rivojlantirish va unga qaratilgan kreativ g‘oyalar, takliflar va yechimlar” mavzusidagi 80-sonli respublika ilmiy-amaliy on-line konferensiyasi materiallari to‘plami 1-iyul, 2025-yil B.147-151.

Avtoreferat «Irrigatsiya va melioratsiya» ilmiy jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi va o‘zbek, rus, ingliz (rezyume) tillarida matnlari mosligi tekshirildi (07.05.2026 yil).

Bosishga ruxsat etildi: _____ yil
Bichimi 60x84^{1/16}, «Times New Roman»
garniturada raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog‘i 3,1. Adadi 100. Buyurtma № 127
Tel: (99) 832 99 79, (99) 817 44 54
Guvohnoma reestr № 10-3279
“IMPRESS MEDIA” MChJ bosmaxonasida chop etilgan.
100031, Toshkent sh., Yakkasaroy tumani, Qushbegi ko‘chasi, 6-uy