

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc 03/30.12.2019.Т.10.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ**

ГЕРЦ ЖАСМИНА ВИКТОРОВНА

**ГАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ОРҚАЛИ ТАБИИЙ РЕСУРСЛАРНИНГ
ХАТЛОВ УСЛУБЛАРИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

**11.00.05 – Атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва
табiiй ресурслардан оқилона фойдаланиш
06.01.02 – Мелиорация ва суғорма дехқончилик**

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

Тошкент – 2021

УДК: 633.51:63D*2:5D:004(575.111)(043.3)

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**
**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам**
**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on technical
sciences**

Герц Жасмина Викторовна

ГАТ технологиялари орқали табиий ресурсларнинг хатлов услубларини
такомиллаштириш.....3

Герц Жасмина Викторовна

Совершенствование методов инвентаризации природных ресурсов посредством
ГИС технологий..... 21

Gerts Jasmina Victorovna

Improvement of natural resources inventory methods through GIS technologies.....39

Эълон килинган ишлар рўйихати

Список опубликованных работ
List of published works43

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc 03/30.12.2019.Т.10.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ**

ГЕРЦ ЖАСМИНА ВИКТОРОВНА

**ГАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ОРҚАЛИ ТАБИИЙ РЕСУРСЛАРНИНГ
ХАТЛОВ УСЛУБЛАРИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

**11.00.05 – Атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва
табиий ресурслардан оқилона фойдаланиш
06.01.02 – Мелиорация ва суғорма дехқончилик**

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

Тошкент – 2021

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Жаҳонда Бирлашган Миллатлар Ташкилоти (БМТ) томонидан барқарор ривожланиш дастурининг 17та истикболли мақсади маъқулланган ва улардан бири сифатида курукликдаги экотизимларни муҳофаза қилиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади. Шу жиҳатдан, курукликдаги экотизимни тиклаш ва улардан оқилона фойдаланишга кўмаклашиш, ўрмонларни барқарор бошқариш, чўлланишга қарши кураш, ерларнинг деградацияга учраши жараёнини тўхтатиш ва биологик хилма-хилликни қайтариш ҳамда йўқолиб кетиш жараёнини тўхтатишни талаб қилади. Бу борада, кўпгина хорижий давлатларда, жумладан Нидерландия, Германия, Канада, АҚШ давлатларида табиий ресурсларни муҳофаза қилиш ва уларни хатлашга, ўрмонларни бошқариш тизимини такомиллаштириш ва мониторинг қилиш усуллари жорий этишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда ер ресурслари чегараларининг ва уларни хатлашнинг ҳақиқий қийматларини самарали баҳолашга йўналтирилган мақсадли илмий изланишлар алоҳида аҳамиятга эга. Бу борада, ерларнинг мелиоратив ҳолатининг ёмонлашиши вегетация даврида ўсимликларнинг ривожланишига таъсир ўтказиб, ҳосил ва тупроқ бонитетининг пасайишига олиб келади. Экин майдонларининг деградациясини баҳолаш учун далалар контурини ва турли хил экинларнинг ривожланиш ҳолатини (ҳосилдорлигини) аниқлаш услубларини ишлаб чиқиш зарур. Шу билан бирга, табиий ресурсларни баҳолашда геоахборот тизимлари (ГАТ) технологияларидан фойдаланиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ҳозирги кунда республикамизда атроф-муҳит ҳолатига зарар етказадиган экологик муаммоларнинг олдини олиш, ўрмонларни барқарор бошқариш ва қишлоқ хўжалигини модернизация қилиш ва интенсив ривожлантириш бўйича кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан, «... суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини янада яхшилаш, мелиорация ва ирригация иншоотлари тармоғини ривожлантириш»¹ вазифалари белгилаб берилган. Шу жиҳатдан, қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини ишлаб чиқаришда интенсив усулларни, биринчи навбатда, замонавий ГАТ технологияларни кенг жорий этиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги ва 2019 йил 23 октябрдаги ПФ-5853-сон «Ўзбекистон Республикаси қишлоқ хўжалигини ривожлантиришнинг 2020-2030 йилларга мўлжалланган стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида» ги Фармонларида, Вазирлар Маҳкамасининг 2016 йил 23 августдаги 273-сон «2016-2020 йилларда

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

Ўзбекистон Республикасининг атроф табиий муҳит мониторинги дастурини тасдиқлаш тўғрисида» ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти маълум даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялари ривожланишининг V. «Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф муҳит муҳофазаси» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Республикада ГАТ орқали табиий ресурсларни хатлаш бўйича илмий тадқиқот ишлари К. Конрад, Г.Хасанханова, О. Дубовик, А.Хамзина, А. Платонов, П.Пропастин, М.Каппас ва бошқа олимлар томонидан олиб борилган ва кўзланган натижаларга эришган.

Таснифлаш услубини танлаш Ян Клеверс (Jan Clevers), О.Омолеомо (O. Omoleomo), А.Хуккани (A. Huqqani), С. Ли (C. Li), К.Венг (Q. Weng), Ч.Моули (Ch. Mouli), К.Каника (K. Kanika), Г.Ли (G.Li), Ф.Ахмади (F. S. Al-Ahmadi), А.Аукут (A. Aukut), П. Коппин (P. Coppin), Л.Ян (L. Yan), Ф.Фан (F.Fan), П. Трейтц (T. Treitz), Д.Хукман (Dirk Hoekman) ва шу каби бошқа халқаро олимлар томонидан масофадан зондлашнинг йўналиши бўлган вегетация индексларидан фойдаланган ҳолда ердан фойдаланишни хатлашнинг усуллари, турли хил фазовий ўлчамларга эга тасвирларни бирлаштириш, ҳамда назорат қилинган ва қилинмаган таснифлаш усуллари кенг ўрганишган.

Шу билан бирга, тадқиқотчилар таъкидлаганидек, фазовий моделлаштириш усуллари тақлиф қилинадиган муҳим камчиликлари сифатида моделлаштирилган объектларнинг чегараларини чизишдаги субъективлик ва олинган аниқликнинг етарли эмаслиги келтириб ўтилган. Маълумотларни таснифлаш бўйича турли хил тақлиф қилинган алгоритмларнинг натижалари ўртача 75 дан 81% гача аниқликни беради. Буларнинг барчаси бир хил дастлабки маълумотлардан фойдаланганда таснифнинг ишончлилиги даражасини оширишга имкон берадиган субъектлараро услубини ишлаб чиқишни талаб қилади ва шунинг учун бу тизимли муаммо кўшимча илмий изланишларни олиб олишни талаб қилади.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг № 108/2013 ИТДД - БМБФ М/Uz-GER «Ўзбекистондаги глобал ўзгаришлар шароитида ерни барқарор бошқариш учун билимларни умумлаштириш» мавзусидаги (2014-2015 йй.) Ўзбекистон - Германия халқаро лойихаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади ГАТ технологиялари орқали табиий ресурсларнинг хатлов услубларини такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

масофадан зондлашнинг оптик ва радиолокацион (радар) сунъий йўлдошлар маълумотларидан фойдаланган ҳолда экин майдонларини хатлов қилиш услубини такомиллаштириш;

сунъий йўлдош тасвирлари асосида ўрмонзорларни хариталаш услубини мақбуллаштириш;

илмий тадқиқотда ишлаб чиқилган хатлов усуллари ёрдамида табиий ресурсларни мониторинги орқали хатлов ҳолатини валидациялаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Тошкент вилояти Ўртачирчиқ туманидаги «Соф оқ олтин» сувдан истеъмолчилар уюшмасининг экин майдонлари ва Тошкент вилояти Пскент тумани Тошкент ўрмон хўжалигига қарашли «Ангрен» ўрмончилигининг ўрмонзорларнинг фазовий дарахт қоплами олинган.

Тадқиқотнинг предмети ГАТ технологияларидан фойдаланган ҳолда экин майдонлари ва ўрмонзорларини таснифлаш усули ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида курғоқчил минтақалар майдонларида хатловни ўрганишда дала тажрибаларини ўтказишнинг мавжуд услубиятлари ҳамда фазовий тасвирни қайта ишлашнинг ишончли аналитик ва математик статистика усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

қишлоқ ва ўрмон хўжалиги ерлари хатлови хатоликларини баҳолаш масофадан зондлашнинг радар маълумотлари ёрдамида ишлаб чиқилган;

табиий ресурсларни таснифлаш усули VН қутблашни бошқа қутблашлар билан комбинациялашган шароитда Сентинел-1 радар тасвирлар асосида такомиллаштирилган;

қишлоқ ва ўрмон хўжалиги ерларини таснифлашнинг комбинациялашган усули спектрал корреляция ва NDVI вегетация индекси асосида ўсимликлар қоплами ўзгариши динамикасини инобатга олиб такомиллаштирилган;

сунъий йўлдош тасвирларини таснифлашнинг замонавий усулларини курғоқчил минтақалар шароитида қўллаш самарадорлиги асосланган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйидагилардан иборат:

ГАТ орқали қишлоқ хўжалиги ва ўрмон майдонларини хатлов қилиш имкониятлари асосланган;

NDVI вегетация индекси профилини таҳлил қилиш ва спектрал корреляция усулини қўллаш орқали табиий ресурсларни таснифлашнинг бирлаштирилган, комбинациялашган усули яратилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги назарий ишланмаларнинг олинган қийматларга мувофиқлиги, таққослашда ҳисобланган қийматларнинг дала тажрибалари қийматларига яқинлиги, шунингдек, таклиф қилинган ишланмалар учун ЭҲМ дастурини расмий тасдиқлаш орқали гувоҳномалар олиш ва тадқиқот натижаларини амалиётга татбиқ этиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларини илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти аналоглар натижаларининг дастлабки шароитларга боғлиқлик даражасини пасайиши ва кластерлаш аниқлигининг ошиши билан фарқ қиладиган масофадан зондлаш маълумотларини кластерлаш алгоритминини ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ишлаб чиқилган усуллар ва алгоритмларни дастурий таъминот шаклида амалга ошириш, дастур масофадан

зондлаш маълумотларини кластерлаш ва алоҳида спектрал каналларнинг дастлабки таҳлилларини ўтказиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. ГАТ технологияларидан фойдаланган ҳолда табиий ресурсларни хатлаш усулларини такомиллаштириш бўйича олинган натижалар асосида:

қишлоқ ва ўрмон хўжалиги ерлари хатлови хатоликларини баҳолашнинг матрица усули Тошкент ўрмон хўжалигида ўрмон ерларининг иқтисодий самарадорлигини ошириш учун жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш давлат қўмитасининг 2020 йил 21 декабридаги 02-02/8-3305 сон маълумотномаси). Натижада, ўрмон қоплами ҳажмини вақт ва масофада сунъий йўлдош тасвирлари орқали кузатиш имконияти яратилган;

VН қутбланиш бошқа қутбланишлар билан комбинациялашган шароитда Сентинел-1 радар тасвирлар асосида такомиллаштирилган табиий ресурсларни таснифлаш усули Ўзбекистон Республикаси Экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш давлат қўмитаси тасарруфидаги Тошкент вилояти экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш бошқармасида жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш давлат қўмитасининг 2020 йил 21 декабридаги 02-02/8-3305 сон маълумотномаси). Натижада, турли хил қутбланишлардаги радиометрик тасвирлар ёрдамида табиий ресурсларнинг мониторингини оптималлаштириш имконияти яратилган;

спектрал корреляция ва NDVI вегетация индекси асосида такомиллаштирилган қишлоқ ва ўрмон хўжалиги ерларини таснифлашнинг комбинациялашган усули Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти ҳузуридаги илмий-ўқув маркази давлат унитар корхонасига жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш давлат қўмитасининг 2020 йил 21 декабридаги 02-02/8-3305 сон маълумотномаси). Натижада сунъий йўлдош тасвирлари орқали қишлоқ хўжалиги экинларини (пахта, шоли, ғалла) самарали хатлаш имконияти яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари халқаро, республика анжуманларида муҳокама қилинган ва маъқулланган, жумладан 2 та халқаро ва 8 та республика илмий-амалий анжуманларда муҳокомадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 13 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 8 та мақола, жумладан 1 таси хорижий журналларда нашр қилинган ва 3 та ЭҲМ дастури учун гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва қисқартмалар рўйхатидан иборат. Диссертациянинг ҳажми 118-бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация тадқиқотининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари ҳамда объект ва предметлари шакллантирилиб, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларини ривожланишнинг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги, амалий натижалари ва ишончлиги баён қилинган. Олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамиятлари кенг очиб берилиб, тадқиқот натижаларини жорий қилинганлиги, нашр этилган ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Биринчи бобда сунъий йўлдош тасвирларни таснифлашнинг асосий, энг оммабоп мавжуд усулларини тизимлаштирилган, шунингдек, энг юқори аниқликка эга бўлган таснифлаш алгоритмларини таҳлил натижалари келтирилган. Адабиётлар таҳлили асосида сунъий йўлдош тасвирларини пиксел бўйича таснифлаш усуллари бирлаштирилиб, блок-схемада тизимлаштирилди. Шу билан бирга, назорат қилинадиган ва назоратсиз (бошқариладиган ва бошқарилмайдиган) функционалланган иккита энг характерли гуруҳ ажратиб олинди.

Бундан ташқари ушбу бобда масофадан зондлаш тизимлари келтириб ўтилган. Улардан, фазовий сунъий йўлдошларни тасвирлаш мосламалари, параметрлари, улардан фойдаланишнинг спектрал, фазовий ва вақт каби масштаби тасвирланган. Ландсат сунъий йўлдошининг характеристикалари берилган. Масофадан зондлашнинг қайта кодлаш тизимларини шакллантиришнинг асосий принциплари келтирилган. Ер юзидаги объектларнинг хусусиятларини тавсифлаш учун ишлатиладиган энг кенг тарқалган воситалар ва дастурлар таърифланган. Қуруқ экотизимлар динамикасини ўрганишнинг турли муаммоларини ҳал қилишга имкон берадиган фазовий маълумотларни олишнинг замонавий тизимлари кўриб чиқилган.

Иккинчи бобда масофадан зондлашнинг оптик ва радар маълумотлари ёрдамида экин майдонларини хатлаш ишлари олиб борилган. Энг кенг тарқалган учта таснифлаш усулини NDVI профил билан биргаликда қўллаш Тошкент вилоятининг Ўртачирчиқ туманида жойлашган «Соф оқ олтин» сув истеъмолчилар уюшмаси (СИУ) худудида амалга оширилган. Ушбу сув истеъмолчилар уюшмаси 1756 гектар майдонни ўз ичига олади ва 2 дан 54 гектаргача бўлган участкалари бўлган 16 та фермер хўжалиги ва 4 та деҳқон хўжаликларидан иборат.

Ландсат 8 OLI сунъий йўлдошининг тасвирлари АҚШ Геология хизмати (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) очик маълумотлар базасидан олинган. Умумий ҳисобда 9 та фазовий тасвир юкланган, улардан атмосфера энг кам таъсир ўтказган, аммо шу билан бирга, ўсимликларнинг ўсишининг энг фаол даври ҳисобланган 2017-йил учун апрелдан сентябргача вақт оралиғида тасвирга туширилган фазовий тасвирлар танлаб олинган. Дастлабки босқичда тасвирларнинг ҳар бири учун растр қатламлар формати (tif) ўзгартирилиб,

ERDAS Imagine (img) форматдаги кўп тармоқли тасвирга ўтказилди, шунингдек ArcGIS (mxd) форматига бирлаштирилди. Кейинчалик, олинган кўп каналли тасвирлардан бир қисми танланди, шу жумладан танланган тадқиқот объектининг худуди қирқиб олинди, атмосфера таъсири ва радиометрик тузатишлар амалга оширилди. Ўрганилаётган ҳудуднинг баландликлари оралиғини аниқлаш учун ASTER рақамли рельеф моделлари (PPM) ишлатилган. Аниқланишича, ўрганилаётган ҳудуд учун ер баландликларининг қийматлари денгиз сатҳидан 320 дан 497 м гача ораликда ўзгариб туради. Шундай қилиб, қуйида тавсия этилган модель ўрганилиб, кичик қияликлар ва баландликларга эга бўлган ушбу турдаги ҳудудларга татбиқ этилди. Кейинчалик, нормализация қилинган NDVI фарқининг вегетация кўрсаткичи ҳисоблаб чиқилди ва қатламлар бирлаштирилиб, битта тасвир ҳолатига келтирилди.

Амалдаги таснифлаш усулларида мақбуллари танлаб олиш учун амалга оширилган адабиётлар таҳлили натижасида учта асосий таснифлаш усули танлаб олинди. Булар: максимал ўхшашлик усули; ИЗОДАТА усули; ва спектрал корреляция усулидир.

Шуни таъкидлаш керакки, спектрал корреляция усули асосан гиперспектрал тасвирлар бўйича таснифлаш ва ҳудуддаги минералларни ўрганиш учун ишлатилади. Бироқ, ушбу тадқиқотда ушбу усулни табиий ресурсларни таснифлаш учун NDVI вақт профилларини таҳлил қилиш билан биргаликда қўллаш таклиф этилади.

Спектрал корреляция усули тасвир спектрини ўрганилаётган ҳудуд майдонларининг индивидуал спектрлари билан таққослайди. Алгоритм спектрлар орасидаги ўхшашликни аниқлайди, уларнинг ўлчамлари спектрал чизиқлар сонига (n) тенг бўлган фазовий вектор сифатида ишлов бериш пайтида улар орасидаги «бурилиш бурчаги» ни ҳисоблаб чиқади. Ушбу усулда спектрал чизиқларнинг узунлиги эмас, балки фақат «спектрал векторлар» йўналиши ишлатилганлиги сабабли, спектрал бурчак усули ўхшаш спектрал эгри чизиқли, лекин интенсивлиги жиҳатидан фарқ қиладиган жисмларни ажрата олмайди (Osmar de Carvalho, 2000):

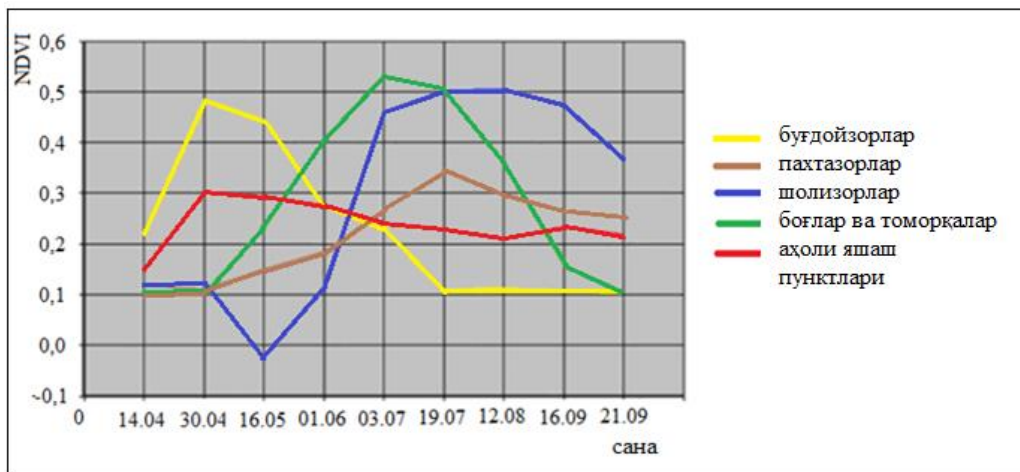
$$R = \frac{\sum(x-\bar{x})*(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}}, \quad (1)$$

бу ерда: X – тасвир спектри,

Y – намуна сифатида олинган майдоннинг спектри,

R – тасвир спектри ва намуна сифатида олинган майдоннинг спектри ўртасида ҳосил бўлган бурчак косинуси (cos).

Тадқиқот объектида мавжуд бўлган ердан фойдаланишнинг асосий синфлари сифатида қуйидагилар: пахтазорлар, буғдойзорлар, шолиторлар, аҳоли яшаш пунктлари, боғлар ва томорқалар аниқланди. Синфларнинг ҳар бири учун нарозат қилинган таснифлаш давомида 9 та NDVI қатламини ўз ичига олган кўп каналли тасвирнинг вақт сериясининг натижавий тасвирида 20 дан ортиқ намуналари тўпланди. Йўналтирувчи спектрал эгри чизиқлар 1-расмда келтирилган.

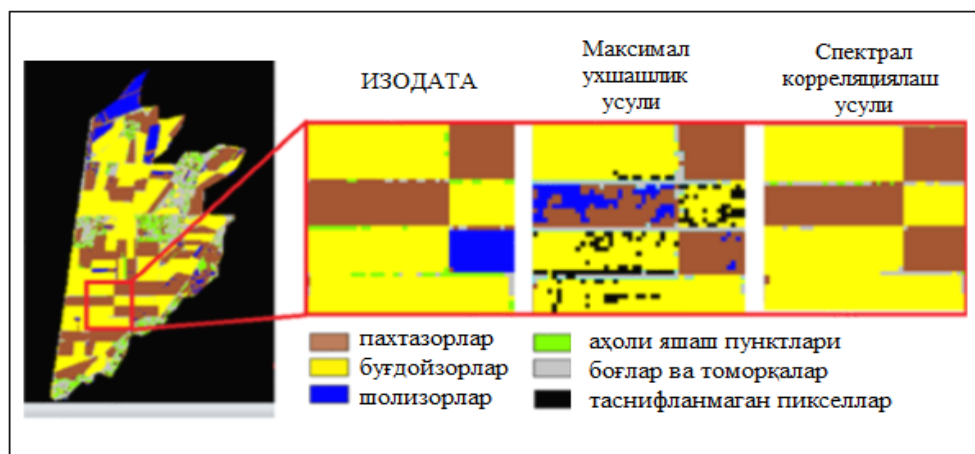


1-расм. Қишлоқ хўжалиги ҳудудларидаги ўрганилаётган майдонларнинг спектрал эгри чизиқлари

Чекланган ҳажмдаги танланган намуналар тўлиқ шаклда эмас; булардан, хатосиз таснифлашни ўтказиш учун керакли миқдордаги элементларни ўз ичига олмайди, ҳамда барча синфларнинг характеристика намунасини олганда якуний графикда бир текисда ва бир-бири билан кесишмаслиги лозим. Ушбу график фазовий тасвирнинг спектрал ойнасида аниқ кўринади.

Ўрганилаётган ҳудудларнинг майдони Ландсат сунъий йўлдошининг икки хил айланиш орбитаси кесишган нуқтада жаҳон кординаталар тизимининг (WRS-2) 154-устундаги 31 ва 32-қаторларига биноан олинган бўлиб, бу тўғридан-тўғри иккита бир хил фазовий тасвирдан фойдаланишга имкон берди ва тақдим этилган маълумотлардан таҳлил қилиш учун энг мақбули танлади.

Сунъий йўлдош тасвирларини таснифлаш жараёни нуқталарни (пикселларни) тасвир сегментлари ёки синфларга таҳлил қилиш ва гуруҳлаш орқали амалга оширилди. Тасвирни пикселлар бўйича гуруҳлаш жараёнининг натижаси сифатида таснифланган фазовий тасвирни кўриш мумкин. Таснифлаш жараёни ERDAS Imagine дастурининг сунъий йўлдош тасвирларини қайта ишлаш дастурий таъминотининг ойнасида амалга оширилди ва натижада ўсимликларнинг растр қатлами ва тупроқ қоплами синфлари олинган. Таснифлаш усулларининг натижалари 2-расмда келтирилган.



2-расм. Ҳосил қилинган таснифланган хариталар фрагментлари

Ҳар бир таснифлаш усули учун таснифлаш аниқлигини баҳолаш амалга оширилди, бунинг учун тадқиқот объектидан 105 та ер устки нуқталар тўпланди.

Дала экспериментлари давомида, шунингдек Google Earth тасвирларини талқин қилиш ёрдамида маълумотлар ва таснифлаш натижалари ўртасида ҳақиқий боғлиқлиги ўрганилди. Шуларга асосан, хатолик матрицалари тузилди. Олинган маълумотларнинг статистик таҳлили ушбу тадқиқотда ўрганилган усулларнинг энг қониқарлисининг натижаларини, яъни спектрал корреляция усули бўйича NDVI профилини таҳлил қилиш асосида таснифлашни кўрсатди. Спектрал корреляция усули учун умумий таснифлаш аниқлигининг максимал олинган қиймати 89% ни ташкил этди, бу максимал ўхшашлик усулининг умумий аниқлигидан 13% га кўпроқ ва ИЗОДАТА усулининг аниқлигидан 11%дан юқори. Таққосланган хариталарнинг умумий аниқлиги мос равишда 89%, 76% ва 78% эди. 0.7023, 0.7261 ва 0.7380 қийматларини ташкил этган умумий Каппа статистикаси ўрганилаётган маълумотларнинг сезиларли даражада бир хиллигини кўрсатди.

Ландсатнинг оптик диапазонларида тасвирнинг фазовий ўлчамлари 30 дан 30 метргача бўлганлиги сабабли, майдонлар орасидаги чегараларни таснифлаш жараёнида тизимли муаммога дуч келинди, шу сабабли 2017-йил NDVI профилининг бирлашиши 2017 йилнинг 8-августдан Сентинел-2 тасвирига тўғри келди. Қатламлар юқори фазовий масштабдаги қайта ҳисоблаб чиқилган ва охирида 10 та қатлам 2017 йил учун таҳлил қилинган.

Охириги босқичда Сентинел-1А радар тасвиридан 2017-йил 27-июндан бошлаб VV ва VH қутбланишлари таққосланди. Ушбу қутбланишларни олиб ташлаш натижаси сифатида уларнинг йиғиндисига бўлинди ва натижа кейинги босқичларда таҳлил қилинди.

Радар сунъий йўлдоши NDVI қатламини ва унинг талқинидаги мавжуд тизимли хатоликларни тuzатгандан сўнг, экинларни таснифлаш фақат иккиланган поляризацияга эга бўлган маълумотларга асосланиб амалга ошириш мумкинлиги аниқланди. Шу билан бирга, VV + VH иккиланган поляризацияси аниқроқ визуал натижаларни олиш имконини беради ва VH нинг поляризацияси вегетация даврининг дастлабки босқичларида NDVI ни моделлаштириш учун қисман мос келади.

SCM томонидан бошқариладиган NDVI профилларининг таснифини қўллаш ва Сентинел нинг оптик ва радар маълумотларини бирлаштириш, ҳамда таққослаш орқали натижани яхшилаш жараёни 2017 йил учун таснифнинг умумий аниқлиги **89% дан 93%** гача яхшиланганлиги аниқланди (1-жадвал).

1-жадвал.

Тадқиқотда ўрганилган таснифлаш усулларининг хатолик матрицаси

SCM+NDVI	Таснифлар						ишлаб чиқарувчининг аниқлик даражаси
	Пахтазор	Бўғдойзор	Шолизор	Боғлар ва томорқалар	Аҳоли пункти	Нуқталар сони	
Пахтазор	19		1	1		21	0,90
Бўғдойзор		20			1	21	0,95
Шолизор	2		18	1		21	0,86
Боғлар	1	1		17	2	21	0,81
Аҳоли пункти			1	1	19	21	0,90
Нуқталар сони	22	21	20	20	22	105	
Фойдаланувчининг аниқлик даражаси	0,86	0,95	0,90	0,85	0,86		0,89

Такомил-лаштирилган усул	Таснифлар						ишлаб чиқарувчининг аниқлик даражаси
	Пахтазор	Буғдойзор	Шолизор	Боғлар ва томорқалар	Аҳоли пункти	Нукталар сони	
Хақиқий ермаълумотлари							
Пахтазор	20			1		21	0,95
Буғдойзор		20			1	21	0,95
Шолизор	1		19	1		21	0,90
Боғлар	1			19	1	21	0,90
Аҳоли пункти				1	20	21	0,95
Нукталар сони	22	20	19	22	22	105	
Фойдаланувчининг аниқлик даражаси	0,91	1,00	1,00	0,86	0,91		0,93

Қишлоқ хўжалиги экинлари учун хатоликлар матричасида ишлаб чиқарувчининг аниқлиги ўртача 3% га ва фойдаланувчининг аниқлиги 6.7% га ошиши кузатилди. Шу билан бирга, фойдаланувчи ва ишлаб чиқарувчининг аниқлиги «аҳоли яшаш пункти» таснифи учун сезиларли даражада яхшиланди (5% га), шунингдек «боғлар» таснифи учун ишлаб чиқарувчининг аниқлиги 9% га яхшиланди. Боғлар таснифи учун фойдаланувчининг аниқлигида сезиларли яхшиланишга эришилмади, чунки бу тасниф учун спектрал профилнинг бошқа экин турлари таснифига ўхшашлиги сабаб бўлди.

Каппа коэффициенти спектрал корреляция усули учун 0.7380 ни ташкил этди, бу усул Сентинел сунъий йўлдош тасвирлари билан бирлаштирилганда у 0.9167 га етди ва бу дала тадқиқотлари билан олиб борилган таснифга мувофиқликнинг юқори даражадаги ишончилигини кўрсатади.

Қишлоқ хўжалиги ерларининг балл бонитетлари ва унинг қишлоқ хўжалиги экинлари, хусусан, буғдой ҳосилдорлиги билан боғлиқлигини самарали ва ўз вақтида таҳлил қилиш учун тупроқ балл бонитетлари ва NDVI индекслари ўртасидаги боғлиқликлар таҳлил қилинди.

Тупроқларнинг балл бонитетини баҳолашда тупроқларнинг асосий хусусиятлари, шунингдек, тупроқларнинг генетик ўзига хослиги, механик таркиби, суғориш давомийлиги, шўрланиш даражаси, эрозия бардошлиги, тошлилиги, гипслиги, иссиқлик ресурслари билан таъминланиши, тупроқни ўсимлик қатламининг ўсишига ва экинларнинг пишиб этиш даражасига таъсири ва бошқа табиий омиллар ҳисобга олинади. Тупроқ бонитетини баҳолаш жараёнига қўшимча равишда, балл бонитетини баҳолаш натижаларни визуаллаштиришни яхшилаш учун ушбу илмий тадқиқотда Нормаллаштирилган қиёсий вегетация индекси (NDVI) асос қилиб олинди ва тупроқ бонитетини баҳолаш билан ушбу кўрсаткич ўртасидаги боғлиқлик аниқланди.

2014-йилдаги таснифланган фазовий тасвирда буғдой далалари кўрсатилган ва ERDAS Imagine дастури ёрдамида тўрт хил бонитет қийматларини ташкил этган ушбу майдонлар кесиб олинган. Кейинги босқичда эса, батафсилроқ ва аниқроқ таҳлил қилиш учун 2014 йилнинг 22-апрелда олинган фазовий тасвирлар ишлатилган. ArcGIS дастурида «Жадвал кўринишидаги статистика»

(Statistics as a table) функциясидан фойдаланиб, натижалар куйидаги 2-жадвалда умумлаштирилди. Мақсад қилинган вегетация индекси ва тупроқ балл бонитети ўртасидаги боғлиқликни баҳолаш ижобий натижаларни берди. Бонитет баллининг ортиши билан ўртача NDVI қиймати бир вақтнинг ўзида ошди. Бунда, тупроқ балл бонитети 40 бўлса NDVI нинг ўртача қиймати 0.33 га ва 70 бўлган тақдирда 0.48 га тенг бўлди.

2-жадвал.

Тупроқ балл бонитетига кўра NDVIнинг қийматлари

Қиймат	Майдон (пикселлар)	Минимум	Максимум	Интервал	Ўртача	STD
40	54000	0.260042	0.400611	0.140569	0.331636	0.036556
50	78300	0.342863	0.528064	0.185201	0.427544	0.047638
60	45000	0.373738	0.474082	0.100344	0.432243	0.02447
70	36900	0.441026	0.516309	0.075283	0.484055	0.020248

Шундай қилиб, ўсимликларнинг спектрал тарзда акс эттириш жараёнига асосланган NDVI вегетация индекси орқали яратилган харита тупроқнинг сифати, ҳамда унинг мелиоратив ҳолати билан чамбарчас боғлиқ деган хулосага келинди ва бу, хусусан, турли хил тупроқ балл бонитети қийматларида ифодаланиши мумкин бўлади. Бундан ташқари корреляция коэффициенти 0.97 ни, R^2 эса 0.94 ни ташкил этди. Бонитет синфининг кўпайиши билан бошқа нарсаларни тенг деб ҳисобласак, ўсимлик ҳолати ва ривожланиши билан тавсифланадиган вегетация индексининг қиймати мутаносиб равишда ошади.

Учинчи бобда ушбу илмий тадқиқотда ўрганилаётган услубларга мувофиқ ўрмон қопламанинг таҳлили келтирилган.

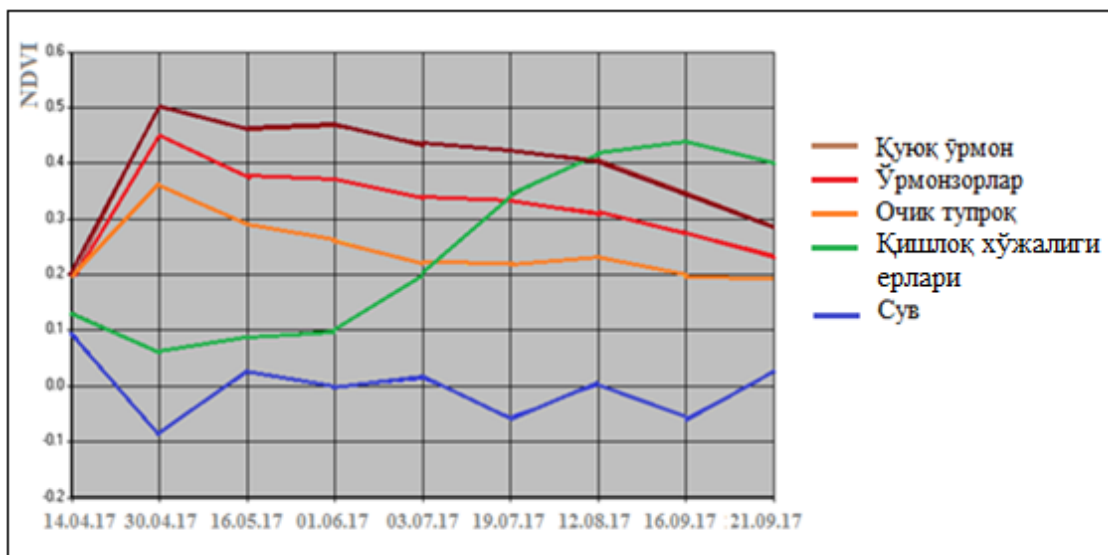
Ўзбекистон ўрмонлари табиий тузилиши ва таркиби, унумдорлиги ва вазифалари билан сезиларли даражада фарқ қилади. Республикада замонавий ўрмон хатловини юритиш тизими ўрмон ресурсларини даврий хатлаш натижасида олинган маълумотларга ва ўрмон хўжалигида ва унинг тармоқларида олиб бориладиган ўрмон фондидаги ўзгаришларни ҳисобга олиш материаллари асосида маълумотларни тузатишга асосланган. Ўзбекистонда ўрмонни бошқаришнинг асосий усули бу ўлчов ва солиқ солиш элементларига асосланган визуал санаб чиқиш усулидир.

Шу билан бирга, географик ахборот тизимлари айни пайтда масофадан зондлаш техникаларининг органик ва ажралмас қисми сифатида ўрмон хўжалиги, ўрмонни бошқариш ва атроф-муҳитни муҳофаза қилишда алоҳида аҳамиятга эга бўлиб, ўрмон комплекси хатловининг энг муҳим қисмига айланиб бормокда.

Ландсат сунъий йўлдошларидан олинган тасвирлардан фойдаланиш юқори аниқлик даражасида ва кенг майдонларда ўрмон қопламини баҳолаш учун мумкин бўлган ёндашувлардан бири ҳисобланади. Ушбу илмий ишда тадқиқотлар Тошкент вилоятининг жануби-ғарбий қисмида жойлашган Пскент тумани ҳудудида «Ангрен» ўрмон хўжалигининг 2615 гектар майдонида, яъни минтақадаги энг йирик ўрмон хўжалигида олиб борилди.

Ландсат ТМ маълумотларини олдиндан қайта ишлаш жараёни уларнинг геокординатасини ва ўзаро радиометрик нормаллаштиришни ўз ичига олади ва

тематик ишлов бериш босқичида сарфланадиган вақтни қисқартириш мақсадида сунъий йўлдош тасвирлари тўпламини тадқиқот объектига қўшимча равишда таснифлаш имкониятини таъминлашга қаратилган. Тасвирлар АҚШ нинг Геологик тадқиқотлар марказининг расмий веб-саҳифада (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) онлайн равишда бепул олиниб, 1:10000 масштабдаги ҳудуднинг рақамли харитаси билан таққосланди ва ўрмон хўжалиги ҳудуди ажратиб олинди ва таҳлил қилинди. ERDAS Imagine дастуридаги энг қоронғи пиксел усулидан фойдаланган ҳолда атмосферик тузатишлар бажарилинди.



3-расм. Майдонларнинг спектрал эгри чизиқлари

NDVI вақт профилини таҳлил қилишда фойдаланилган ўрганилаётган таснифлаш усули натижаси бўлган спектрал корреляция усули ёрдамида ушбу тадқиқот объекти учун ердан фойдаланиш хариталари яратилинган (3-расм).

Таснифлаш жараёнида бешта асосий таснифлар - сув, очик тупроқ, қишлоқ хўжалиги ерлари, куюқ ўрмон ва ўрмонзорлар аниқланди. Ўрганиш учун наъмуналар сифатида ҳар бир тасниф учун олинган 10 та турли ҳудудларда жойлашган ерлар танланди. Табақалаштирилган тасодифий наъмуна олиш учун Кохран (Cochran, 1977) наъмуна ҳажмини аниқлаш учун қуйидаги формулани тавсия қилган:

$$n = \frac{(\sum_{i=1}^N W_i S_i)^2}{(S(O))^2 + \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{i=1}^N W_i S_i^2} = \left(\frac{\sum_{i=1}^N W_i S_i}{S(O)}\right)^2 \quad (2)$$

бу ерда n – растр тасвирдаги элементар бирликлар (пикселлар) сони;

$S(O)$ - тахмин қилинадиган умумий аниқлик учун стандарт хато;

W_i – умумий майдондан i -таснифининг улуши;

S_i - i -таснифининг стандарт оғиши ва бу қиймат қуйидаги формула бўйича аниқланади $S_i = \sqrt{U_i(1 - U_i)}$;

N , қоидага асосан, жуда катта сон (растр катталигига қараб) бўлганлиги сабабли, 2-формуланинг махражидаги иккинчи ҳадга эътибор бермаслик мумкин.

Юқоридаги формулага мувофиқ, 3-жадвалда келтирилган коэффицентлар ҳисоблаб чиқилди ва нукталар сони аниқланди. Умумий ҳисобда улар 45 та ни ташкил этди, аммо аниқроқ текшириш натижасини олиш учун бу рақам яхлитланди ва текшириш учун 50 та тасодифий нукталар танланди.

3-жадвал.

Тажриба нукталарини аниқлаш учун қўшимча жадвал

Тасниф	Таъриф	N	W	U	SQR(U(1-U))
Куюк ўрмон	Поя ва шоналари зичлиги 50% дан ва баландлиги 2 м дан юқори бўлган дарахтлар ва буталар	471	0,1346	0,9	0,30
Ўрмонзор	Поя ва шоналари зичлиги 50% дан кичик бўлган дарахтлар ва буталар	1306	0,3734	0,95	0,22
Очиқ тупроқ	Очиқ кўринадиган тошли, шағалли, қумли, лойли ёки бошқа яшил ўсимликларга эга бўлган ёки умуман бўлмаган лойли жисмлар билан ажралиб турадиган ҳудудлар	961	0,2747	0,7	0,46
Қишлоқ хўжалиги ерлари	Қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари етиштириш учун ишлатиладиган ерлар	710	0,203	0,8	0,40
Сув	сув ҳавзалари, сув ташламалари ва дарёлар каби сувли тармоқ	50	0,0143	0,6	0,49
		3498			

Умумий таснифлашнинг аниқлиги 86% ни ташкил этди. Юқори фазовий масштабга эга бўлган маълумотлар билан ушбу натижа бирлаштирилганда эса аниқлик фоизини 90% гача ошириш имкониятини берар эди.

Тўртинчи бобда ўрганилаётган таснифлаш услубларига мувофиқ қишлоқ хўжалиги ва ўрмон майдонларининг мониторинги келтирилган.

Тошкент вилоятида ердан фойдаланишдаги ўзгаришларни кузатиш учун олти та вақт катлами (1994, 1999, 2004, 2009, 2014, 2017) оралиғидаги сунъий йўлдош тасвирлари танланди. Бироқ, Ландсат ETM+ 7 даги сканерлашнинг натижаларидаги хатолик чизиғи билан боғлиқ муаммолар туфайли 2004-йил давомида ETM + маълумотлари фойдаланишга яроқсиз бўлган ва шунинг учун улар кейинги таҳлил учун танланмаган ва 2002-йилнинг тасвирларга алмаштирилган.

Умумий 43та Ландсат тасвирлари (4-жадвал) ATCOR модули томонидан ERDAS дастурида атмосфера туманларини камайтириш, атмосфера чанглари ва радиометрик тузатиш учун олдиндан қайта ишланган. Олинган фазовий маълумотлар сунъий шовқин таъсирини камайтириш ва маълумотларнинг сифатини спектрал ва фазовий жиҳатдан яхшилаш учун юқори тебранишдаги фильтр ва медиан фильтр каби турли хил фильтрлар билан қайта ишлаш жараёнида яхшиланди (Lillesand T, 2015).

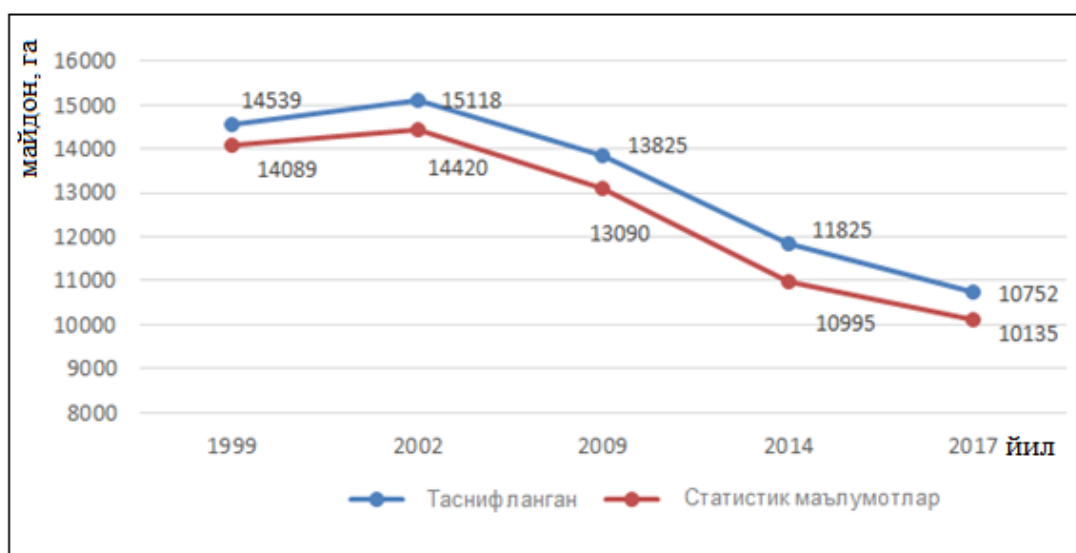
Фойдаланилган Ландсат тасвирлари ҳақида тўлиқ маълумотлар

	1994	1999	2002	2009	2014	2017
Март			LT7 Март 28			
Апрель		LT5 Апрель 13		LT5 Апрель 8 LT5 Апрель 24	LT8 Апрель 6 LT8 Апрель 22	LT8 Апрель 14 LT8 Апрель 30
Май	LT5 Май 1 LT5 Май 17			LT5 Май 26	LT8 Май 24	LT8 Май 16
Июнь	LT5 Июнь 2		LT7 Июнь 16	LT5 Июнь 11 LT5 Июнь 27	LT8 Июнь 25	LT8 Июнь 1
Июль	LT5 Июль 4 LT5 Июль 20	LT7 Июль 10	LT7 Июль 2 LT7 Июль 18	LT5 Июль 29	LT8 Июль 27	LT8 Июль 3 LT8 Июль 19
Август	LT5 Август 21	LT5 Август 19 LT7 Август 27			LT8 Август 12 LT8 Август 28	LT8 Август 12
Сентябрь	LT5 Сентябрь 6		LT7 Сентябрь 20		LT8 Сентябрь 29	LT8 Сентябрь 16 LT8 Сентябрь 21
Октябрь	LT5 Октябрь 8		LT7 Октябрь 22	LT5 Октябрь 17		
Ноябрь				LT5 Ноябрь 18		

NDVI тасвирлари ҳар бир сунъий йўлдошнинг NIR ва RED қатламлари ёрдамида яратилган. Бир вегетация даври учун олинган NDVI тасвирлари устма-уст қўйилиб намоиш этилди. Спектрал корреляциялаш усули (SCM) га асосланган таснифлаш салбий корреляция қилинган рақамларни таниб олишга имкон беради ва атмосфера таъсирини йўқ қилиш учун яхши натижалар беради (de Carvalho Júnior, 2000). Репрезентатив спектрлар учун таснифлаш усулларининг бу таснифи спектрал тасвирни қиёсий спектри (яқуний аъзолар ёки спектрал иловалар) билан солиштиришга асосланган.

Дала ишлари пайтида олинган ҳудуд ҳақидаги маълумотларга қараб, илмий тадқиқот ўтказилган майдонлари ЭҲМ да рақамлаштирилди ва бутун тадқиқот объекти ҳудуди бўйлаб бўлинди. Ҳар бир тасниф учун визуал кўргазма сифатида танланган майдонлардаги пикселлар спектрал бўшлиққа жойлаштирилди ва барча таснифларни камида битта чизикда ажратиб олишни таъминлаш учун визуал текширув ўтказилди.

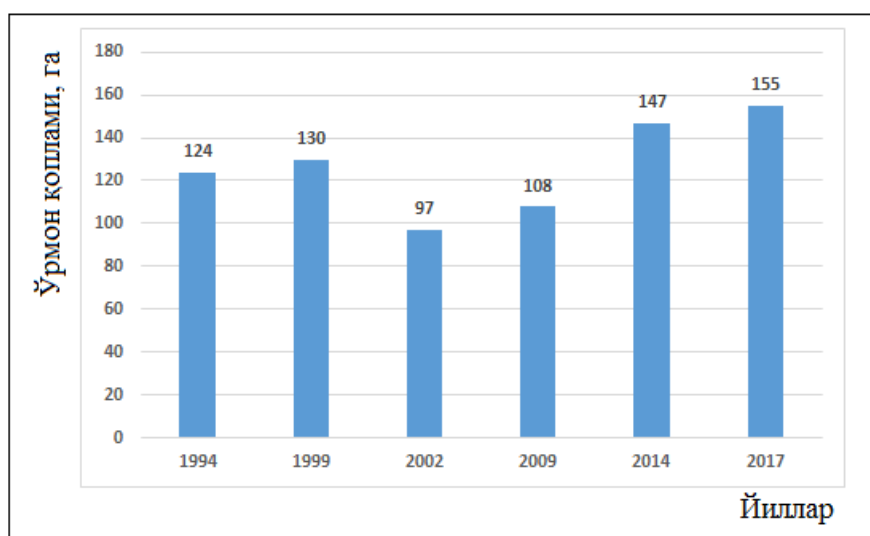
Ишончлилик даражасига эга бўлган умумий аниқлик қийматини аниқлаш учун ҳар ойда камида битта тасвир керак бўлар эди ва шунинг учун 2009-йилдаги энг паст натижани (83%) август ва сентябрь ойлари орасидаги сунъий йўлдош тасвирларининг етишмаслиги билан боғлаш мумкин (4-расм).



4-расм. Статистик (қизил) ва таснифланган (кўк) маълумотларни таққослаш графиги, гектарда

Пахта далалари худудларини таққослаш фақат 1994-йилдан 2017-йилгача бўлган даврда баҳоланган. Вилоят миқёсида олинган натижалар шуни кўрсатадики, пахта майдонлари масофадан зондлаш маълумотларига кўра 3787 гектарга ва статистик маълумотларга кўра 3954 гектарга камайганлигини кузатиш мумкин. Масофадан зондлаш маълумотлари ва статистик маълумотлар ўртасидаги ўзаро боғлиқлик кўрсаткичи 0.99 ни ташкил этди.

Ўрмон билан қопланган майдоннинг динамикасини мониторинг қилиш натижасига кўра 2002-йилгача кескин пасайиш (22% га) ва ундан кейинг йиллада эса сезиларли ўсиш (59% га) кузатилди. Таъкидлаш жоизки, ўрмон хўжалигини ташкил этиш ва ривожлантириш лойиҳасига мувофиқ «Ангрен» ерлари 11, 12 ва 13-кварталлар учун 1993-йилда 114 га, 2012-йилда 141,4 га ва 2017-йилда 140,1 га ташкил этди ва бу натижаларга мос келади (5-расм).



5-расм. «Ангрен» ўрмон хўжалиги худудидаги ўрмон қопламининг ўзгариши динамикаси

Юқорида келтирилган гистограмма 2002-йилгача бўлган даврда ўрмон майдонлари ўзгаришининг салбий динамикасини кўрсатиб берди, аммо шуни таъкидлаш жоизки, сўнги пайтларда ижобий ўзгаришларни айти вақтда кўриш мумкин. 1994-йилдан 2011-йилгача бўлган даврда «Ангрен» ўрмон хўжалигининг ўрмон майдонлари камайди. Қишлоқ хўжалиги ерларига айлантирилаётган тошқинлардан ҳимояловчи ўрмонлар асосан антропоген босимга дуч келди. Чўл ва тоғли зоналарда ўрмонларни етиштириш самарадорлигининг пастлиги, табиий равишда қайта тикланиш учун зарарли бўлган чорва молларининг ҳаддан зиёд кўпайиши ўсимликлар деградациясига, ўрмонзорлар майдонининг босқичма-босқич қисқаришига, ўрмонларнинг экотизимни ҳимоя қилувчи характерининг пасайишига, ҳудуднинг чўлланишига ва пировардида Марказий Осиё минтақасининг сув ресурсларининг пасайишига олиб келади. Шу нуқтаи назардан, ўрмонларнинг табиий янгиланиш жараёнини ўрганиш, ўрмон майдонининг ўсиши бўлмаса-да, ҳеч бўлмаганда унинг барқарорлашишини таъминлайдиган тадбирларни белгилаш ва амалга ошириш ҳозирда жуда муҳимдир.

ХУЛОСАЛАР

1. ГАТ технологияларидан фойдаланган ҳолда турли хил таснифлаш усулларига асосланган тематик хариталарни хатлашнинг энг кенг фойдаланиладиган халқаро усуллари амалда қўлланилинди. Тадқиқот майдонида эса энг юқори самарадорликни кўрсатадиган таснифлаш усулларининг гуруҳлари аниқланди. Мультиспектрал маълумотларни қайта таҳлил қилиш учун қўлланиладиган алгоритмлар ва усуллар, жумладан, ИЗОДАТА алгоритми ва максимал ўхшашлик усули таснифлаш хариталарининг умумий аниқлик даражасини етарли даражада таъминлай олмаслиги (78% дан кам) аниқланди;

2. Таснифлаш параметрларини такомиллаштиришда чизиқли ва чизиқли бўлмаган филтрларни қўллаш аҳамияти ўрганилди. Бунда медиан филтри энг яхши натижани кўрсатди ва тасниф параметрларини яхшилаш учун улардан сунъий йўлдош тасвирларига дастлабки ишлов бериш олдидан фойдаланиш тавсия этилади;

3. Спектрал корреляция таснифи усули ва вақтлараро NDVI вегетация индексининг биргаликдаги комбинациясидан фойдаланиб, таснифлаш усулларини такомиллашган услуби ишлаб чиқилди. Бунда Ландсат сунъий йўлдош тасвирларини умумий таснифлаш аниқлигини 89% гача ошириш имкониятини беради;

4. Қишлоқ хўжалиги экинларини таснифлаш сифати Ландсат ва фазовий масштаби юқори бўлган Сентинел-2 сунъий йўлдош тасвирларини бирлаштириш натижасида оширилди ва ва таснифлаш аниқлик даражасининг умумий фоизи 93% гача кўтарилди;

5. Тупроқ сифати ва ҳолатини кўрсатувчи балл бонитет синфлари билан ўсимликларнинг ривожланиши орасидаги ўзаро боғлиқлик даражаси ўрганилди. Кузги буғдойнинг Ландсат 7 ETM + сунъий йўлдош тасвирларида

ҳисобланган NDVI қийматлари билан тупроқ балл бонитет қийматлари орасидаги боғлиқлик коэффиценти $r = 0.97$ ни ташкил этди;

6. 2 та NDVI қатламларидан олинган ўрмон қопламининг синтезлашган тасвирининг таснифлаш аниқлиги 65% ни ташкил қилди. 3 та турли вақтларда олинган тасвирни таснифлаш жараёнининг ишончлилик даражасини 73-74% гача оширилди. 4-5 та тасвир учун таснифнинг умумий аниқлиги 80%, 6-7 та тасвир учун 84% гача ва 9 та тасвирлар - 86% гача оширилди;

7. Сентинел-2 нинг юқори ўлчамдаги оптик тасвирлари Ландсат тасвирлари таснифи билан солиштирилганда ўрмон қопламини таснифлаш аниқлиги 90% гача оширишга имкон яратди;

8. Сентинел-1А радар тасвирларидан фойдаланиш қишлоқ хўжалиги экинларини иккиланган қутбланишга эга маълумотлар асосида таснифлаш мумкин деган хулосага келишга имкон бериши аниқланди. Бундай ҳолда, VV + VH иккиланган қутбланиши аниқроқ натижаларга эришишга имкон берди. VH қутбланиши қишлоқ хўжалиги экинларининг вегетация даврининг дастлабки босқичларида NDVI ни моделлаштириш учун бир мунча мос келади, аммо Ўзбекистоннинг ўрмон қопламига етарлича мос келмайди;

9. «Ангрен» ўрмон хўжалигида ўрмон қопламинининг мониторинги 1994-2002-йилларда ўрмон қопламининг 22% га камайганини, ҳамда 2002-2017-йиллар оралиғида 59% га ўсганлиги кузатилган.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПРИ НАУЧНОМ СОВЕТЕ
DSc.03.30.12.2019.Т.10.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ
ТАШКЕНТСКОМ ИНСТИТУТЕ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И
МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И
МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

ГЕРЦ ЖАСМИНА ВИКТОРОВНА

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ПОСРЕДСТВОМ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ**

**11.00.05 - Охрана окружающей среды и
рациональное использование природных ресурсов
06.01.02 – Мелиорация и орошаемое земледелие**

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

Ташкент - 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2018.1.PhD/T554

Диссертация выполнена в Ташкентском институте 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 «Ziynet» по адресу www.ziynet.uz

Научный руководитель:

Пулатов Алим Салимович
кандидат технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Мягков Сергей Владимирович
доктор технических наук, профессор

Радкевич Мария Викторовна
доктор технических наук, доцент

Ведущая организация

**Национальный Университет Узбекистана им.
Мирзо Улугбека**

Защита диссертации состоится «19» марта 2021 г. в 14:00 часов на заседании разового Научного совета при научном совете DSc.03/30.12.2019.T.10.02 Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства по адресу: 100000, г. Ташкент, ул. Кары – Ниязий, 39. Тел / Факс: (+99871) 237-46-68, e-mail: admin@tiame.uz

С докторской диссертацией PhD можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства. Адрес: 100000, г. Ташкент, ул. Кары – Ниязий, 39. Тел / Факс: (+99871) 237-19-34, e-mail: admin@tiame.uz (154)

Автореферат диссертации разослан «06» марта 2021 года.
(протокол рассылки от 06.03.21 н/о)



Т. З. Султанов

член разового научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н, профессор

А. А. Янгиев

заместитель секретаря разового научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

М. Х. Хамидов

Председатель разового научного семинара при разовом научном совете по присуждению ученых степеней, д.с.х.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Всемирная Организация Объединенных Наций (ООН) утвердила 17 целей устойчивого развития, где сохранение экосистем земельных ресурсов является одним из важных направлений. В этом отношении, содействие восстановлению и рациональному использованию наземных экосистем требует устойчивого лесопользования, борьбы с опустыниванием, обращения вспять процесса деградации земель и прекращения процесса утраты биоразнообразия. В связи с этим, во многих зарубежных странах, в том числе в Нидерландах, Германии, Канаде, США, особое внимание уделяется охране и инвентаризации природных ресурсов, совершенствованию системы управления лесным фондом, внедрению современных методов мониторинга природных ресурсов.

Особое значение в мире имеют целевые научные исследования, направленные на эффективную оценку границ земельных ресурсов и их инвентаризации. Ухудшение мелиорации земель сказывается на развитии растений в вегетационный период, приводя к снижению урожайности и качества почвы. Для оценки деградации посевных площадей необходимо разработать методы определения контуров полей и состояния развития (урожайности) различных сельскохозяйственных культур. В этой связи, использование технологий географических информационных систем (ГИС) при оценке природных ресурсов является одной из важных задач.

В настоящее время в Республике принимаются комплексные меры по предотвращению экологических проблем, наносящих ущерб окружающей среде, устойчивому управлению лесного хозяйства, модернизации и интенсивному развитию сельского хозяйства. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы определены задачи, в частности «... дальнейшее улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель, развитие сети мелиоративных и ирригационных объектов»¹. В связи с этим, одной из важных задач является повсеместное внедрение интенсивных методов производства и оценки сельскохозяйственной продукции, в первую очередь современных ГИС технологий.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» № УП-5853, от 23 октября 2019 года «Об утверждении Стратегии развития сельского хозяйства Республики Узбекистан на 2020 — 2030 гг.», Постановлении Кабинета Министров от 23 августа 2016 года № 273 «Об утверждении Программы мониторинга окружающей природной среды в Республике Узбекистан на

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

2016-2020 годы», а также в других нормативно-правовых документах, касающихся этой деятельности.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики V «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

Степень изученности проблемы. Изучению вопросов инвентаризации природных ресурсов посредством ГИС в Республике Узбекистан были посвящены научные работы таких ученых как К. Конрад, Г.Хасанханова, О. Дубовик, А.Хамзина, А. Платонов, П.Пропастин, М.Каппас, А. Абдуллаев, Э.Сафаров, Ж.Кариева, Х. Абдурахимов, Р. Ойматов, И.Абдуллаев и др.

В изучении процессов по выбору методики классификации за рубежом значительный вклад внесли такие зарубежные ученые как: Ян Клеверс (Jan Clevers), О.Омолемо (O. Omoleomo), А.Хуккани (A. Huqqani), С. Ли (C. Li), К.Венг (Q. Weng), Ч.Моули (Ch. Mouli), К.Каника (K. Kanika), Г.Ли (G.Li), Ф.Ахмади (F. S. Al-Ahmadi), А.Аукут (A. Aukut), П. Коппин (P.Coppin), Л.Ян (L. Yan), Ф.Фан (F.Fan), П. Трейтц (T.Treitz), Д.Хукман (Dirk Hoekman) и др. Авторами предложены и рассмотрены различные методы инвентаризации землепользования с применением индексов растительности, контролируемой и неконтролируемой классификации, совмещением снимков разного разрешения и т.д.

Однако, несмотря на многочисленные исследования в этом направлении, существенным недостатком предложенных методов пространственного моделирования, как отмечают исследователи, является субъективность при проведении границ моделируемых объектов и недостаточный полученный процент точности. Результаты различных предложенных алгоритмов классификации данных в среднем варьируются от 75 до 81%. Все это требует разработки интерсубъективной методики, позволяющей повысить уровень надежности классификации при использовании одинаковых исходных данных в связи с чем данная задача требует дальнейшего рассмотрения.

Связь темы диссертации с планом научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено согласно плана научно-исследовательских работ Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства в рамках международного проекта № 108/2013 ГНТП - БМБФ М/UZ-GER «Триангуляция знаний для устойчивого управления земельными ресурсами в условиях глобального изменения в Узбекистане» совместно Узбекистан-Германия 2014-2015 гг.

Целью исследований является совершенствование методов инвентаризации природных ресурсов посредством ГИС технологий.

Задачи исследований:

совершенствование методов инвентаризации посевных площадей с помощью оптических и радарных спутниковых данных дистанционного зондирования;

оптимизация методов картографирования лесного покрова на базе космических снимков;

валидация инвентаризации посредством мониторинга природных ресурсов с использованием разработанных методов инвентаризации.

Объектами исследований являются посевные площади и лесной покров Ташкентской области, в частности ассоциация водопользователей «Соф ок олтин» Уртачирчикского района и лесничество «Ангрен» Пскентского района.

Предметом исследований является методика классификации посевных площадей и лесных объектов с помощью ГИС технологий.

Методы исследований. В процессе исследований использованы методы проведения полевых экспериментов, надежные аналитические и математико-статистические методы обработки пространственных изображений при изучении мелиорации земель засушливых регионов.

Научная новизна исследований заключается в следующем:

разработана комбинированная оценка ошибок инвентаризации земель сельскохозяйственного и лесного назначения на основе радарных снимков дистанционного зондирования;

усовершенствован метод классификации природных ресурсов с учетом радарных снимков Сентинел-1 поляризации VH в комбинациях с другими поляризациями;

усовершенствован комбинированный метод классификации посевных и лесных площадей на основе спектральной корреляции и вегетационного индекса NDVI с учетом изменения динамики растительного покрова;

обоснована эффективность применения наиболее признанных международных методов классификации спутниковых снимков в условиях аридных зон.

Практические результаты исследований заключаются в следующем:

обоснованы возможности инвентаризации сельскохозяйственных и лесных участков посредством ГИС;

разработан комбинированный метод классификации природных ресурсов посредством анализа профиля растительного индекса NDVI и применения метода спектральной корреляции.

Достоверность научных результатов обоснована соответствием теоретических разработок полученным значениям, близостью полученных расчетных значений со значениями полевых экспериментов при сопоставлении, а также получением свидетельств на программу ЭВМ на предложенные разработки и внедрением результатов исследований в практику.

Научная и практическая значимость результатов исследований.

Научная значимость результатов исследования заключается в разработке алгоритма кластеризации данных дистанционного зондирования земли, отличающийся от аналогов уменьшением эффекта зависимости результатов от начальных условий и увеличением точности кластеризации.

Практическая значимость результатов исследования заключается в совершенствовании программного обеспечения разработанных методов и алгоритмов. Программное обеспечение может использоваться для кластеризации данных дистанционного зондирования земли и проведения предварительного анализа отдельных спектральных каналов.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных результатов по совершенствованию методов инвентаризации природных ресурсов посредством ГИС технологий:

внедрена комбинированная оценка инвентаризации земель сельскохозяйственного и лесного хозяйства для определения изменений растительного покрова и повышения экономической эффективности учета лесных земель в Ташкентском лесном хозяйстве (Справка Государственного комитета Республики Узбекистан по Экологии и охране окружающей среды под № 02-02/8-3305 от 21.12.2020 г.). В результате получена возможность пространственно-временного спутникового мониторинга объемов лесного покрова;

внедрена методика классификации природных ресурсов с учетом радарных снимков Сентинел-1 поляризации VH в комбинациях с другими поляризациями в Ташкентском областном управлении по экологии и охраны окружающей среды (Справка Государственного комитета Республики Узбекистан по Экологии и охране окружающей среды под № 02-02/8-3305 от 21.12.2020 г.). В результате, получена возможность оптимизации мониторинга природных ресурсов с помощью радиометрических снимков в различных поляризациях;

внедрен усовершенствованный комбинированный метод классификации посевных и лесных площадей на основе спектральной корреляции и вегетационного индекса NDVI для повышения точности инвентаризации в Научно-учебном центре при Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (Справка Государственного комитета Республики Узбекистан по Экологии и охране окружающей среды под № 02-02/8-3305 от 21.12.2020 г.) В результате получена возможность эффективной инвентаризации сельскохозяйственных культур (хлопчатник, рис, пшеница) на базе космических снимков. Процент точности классификации повышен до 89%.

Апробация результатов исследований. Основные результаты исследований докладывались и обсуждались на международных и республиканских научно-технических конференциях, из них 2 на международных и 8 на республиканских научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследований. В соответствии с темой диссертационной работы опубликовано 13 научных работ, из них в научных издательствах, рекомендованных Высшей Аттестационной Комиссией Республики Узбекистан по защите диссертации доктора философии (PhD) – 8 статей, из них 1 – в международном журнале, а также 3 свидетельства на программы ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 118 листах машинописного компьютерного текста и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и условных обозначений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении диссертации обоснована актуальность и необходимость исследований, цель и задачи исследований, а также объект и предмет исследований, показано соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены практические результаты, научная новизна и достоверность исследований. Широко раскрыты теоретическое и практическое значение полученных результатов, даны предложения по внедрению результатов исследований, приведены сведения по изданным работам и структуре диссертации.

В первой главе систематизированы основные, наиболее популярные существующие методы классификации космических снимков, а также проведен анализ алгоритмов классификации с наиболее высоким показателем общей точности. На основе проведенного литературного обзора, методы попиксельной классификации спутниковых изображений были объединены и систематизированы в блок схеме. При этом были выделены две наиболее характерные группы, такие как контролируемая и неконтролируемая (с обучением и без обучения).

Рассмотрены существующие системы дистанционного зондирования земли. Описаны параметры съемочной аппаратуры космических спутников, их спектральное, пространственное и временное разрешение, полоса обзора. Приведена характеристика съемочной аппаратуры ЛАНДСАТ. Представлены основные принципы построения систем дешифрирования дистанционного зондирования земли. Описаны наиболее популярные средства и программное обеспечение, применяемое для описания характеристик объектов земной поверхности. Рассмотрены современные средства получения космической информации, которые позволяют решить разные задачи изучения динамики аридных экосистем.

Во второй главе проведена инвентаризация посевных площадей с помощью оптических и радарных данных дистанционного зондирования. Применение трех наиболее распространенных методов классификации в комбинации с профилем NDVI было осуществлено на территории ассоциации водопользователей (АВП) «Соф Ок Олтин», расположенной в Уртачирчикском районе Ташкентской области. Данная ассоциация водопользователей занимает территорию 1756 га и состоит из 16 фермерских и 4 дехканских хозяйств с размерами участков от 2 до 54 га.

Снимки спутника ЛАНДСАТ 8 OLI были получены из базы данных Геологической службы США <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Были собраны девять

снимков, наименее подверженных влиянию атмосферы, но при этом включающие наиболее активный период роста растений с апреля по сентябрь 2017 года. На первоначальном этапе для каждого из снимков, растровые слои формата (tif) были преобразованы и объединены в многоканальный снимок формата ERDAS Imagine (img), а также ArcGIS (mxd). Далее из полученных многоканальных снимков была выделена часть, включающая территорию выбранного участка, проведена коррекция атмосферного влияния и радиометрическая коррекция. С целью определения диапазона высот исследуемой территории были использованы цифровые модели рельефа ЦМР ASTER. Было установлено, что для исследуемой территории диапазон высот местности варьируется от 320 до 497 м над уровнем моря. Таким образом, предложенная далее модель была изучена и применена именно к данному типу территорий с небольшими уклонами и возвышениями. Далее рассчитан вегетационный индекс нормализованной разности NDVI, слои наложены и объединены в один снимок.

В результате литературного обзора существующих методов классификации были выбраны три основных метода классификации: по правилу максимального правдоподобия; метод ИЗОДАТА; и метод спектральной корреляции.

Необходимо отметить, что метод спектральной корреляции в основном используется для классификации по гиперспектральным снимкам и изучения минеральных ископаемых на территории. Однако, в данном исследовании предложено применить данный метод для классификации природных ресурсов в комбинации с анализом временного ряда NDVI.

Метод спектральной корреляции сравнивает спектр изображения с индивидуальными спектрами обучающих полигонов. Алгоритм определяет подобие между спектрами, вычисляя «угол отклонения» между ними при этом обрабатывая их как векторы в пространстве с размерностью равной числу спектральных полос (n). Поскольку этот метод использует только направление «спектральных векторов», а не их длину, то методом спектрального угла нельзя отличить объекты, которые имеют схожий характер спектральной кривой, но отличный по интенсивности (Osmar de Carvalho, 2000):

$$R = \frac{\sum(X-\bar{X})*(Y-\bar{Y})}{\sqrt{\sum(X-\bar{X})^2 \sum(Y-\bar{Y})^2}}, \quad (1)$$

где: X – спектр на снимке

Y – спектр полигона, выбранного как образцовый

R – cos угла, образованного между спектром на снимке и выбранным образцовым спектром.

В качестве основных присутствующих на участке классов землепользования были выделены следующие: хлопчатник, пшеница, рис, населенные пункты, сады и огороды. При контролируемой классификации для каждого из классов были собраны более 20 обучающих выборок на полученном снимке временного ряда многоканального снимка, содержащего 9 слоев NDVI. Эталонные спектральные кривые представлены на рисунке 1.

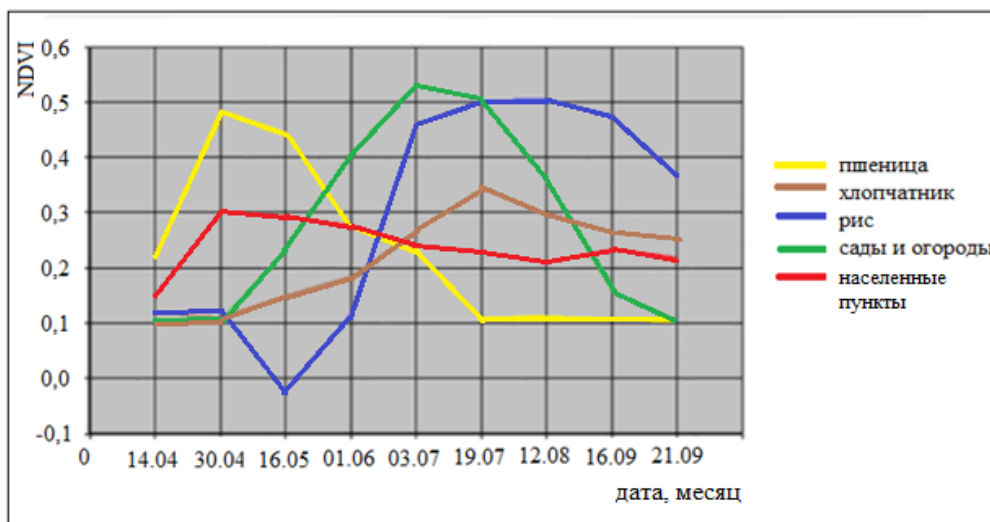


Рис. 1. Спектральные кривые обучающих полигонов на с/х участках

Обучающая выборка выбранных образов не является полной, т.е. не содержит необходимого количества элементов для проведения безошибочной классификации, но при этом желательно, чтобы документы всех классов были представлены в выборке равномерно и не налагались друг на друга. Данная закономерность отчётливо прослеживается на спектральном пространстве снимка.

Территория исследуемых участков была получена на пересечении двух различных сцен спутника ЛАНДСАТ по всемирной референсной системе (WRS-2) столбец 154, ряды 31 и 32, что дало возможность использования непосредственно двух одинаковых сцен и выбора из представленных наиболее пригодных для анализа данных.

Процесс классификации спутниковых изображений проводился путём анализа и группировки точек (пикселей) на сегменты изображений или классы. Результатом выполнения процесса попиксельной группировки изображений явилось классифицированное изображение. Классификация выполнена в среде комплекса программ по обработке спутниковых снимков ERDAS Imagine и в результате получен растровый слой классов растительнопочвенного покрова. Фрагменты результатов классификаций представлены на рисунке 2.

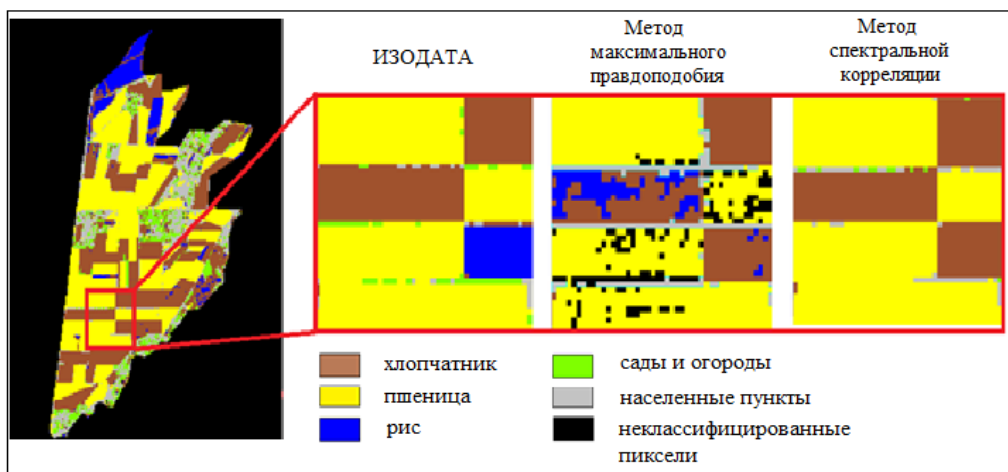


Рис. 2. Фрагменты результирующих карт классификации

По каждому методу проведена оценка точности по 105 наземным точкам. В ходе полевых экспериментов, а также с помощью интерпретаций снимков Google Earth, было установлено реальное соответствие данных точек и результатов классификации. Были составлены матрицы ошибок, статистический анализ которых показал наиболее удовлетворительные результаты разработанного в данной работе метода, а именно классификации на основе анализа профиля NDVI методом спектральной корреляции. Максимальное полученное значение общей точности для метода спектральной корреляции составило 89%, что на 13% больше общей точности метода максимального правдоподобия и на 11% выше точности метода ИЗОДАТА. Сопоставляемые карты имели общую точность 89%, 76% и 78% соответственно. Общая статистика Каппа 0,7023, 0,7261 и 0,7380 свидетельствует о значительной степени согласованности изучаемых данных.

Поскольку пространственное разрешение ЛАНДСАТ в оптических полосах составляет 30 на 30 метров, границы между полями столкнулись с проблемой классификации, в связи с чем слияние профиля NDVI за 2017 год было совмещено с изображением Сентинел-2 от 08 августа 2017 г. Слои были пересчитаны до более высокого разрешения и в итоге было проанализировано 10 слоев в 2017 году.

На последнем шаге было использовано радарное изображение Сентинел-1А от 27 июня 2017 г для расчёта NDVI путем сравнения поляризаций VV и VH. Результат вычитания этих поляризаций был разделен на их сумму, а результат проанализирован для дальнейшей интерпретации.

После составления радарного NDVI слоя и его интерпретации было установлено, что классификация сельскохозяйственных культур возможна, базируясь лишь на данных с двойной поляризацией. При этом двойная поляризация VV+VH позволяет получать более точные наглядные результаты, а поляризация VH в некоторой степени подходит для моделирования NDVI на ранних стадиях вегетации.

Применяя контролируруемую SCM классификацию профилей NDVI и улучшение результата путем комбинирования и сравнения с оптическими и радиолокационными данными Сентинел, было установлено, что общая точность классификации в 2017 году улучшилась с 89 до 93% (Таблица 1).

Таблица 1.

Матрица ошибок проведенных методов классификации

SCM+NDVI	Классификация						Точность производителя
	Хлопчатник	Пшеница	Рис	Сады и огороды	Город	Кол-во точек	
Наземные данные							
Хлопчатник	19		1	1		21	0,90
Пшеница		20			1	21	0,95
Рис	2		18	1		21	0,86
Сады	1	1		17	2	21	0,81
Город			1	1	19	21	0,90
Кол-во точек	22	21	20	20	22	105	
Точность пользователя	0,86	0,95	0,90	0,85	0,86		0,89

Разработанный метод	Классификация						Точность производителя
	Хлопчатник	Пшеница	Рис	Сады и огороды	Город	Кол-во точек	
Наземные данные							
Хлопчатник	20			1		21	0,95
Пшеница		20			1	21	0,95
Рис	1		19	1		21	0,90
Сады	1			19	1	21	0,90
Город				1	20	21	0,95
Кол-во точек	22	20	19	22	22	105	
Точность пользователя	0,91	1,00	1,00	0,86	0,91		0,93

Точность производителя для сельскохозяйственных культур увеличилась в среднем на 3%, точность пользователя на 6,7%. При этом значительно улучшены показания точности пользователя и производителя (на 5%) для класса «город», а также точность производителя по классу «сады» на 9%. Значительного улучшения по точности пользователя для класса «сады» не было достигнуто, что может быть предположительно объяснено схожестью спектрального профиля для данного класса с классом других типов растительного покрова.

Коэффициент Каппа составил 0,7380 для метода спектральной корреляции, в то время как при совмещении данного метода со снимками спутника Сентинел он достиг значения 0,9167 что свидетельствует о высокой степени достоверности соответствия проведенной классификации натурным исследованиям.

Для эффективного и своевременного анализа мелиоративного состояния почв (в частности бонитета) и его связи с урожайностью сельскохозяйственных культур, а именно пшеницы, был проведен анализ взаимосвязи бонитета и индекса NDVI.

Принимая во внимание, что при бонитировке учитываются основные свойства почв и природные условия, такие как генетическая принадлежность почв, механический состав, давность орошения, степень засоления, эродированность, каменистость, гипсированность, обеспеченность термическими ресурсами и другие природные факторы, влияние их на рост растительности и уровень созревания культур очевидно. Для проверки данного факта, а также с целью улучшения визуализации результатов в данной работе Нормализованный относительный индекс растительности (NDVI) был принят за основу и отслежена взаимосвязь бонитировки с данным показателем.

На классифицированном снимке за 2014 год были выделены поля с пшеницей и в программном обеспечении ERDAS Imagine вырезаны участки с четырьмя различными классами бонитета. Далее с целью проведения более детального анализа в дальнейшем был использован снимок от 22 апреля 2014г. С применением функции Статистика в виде таблицы (Statistic as a table) в программном обеспечении ArcGIS были получены результаты, которые обобщены ниже (Таблица 2). Наблюдалась четкая взаимосвязь индекса растительности и класса бонитета. С повышением класса бонитета среднее значение NDVI увеличивалось. Так, при классе бонитета 40 среднее значение было равно 0,33, а при классе 70 – 0,48.

Таблица 2.

Значения NDVI по классам бонитета

Значение	Площадь (пиксели)	Минимум	Максимум	Интервал	Среднее	STD
40	54000	0.260042	0.400611	0.140569	0.331636	0.036556
50	78300	0.342863	0.528064	0.185201	0.427544	0.047638
60	45000	0.373738	0.474082	0.100344	0.432243	0.02447
70	36900	0.441026	0.516309	0.075283	0.484055	0.020248

Таким образом, был сделан вывод, что карта вегетационного индекса NDVI, базирующаяся на спектральной отражательной способности растительности, имеет тесную взаимосвязь с качеством почвы, ее мелиоративным состоянием, которое в частности может быть выражено в виде различных классов бонитета, коэффициент корреляции составил 0,97, а $R^2 = 0.94$. При допущении прочих равных условий, с повышением класса бонитета среднее значение индекса растительности, характеризующееся состоянием и развитием растения, пропорционально увеличивается.

В третьей главе приведен анализ лесного покрова в соответствии с предложенным методом.

Леса Узбекистана существенно различаются по своему природному составу, продуктивности и выполняемым функциям. Современная система государственного учёта лесов Республики базируется на данных, получаемых в результате периодической инвентаризации лесных ресурсов и коррекции данных по материалам учёта изменений в лесном фонде, который производится в лесничествах и лесхозах. Основным методом лесоустройства в Узбекистане является глазомерный метод с элементами измерительной и перечислительной таксации.

Однако в то же время, Географические информационные системы, органической частью которых являются материалы дистанционных съёмок, становятся важнейшей частью инвентаризации лесного комплекса, приобретая особое значение в лесном хозяйстве, лесоустройстве и охране окружающей среды.

Одним из возможных подходов для оценки лесистости на больших территориях при обеспечении высокого уровня точности является использование спутниковых изображений спутников ЛАНДСАТ. В данной работе исследования проводились в юго-западной части Ташкентской области на территории Пскентского района лесного хозяйства «Ангрен», площадью 2615 га, т е на самом крупном по территории лесном хозяйстве области

Предварительная обработка данных ЛАНДСАТ ТМ включает в себя их географическую привязку и взаимную радиометрическую нормализацию, и направлена на обеспечение возможности совместной классификации совокупности спутниковых изображений на регион исследований с целью снижения временных затрат на этапе тематической обработки. Снимки были получены в бесплатном онлайн доступе на сайте центра геологических

исследований США (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), сопоставлены с оцифрованной картой района в масштабе 1:10000, а территория лесного хозяйства выделена и проанализирована. В качестве атмосферной коррекции был применен метод наиболее темного пикселя в программном обеспечении ERDAS Imagine.

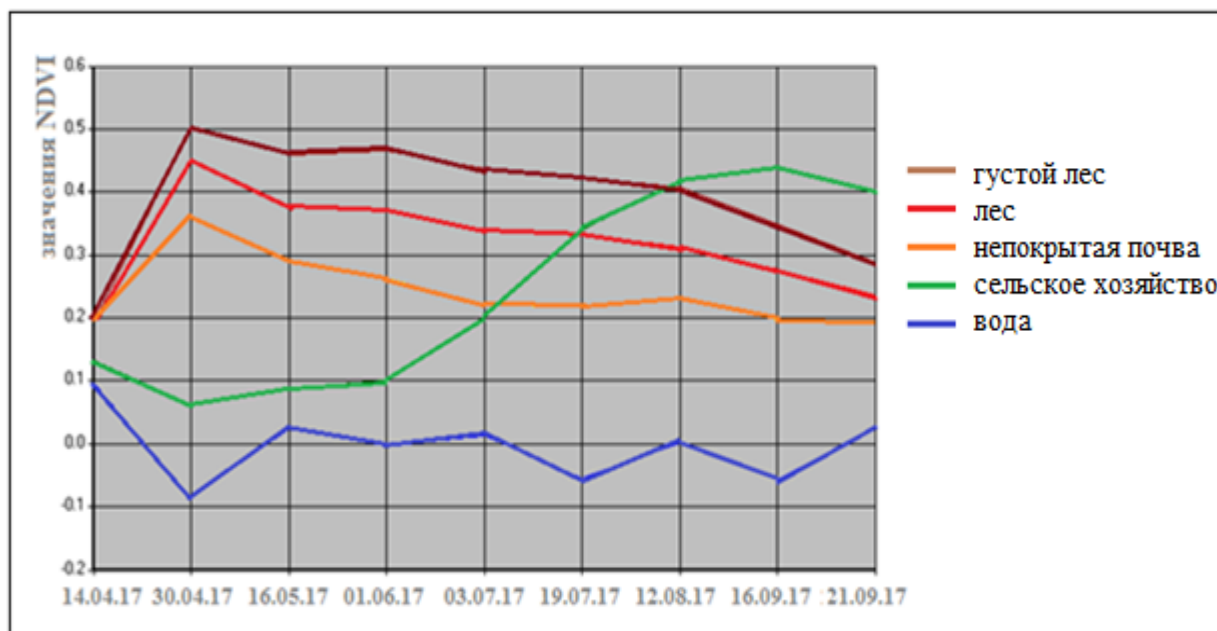


Рис. 3. Спектральные кривые обучающих полигонов

В результате обучаемой классификации методом анализа профиля NDVI по методу спектральной корреляции были получены карты землепользования на данном участке.

В процессе классификации были выделены пять основных классов – вода, непокрытая почва, сельскохозяйственные земли, густой лес и редколесье. В качестве обучающих образцов были выбраны по 10 различных мест для каждого класса. Для стратифицированной случайной выборки Кохран (Cochran, 1977) рекомендует следующую формулу для определения объема выборки:

$$n = \frac{(\sum_{i=1} W_i S_i)^2}{(S(O))^2 + \frac{1}{N} \sum_{i=1} W_i S_i^2} = \left(\frac{\sum_{i=1} W_i S_i}{S(O)} \right)^2, \quad (2)$$

где N – число элементарных единиц (пикселей) в растровом изображении; $S(O)$ - стандартная ошибка для предполагаемой общей точности, которую необходимо достигнуть;

W_i – доля i -го класса от общей площади;

S_i - стандартное отклонение i -ой страты, определяется по формуле

$$S_i = \sqrt{U_i(1 - U_i)};$$

Поскольку N , как правило, является очень большим числом (зависит от размера растра), то второе слагаемое в знаменателе формулы (2) можно проигнорировать.

Таблица 3.

Вспомогательная таблица для определения точек проверки

Класс	Описание	N	W	U	SQR(U(1-U))
густой лес	деревья и кустарники с сомкнутостью кроной более 50% и высотой более 2 м	471	0,1346	0,9	0,30
лес	деревья и кустарники с сомкнутостью кроной менее 50%	1306	0,3734	0,95	0,22
непокрытая почва	районы, характеризуемые голый скалой, гравием, песком, илом, глиной или другим глинистым материалом, с незначительной или отсутствующей зеленой растительностью	961	0,2747	0,7	0,46
сельское хозяйство	земля, используемая для производства продуктов питания	710	0,203	0,8	0,40
вода	водные объекты, такие как водосборники, пруды и реки	50	0,0143	0,6	0,49
		3498			

В соответствии с вышеприведенной формулой, был произведен расчёт коэффициентов, представленных в таблице 3 и определено число точек, которое составило 45 однако для более точной проверки данное количество было округлено, и выбраны 50 случайных точек с целью верификации.

Общая точность классификации составила 86%. Совмещение с данными более высокого пространственного разрешения позволило повысить процент точности до 90%.

В четвертой главе приведен мониторинг сельскохозяйственных и лесных участков в соответствии с предложенной методикой классификации.

Шесть временных шагов (1994, 1999, 2004, 2009, 2014, 2017) были выбраны для отслеживания изменений землепользования Ташкентской области. Однако из-за проблем с корректором линий сканирования на ЛАНДСАТ 7 данные ETM + в течение 2004 года не подходили для использования и в связи с этим, для дальнейшего анализа они не были выбраны и были заменены на снимки 2002 года.

Сорок три изображения ЛАНДСАТ (таблица 4) были предварительно обработаны модулем ATCOR в программном обеспечении ERDAS для уменьшения атмосферного тумана, атмосферной и радиометрической коррекции. Данные были улучшены на этапе предварительной обработки с помощью различных фильтров, таких как фильтр верхних частот и медианный фильтр, чтобы ослабить влияние шума и улучшить качество данных спектрально и пространственно.

Таблица 4.

Снимки, использованные в исследовании

	1994	1999	2002	2009	2014	2017
Март			LT7 Март 28			
Апрель		LT5 Апрель 13		LT5 Апрель 8 LT5Апрель 24	LT8 Апрель 6 LT8 Апрель 22	LT8 Апрель 14 LT8 Апрель 30
Май	LT5 Май 1 LT5 Май 17			LT5Май 26	LT8 Май 24	LT8 Май 16
Июнь	LT5 Июнь 2		LT7 Июнь 16	LT5Июнь 11 LT5Июнь 27	LT8 Июнь 25	LT8 Июнь 1
Июль	LT5 Июль 4 LT5 Июль 20	LT7 Июль 10	LT7 Июль 2 LT7 Июль 18	LT5 Июль 29	LT8 Июль 27	LT8 Июль 3 LT8 Июль 19
Август	LT5 Август 21	LT5 Август 19 LT7 Август 27			LT8 Август 12 LT8Август 28	LT8 Август 12
Сентябрь	LT5 Сентябрь 6		LT7 Сентябрь 20		LT8Сентябрь 29	LT8 Сентябрь 16 LT8 Сентябрь 21
Октябрь	LT5 Октябрь 8		LT7 Октябрь 22	LT5Октябрь 17		
Ноябрь				LT5Ноябрь 18		

Изображения NDVI были созданы с использованием слоев NIR и RED каждого спутника. Полученные NDVI-изображения в течение одного вегетационного периода были наложены и объединены по годам. Классификация шести полученных снимков по методу спектральной корреляции (SCM) позволила получить распознавание фигур с отрицательной взаимосвязью и оптимизировать результаты для устранения влияния атмосферы. Эта классификация методов для характерных спектров основана на сравнении спектрального изображения с эталонным спектром (конечными членами или спектральными библиотеками).

Учебные полигоны были оцифрованы на экране в зависимости от информации о территории, полученной в ходе полевых работ, и разделены по всему району. Пиксели в многоугольниках, которые были выбраны в качестве иллюстрации для каждого класса, были нанесены в спектральном пространстве, и была проведена визуальная проверка того, что все классы могут быть изолированы не менее чем в одной комбинации полос.

По крайней мере один снимок от каждого месяца был необходим для достоверной общей точности, и поэтому самый низкий результат в 2009 году (83%) может быть объяснен отсутствием изображений в период с августа по сентябрь (рис.4).



Рис. 4. Сравнение статистических (красная линия) и классификационных (синяя линия) данных, га

Сравнение территорий хлопковых полей оценивалось только в период с 1994 по 2017 г. Результаты, полученные на районном уровне, показали уменьшение площади хлопковых полей на 3787 га по данным дистанционного зондирования и на 3954 га по статистическим данным. Корреляция между данным дистанционного зондирования и данными статистики была определена как 0,99.

В динамике мониторинга территории, покрытой лесом, наблюдается резкий спад (на 22%) и значительное увеличение (на 59%) до и после 2002 года. Необходимо отметить, что в соответствии с Проектом организации и развития лесного хозяйства земли «Ангрен» по 11, 12 и 13 кварталам составили в 1993 - 114 га, 2012 - 141,4 га и в 2017 – 140,1 га, что соответствует полученным результатам (рис.5).

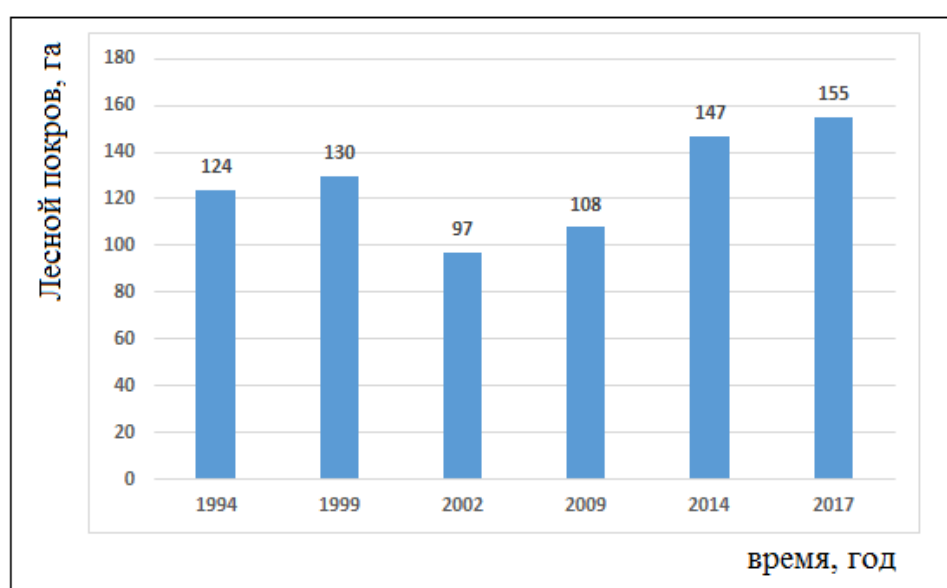


Рис. 5. Динамика изменений лесного покрова на территории лесничества «Ангрен»

Гистограмма значений также свидетельствует об отрицательной динамике изменений в целом за период до 2002г, но при этом фиксирует положительные изменения за последнее время. За период с 1994 по 2011 года площадь лесных земель Ангреноского лесничества сократилась. Особенно жесткому антропогенному прессу подверглись пойменные леса, сводимые под сельскохозяйственные угодья. Низкая результативность лесоразведения в пустынной и горной зонах, губительный для естественного лесовозобновления перевыпас скота ведут к деградации растительных сообществ, постепенному сокращению лесопокрытой площади, снижению защитной роли леса, опустыниванию территории, к уменьшению в конечном итоге водных ресурсов среднеазиатского региона. В связи с этим очень важно изучить процесс естественного возобновления леса, наметить и осуществить мероприятия, обеспечивающие если не рост лесопокрытой площади, то хотя бы её стабилизацию.

ВЫВОДЫ

1. Исследованы наиболее используемые методы инвентаризации тематического картографирования с помощью ГИС технологий на базе различных методов классификации. Выявлена группа методов, показывающих наибольшую эффективность на опытно-экспериментальном участке. Применение алгоритмов ISODATA, Максимального правдоподобия и др на оптических снимках ЛАНДСАТ обеспечили недостаточный (менее 78%) уровень общей точности.

2. Проведено сопоставление линейных и нелинейных фильтров, где нелинейный медианный фильтр показал наилучший результат и рекомендован для повышения качества снимков при предварительной их обработке для совершенствования параметров классификации.

3. Разработан усовершенствованный метод классификации, использующий комбинацию спектральной корреляции и вегетационного индексирования временного профиля, который позволил повысить общую точность классификации снимков ЛАНДСАТ до 89%.

4. Увеличено качество классификации сельхозкультур и повышен общий процент точности до 93% при совмещении оптических снимков ЛАНДСАТ с более высоким пространственным разрешением снимков Сентинел-2.

5. Изучена взаимосвязь качественного состояния почв, оцененного по классам бонитета, с развитием растений. Определена корреляция бонитета почв с NDVI озимой пшеницы по снимкам спутника ЛАНДСАТ 7 ETM+, которая составила $r=0,97$.

6. Точность классификации синтезированного изображения лесного покрова из 2-х слоев NDVI составила 65%. Классификация трех разновременных изображений повысила достоверность до 73-74%. Общая точность классификации для 4-5ти изображений составила 80%, 6-7 изображений - 84%, 9ти снимков – 86%.

7. Оптические снимки Сентинел-2 более высокого пространственного разрешения дали возможность повысить точность классификации лесного покрова до 90% в сравнении с классификацией снимков ЛАНДСАТ.

8. Установлено, что применение радарных снимков Сентинел 1А позволило сделать вывод о возможности классификации сельскохозяйственных культур, базируясь на данных с двойной поляризацией. При этом двойная поляризация VV+VH наглядно позволяет получать более точные результаты. Поляризация VH в некоторой степени подходит для моделирования NDVI на ранних стадиях вегетации сельскохозяйственных культур, однако не достаточно применима к лесному покрову Узбекистана.

9. Мониторинг лесного покрова в лесничестве Ангрен показал уменьшение лесного покрова в период 1994-2002 годы на 22%, а в период 2002-2017 увеличение на 59%.

**ONE-TIME SCIENTIFIC COUNCIL AT THE SCIENTIFIC COUNCIL
AWARDING SCIENTIFIC DEGREE DSc.03.30.12.2019.T.10.02 AT
TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL
MECHANIZATION ENGINEERS**

**TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL
MECHANIZATION ENGINEERS**

GERTS JASMINA VIKTOROVNA

**IMPROVEMENT OF NATURAL RESOURCES INVENTORY METHODS
THROUGH GIS TECHNOLOGIES**

**11.00.05 - Environmental protection and rational use of natural resources
06.01.02 – Melioration and irrigated agriculture**

**DISSERTATION ABSTRACT OF DOCTORAL
OF PHILOSOPHY (PhD) ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2021

The theme of doctoral dissertation (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number № B2018.1.PhD/T554.

PhD dissertation has been prepared at Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers.

The abstract of the dissertation is published in three languages (Russian, Uzbek and English (resume)) on the website (www.tiame.uz) and information-educational portal Ziyonet at www.zionet.uz.

Scientific supervisor:

Alim Salimovich Pulatov

Candidate of technical science, professor

Official opponents:

Myagkov Sergey Vladimirovich

Doctor of technical sciences, professor

Radkevich Mariya Viktorovna

Doctor of technical sciences, docent

Leading organization:

National University of the Republic of Uzbekistan named after Mirzo-Ulugbek

The defense will take place "19" March 2021 at the 1400 at a meeting of the one-time scientific council under the scientific council DSc.03 / 30.12.2019.T.10.02 Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers at the address: 100000, Tashkent, st. Kari-Niyaziy, 39. Tel / Fax: (+99871) 237-46-68, e-mail: admin@tiame.uz

The doctoral dissertation PhD can be found in the Information Resource Center of the Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers. Address: 100000, Tashkent, st. Kari - Niyaziy, 39. Tel / Fax: (+99871)237-19-34, e-mail: admin@tiame.uz (154)

The abstract of the dissertation was sent out on "06" 03 2021.
(mailing protocol dated 06.03.21 19.03.2021)



T. Sultanov

Chairman of the one-time scientific council
for awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

A. Yangiev

Scientific secretary of the one-time
Scientific council awarding
scientific degrees, doctor, of technical sciences, professor

M. Khamidov

Chairman of the one-time scientific seminar under the
one-time scientific council awarding
scientific degrees, doctor of agricultural sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research is to improve the natural resources inventory methods by using GIS technologies.

To achieve the aim, the following **research objectives** are formulated:

improvement of the methodology for the inventory of cultivated areas using optical and radar satellite remote sensing data;

optimization of the forest cover mapping methodology based on satellite images;

validation of inventory by monitoring natural resources using developed inventory methods.

The objects of research are the sown areas of the Water Users Association "Sof ok oltin" in the Urtachirchik District of the Tashkent Region and the forest cover of the "Angren" forestry of the Tashkent forestry in the Pskent District of the Tashkent Region.

The subject of the research is the method of classification of cultivated areas and forest objects using GIS technologies.

Scientific novelty. The novelty of the study is as follows:

a combined assessment of the inventory of agricultural and forest land was developed on the basis of an error matrix to determine changes in vegetation cover;

improved methodology for the classification of natural resources, taking into account the radar images of Sentinel-1 polarization VH in combination with other polarizations;

the combined method of classification of cultivated and forest areas based on spectral correlation and vegetation index NDVI was improved to improve the accuracy of the inventory;

substantiated the effectiveness of the application of the most recognized international methods for the classification of satellite images in arid zones.

The practical results of the study are as follows:

substantiated the possibilities of inventorying agricultural and forest areas by means of GIS;

a combined method for the classification of natural resources has been developed by analyzing the profile of the plant index NDVI and applying the spectral correlation method.

Scientific and practical significance of the research results.

The scientific significance of the research results lies in the development of an algorithm for clustering data of remote sensing of the earth, which differs from analogs in a decrease in the effect of the dependence of the results on the initial conditions and an increase in the accuracy of clustering.

The practical significance of the research results lies in improving the software of the developed methods and algorithms. The software can be used to cluster earth remote sensing data and perform preliminary analysis of individual spectral channels.

Implementation of research results.

Based on the results obtained to improve the methods of inventorying natural resources using GIS technologies:

a combined assessment of agricultural and forestry lands based on the error matrix method to determine changes in vegetation cover and increase the economic efficiency of forest land accounting was introduced in the Tashkent forestry of the Republic of Uzbekistan (Reference of the State Committee of the Republic of Uzbekistan on ecology and environmental protection under No. 02-02 / 8-3305 dated 21.12.2020). As a result, the possibility of spatial-temporal satellite monitoring of the volume of forest cover was obtained.

the method of classification of natural resources, taking into account the radar images of Sentinel-1 VH polarization in combination with other polarizations was introduced in the Tashkent Regional Department for Ecology and Environmental Protection (Reference of the State Committee of the Republic of Uzbekistan on Ecology and Environmental Protection No. 02-02 / 8-3305 dated 21.12.2020). As a result, it became possible to optimize the monitoring of natural resources using radiometric images in various polarizations.

an improved combined method of classification of cultivated and forest areas based on spectral correlation and vegetation index NDVI was introduced to improve the accuracy of the inventory was introduced at the State Unitary Enterprise Scientific and Training Center at Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers (Reference of the State Committee of the Republic of Uzbekistan on Ecology and Environmental Protection under No. 02-02 / 8-3305 from 21.12.2020) As a result, an opportunity was obtained for an effective inventory of agricultural crops (cotton, rice, wheat) based on satellite images. The classification accuracy percentage has been increased to 89%.

Approbation of work results.

The main research results were reported and discussed at international and republican scientific and technical conferences, of which 2 at international and 8 at republican scientific and technical conferences.

Dissertation structure and volume.

The dissertation work is presented on 118 pages of typewritten text and consists of an introduction, 4 chapters, conclusions, a list of used literature and symbols.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РУЙХАТИ –
\СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ –
LIST OF PUBLISHED WORKS**

I бўлим (I часть, I part)

1. Герц Ж. В, Пулатов А.С. Оценка и мониторинг лесного покрова Ташкентской области с помощью ГИС технологий. Журнал Irrigartsiya va melioratsiya, Ташкент, 2015. - №2, С. 67-71 (05.00.00; № 22)

2. Герц Ж. В, Пулатов А.С, Сравнение методов классификации космических снимков Ландсат на примере АВП Соф Оқ Олтин. Журнал Irrigartsiya va melioratsiya, Ташкент, 2017.- №1(7), С 5-8 (05.00.00; №22)

3. Пулатов А.С, Герц Ж. В. Применение фильтров дистанционного зондирования земли с целью улучшения качества снимков на примере Сырдарьинской области (Узбекистан). Экологическое обозрение, Ташкент, 2014.- №10 (162), С. 7-9 (11.00.00; № 1)

4. Пулатов А.С., Герц Ж. В. Метод главных компонент как один из методов обработки снимков из космоса. Экологическое обозрение, Ташкент, 2014.- №11(163), С. 36-38 (11.00.00; № 1)

5. Герц Ж. В, Пулатов Б.А, Пулатов А.С. Применение ГИС-технологий с целью изучения взаимосвязи бонитета почвы и свойств растительного покрова, Узбекистон География Жамияти АХБОРОТИ, Ташкент, 2017. - №50, С. 227-231 (11.00.00; № 6)

6. Пулатов А.С. Якубов А.А., Герц Ж.В. Методика оценки эвапотранспирации сельскохозяйственных земель с помощью дистанционного зондирования и модели S-SEBI на примере Ташкентской области. Вестник НУУз, Ташкент, 2017.- № 3(1), С. 127 – 129. (11.00.00; № 7)

7. Akmalov Sh. B., Gerts J. V. Using Remote Sensing Very High Resolution Data in Observation of Open Drainage System Conditions in Syrdarya Province, Журнал Irrigartsiya va melioratsiya, Ташкент, 2016.- №4, С. 26-29 (05.00.00; № 22)

8. Gerts J., Juliev M., Pulatov A., Multi-temporal Monitoring of Cotton Growth through the Vegetation Profile Classification for Tashkent Province, Uzbekistan, GeoScape 14 (1), 2020, Pp. 47-54; SCOPUS

II бўлим (II часть, II part)

1. Свидетельство на программу ЭВМ Совершенствование методики анализа снимков дистанционного зондирования по профилю NDVI. Свидетельство № DGU 05119. Ташкент. 09.02.2018г.

2. Свидетельство на программу ЭВМ Расчет пространственно-временных изменений растительного покрова с применением дистанционных данных. Свидетельство № DGU 05701. Ташкент. 07.08.2018г.

3. Свидетельство на программу ЭВМ Идентификация и классификация площадей хлопка и озимой пшеницы на основе фенологии сельхозкультур по

данным дистанционного зондирования. Свидетельство № DGU 05702. Ташкент. 07.08.2018г.

4. Пулатов А.С., Ивушкин К.А., Герц Ж. В. Применение метода главных компонент для космических снимков Ташкентской области. Сборник статей научно-практического семинара, посвященного Всемирному дню окружающей среды, Ташкент 2012, С. 299-302

5. Пулатов А.С., Герц Ж.В. Анализ информативности вегетационных индексов в вопросах мониторинга растительного покрова в Республике Узбекистан 1994-2011 г. на примере Сырдарьинской области. Сборник научно-практической XIV конференции ТИИМ Современные проблемы в сельском хозяйстве, Ташкент, 2015, С. 178-181

6. Пулатов А.С., Герц Ж.В. Применение индексов растительности как метода контроля за состоянием лесных ресурсов на примере Ташкентской области. Сборник материалов Республиканского научно-практического семинара Интеграция науки и инновационных технологий в управлении земельными ресурсами, Ташкент, 2015, С. 337-339

7. Герц Ж.В., Пулатов А.С., Миршадиев М.М. Пространственно-временная оценка покровных культур в Узбекистане с помощью дистанционного зондирования временных рядов, XXII Международная научно-практическая конференция, Москва, 2015, С. 66-75

8. Мурзахметова Н.Ж., Герц Ж.В., Пулатов А.С. Роль и место ГИС в устойчивом развитии лесоустройства Республики Узбекистан (на примере Ташкентской области). Материалы Международных научно-практических конференций Общества науки и творчества, Казань, 2015.- №25, С. 401-406

Автореферат «Irrigatsiya va Melioratsiya» илмий журнали тахририятида тахрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (резюме) тилларидаги матнлари мослиги текширилди (22.12.2020 й.)

Босишга рухсат этилди: 19.02.2021 й
Бичими 60x84₁ /16 «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма № 16
Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти босмахонаси.
Босмахона манзили: 100100, Тошкент ш.,Шоҳжаҳон – 5

