

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27/30.12.2019. Gr.47.01. РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ

ЗАИТОВ ШЕРЗОД ШУХРАТОВИЧ

**ИҚЛИМ ЎЗГАРИШИ ШАРОИТИДА ЎЗБЕКИСТОННИНГ ЧЎЛ ВА
ЯРИМ ЧЎЛ ҲУДУДЛАРИДАГИ ЯЙЛОВ ЎСИМЛИКЛАРИ
ДИНАМИКАСИНИ МАСОФАДАН ЗОНДЛАШ МАЪЛУМОТЛАРИДАН
Фойдаланиб
МОНИТОРИНГ Қилиш**

11.00.04 – Метеорология. Иқлимшунослик. Агрометеорология.

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

Тошкент – 2024

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

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

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

Зайтов Шерзод Шухратович

Иқлим ўзгариши шароитида Ўзбекистоннинг чўл ва ярим чўл
худудларидаги яйлов ўсимликлари динамикасини масофадан зондлаш
маълумотларидан фойдаланиб мониторинг қилиш..... 3

Зайтов Шерзод Шухратович

Мониторинг динамики пастбищной растительности на пустынной и
полупустынной территории Узбекистана с использованием
дистанционного зондирования земли в условиях изменения климата..... 21

Zaitov Sherzod Shukhratovich

Monitoring of the dynamics of pasture vegetation in the desert and semi-desert
territory of Uzbekistan using remote sensing in conditions of climate
change..... 39

Эълон қилинган илмий ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 43

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27/30.12.2019. Gr.47.01. РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ

ЗАИТОВ ШЕРЗОД ШУХРАТОВИЧ

**ИҚЛИМ ЎЗГАРИШИ ШАРОИТИДА ЎЗБЕКИСТОННИНГ ЧЎЛ ВА
ЯРИМ ЧЎЛ ҲУДУДЛАРИДАГИ ЯЙЛОВ ЎСИМЛИКЛАРИ
ДИНАМИКАСИНИ МАСОФАДАН ЗОНДЛАШ МАЪЛУМОТЛАРИДАН
Фойдаланиб Мониторинг Қилиш**

11.00.04 – Метеорология. Иқлимшунослик. Агрометеорология.

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

Тошкент – 2024

География фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2022.1.PhD/Gr135 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Гидрометеорология илмий-тадқиқот институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз-резюме) бўлиб, Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.nigmi.uz) ва “ZiyoNet” Ахборот-таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Арушанов Михаил Львович
география фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Сафаров Эшқобул Юлдашевич
техника фанлари доктори, профессор
Султошева Оралхон Генжебаевна
география фанлари номзоди, дотцент

Етакчи ташкилот:

Наманган давлат университети

Диссертация ҳимояси Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти ҳузуридаги Илмий даражалар берувчи DSc.27/06.12.2017.G.47.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2024 йил “27” март соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100052, Тошкент ш., Бодомзор йўли 1-тор кўчаси, 72. Тел.: (+998)712358512, факс: (+998)712371319; E-mail: info@nigmi.uz).

Диссертация билан Гидрометеорология илмий-тадқиқот институтининг Илмий-техникавий кутубхонасида танишиш мумкин (№223 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100052, Тошкент ш., Бодомзор йўли 1-тор кўчаси, 72. Тел.: (+998) 71 2358512, факс: (+998) 71 2371319; E-mail: info@nigmi.uz).

Диссертация автореферати 2024 йил “9” март куни тарқатилди.

(2024 йил “9” мартдаги 2 рақамли реестр баённомаси).

Б.М.Холматжанов
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш раиси, г.ф.д., профессор

Б.Э.Нишонов
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш илмий котиби, т.ф.н.,
катта илмий ходим

Х.Т.Эгамбердиев
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш қошидаги илмий
семинар раиси, г.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Ҳозирги кунда, иқлим шароитларининг кескин ўзгариши оқибатида дунёда чўл ҳудудларидаги ерларнинг деградацияга учраши яйловларнинг экологик ҳолатини ёмонлашишига олиб келмоқда. Бу борада Бирлашган Миллатлар Ташкилотининг маърузасида “Ерларнинг деградацияси тупроқларимиз унумдорлигини пасайтиради, озик-овқат хавфсизлигига таъсир қилади ва миллионлаб одамларни қашшоқлик ва очликка дучор қилади”¹, деб таъкидланади. Шу боис, ерлар деградациясини олдини олиш ҳамда қишлоқ хўжалик ерлари ва яйловлар маҳсулдорлигини баҳолаш мақсадида замонавий мониторинг усулларини ривожлантиришга қаратилган тадқиқотларни амалга ошириш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Жаҳонда яйлов ўсимликлари қоплами мониторингида геоахборот тизимларидан фойдаланиш ва масофадан зондлаш маълумотларининг кўп спектрли тасвирларини таҳлил қилиш асосида автоматлаштирилган мониторинг тизимларини ишлаб чиқиш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада ернинг сунъий йўлдошларидан (ЕСЙ) узатилаётган катта ҳажмдаги маълумотларни қайта ишлаш, уларни таҳлил қилишнинг замонавий усулларини ишлаб чиқиш, турли индекслардан фойдаланиб ерларнинг ўсимлик билан қопланганлик даражасини аниқлаш ҳамда яйлов майдонлари деградациясининг олдини олишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Мамлакатимизда қишлоқ хўжалиги ерлари маҳсулдорлигини ошириш мақсадида ерлар деградациясини камайтириш бўйича қатор тадбирлар амалга оширилиб, муайян ижобий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 10 июндаги “Ерлар деградациясига қарши курашишнинг самарали тизимини яратиш чора-тадбирлари тўғрисида” ги ПҚ-277-сон қарорида “... замонавий технологиялар (лаборатория, дронлар, масофадан зондлаш ва бошқалар)ни қўллаш йўли билан ерлар деградацияси ва чўлланиши, ...мониторингини юритиш”² юзасидан муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада республикада ерлар деградациясига қарши курашиш, унинг салбий оқибатларини юмшатиш, ҳудудларда чўлланиш, қурғоқчиликнинг олдини олиш, биохилма-хилликни асраб қолиш, янги электрон карталарни яратиш, ҳамда ушбу йўналишдаги илғор илмий ишланмалар, инновациялардан кенг фойдаланиш муҳим илмий ва амалий аҳамиятга эга ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 18 мартдаги “Чорвачилик тармоғини янада ривожлантириш ва қўллаб-қувватлаш чора-тадбирлари тўғрисида” ги ПҚ-4243-сон, 2022 йил 10 июндаги “Ерлар деградациясига қарши курашишнинг самарали тизимини яратиш чора-тадбирлари тўғрисида” ги ПҚ-277-сон Қарорлари, Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2019 йил 19 августдаги “Яйловларда чорва молларини ўтлатишда энг кўп йўл қўйиладиган фойдаланиш нормаларини белгилаш,

¹Бирлашган Миллатлар Ташкилотининг чўлланишга қарши конвенцияси, 2022 йил 10 октябр.

²Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 10 июндаги “Ерлар деградациясига қарши курашишнинг самарали тизимини яратиш чора-тадбирлари тўғрисида” ги ПҚ-277-сон қарори.

яйловлар алмашилини таъминлаш ва юритиш тартиби тўғрисидаги низомни тасдиқлаш ҳақида” 689-сон Қарори ва мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳукукий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни бажаришга ушбу диссертация иши муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот иши республика фан ва технологиялар ривожланишининг V. “Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф муҳит муҳофазаси” устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Табиий объектларнинг спектрал характеристикаларини ўрганиш, ерни масофадан зондлаш маълумотлари орқали мониторинг масалаларини баҳолашга қаратилган тадқиқотлар билан хорижий олимлар, жумладан, G.S.Birth, G.McVey, Rouse, A.J.Richardson, C.L.Wiegand, J.Closs, S.Spangler, A.R.Huete, R.D.Jackson, N.H.Broge, E.Lebanc, K.Masugi, M.Daigo, S.Furumi, L.Zhang, M.D.King, X.Xiong ва бошқалар шуғулланганлар. Улар ўз илмий ишларида табиий объектларнинг спектрал акс этириш қобилиятини такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратганлар.

Собиқ Иттифоқ ҳамда МДХ давлатлари олимлари К.Я.Кондратьев, Ю.В.Тимофеев, Г.Б.Гонин, И.А.Бычкова, Д.М.Сонечкин ва бошқаларнинг илмий ишларида ернинг сунъий йўлдоши ёрдамида зондлаш маълумотларидан фойдаланиб, табиий объектларни спектрал тавсифларининг назарий ва амалий жиҳатлари тадқиқ этилган.

Ўзбекистондан В.И.Рачкулик, М.В.Ситникова, М.Л.Арушанов, М.В.Буркова, И.А.Новицкая, О.Колдыбаев, Е.Н.Алексеев, Б.К.Долматов, Т.Е.Сумочкина, Б.К.Царёв ва бошқалар сунъий йўлдош тасвирларидан фойдаланиб ўсимлик қопламани мониторинг қилиш бўйича тадқиқотлар олиб борган.

Бироқ, юқорида келтириб ўтилган олимларнинг ўсимликларни спектрал акси ва яйлов майдонларининг мониторингига оид тадқиқотларида, чўл ва ярим чўл ҳудудларидаги метеорологик шарт-шароитларни ҳисобга олган ҳолда яйлов ўсимликларининг автоматлаштирилган мониторинги кўриб чиқилмаган. Мазкур диссертация иши ўрганилаётган объектнинг спектрал аксини ўрганишга асосланган усулга таяниб, автоматлаштирилган тарзда гуруҳлаш ва динамиканинг тезкор кузатувини амалга ошириш жиҳатлари билан юқорида келтирилган тадқиқотлардан фарқ қилади.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган илмий тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация иши Гидрометеорология илмий-тадқиқот институтининг илмий тадқиқот ишлари режасининг №АЛМ-202107008 “Ўзбекистон Республикаси ҳудудлари учун сел оқими хавфини олдиндан огоҳлантиришнинг интерактив онлайн тизимини яратиш” (2021-2023 йй.) амалий лойиҳаси ҳамда ФАО нинг “Марказий Осиёдаги чўллар бўйича ташаббуси” (CADI) (2017-2020 йй.), БМТ ва ЮНЕСКО нинг “Қишлоқ ҳудудларини барқарор ривожлантиришга кўмаклашиш орқали

Оролбўйида инсон хавфсизлигини таъминлашнинг долзарб муаммоларини ҳал қилиш” (2019-2020 йй.) мавзусидаги халқаро тадқиқотлар лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади чўл ва ярим чўллардаги яйлов ўсимликларининг кўп спектралли сунъий йўлдош тасвирларининг ҳаво ҳарорати ва атмосфера ёғинлари бўйича ERA5 реанализ маълумотлари жамланмаси асосида ишлов беришнинг автоматлаштирилган технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

ерни масофадан зондлашнинг кўпспектрал динамика маълумотлари асосида ер юзасининг ўсимлик қопламини аниқлаш бўйича мавжуд усулларни таҳлил қилиш;

ерни масофадан зондлашнинг кўпспектрал динамика маълумотлари асосида ўсимлик қопламини диагноз қилишни автоматлаштириш тартибини ишлаб чиқиш;

тажриба учун танланган майдонларда дала тадқиқотларини амалга ошириш;

тадқиқот ўтказилаётган ҳудудларда вегетация даври давомида ўсимликлар таҳлили, гуруҳланиши ва динамикасини аниқлаш учун ўсимлик қопламининг нормаллаштирилган вегетация индексидан фойдаланишни такомиллаштириш;

масофадан зондлаш маълумотлари ва географик ахборот тизимлари (ГАТ) технологиялари ёрдамида ернинг ўсимлик қопламини аниқлашда комплекс автоматик мониторингини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Ўзбекистоннинг чўл ва ярим чўл ҳудудларидаги яйлов майдонлари олинган.

Тадқиқотнинг предметини яйлов ўсимликларининг NOAA, MODIS, Landsat сунъий йўлдошларидан олинган спектрал тасвирларини ўрганиш, ўсимлик қопламининг нормаллаштирилган вегетация индексини таҳлил қилиш ва Random Forest алгоритмини ҳудуд учун мослаштириш масалалари ташкил этган.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертацияда ернинг сунъий йўлдоши ёрдамида олинган тасвирларни бирламчи ишлов беришда фазовий механика ва математик хариталаш усулларида, шунингдек, тасвирларга рақамли ишлов бериш, математик статистика (корреляция, регрессия, спектрал, вейвлет-таҳлил) усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги:

Ўзбекистоннинг чўл ва ярим чўл ҳудудлари учун ўсимлик қопламини кузатиш мақсадида спектрал тасвирларга автоматлаштирилган қайта ишлов бериш усули ишлаб чиқилган;

республикадаги чўл ва ярим чўл ҳудудлар учун ўсимлик қопламини нормаллаштирилган индекси (NDVI) дан фойдаланиб, яйлов ўсимликларининг вегетация даврининг бошланиш ҳамда тугаш муддатларини аниқлаш усули такомиллаштирилган;

вейвлет-таҳлил асосида Ўзбекистоннинг чўл ва ярим чўл ҳудудларида яйлов майдонларидаги ўсимлик қопламининг яшиллик даражасига мувофиқ

ўсимликларнинг ўсиш ва ҳосилдорлик даврини аниқлаш усули яратилган;
республиканинг чўл ва ярим чўл ҳудудларида вегетация даврида яйлов ўсимликлари қопламининг динамикасини автоматик баҳолаш усули ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ернинг сунъий йўлдошларидан олинган тасвирлар ёрдамида Ўзбекистон республикаси чўл ва ярим чўл ҳудудларидаги ўсимлик қоплами таҳлилининг усуллари ва технологияси ишлаб чиқилган;

метеостанцияларда кузатиладиган ҳарорат ва ёгингарчилик маълумотлари ҳамда реанализ маълумотлари коэффицентлари ўртасидаги ўзаро мувофиқлик баҳоланган;

иқлим параметрларини ҳисобга олган ҳолда вегетация даврининг бошланиш муддатини аниқлаш усули такомиллаштирилган;

республика ҳудудидаги полигонлар бўйича амплитудали вейвлет функциялар ҳамда ўсимликнинг ўртача ойлик нормаллаштирилган вегетация индекси (NDVI) скейлограммалари олинган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Диссертация ишини бажариш жараёнида масофадан зондлаш маълумотлари (NOAA, MODIS, Landsat ва ERA5), Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати марказида олиб борилган стандарт метеорологик кузатиш маълумотларидан ҳамда илмий-тадқиқот институтлари, жумладан, Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти (ГМИТИ), Халқаро сув ресурсларини бошқариш институти (IWMI), Давлатлараро сув ҳўжалигини мувофиқлаштириш комиссиясининг илмий-ахборот маркази (ДСХМК ИАМ) материалларидан фойдаланилганлиги, шунингдек, диссертация мавзуи доирасида тажриба майдонларида амалга оширилган дала тадқиқотлари ва кузатишларидан олинган натижаларини сунъий йўлдош тасвирларини қайта ишлаш орқали текширилганлиги билан белгиланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти республиканинг чўл ва ярим чўл ҳудудларидаги яйлов ўсимликлари мониторингини олиб боршда сунъий йўлдош тасвирлари орқали ўсимлик қоплами таҳлили учун такомиллаштирилган усул ва технологияни ишлаб чиқилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти эса, олинган асосий хулоса ва тавсиялар Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати маркази ҳамда Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ хўжалиги вазирлиги ва бошқа ишлаб чиқариш ташкилотларида ўсимлик қоплами мониторинги учун автоматлаштирилган технологиядан фойдаланиб, тезкор қарор чиқариш ва аниқ чора-тадбирлар қўлланишига хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Яйлов ўсимликларини масофадан зондлаш орқали мониторинг қилиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

чўл ва ярим чўл ҳудудларидаги яйлов майдонларини комплекс мониторинг қилиш мақсадида илк бор спектрал тўлқинларнинг сигнаliga автоматик қайта

ишлов бериш усули Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати марказида Сентоб-Нурота, Янгиқишлоқ, Томди, Бўзаубой, Нуробод, Машиқудуқ, Оқбайтал ва Устюрт яйлов участкаларидаги ўсимлик қопламини хариталаш жараёнида фойдаланилган (Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати марказининг 2022 йил 27 декабрдаги 01-15-1654-сон маълумотномаси). Натижада, яйлов ўсимликларини тезкор мониторинг қилишда юқори самарадорликка эришиш имконини берган;

чўл ва ярим чўл ҳудудлари учун ўсимлик қопламининг нормаллаштирилган индекси(NDVI)дан фойдаланиб, яйлов ўсимликларининг вегетация даврини бошланиш ҳамда тугаш муддатларини аниқлашнинг такомиллаштирилган усули Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати марказида жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати марказининг 2022 йил 27 декабрдаги 01-15-1654-сон маълумотномаси). Натижада, ўрганилаётган яйлов ҳудудларида амалга оширилиши зарур бўлган чора-тадбирлар режасига аниқлик киритиш имконияти яратилган;

чўл ва ярим чўл ҳудудларидаги яшил майдонларнинг ўзгаришини вейвлет таҳлили асосида баҳолаш усули Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати марказида ўсимликларнинг вегетация давридаги ўсув даври ва унинг ҳосилдорлик даврига оид вазиятни баҳолаш масалаларини ҳал этишда қўлланилган (Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати марказининг 2022 йил 27 декабрдаги 01-15-1654-сон маълумотномаси). Натижада, ўсимликларнинг вегетация давридаги ўсув даври ва унинг ҳосилдорлик даврини аниқлаш имконини берган;

В дастурлаш тили асосида яйлов ўсимликларини автоматик баҳолаш усули Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати марказида Сентоб-Нурота, Янгиқишлоқ, Томди, Бўзаубой, Нуробод, Машиқудуқ, Оқбайтал ва Устюрт участкаларида яйлов ўсимликлари динамикасини масофадан зондлаш маълумотларидан фойдаланиб мониторинг қилиш жараёнида қўлланилган (Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология хизмати марказининг 2022 йил 27 декабрдаги 01-15-1654-сон маълумотномаси). Натижада, яйлов ўсимликлари динамикасини масофадан зондлаш маълумотларидан фойдаланиб, автоматик равишда мониторинг қилиш имконияти яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур диссертация ишининг асосий натижалари 3 та халқаро ва 2 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

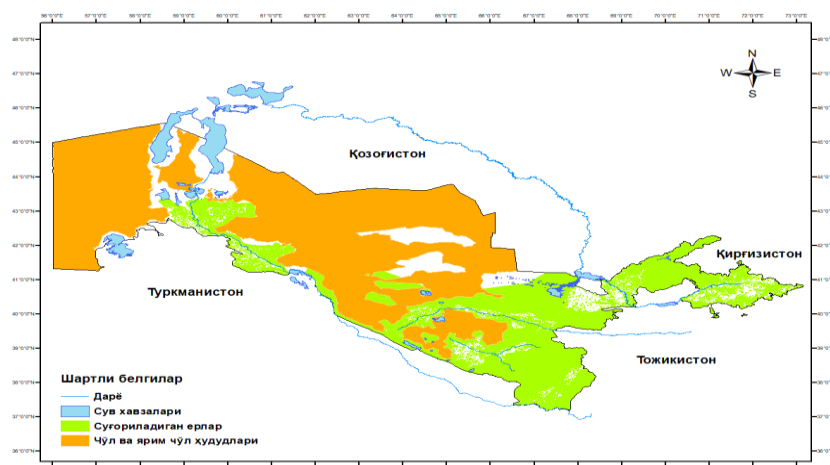
Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 14 та илмий иш, жумладан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 9 та мақола, шундан 2 таси республика ва 7 таси хорижий журналларда нашр этилган.

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

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида бажарилган тадқиқот ишининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари, тадқиқот объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқот мавзусининг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилиниб, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти ёритилиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий қилиниши, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Ўрганилаётган ҳудуднинг табиий географик шароити ва масофадан зондлаш маълумотлари асосида ўсимликлар билан қопланганлик диагнози масалаларига бағишланган тадқиқотлар**» деб номланган биринчи бобда Ўзбекистон ҳудудидаги тадқиқ этилаётган яйлов ландшафтларида ўсимликлар билан қопланган майдонларга алоҳида эътибор қаратилган. Шу билан бирга атмосфера ёғинлари ва ҳаво ҳарорати динамикасини ҳисобга олган ҳолда, табиий-географик жиҳатдан ўрганилган тавсифи келтирилган. Ўзбекистон ҳудудининг катта қисмини турли-туман ландшафтга эга бўлган Турон пасттекислиги эгаллаган. Ўзбекистон ҳудудида кенглик-зонал чўл ва ярим чўл туридаги ландшафтлар кўп учрайди (1-расм).



1-расм. Ўрганилаётган ҳудуднинг чўл ва ярим чўл ландшафти

Бундай турдаги ландшафтлар текисликларга хос бўлиб, қумли, лойли, тошли, яйлов ўсимликлари билан қопланган шўрхок чўл, кулранг-кўнғир тупроқли ва кескин қурғоқчил иқлимли ландшафтларни ўз ичига олади ҳамда мазкур ишнинг тадқиқот предмети ҳисобланади. Ўтлоқ ўсимлик қоплами лёссли субтропик эфемер чўл ландшафтларига хосдир.

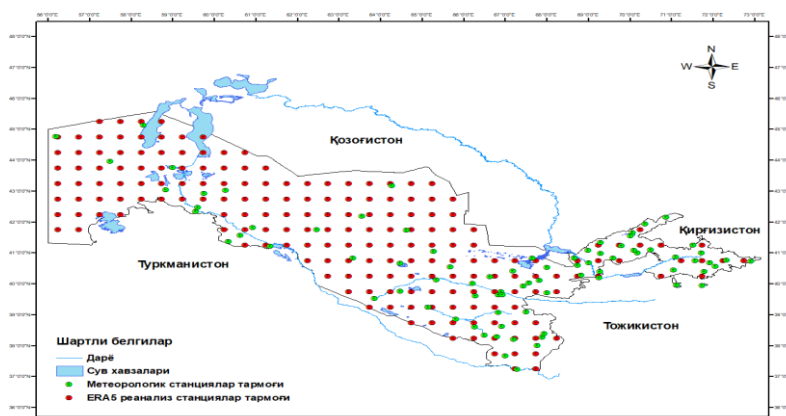
Баҳор фаслида бу ерларда бир-бирига туташ, ёрқин гуллайдиган ўт-ўланлар яхши ривожланади, аммо ёзда улар жазирама офтобда тез куйиб кетади. Бундай ландшафтлар ҳам текисликларга, ҳам пасткам тоғ этаги адирларига хосдир. Сунъий йўлдошдан олинган тасвирлардан фойдаланиб, ўсимлик қоплами ва унинг динамикасини таҳлил ва тадқиқ қилиш шуни кўрсатадики, ўсимлик индексининг кўпспектрал тавсифлари асосида ўсимлик қопламини

мониторинг қилишнинг комплекс автоматлаштирилган тизимини жорий этиш бугунги кунда муҳим вазифалардан бири бўлиб қолмоқда.

Ернинг сунъий йўлдош (ЕСЙ) ларининг ишга туширилиши билан ер шарининг ресурс салоҳиятини аниқлаш, улардан экологик муҳит динамикасини ўрганиш мақсадида фойдаланиш, метеорологик катталикларни олиш ва таҳлил қилиш даври бошланди. Натижада Европа космик агентлиги (EUMETSAT – European Space Agency), Россия Федерацияси (РФ), Америка Қўшма Штатлари (АҚШ), Франция, Япония, Ҳиндистон, Хитой, Бразилия ва бошқа айрим давлатлар томонидан ўз орбиталарига етказиладиган ҳамда ерни масофадан ўрганиш учун мўлжалланган геостационар, метеорологик ва ЕСЙ ресурсли сунъий йўлдошлардан иборат тизим шакллантирилди.

Глобал миқёсда ўсимликлар билан қопланганлик динамикасини таҳлил қилиш бўйича тадқиқотлар ўтган асрнинг 80-йилларида бошланган. NOAA/AVHRR маълумотлари асосида ҳисоблаб чиқилган нормаллашган ўсимлик индексини таҳлил қилиш асосида Америка, Европа, Осиё ва бошқа қитъаларнинг ўсимликлар билан қопланиш динамикаси ўрганиб чиқилган. Ўсимлик қопламанинг спектрал параметрларини масофадан зондлаш маълумотлари ҳамда ягона ГАТга жамланган метеорологик маълумотларининг мажмуи асосида ўсимликлар қоплами ҳолатини тезкор мониторингини амалга ошириш технологияларини яратиш имкони юзага келди. Ўсимликлар қоплами, жумладан, қишлоқ хўжалиги экинлари ҳолати динамикасини мониторинг қилиш ва прогнозлаш технологиясини қўллаш, ердан кузатишни истисно этмаган ҳолда, вегетация даври учун ва йил давомида районларга бўлинган майдонларда деталлашган глобал мониторинг олиб бориш имконини беради.

Диссертациянинг «**Асосий метеорологик ва сунъий йўлдош маълумотларига ишлов бериш**» деб номланган иккинчи бобида чўл ва ярим чўл яйловларининг ўсимликлар қопламини мониторинг қилиш учун фойдаланилган мавжуд NOAA/AVHRR, MODIS/AQUA, MODIS/TERRA ва Landsat 8 каби ернинг сунъий йўлдошлари тизимлари таснифи ва турлари баён этилган. Метеорологик маълумотлар сифатида ERA5 реанализ маълумотлари ҳамда Ўзгидрометнинг метеорологик тармоғи кузатувларида олинган маълумотлардан фойдаланилган (2-расм).



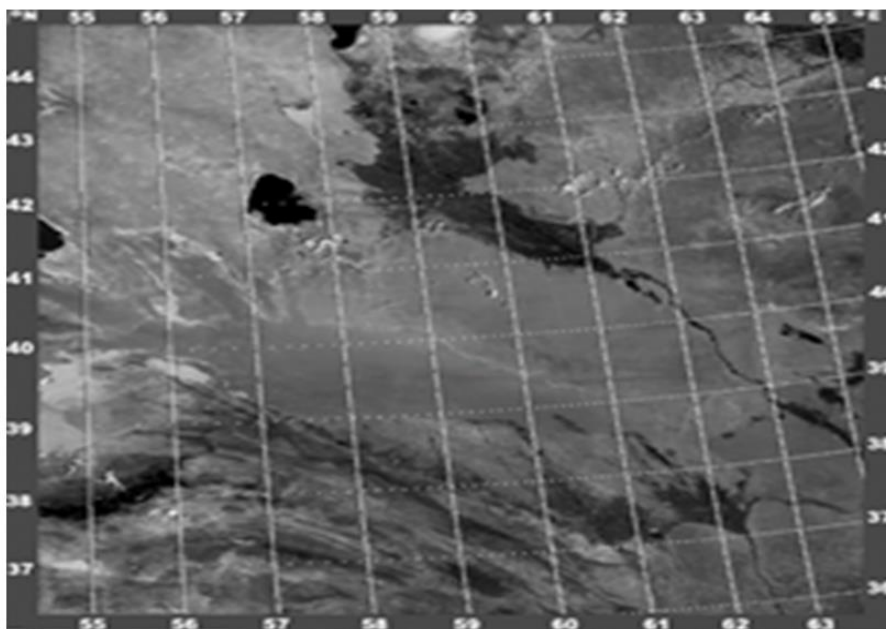
2-расм. Ўзбекистон Республикаси ҳудудидаги метеорология станциялари ва реанализ тармоқлари

Диссертациянинг «Сунъий йўлдош ёрдамида масофадан зондлаш маълумотлари асосида ўсимликлар қоплами мониторингини тезкор технологиясини ишлаб чиқиш» деб номланган учинчи боби масофадан зондлаш ёрдамида олинган тасвирларга бирламчи ишлов бериш масалаларига бағишланган.

Бирламчи ишлов бериш доирасида бажариладиган геометрик ишлов бериш икки усулда амалга оширилади:

- 1) орбитал маълумотлар бўйича географик боғланиш алгоритмини қўллаш усули;
- 2) Ернинг эгрилигидан келиб чиққан ҳолда тасвирни дастлабки коррекциясининг таянч нуқталари бўйича географик боғланиш алгоритмини қўллаш усули.

Мазкур диссертация ишида NOAA/AVHRR сунъий йўлдоши учун иккинчи усул қўлланилган ҳамда тасвирни берилган картографик проекциясига ўтказиш трансформацияси бажарилган (3-расм).



3-расм. Геометрик коррекция ва географик боғлашнинг тўлиқ цикли амалга оширилган ернинг сунъий йўлдоши NOAA/AVHRR (24.05.2017й.) тасвир фрагменти

NOAA/AVHRR сунъий йўлдошининг борт ускунасини ердан туриб тузатиш таъминланмаган. Шунинг учун, баъзи ҳолларда, тасвирни дастлабки қайта ишлаш босқичида тасвир ёрқинлиги даражасини созлаш учун калибрлаш функциясини жорий қилиш керак бўлади. Ушбу функция сунъий йўлдошнинг эксперимент ўтказиш - самолётдан тегишли тўлқин узунлиги диапазонларида сканерлаш (ҳаводан суратга олиш) ёки ўрганилаётган объектлар синов майдонларида дронлардан фойдаланиш натижасида олиниши мумкин.

Қуйидаги жадвалда геореференция тузатиш жараёнини қўллашдан олдинги ва кейинги ҳисобланган геореференция боғламнинг ҳолати кўрсатилган.

Жадвалдан кўриниб турибдики, сунъий йўлдош тасвирларини тузатиш тартибини амалга ошириш геореференция боғлаш хатолигини кескин миқдорда камайтиради (1-жадвал).

1-жадвал

NOAA/AVHRR сунъий йўлдошининг тасвирларига асосланган тасвир геореференциясини аниқлигини баҳолаш

Тасвир рақами	Максимал абсолют қолдиқлар			
	Тўғрилашгача		Тўғрилашдан кейин	
	Кенглиги	Узунлиги	Кенглиги	Узунлиги
1	0,25	0,28	0,02	0,04
2	0,13	0,30	0,05	0,07
3	0,24	0,25	0,02	0,05
4	0,19	0,19	0,03	0,03
5	0,14	0,17	0,04	0,07
6	0,16	0,15	0,05	0,02
7	0,13	0,15	0,05	0,03
8	0,11	0,21	0,03	0,02
9	0,15	0,23	0,02	0,04
10	0,14	0,18	0,02	0,02

Маълумотларга тематик ишлов бериш жараёнида тадқиқот объекти ҳудудлари учун ўсимлик қоплами индексини ҳисоблаш амалга оширилади. Вегетация индекси сифатида ўсимликнинг нормаллашган индекс - Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) кўриб чиқилган. У қуйидаги формула бўйича ҳисобланади

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} , \quad (1)$$

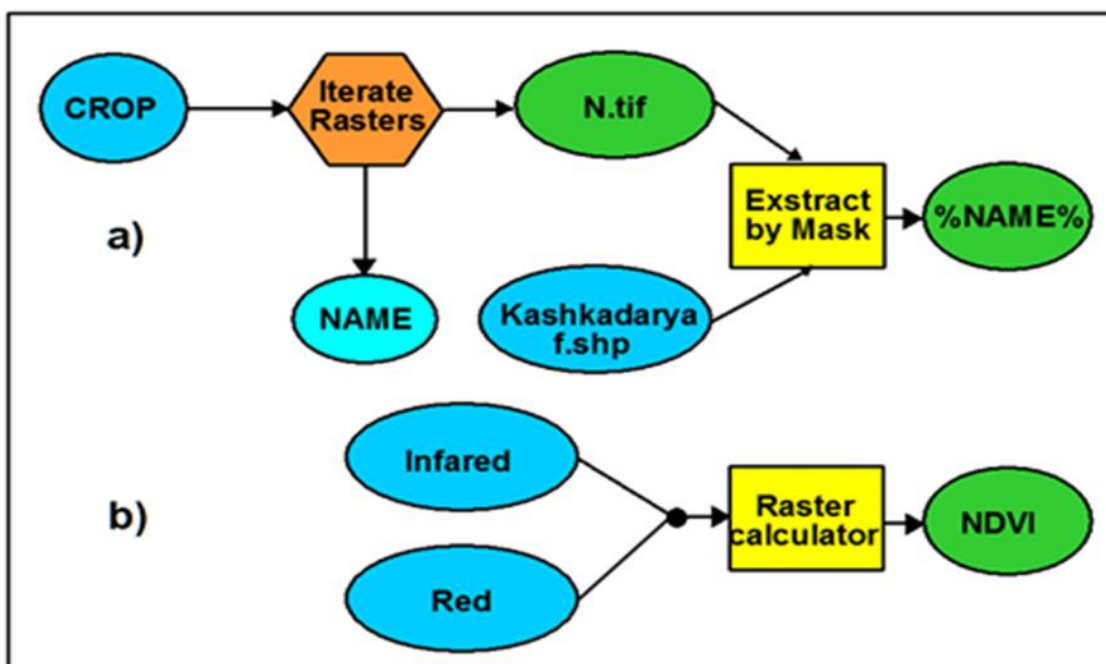
бу ерда NIR – спектрнинг яқин инфрақизил диапазонда акс этиши;

RED – спектрнинг қизил диапазонда акс этиши.

Юқоридаги (1) формулага биноан, ўсимлик қоплами зичлиги қизил ва инфрақизил диапазонда акс этган ёруғлик интенсивлиги фарқи уларнинг интенсивликлари йиғиндисининг нисбатига тенг.

NDVI ҳисоб-китоби ўсимлик спектрини акс эттириш эгри чизиғининг иккита барқарор бўлимига асосланади. NDVI индексини кўрсатиш учун $\{-1,+1\}$ оралиғидаги дискрет қийматлар шкаласи қўлланилади.

Мазкур ишда ўрганилаётган ҳудуднинг растр кўринишини ва Landsat тасвирлари асосида NDVI вегетацион индексини ҳисоблаш мақсадида, иш жараёнини автоматлаштириш ArcGIS 10.8 пакетининг “ModelBuilder” иловаси асосида амалга оширилган (4-расм).



4-расм. Берилган кириш параметрлари бўйича жараёнларни автоматлашган тарзда бошқариш схемаси (ArcGIS даги модул)

Диссертациянинг «Ўзбекистон ҳудудида иқлим ўзгаришлари билан ўзаро боғлиқ ҳолда кўп зонали масофадан зондлаш маълумотлари бўйича яйлов ландшафтлари NDVI нинг динамикаси» деб номланган 4-бобда реанализ маълумотлар базасини шакллантириш тартиби ишлаб чиқилган ҳамда ҳаво ҳарорати ва ёғингарчиликлар даврий қаторларининг статистик бир хиллиги ўрганилган (5-расм). Тадқиқот объектларида яйлов ландшафтининг ўсимликлар қоплами динамикаси иқлим ўзгаришлари билан ўзаро боғлиқликда тадқиқ этилган, шу билан бирга, берилган туркумлар сонига мос тасвир объектлари гуруҳланишининг алгоритми баён этилган.

Даврий қаторларнинг статистик ўхшашлиги Фишер ва Стьюдент мезонлари асосида баҳоланди.

Фишер бўйича даврий қаторлар бир хиллиги мезони (дисперсиялар ўхшашлиги):

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}, \quad (2)$$

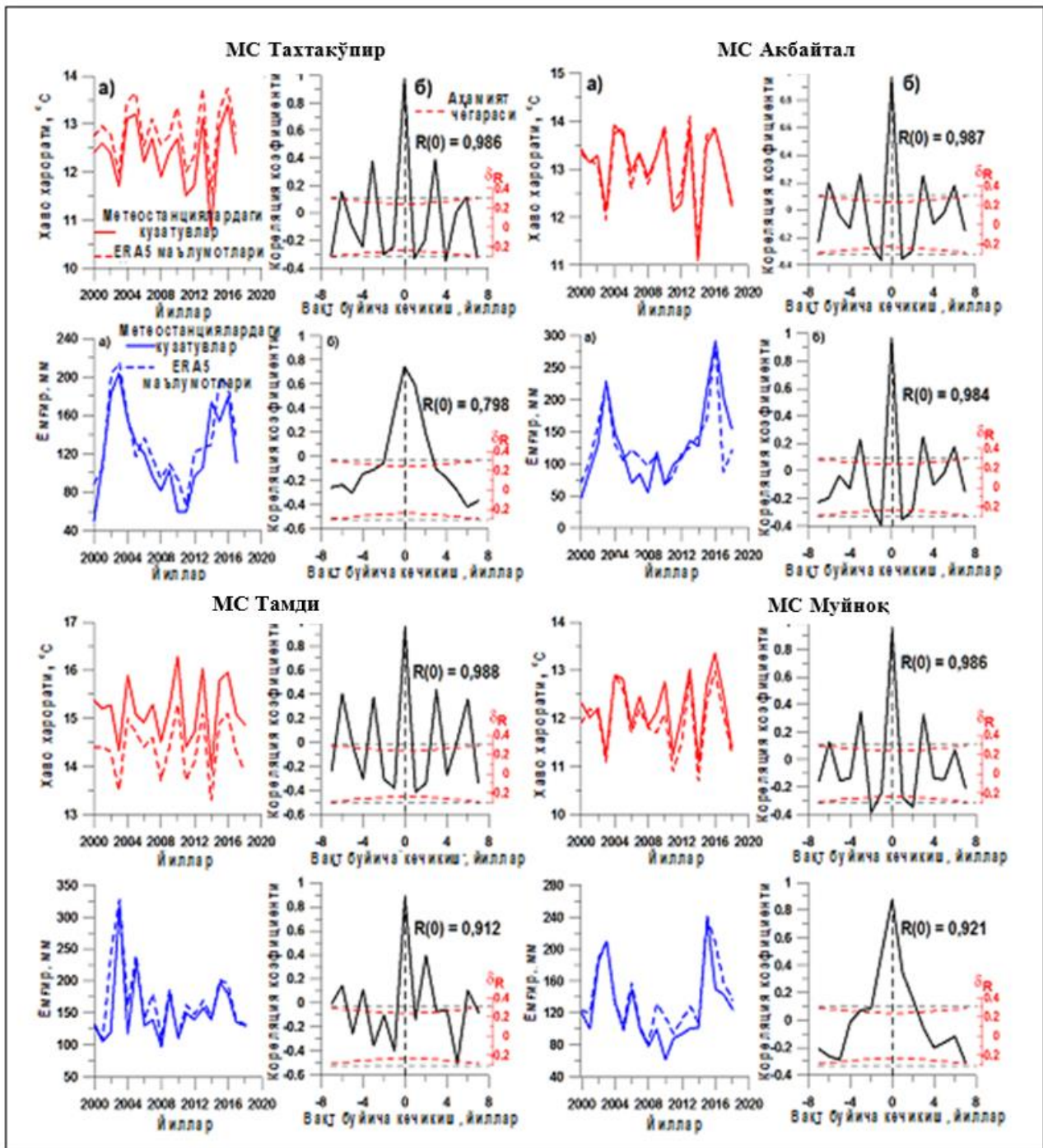
бу ерда: σ_1^2 , σ_2^2 – ўхшашликка текширилаётган даврий қаторлар дисперсиялари.

Даврий қаторларнинг ўртача миқдорларининг ўхшашлигини текшириш Стьюдентнинг t -мезонига асосланган:

$$t = \frac{|\bar{F}_1 - \bar{F}_2|}{\sqrt{n_1 \sigma_1 + n_2 \sigma_2}} \cdot \sqrt{\frac{n_1 n_2 \cdot (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}, \quad (3)$$

бу ерда: \bar{F}_1 , \bar{F}_2 – тадқиқ этилаётган қаторларнинг ўртачалари;

n_1 , n_2 – уларнинг узунлиги; σ_1 , σ_2 – уларнинг дисперсиялари.



5-расм. Метеостанцияларда кузатилган ва реанализ бўйича ҳаво ҳарорати ҳамда ёғингарчилик маълумотларининг ўзаро мувофиқлиги

Сўнгра “Random Forest” алгоритмини қўллаган ҳолда, тасвирдаги объект турларининг классификацияси амалга оширилди. Тест майдонларининг мавжудлиги эса классификация натижаларини верификациялашни амалга ошириш, яъни алгоритм ишига баҳо бериш имконини берди. Алгоритмнинг асосий ғояси қуйидагича:

N орқали қарорлар қабул қилиш сонини (ансамбллар сонини) белгилаймиз ва p – бу N сонли қарорлардан i -тўғри қарорининг эҳтимоли бўлсин, μ – барча N лар бўйича тўғри қарор эҳтимоли бўлсин, m – N дан минимал кўплик, яъни $m = N/2+1$.

Шубҳасиз,
$$\mu = C_N^i p^i (1 - p)^{N-i}, \quad (4)$$

бу ерда: C_N^i – N ичидан i бўйича бирикмалар сони. Бу ҳолда, агар $p > 0,5$ бўлса $\mu > p$ бўлади, демак, агар $N \rightarrow \infty$ бўлса, унда $\mu \rightarrow 1$. Акс ҳолда, $p < 0,5$ бўлганида, $\mu \rightarrow 0$ булади. Шундай қилиб, ансамбллар сони қанча кўп бўлса, классификация шунчалик аниқ бажарилган бўлади.

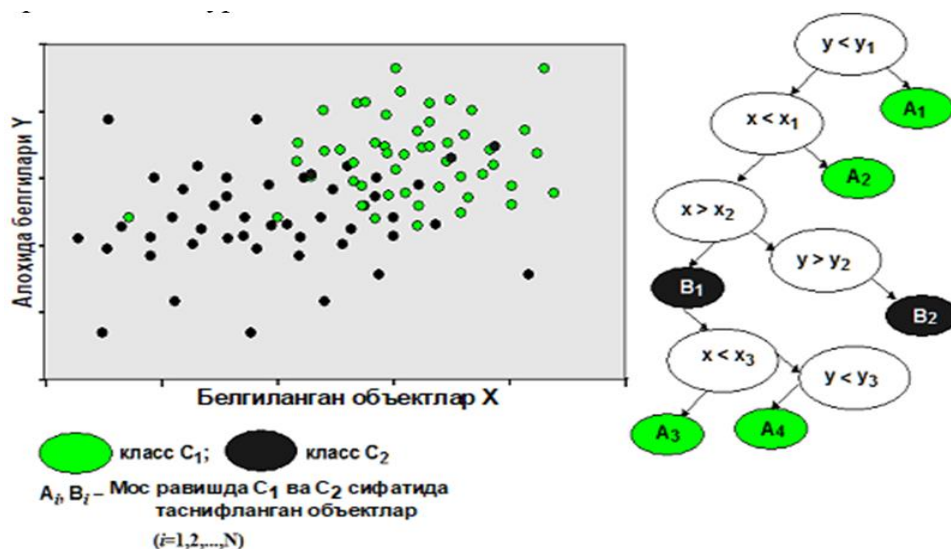
Ҳар бир “шоҳ” миқдори мезони $iGAIN$ формуласи бўйича аниқланади.

$$iGAIN(S) = H(S) - \sum_{v=1}^N \frac{S_v}{S} H(S_v), \quad (5)$$

$$H(S) = - \sum_{c \in C} p_c \log_2 p_c, \quad (6)$$

бу ерда: C – кўриб чиқиладиган масаланинг туркумлари тўплами; p_c – S объектлар тўплами учун c туркум эҳтимоли; $H(S)$ – S тўпلامнинг энтропияси; $H(S_v)$ – S тўпلامнинг v - объекти энтропияси; N – объектлар миқдори. Парчалаш жараёни (“дарахтни” шакллантириш) дихотомик тарзда бажарилади, яъни икки анча майдароқ гуруҳларга бўлиш амалга оширилади.

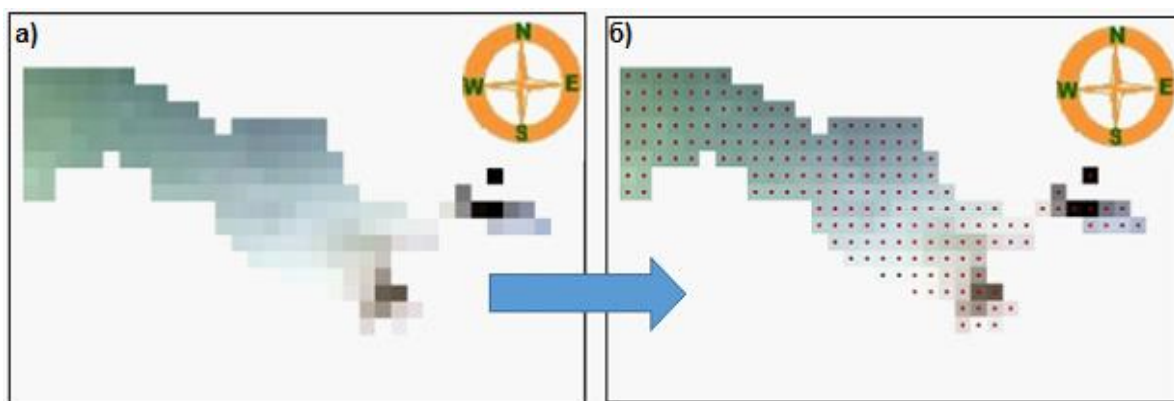
6-расмда ушбу тадқиқот ишида қабул қилинган туркумлар ажратилишига мувофиқ равишда қарорлар “дарахти”ни шакллантириш жараёни яққол кўрсатилган.



6-расм. Иккита туркум учун қарорлар “дарахти”

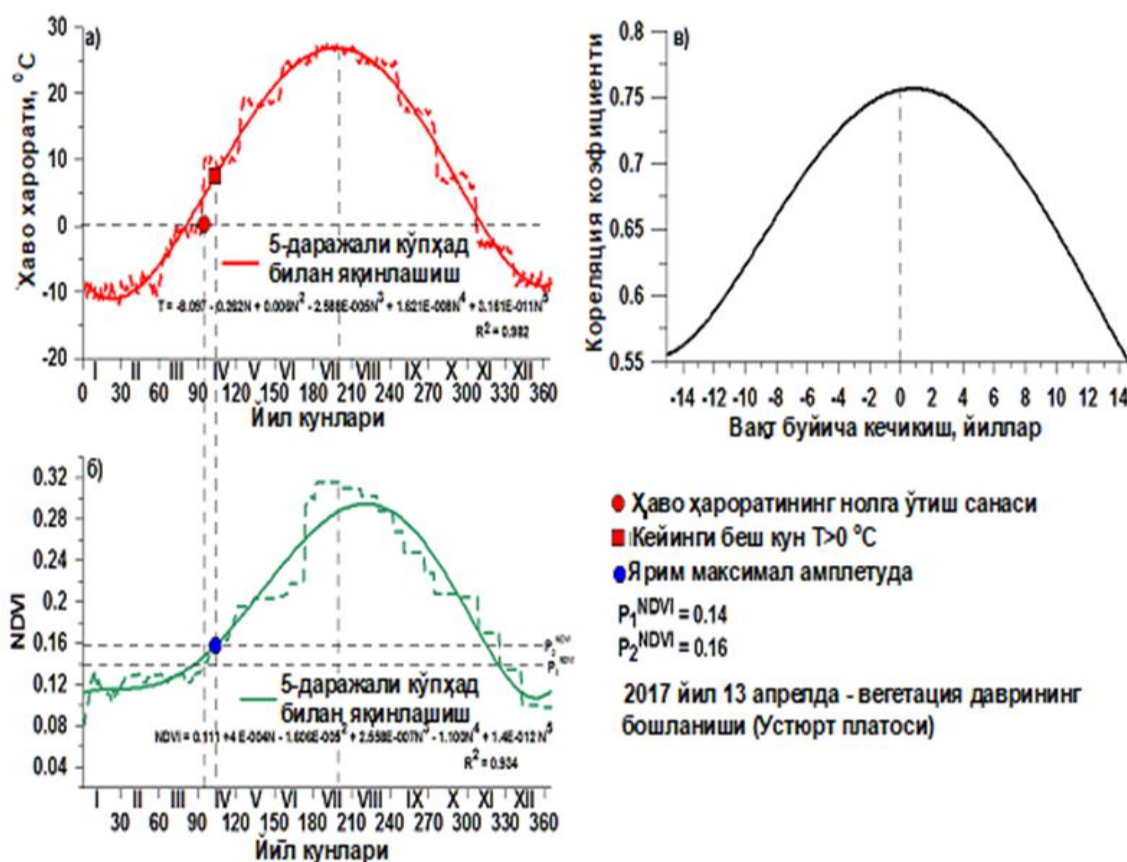
Ушбу тадқиқот ишида икки туркум кўриб чиқилган: C_1 туркум – ўсимликлар қатлами; C_2 туркум - бошқа объектлар. $\{(x_i, y_i)\}$ ($i=1,2,\dots,N$) – объектларнинг белгиланган танлови, бу ерда $x_i \in R^2$ – объектнинг икки ўлчовли маконда белгили тавсифи, $y_i \in \{0,1\}$ эса белгининг аломати бўлган.

Сайтдан олинган метеорологик очиқ реанализ маълумотлар базасини яратиш ва уларни олиш учун рақамли маълумотлар матрицалари шакллантирилди. Бунинг учун ArcGIS 10.8 дастурининг “ModelBuilder” қўшимча пакети ёрдамида NETcdf форматида тақдим этилган ERA5 реанализ маълумотларини TIF форматига - рақамли маълумотлар матричасига ўтказилди (7-расм).



7-расм. NETcdf форматдаги реанализ маълумотларини матрицага айлантириш. а) – растр формати; б) – рақамли матрица.

Вегетация даврининг бошланиш ва охири саналари қишлоқ хўжалиги бошқарувида ўсимлик билан қопланиш динамикасини моделлаштириш масалаларида муҳим параметрлардан бири ҳисобланади. Тадқиқот ишида вегетация даврининг бошланишини муддати метеорологик ва сунъий йўлдош (NOAA/AVHRR) маълумотлари асосида 2017 йил давомида Устюрт платоси полигони мисолида аниқланди (8-расм).

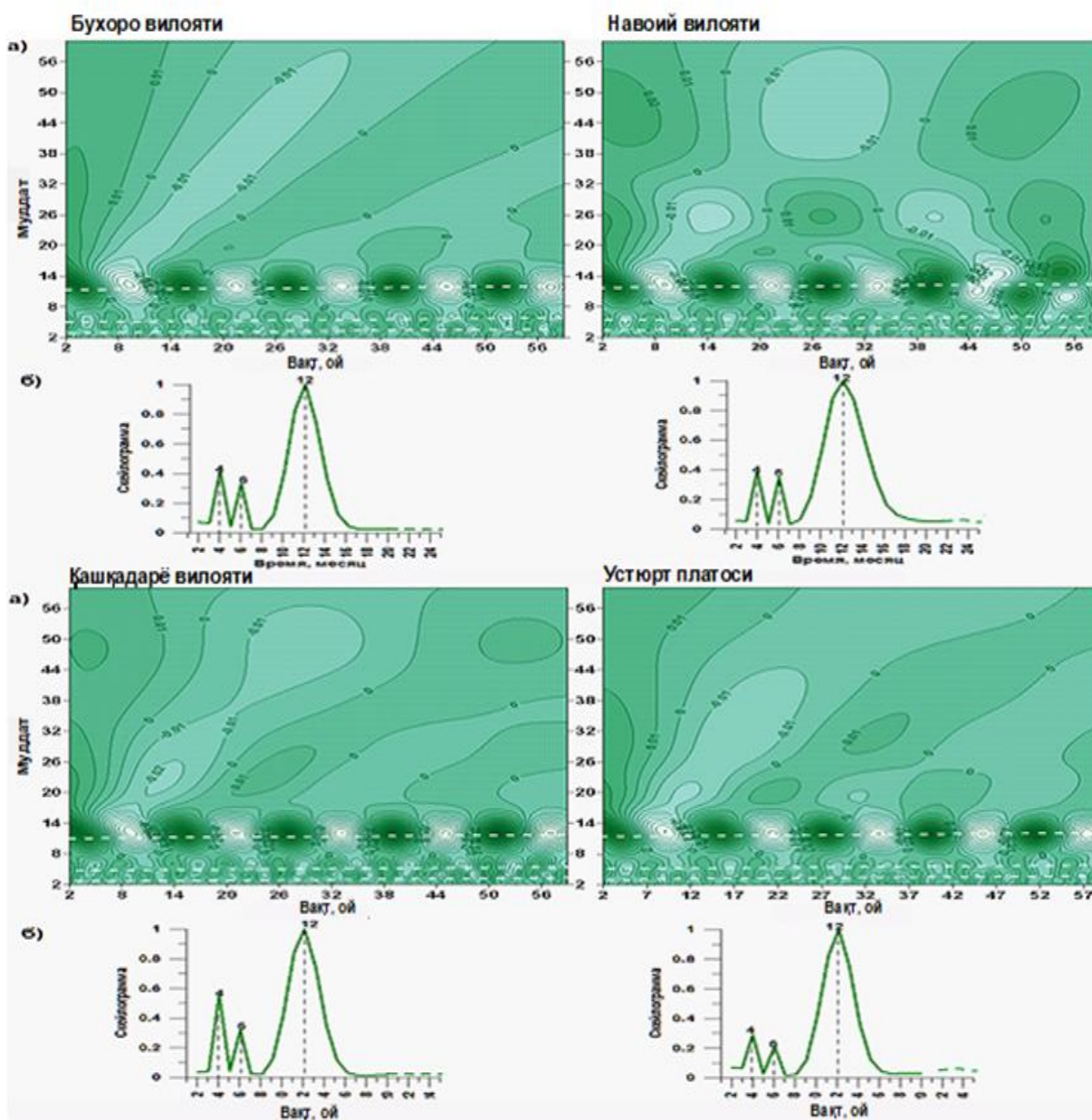


8-расм. Комплекс маълумотлар асосида вегетация даврининг бошланишини ҳисоблаш натижаси:

а) ҳаво ҳарорати бўйича; б) NDVI бўйича; в) вақт силжишининг ўзаро корреляция функцияси.

Вегетация давринг давомийлиги тебранишларини аниқлаш мақсадида NDVI вегетация индексининг вейвлет-таҳлили амалга оширилган, чунки NDVI вегетация индексининг даврий қаторлари сезиларли даражада турғун эмас, бу эса уларга нисбатан оддий мувофиқлик таҳлилини қўллаш имконини бермайди (9-расм).

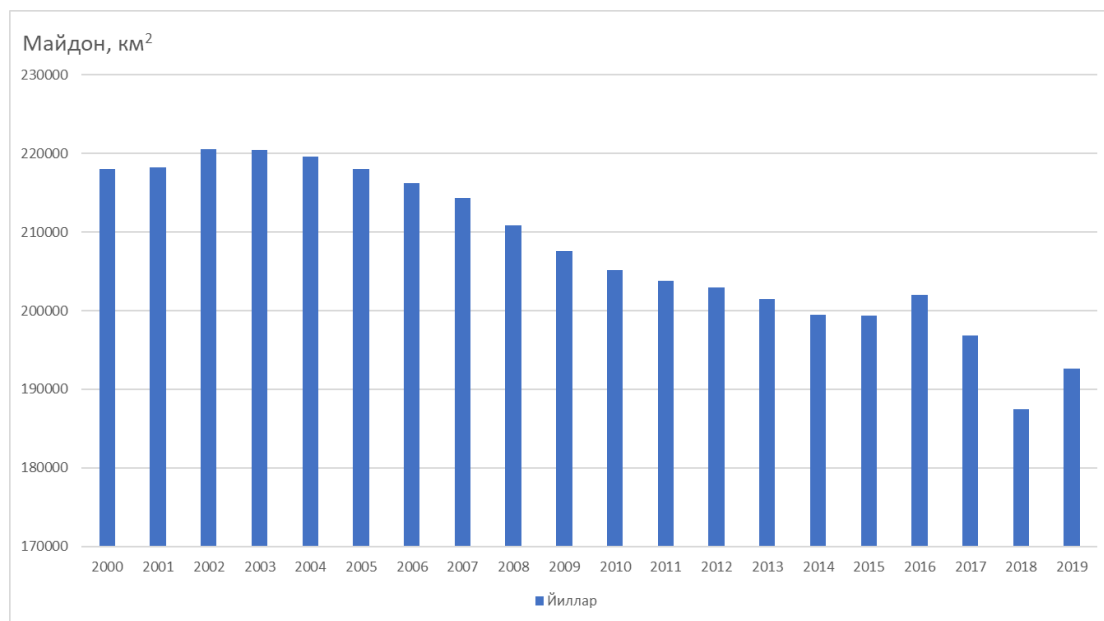
Бошқача қилиб айтганда, вейвлет таҳлил, масалан жараёнга вақтинчалик рухсат бермасдан частоталарни маҳаллийлаштирувчи Фурье трансформациясидан фарқли ўлароқ, тадқиқ этилаётган объектда турли вақт миқёсидаги қаторларнинг ҳам паст, ҳам юқори частотали хусусиятларини бир хил даражада аниқлаш имконини беради.



9-расм. Вегетация давринг давомийлигининг тебранишлари
 а) – амплитудали тўлқин функцияси; б) – интеграл спектр-скейлограмма;
 графикдаги баландликдаги рақамлар - тебраниш даврлари.

Мазкур тадқиқот ишида MODIS сунъий йўлдош тасвирларидан фойдаланиб, R дастурлаш тили ёрдамида Ўзбекистоннинг чўл ва ярим чўл ҳудудларида яйлов ўсимликлари майдонлари динамикаси 2000-2019 йиллар учун ўрганилди (10-расм).

Қуйидаги расмда классификация орқали аниқланган Ўзбекистоннинг чўл ва ярим чўл ҳудудидаги яйлов ўсимликларининг яшиллик қоплами майдони 2005 йилдан кейин камайиши ҳолати кузатилган.



10-расм. Ўзбекистоннинг чўл ва ярим чўл ҳудуди яйлов ўсимликларининг динамикаси.

ХУЛОСА

1. Диссертация ишида сунъий йўлдош тасвирларининг бирламчи ва тематик ишлов бериш усуллари ишлаб чиқилган. Бирламчи ишлов бериш босқичида Ернинг эгрилиги туфайли геометрик жиҳатдан бузиб кўрсатишлар натижасида юзага келган хатоликлар бартараф этилади. Ушбу хатоликларни бартараф этиш географик боғлиқлик аниқлигини 98% га оширади.

2. Дала шароитида тажриба участкаларида GPS қурилмасидан фойдаланиб 2000 тадан ортиқ нуқталардаги маълумотлар тўпланиб, таҳлил қилинди. NDVI дискрет шкаласи $0,2 < NDVI < 0,3$ диапазонлари оралиғида яйлов ўсимликлари кўп эканлиги аниқланди. Март-август ойлари учун сунъий йўлдошнинг қисқа тўлқинли инфрақизил тасвирлари (SWIR2) ва спектрал акс эттириш коэффициентлари (PMС) бўйича ўсимлик қопламининг баландлиги 15-40 см ни ташкил қилиши аниқланган.

3. Тадқиқот ишида чўл ва ярим чўл ҳудудларда вегетация даврининг бошланишини ҳисоблашнинг ярим амплитуда усули таклиф қилинган. Натижада, ҳаво ҳарорати ва NDVI ($r = 0,76$) нинг юқори корреляция боғланишга эга эканлиги кўрсатилган.

4. Ўсимлик қопламини нормаллаштирилган вегетация индексини вейлет-тахлил қилиш асосида Бухоро, Навоий, Қашқадарё вилоятлари ва Устюрт платоси мисолида 20 йил давомидаги ўсимлик қопламининг спектрал-динамик хусусиятлари тадқиқ этилди. Натижада яйлов ўсимликларининг ўсиш муддати 12 ойни ташкил қилган бўлса, вегетация муддати 6 ойни ташкил қилган ва ўсимликларнинг ҳосилдорлик муддатлари 4 ойлиги аниқланган.

5. Метеорологик станцияларда кузатилган ҳамда очик интернет порталлари (ERA5) дан олинган иқлимий маълумотлар таққосланган. Натижада, ҳаво ҳароратининг Тахтакўпир станциясидаги кўрсаткичи ва ERA5 дан олинган кўрсаткичлари корреляцияси $r=0,986$ ни ташкил қилган бўлса, ёғингарчилик бўйича корреляцияси $r=0,789$ ни ташкил қилган.

6. Тадқиқот ишида «Random Forest» алгоритми асосида яйлов ландшафти ўсимлик қопламини таниб олиш ва уни баҳолаш бўйича итерацион алгоритмлар ишлаб чиқилган. Натижада, Бухоро вилоятининг таснифланган харитасида аниқлик даражаси 88,3% ва яйлов ўсимликлари учун 87,5% ни ташкил қилган бўлса, бу кўрсаткичлар Навоий вилояти учун 73,3% ва яйлов ўсимликлари учун 64% ни ташкил қилган.

7. Масофадан зондлаш маълумотлари асосида яйлов ўсимликларининг ўзгариш динамикаси таҳлил қилинган. Натижада, яйлов ўсимликлар майдони 2000 йилда 218 020 км², 2019 йилга келиб 192 603 км² ни ташкил этган. 20 йил давомида яйлов ўсимликлари майдони 25416.2 км² га камайиб кетганлиги аниқланган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ
DSc.27.06.2017. G.47.01 ПРИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ**

ЗАИТОВ ШЕРЗОД ШУХРАТОВИЧ

**МОНИТОРИНГ ДИНАМИКИ ПАСТБИЩНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ
НА ПУСТЫННОЙ И ПОЛУПУСТЫННОЙ ТЕРРИТОРИИ
УЗБЕКИСТАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В УСЛОВИЯХ
ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

11.00.04 – Метеорология. Климатология. Агрометеорология.

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

Ташкент – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) по географическим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2022.1.PhD/Gr135.

Диссертация выполнена в Научно-исследовательском гидрометеорологическом институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский-резюме) размещён на веб-странице Научного совета по адресу www.nigmi.uz и на Информационно-образовательном портале “ZiyoNet” (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:	Арушанов Михаил Львович доктор географических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Сафаров Эшкобул Юлдашевич доктор технических наук, профессор Султошева Оралхан Генджебаевна кандидат географических наук, доцент
Ведущая организация:	Наманганский государственный университет

Защита диссертации состоится “27” марта 2024 г. В 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета по присуждению ученых степеней DSc.27.06.2017.G.47.01 при Научно-исследовательском гидрометеорологическом институте (Адрес: 100052, г.Ташкент, ул. 1-й проезд Бодомзор йули, 72. Тел.: (+998) 71-135-85-12, факс: (+998) 71-237-13-13, E-mail: info@nigmi.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Научно-технической библиотеке Научно-исследовательского гидрометеорологического института (зарегистрирован за №223). Адрес: 100052, г.Ташкент, ул. 1-й проезд Бодомзор йули, 72. Тел.: (+998) 71-135-85-12, факс: (+998) 71-237-13-19, E-mail: info@nigmi.uz).

Автореферат диссертации разослан “9” марта 2024 года.

(реестр протокола рассылки № 2 от “9” марта 2024 года).

Б.М.Холматжанов
Председатель Научного совета по
присуждению ученых степеней,
д.г.н., профессор

Б.Э.Нишонов
Учёный секретарь Научного совета по
присуждению ученых степеней,
к.т.н., старший научный сотрудник

Х.Т.Эгамбердиев
Председатель Научного семинара при Научном
совете по присуждению ученых степеней,
д.г.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В настоящее время из-за резких изменений климатических условий в мире деградация земель в пустынях приводит к ухудшению экологического состояния пастбищ. В этой связи, в докладе Организации Объединенных Наций отмечается, что «деградация земель снижает плодородие наших почв, влияет на продовольственную безопасность и подвергает миллионы людей нищете и голоду»¹. Поэтому, проведение исследований, направленных на совершенствование современных методов мониторинга в целях предотвращения деградации земель и оценки продуктивности сельскохозяйственных земель и пастбищ является очень важным.

В мире проводятся научные исследования по разработке автоматизированных систем мониторинга, основанных на использовании геоинформационных систем и анализе мультиспектральных изображений данных дистанционного зондирования Земли при мониторинге пастбищного растительного покрова. В связи с этим, особое внимание уделяется обработке большого объема данных, передаваемых с искусственных спутников Земли (ИСЗ), разработке современных методов их анализа, определению площади растительного покрова земель с использованием различных индексов, а также предотвращению деградации пастбищных территорий.

В нашей стране, в целях повышения продуктивности сельскохозяйственных земель реализуется ряд мер по снижению деградации земель и достигаются определенные положительные результаты. В частности, в Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-277 от 10 июня 2022 года «О мерах по созданию эффективной системы борьбы с деградацией земель» определены важные задачи по «... ведение мониторинга деградации земель и опустынивания, ... путем использования современных технологий (лабораторий, дронов, дистанционного зондирования и др.) ...»². В этой связи в республике борьба с деградацией земель, смягчение ее негативных последствий, предотвращение опустынивания, засухи в регионах, сохранение биоразнообразия и создание новых электронных карт, а также широкое использование передовых научных разработок и инноваций в этом направлении имеет значительное научное и практическое значение.

Диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Постановлениями Президента Республики Узбекистан №ПП-4243 от 18 марта 2019 года «О мерах по дальнейшему развитию и поддержке животноводства», №ПП-277 от 10 июня 2022 года «О мерах по созданию эффективной системы противодействия деградации земель», Постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан №689 от 19 августа 2019 года «Об утверждении положения о предельно допустимых нормах использования при выпасе скота на пастбищах, порядке ведения и поддержания пастбище оборота» и другими нормативно-правовыми

¹Конвенция Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием, 10 октября 2022 г.

² Постановление Президента Республики Узбекистан от 10 июня 2022 г. №ПП-277 «О мерах по созданию эффективной системы противодействия деградации земель».

документами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное диссертационное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики V. «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

Степень изученности проблемы. Исследования, направленные на изучение спектральных характеристик природных объектов, оценку вопросов мониторинга с помощью данных дистанционного зондирования и другие были проведены зарубежными учеными, такими как, G.S.Birth, G.McVey, Rouse, A.J.Richardson, C.L.Wiegand, J.Closs, S.Spangler, A.R.Huete, R.D.Jackson, N.H.Broge, E.Lebanc, K.Masugi, M.Daigo, S.Furumi, L.Zhang, M.D.King, X.Xiong. Особое внимание в своих научных работах они уделяли усовершенствованию спектральной отражательной способности природных объектов.

В научных работах ученых бывшего Союза и стран СНГ К.Я.Кондратьева, Ю.В.Тимофеева, Г.Б.Гонина, И.А.Бычковой, Д.М.Сонечкина и др. изучались теоретические и практические аспекты спектрального описания природных объектов по данным спутникового зондирования Земли.

В Узбекистане исследования по мониторингу растительного покрова с помощью спутниковых снимков проводили В.И.Рачкулик, М.В.Ситникова, М.Л.Арушанов, М.В.Буркова, И.А.Новицкая, О.Колдыбаев, Э.Н.Алексеев, Б.К.Долматов, Т.Е.Сумочкина, Б.К.Царёв. и др.

Однако в исследованиях, приведенных выше ученых по спектральному отражению растительности и мониторингу пастбищных территорий, автоматизированный мониторинг пастбищной растительности с учетом метеоусловий в пустынных и полупустынных районах не рассматривался. Данное исследование отличается от упомянутых выше исследований аспектами автоматизированной группировки и оперативного контроля динамики на основе метода, основанного на изучении спектрального отражения исследуемого объекта.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках прикладного проекта плана научно-исследовательских работ НИГМИ АЛМ-202107008 «Создание интерактивной онлайн-системы раннего оповещения о рисках наводнений для регионов Республики Узбекистан» (2017-2020 гг.) и международных исследовательских проектов ФАО «Пустынная инициатива в Центральной Азии» (ЦАПИ), ООН и ЮНЕСКО по теме «Решение актуальных проблем обеспечения безопасности человека в зоне Приаралья путем поддержки устойчивого развития сельских территорий» (2019-2020).

Целью исследования является разработка автоматизированной технологии обработки мультиспектральных изображений пастбищных растений на основе массива данных космических снимков и реанализа ERA5, температуры воздуха и атмосферных осадков.

Задачи исследования:

анализ существующих методов диагностики растительного покрова на основе мультиспектральных динамических данных дистанционного зондирования поверхности земли;

разработка порядка автоматизации диагностики растительного покрова на основе мультиспектральных динамических данных дистанционного зондирования земли;

проведение полевых исследований на выбранных для эксперимента территориях;

усовершенствование возможности использования нормализованного индекса растительности для определения анализа, группировки и динамики растительности в течение вегетационного периода на исследуемых территориях;

разработка комплексного автоматического мониторинга растительного покрова земель с использованием данных дистанционного зондирования Земли и технологий географической информационной системы (ГИС).

Объектом исследования является пастбищный растительный покров пустынных и полупустынных территорий Узбекистана.

Предметом исследования является изучение спектральных изображений спутников NOAA, MODIS, Landsat, анализ нормализованного индекса растительности пастбищ и адаптация алгоритма Random Forest для местности.

Методы исследования. В диссертации использованы методы математической статистики (корреляционный, регрессионный, спектральный, вейвлет-анализы), а также методы пространственной механики и математической картографии при первичной обработке изображений, полученных с помощью искусственных спутников Земли, а также теория цифровой обработки изображений и методы вычислительной математики.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан метод автоматизированной обработки спектральных изображений с целью мониторинга растительного покрова пустынных и полупустынных территорий Узбекистана;

усовершенствована методика определения начала и окончания вегетационного периода пастбищных растений с использованием нормализованного индекса растительности (NDVI) для пустынных и полупустынных территорий республики;

на основе вейвлет-анализа создан метод определения периода роста и продуктивности растений по уровню зелености растительного покрова в пустынных и полупустынных пастбищах на территории Узбекистана;

разработан метод автоматической оценки динамики растительного покрова пастбищ в вегетационный период в пустынных и полупустынных территориях республики.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны методы и технология анализа растительного покрова с помощью космических снимков земли на территории Узбекистана;

оценена корреляция между данными о температуре и осадках,

наблюдаемыми на метеостанциях и коэффициентами данных реанализа;
усовершенствована методика определения начала вегетационного периода с учетом климатических параметров;

получены амплитудные вейвлет-функции и скейлограммы среднемесячного нормализованного индекса растительности (NDVI) для полигонов на территории республики.

Достоверность результатов исследования. В ходе выполнения диссертационного исследования были использованы данные дистанционного зондирования (NOAA, MODIS, Landsat и ERA5), стандартные данные метеорологических наблюдений, проводимых в Центре гидрометеорологической службы Республики Узбекистан и научно-исследовательских институтах, в частности, Научно-исследовательском гидрометеорологическом институте (НИГМИ), Международном институте управления водными ресурсами (ИВМИ), Научно-информационном центре Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии (НИЦ МКВК), а также определяется тем, что результаты, полученные в результате полевых исследований и наблюдений, проведенных в рамках темы диссертаций, проверяются внедрением на экспериментальных участках и обработкой спутниковых снимков.

Научное и практическое значение результатов исследования. Научная значимость результатов исследования объясняется разработкой усовершенствованного метода и технологии для анализа растительного покрова при проведении мониторинга пастбищных растений в пустынных и полупустынных районах республики с помощью спутниковых снимков.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что основные выводы и полученные рекомендации предназначены для оперативного принятия решений и применения конкретных мероприятий с использованием автоматизированной технологии мониторинга растительного покрова в Центре гидрометеорологической службы Республики Узбекистан и Министерстве сельского хозяйства Республики Узбекистан и в других производственных организациях.

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов мониторинга пастбищной растительности с применением дистанционного зондирования:

впервые использован метод автоматической обработки спектрально-волновых сигналов с целью комплексного мониторинга пастбищ в пустынных и полупустынных регионах в Центре гидрометеорологической службы Республики Узбекистан в процессе картирования растительного покрова на пастбищных участках Сентаб-Нурата, Янгикишлак, Тамды, Бузаубай, Нурабад, Машикудук, Акбайтал и Устюрт (Справка Центра гидрометеорологической службы Республики Узбекистан №01-15-1654 от 27 декабря 2022 года). В результате была достигнута высокая эффективность оперативного мониторинга пастбищных растений;

усовершенствованная методика определения начала и конца

вегетационного периода пастбищных растений для пустынных и полупустынных территорий с использованием нормализованного индекса растительности покрова (NDVI) внедрена в Центре гидрометеорологической службы Республики Узбекистан (Справка Центра гидрометеорологической службы Республики Узбекистан №01-15-1654 от 27 декабря 2022 года). В результате уточнен план мероприятий, который необходимо реализовать на исследуемых пастбищных участках;

методика оценки изменения пастбищных площадей на пустынных и полупустынных территориях на основе вейвлет-анализа использована в Центре гидрометеорологической службы Республики Узбекистан для решения вопросов оценки ситуации по периоду роста растений в течение вегетационного периода и периода его продуктивности (Справка Центра гидрометеорологической службы Республики Узбекистан №01-15-1654 от 27 декабря 2022 года). В результате была получена возможность определения периода роста растений в вегетационный период и период урожайности;

метод автоматической оценки пастбищных растений на основе языка программирования R использован в Центре гидрометеорологической службы Республики Узбекистан в процессе мониторинга динамики пастбищных растений с использованием данных дистанционного зондирования на участках Сентаб-Нурата, Янгикишлак, Тамды, Бузаубай, Нурабад, Машикудук, Акбайтал и Устюрт (Справка Центра гидрометеорологической службы Республики Узбекистан №01-15-1654 от 27 декабря 2022 года). В результате создана возможность автоматического мониторинга динамики пастбищной растительности по данным дистанционного зондирования Земли.

Апробация результатов исследования. Основные результаты диссертации обсуждались на 3 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 14 научных работ. Из них 9 научных статей в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, в том числе 2 в периодических журналах Узбекистана и 7 в зарубежных журналах.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 118 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и значимость исследовательской работы, описываются цели и задачи исследования, объект и предмет исследования, совместимость темы исследования с приоритетными направлениями развития науки и техники, изложены научная новизна и практические результаты, указано научная и практическая значимость полученных результатов, представлены сведения о внедрении результатов, опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием «Исследования по диагностике растительного покрова на основе природно-географических условий изучаемой территории и данных дистанционного зондирования» особое внимание уделено покрытым растительностью площадям пастбищ на территории Узбекистана, особенно с учетом динамики атмосферных осадков и температуры воздуха, дано подробное описание с физико-географической точки зрения. Большую часть территории Узбекистана занимает Туранская низменность. Его ландшафт разнообразен, что определяется сложностью рельефа и антропогенным влиянием человека на культурные преобразования ландшафта. В Узбекистане встречаются пустынные и полупустынные ландшафты (рис. 1).

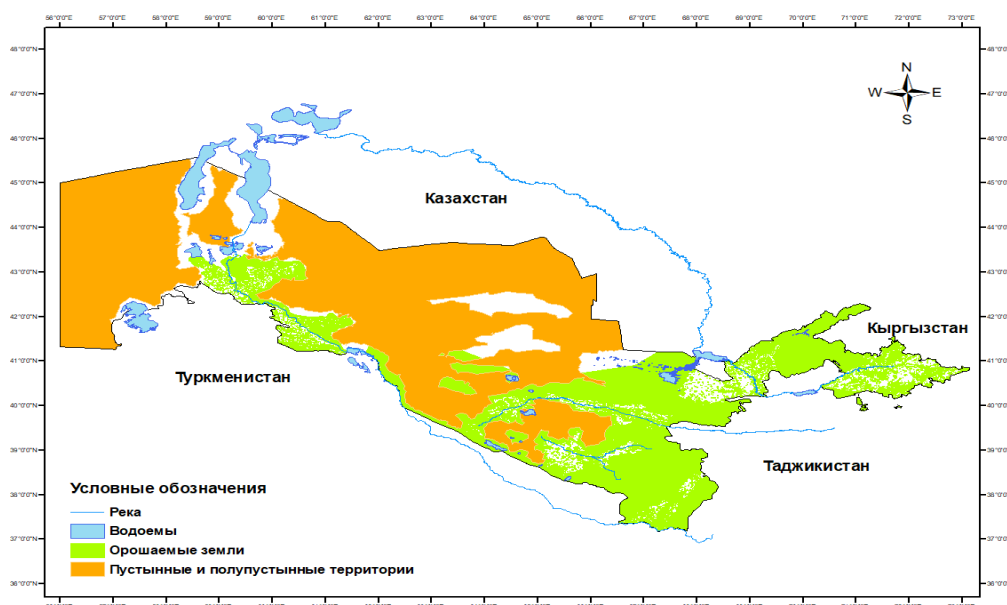


Рис.1. Пустынный и полупустынный ландшафт исследуемой территории, культурно-возделываемые площади.

Этот тип ландшафта включает в себя равнинные ландшафты, в том числе песчаные, илистые, каменистые, травянистые, солончаковые пустыни, серо-бурые почвы и ландшафты с суровым засушливым климатом и является предметом настоящего исследования. Луговой растительный покров характерен для субтропических эфемерных пустынных ландшафтов с лёссами.

Весной травы, цветущие в непосредственной близости друг от друга, хорошо развиваются, а летом быстро выгорают на солнце. Эти ландшафты характерны как для равнин, так и для невысоких предгорий.

Анализ и исследование растительного покрова и его динамики с использованием космических снимков показывает, что одной из важных задач остается внедрение комплексной автоматизированной системы мониторинга растительного покрова на основе мультиспектрального описания вегетационного индекса.

С запуском спутников Земли началась эпоха определения ресурсных возможностей Земли, использования их для изучения динамики экологической

среды, получения и анализа метеорологических данных. В результате Европейское космическое агентство (ЕВМЕТСАТ), Российская Федерация (РФ), Соединенные Штаты Америки (США), Франция, Япония, Индия, Китай, Бразилия и некоторые другие страны выпускают геостационарные спутники, предназначенные для получения и анализа метеорологических данных. Сформирована система, состоящая из метеорологических и ресурсных спутников.

Исследования по анализу динамики растительного покрова в глобальном масштабе начались в 80-х годах прошлого века. На основе анализа нормализованного индекса растительного покрова, рассчитанного по данным NOAA/AVHRR, изучена динамика растительного покрова Америки, Евразии и других континентов. Стало возможным создание технологий оперативного мониторинга состояния растительного покрова на основе данных дистанционного зондирования спектральных параметров растительного покрова и совокупности метеорологических данных, собранных в едином ГИС.

Использование технологии мониторинга и прогнозирования динамики состояния растительного покрова, в том числе, состояния сельскохозяйственных культур, позволяет установить детальный глобальный мониторинг за вегетационный период и в течение года с разбивкой по районам, не исключая наземные наблюдения.

Во второй главе диссертации, под названием **«Обработка основных метеорологических и спутниковых данных»**, представлены классификация и типы существующих наземных спутниковых систем, таких как NOAA/AVHRR, MODIS/AQUA, MODIS/TERRA и LANDSAT 8, используемых для мониторинга растительного покрова пустынных и полупустынных пастбищ. В качестве метео данных использовались данные реанализа ERA5 и данные, полученные по наблюдениям метеорологической сети Узгидромета (рис. 2).

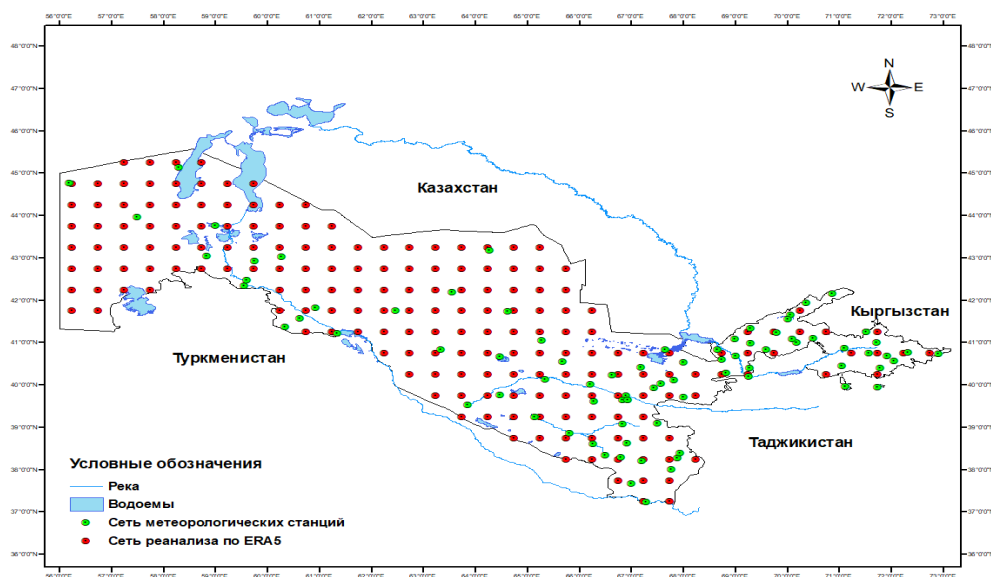


Рис.2. Сеть метеорологических станций и сети реанализа на территории Республики Узбекистан.

Третья глава диссертации «**Разработка оперативной технологии мониторинга растительного покрова по данным спутникового дистанционного зондирования**» посвящена первичной и тематической обработке спутниковых изображений.

В рамках первичной обработки осуществлялась геометрическая обработка, выполняемая двумя методами:

- 1) с использованием алгоритма географической привязки по орбитальным данным;
- 2) алгоритма географической привязки по опорным точкам с предварительной коррекцией снимка на кривизну Земли.

В данной диссертационной работе для спутника NOAA/AVHRR использовался второй метод и выполнялся трансформирование изображения в заданную картографическую проекцию (рис. 3).

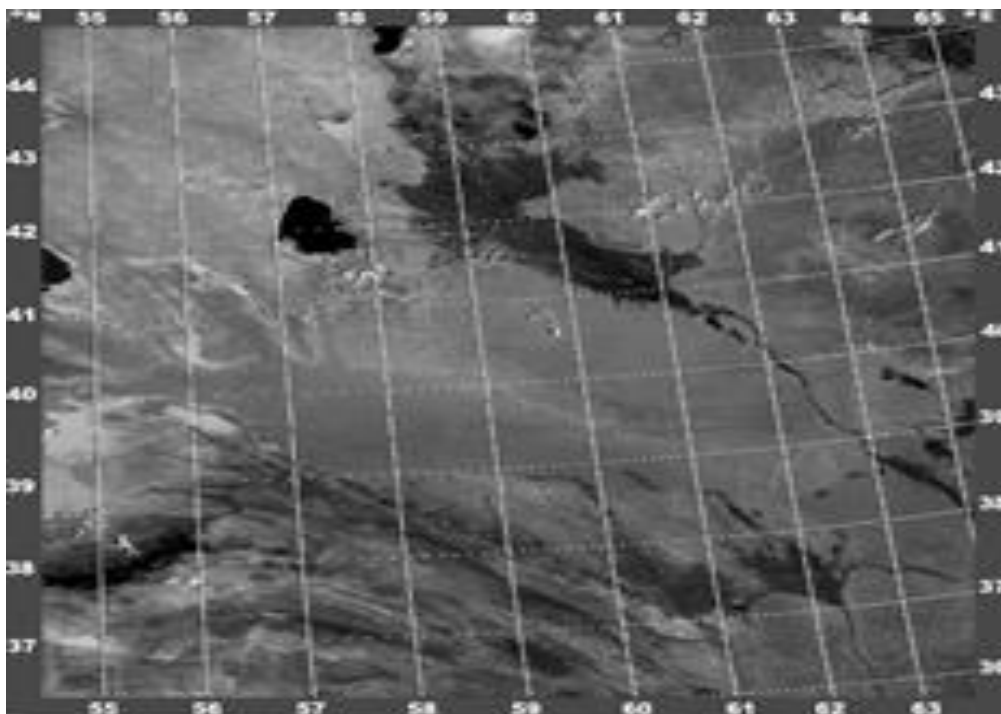


Рис.3. Фрагмент изображения ИСЗ NOAA/AVHRR (24.05. 2017), подвергнутый полному циклу геометрической коррекции и географической привязки.

Корректировка бортовой аппаратуры ИСЗ NOAA/AVHRR с земли не предусмотрена. Поэтому в некоторых случаях возникает необходимость введения калибровочной функции для корректировки уровней яркости изображения на этапе первичной обработки снимка. Такая функция может быть получена в результате проведения подспутникового эксперимента – выполнения сканирования в соответствующих диапазонах длин волн с борта самолёта (аэросъёмка) или с использованием дронов тестовых участков с исследуемыми объектами.

Внизу приведено положение географической привязки, рассчитанное до и после применения процедуры коррекции. Как видно из таблицы, выполнение

процедуры коррекции результатов географической привязки спутниковых изображений уменьшает погрешность географической привязки (табл.1).

Таблица 1

Оценка точности географической привязки изображения,
по десяти снимкам ИСЗ NOAA/AVHRR

№ снимка	Максимальные абсолютные невязки			
	до коррекции		после коррекции	
	широта	долгота	широта	долгота
1	0,25	0,28	0,02	0,04
2	0,13	0,30	0,05	0,07
3	0,24	0,25	0,02	0,05
4	0,19	0,19	0,03	0,03
5	0,14	0,17	0,04	0,07
6	0,16	0,15	0,05	0,02
7	0,13	0,15	0,05	0,03
8	0,11	0,21	0,03	0,02
9	0,15	0,23	0,02	0,04
10	0,14	0,18	0,02	0,02

В тематической обработке проведено вычисление растительного индекса для исследуемых территорий. В качестве вегетационного индекса рассмотрен нормализованный индекс растительности - NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), вычисляемый по формуле

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (1)$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра;
RED – отражение в красной области спектра.

Согласно вышеуказанной формуле (1), плотность растительности равна разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне, деленной на сумму их интенсивностей. Расчет NDVI базируется на двух устойчивых участках спектральной кривой отражения растений. Для отображения индекса NDVI используется дискретная шкала значений в диапазоне $\{-1,+1\}$.

Автоматизация процедур в данной работе была реализована на основе приложения “ModelBuilder” пакета ArcGIS 10.8 в целях растрового отображения исследуемой территории и вычисления вегетационного индекса NDVI по снимкам Landsat (рис.4).

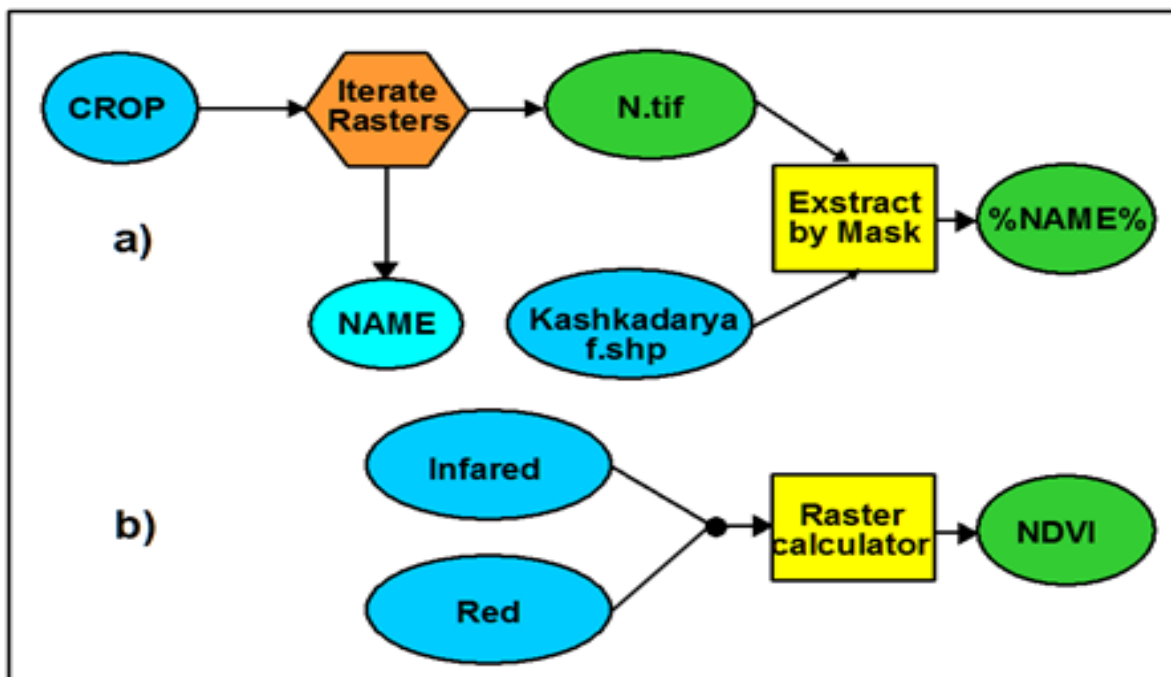


Рис.4. Автоматизированного управления процессами по заданным входным параметрам (Модуль в ArcGIS)

В 4-ой главе диссертации «Динамика NDVI пастбищных ландшафтов по ДМДЗ на территории Узбекистана во взаимосвязи с климатическими изменениями» разработана процедура формирования базы данных реанализов, исследована статистическая однородность временных рядов температуры и осадков (рис. 5), динамика растительности пастбищного ландшафта во взаимосвязи с климатическими изменениями и представлен алгоритм классификации объектов изображения на заданное число классов.

Статистическая однородность временных рядов оценивалась на основании критериев Фишера и Стьюдента.

Критерий однородности временных рядов по Фишеру (однородности дисперсий):

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}, \quad (2)$$

где σ_1^2, σ_2^2 – дисперсии проверяемых на однородность временных рядов.

Проверка однородности средних значений временных рядов основывалась на t - критерии Стьюдента:

$$t = \frac{|\bar{F}_1 - \bar{F}_2|}{\sqrt{n_1\sigma_1 + n_2\sigma_2}} \cdot \sqrt{\frac{n_1n_2 \cdot (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}, \quad (3)$$

где \bar{F}_1, \bar{F}_2 – средние исследуемых рядов, n_1, n_2 – их длина, σ_1, σ_2 – дисперсии, соответственно.

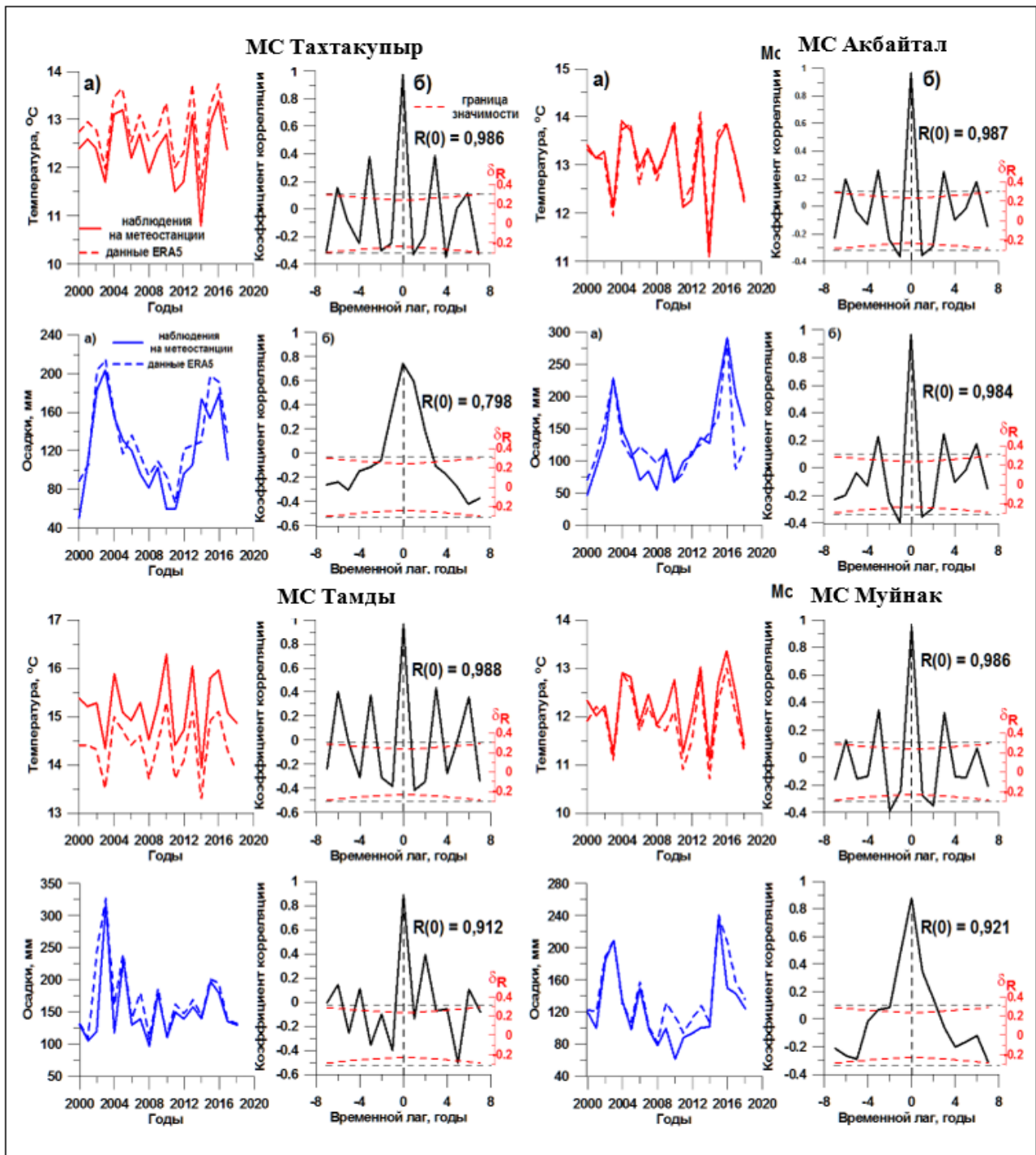


Рис.5. Согласованность наблюденных на метеостанциях данных и данных реанализов температуры и осадков.

Далее с использованием алгоритма «Random Forest» проведена классификация типов объектов на изображении, а наличие тестовых участков позволило выполнить верификацию результатов классификации, т.е. дать оценку работы алгоритма.

Основная идея алгоритма состоит в следующем. Обозначим через N количество принятия решений (количество ансамблей) и пусть p – вероятность i -го правильного решения из N решений, μ – вероятность правильного решения по всем N , m – минимальное большинство из N , т.е. $m = N/2 + 1$.

$$\text{Очевидно,} \quad \mu = C_N^i p^i (1-p)^{N-i}, \quad (4)$$

где C_N^i – число сочетаний из N по i . Тогда, если $p > 0,5$ то $\mu > p$, следовательно, если $N \rightarrow \infty$, то $\mu \rightarrow 1$. В противном случае, когда $p < 0,5$, $\mu \rightarrow 0$. Таким образом, чем больше количество ансамблей, тем точнее будет выполнена классификация (построение «дерева»).

Критерий порогового значения определяется по формуле $iGAIN$

$$iGAIN(S) = H(S) - \sum_{v=1}^N \frac{S_v}{S} H(S_v), \quad (5)$$

$$H(S) = - \sum_{c \in C} p_c \log_2 p_c, \quad (6)$$

где C – множество классов рассматриваемой задачи, p_c – вероятность класса c для множества объектов S , $H(S)$ – энтропия множества S , $H(S_v)$ – энтропия v -го объекта множества S , N – количество объектов. Процесс разбиения (построение «дерева») выполняется дихотомически, т.е. выполняется деление на две более мелкие группы.

На рис. 6 наглядно показан процесс построения дерева решений в соответствии с принятым в данной работе разбиением классов.

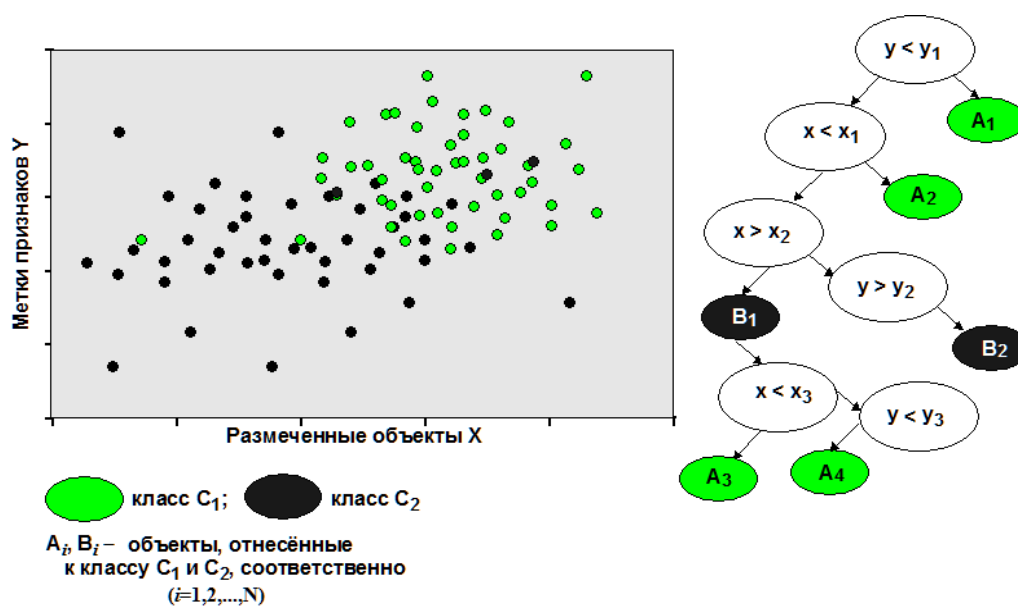


Рис.6. Дерево решений для двух классов

В данной работе рассматривается два класса: класс C_1 – растительный покров; класс C_2 – другие объекты. Пусть $\{(x_i, y_i)\}$ ($i=1, 2, \dots, N$) – размеченная выборка объектов, где $x_i \in \mathbb{R}^2$ – признаковое описание объекта в двумерном пространстве, а $y_i \in \{0,1\}$ – метка признака.

Матрицы реанализа числовых данных были сформированы с сайта метеорологических баз данных, открытого для создания и извлечения. Для этого, данные реанализа ERA5, представленные в формате NETcdf, были переведены в формат TIF – цифровая матрица данных с помощью дополнительного пакета “ModelBulder” программы ArcGIS 10.8 (рис. 7).

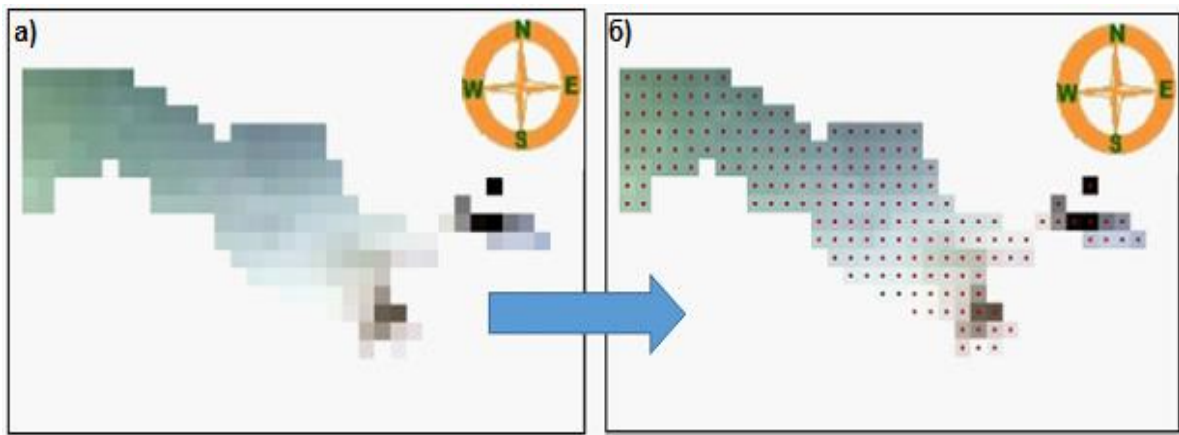


Рис.7. Конвертирования данных реанализа формата NETcdf в матрицу:
 а) – растровый формат; б) – цифровая матрица.

Даты начала и окончания вегетационного периода важными параметрами составит ведении сельского хозяйства, а также в задачах моделирования динамики растительного покрова. В диссертационной работе сроки начала вегетации определялись на основе метеорологических и спутниковых (NOAA/AVHRR) данных за 2017 г. на примере полигона плато Устюрт (рис.8).

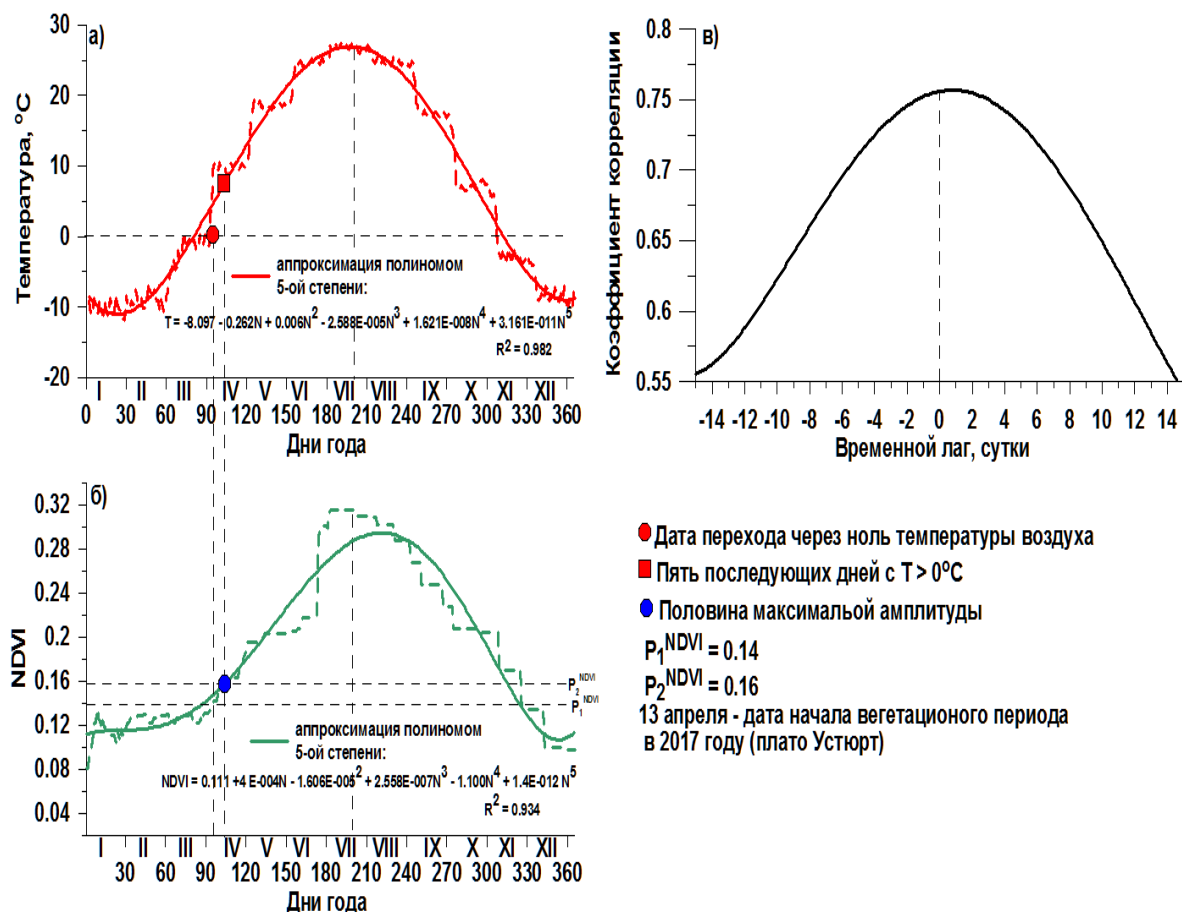


Рис.8. Результат расчета начала вегетационного периода по комплексным данным.

а) – а временной ход температуры; б) – временной ход NDVI; в) – кросскорреляционная функция временного сдвига.

Используемый в работе метод определения начала вегетационного периода покрытия растительностью пастбищного ландшафта NDVI основан на комплексном анализе синхронных временных рядов и метеорологических данных. Начало вегетационного периода рассчитывается методом полуамплитуд при соблюдении дополнительных условий (рис. 9).

Иными словами, вейвлет-анализ, в отличие, например, от преобразования Фурье, которое локализуя частоты не даёт временного разрешения процесса, позволяет одинаково хорошо выявить, как низкочастотные, так и высокочастотные характеристики исследуемого временного ряда на разных временных масштабах.

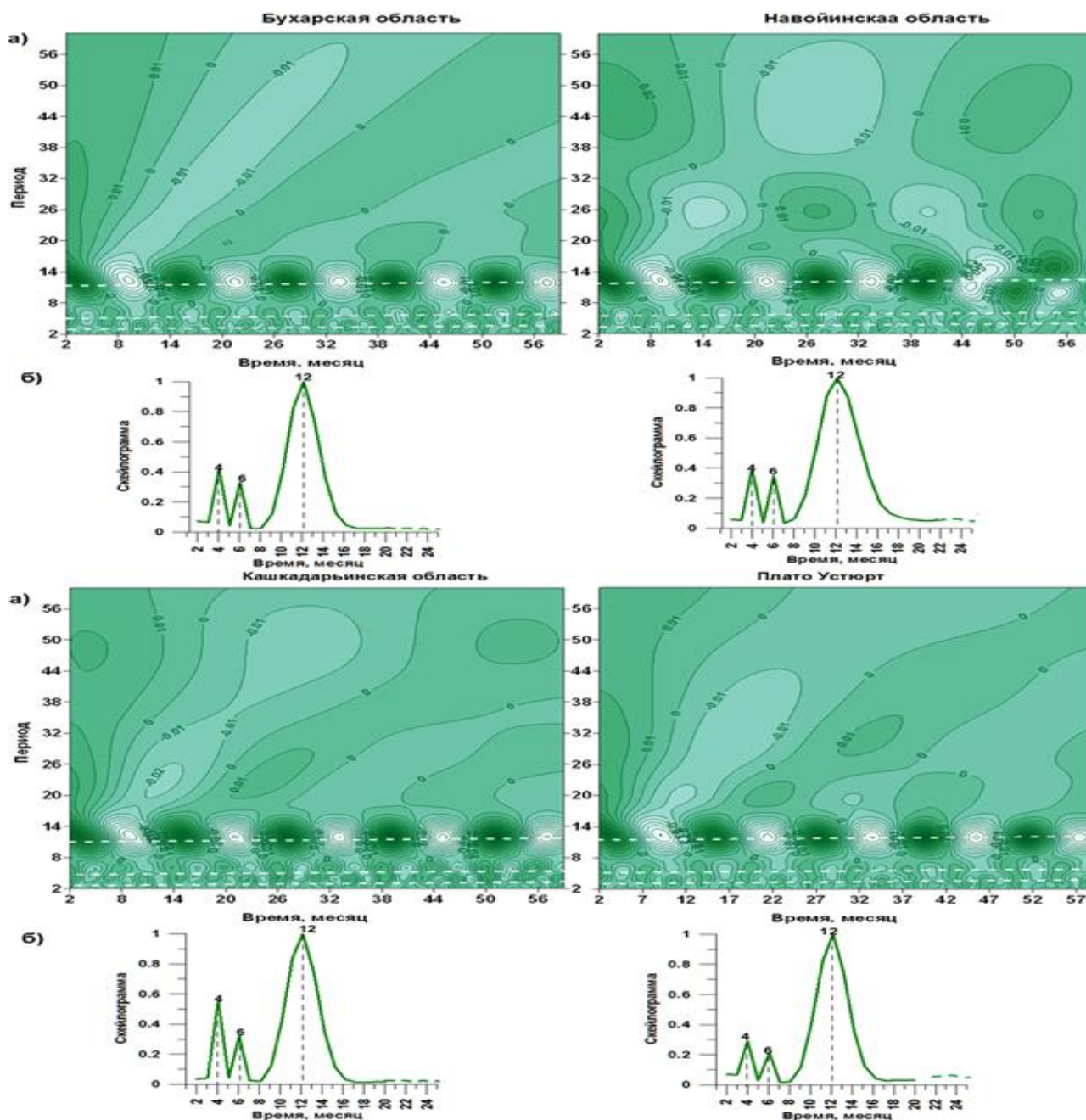


Рис.9. Вейвлет-анализ продолжительности вегетационного периода.

а) – амплитудная вейвлет функция; б) – интегральный спектр – скейлограмма; числа над пиками – периоды колебаний.

Пастбищная растительность была идентифицирована в пустынных и полупустынных регионах Узбекистана с помощью искусственных изображений MODIS с использованием языка программирования R (рис.10).

На нижеуказанном рисунке площадь зеленого покрова пастбищных территорий, определенная классификацией, после 2005 г. уменьшилась.

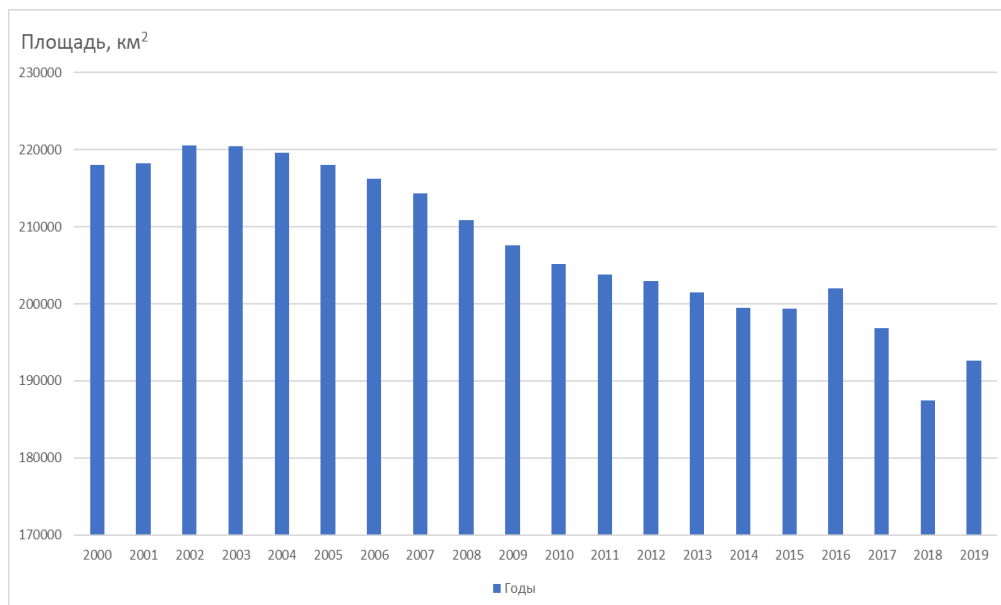


Рис.10 Динамика пастбищной растительности на пустынной и полупустынной территории Узбекистана

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработаны методы первичной и тематической обработки спутниковых изображений. На этапе первичной обработки исключаются ошибки, вызванные геометрическими искажениями за счет кривизны Земли. Исключение этих ошибок увеличивает точность географической привязки до 98 %.

2. Собрано и проанализировано в полевых условиях GPS-прибором более 2000 точек с экспериментальных участков. Определено, что в диапазоне дискретной шкалы NDVI в интервале $0,2 < NDVI < 0,3$ сосредоточена пастбищная растительность. По коротковолновым инфракрасным изображениям (SWIR2) и спектральным коэффициентам отражения (RMS) для марта-августа месяцев определено, что высота растительного покрова составляет 15-40 см.

3. Разработан комплексный полуамплитудный метод в сочетании с данными NDVI расчета начала вегетационного периода. Показана достаточно высокая корреляционная связь между температурой воздуха и NDVI ($r = 0,76$).

4. На основе вейвлет-анализа нормализованного индекса растительности изучены спектрально-динамические характеристики растительного покрова за период в 20 лет на примере Бухарского, Навоийского, Кашкадарьинского областей и плато Устюрт. Период 12 месяцев (годовой период) тривиален. Период в 4 месяца – время наиболее продуктивной вегетации растительного покрова пастбищного ландшафта, а 6 месяцев – продолжительность вегетации для рассмотренных полигонов в 4-х областях Республики Узбекистан.

5. Сравнились климатические данные, наблюдаемые на метеостанциях и открытых интернет-порталах (ERA5). В результате корреляция по температуре воздуха на станции Тахтакупыр и показателей, полученных по ERA-5, составила $r = 0,986$, а корреляция по осадкам $r = 0,789$.

6. На основе алгоритма «Random Forest» разработаны итерационные алгоритмы распознавания объектов на снимке и оценка растительного покрова пастбищного ландшафта. В результате точность классификации объектов на снимке составляет для Бухарской области 88,3%, а пастбищной растительности 87,5%; для Навоийской области 73,3% и 64% соответственно.

7. На основе данных дистанционного зондирования и разработанной методики проанализирована динамика изменения пастбищной растительности. В результате площадь пастбищной растительности составила 218 020 км² в 2000 году и 208 832 км² к 2019 году. Установлено, что за 20 лет площадь пастбищной растительности уменьшилась на 9188 км².

**SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARD OF SCIENTIFIC DEGREES
DSc.27/30.12.2019.G.47.01
AT THE HYDROMETEOROLOGICAL RESEARCH
INSTITUTE**

HYDROMETEOROLOGICAL RESEARCH INSTITUTE

ZAITOV SHERZOD SHUKHRATOVICH

**MONITORING THE DYNAMICS OF PASTURE VEGETATION IN THE
DESERT AND SEMI-DESERT TERRITORY OF UZBEKISTAN USING
REMOTE SENSING DATA UNDER CLIMATE CHANGE CONDITIONS**

11.00.04 – Meteorology. Climatology. Agrometeorology

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
IN GEOGRAPHICAL SCIENCES**

Тошкент – 2024

The title of the doctoral dissertation (PhD) has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with registration number of B2022.1.PhD/G135.

The dissertation has been prepared at the Hydrometeorological Research Institute.

The abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English-resume) is available online on the Scientific council website (www.nigmi.uz) and on the website of “Ziyo.net” information-educational portal (www.ziyounet.uz).

Scientific consultant:	Arushanov Mikhail Lvovich doctor of geographical science, professor
Official opponents:	Safarov Eshkobul Yuldashevich doctor of technical sciences, professor Sultosheva Oralkhan Genjebaevna PhD in geographical science, assistant professor
Leading organization:	Namangan State University

The defense of the dissertation will take place on “27” March 2024 in “14⁰⁰” at the meeting of the Scientific Council for award of Scientific degrees DSc. 27/30.12.2019.G.47.01 at the Hydrometeorological Research Institute. (Address: 72, 1st Bodomzor yuli street, Tashkent 100052. Ph.: +998 71 2358512. Fax: +998 71 2371319. E-mail: info@nigmi.uz).

PhD dissertation can be found at the Scientific-technical library of the Hydrometeorological Research Institute (registered under № 233). (Address: 72, 1st Bodomzor yuli street, Tashkent 100052. Ph.: +998 71 2358512. Fax: +998 71 2371319. E-mail: (info@nigmi.uz).

Abstract of dissertation has been distributed on “9” March 2024 year.

(Mailing report № 2 on “9” March 2024 year).

B.M. Kholmatjanov
Chairman of the Scientific council
for award of scientific degrees,
Doctor of Geographical Sciences, Professor

B.E.Nishonov
Scientific Secretary of the Scientific council
for award of scientific degrees, PhD,
Senior researcher

Kh.Egamberdiev
Chairman of the scientific seminar under Scientific
council for award of scientific degrees,
Doctor of Geographical Science, Professor

INTRODUCTION (abstract of doctoral dissertation)

The aim of the research work is to develop an automated technology for processing multispectral images of pasture vegetation based on a data array of satellite images and ERA5 reanalysis, air temperature and precipitation.

The object of the research work is pasture vegetation of desert and semi-desert territories of Uzbekistan.

Scientific novelty of the research work is as follows:

a method for automated processing of spectral images has been developed to monitor the vegetation cover of desert and semi-desert areas of Uzbekistan;

the methodology of determining of the beginning and end of the growing season of pasture vegetation has been improved using the normalized difference vegetation index for desert and semi-desert territories of the Uzbekistan;

a method has been created to determine the period of growth and productivity of plants based on wavelet analysis by the level of greenness of vegetation in desert and semi-desert pastures in Uzbekistan;

a method of automatic assessment of vegetation cover dynamics of pastures during growing season has been developed for desert and semi-desert territories of the republic.

Implementation of the research results.

Based on the scientific results of monitoring pasture vegetation using remote sensing:

for the first time the method of automatic processing of spectral-wave signals for the purpose of complex monitoring of pastures in desert and semi-desert regions were used in the Center of Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan in the process of mapping of vegetation cover in pasture areas of Sentyab-Nurata, Yangikishlak, Tamdy, Buzaubai, Nurabad, Mashikuduk, Akbaital and Ustyurt (Reference No. 01-15-1654 of the Center of Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan dated December 27, 2022). As a result, high efficiency of operational monitoring of pasture plants was achieved;

improved methodology of determining the beginning and end of vegetation period of pasture plants for desert and semi-desert areas using normalized vegetation cover index (NDVI) was introduced in the Center of Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan (Reference No. 01-15-1654 of the Center of Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan dated December 27, 2022). As a result, the plan of measures to be implemented in the studied pasture areas was specified;

methodology of pasture area change assessment in desert and semi-desert territories based on wavelet analysis was used in the Center of Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan to solve the issues of situation assessment on the period of plant growth during the growing season and the period of its productivity (Reference No. 01-15-1654 of the Center of Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan dated December 27, 2022). As a result, it was possible to determine the period of plant growth during the vegetation period and the period of its

productivity;

the method of automatic assessment of pasture plants based on R programming language was used in the Center of Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan in the process of monitoring the dynamics of pasture plants using remote sensing data in the areas of Sentyab-Nurata, Yangikishlak, Tamdy, Buzaubai, Nurabad, Mashikuduk, Akbaital and Ustyurt (Reference No. 01-15-1654 of the Center of Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan dated December 27, 2022). As a result, it became possible to automatically monitor the dynamics of pasture vegetation based on Earth remote sensing data.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation work consists of introduction, four chapters, conclusion, list of references and annexes. The volume of the dissertation is 118 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИЛМІЙ ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. R.Remelgado., Sh.Zaitov., Sh.Kenjabaev., G.Stulina., M.Sultanov., M. Ibrakhimov., M.Akhmedov., V.Dukhovny and C.Conrad. A crop type dataset for consistent land cover classification in Central Asia // Scientific data. - 2020. – Т. 7. – № 1. - P. 250. (Scopus, IF= 6.444).

2. Löw F., Dimov D., Kenjabaev Sh., Zaitov Sh., Stulina G., Dukhovny V. Land cover change detection in the Aralkum with multi-source satellite datasets // GIScience & Remote Sensing. - 2021. - P.17-35. (Scopus, IF=5.73).

3. Зайтов Ш.Ш., Абдулахатов Э.И., Ярашев Д.Ў. Ўзбекистоннинг шимоли-шарқий дарё ҳавзаларида 2010-2019 йилларда кузатилган курғоқчилик хавфини баҳолаш // Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги. - Тошкент. - 2021. - № 4. - Б.30-43. (11.00.00; № 11).

4. Зайтов Ш.Ш. Согласование 2-х и 3-х канальных вегетационных индексов для растительного покрова на естественных пастбищах // Экономика и социум. - 2022. - Выпуск № 3. - С.555-563. (11.00.00; № 11).

5. Зайтов Ш.Ш. 2008-2018 йилларда Бухоро ва Навоий вилоятларида ер қопламини баҳолаш ва уларнинг ўзгаришларини таҳлил қилиш // Экономика и социум. - 2022. - Выпуск № 3. - Б.564-568. (11.00.00; № 11).

6. Зайтов Ш.Ш. Ўсимликнинг соғломлиги индекси ва ер юзаси ҳарорати индекслари орқали курғоқчиликни баҳолаш (Устюрт мисолида) // Экономика и социум. - 2022. - Выпуск № 4. - Б.849-855. (11.00.00; № 11).

7. Ш.Ш.Зайтов. Сравнение глобальных осадков и температуры с фактическими наблюденными данными на территории Узбекистана // Экономика и социум. - 2022. - Выпуск № 5. - С.440-447. (11.00.00; № 11).

8. Зайтов Ш.Ш. Сунъий йўлдош тасвирларини чўл ландшафти мониторинги учун бирламчи ва иккиламчи қайта ишлаш жараёнининг таҳлили // Экономика и социум. - 2022. - Выпуск № 5. - С.448-455. (11.00.00; № 11).

9. Зайтов Ш.Ш., Гафуров З.А., Каттакулов Ф.С., Хамдамова Г.М. Будущие климатические прогнозы с использованием глобальной климатической модели (GCM) и данных наблюдений для бассейна реки Амударья // O‘zbekiston zamini. - 2023. - № 2. - Б.147-150. (11.00.00; № 12).

II бўлим (II часть; II part)

10. Conrad C., Schönbrodt-Stitt S., Abdullaev I., Dimov D., Ibrakhimov M., Knöfel P., Leinich M., Morper-Busch L., Schorcht G. Solodky G., Sorokin A., Sorokin D., Stulina G., Toshpulatov R., Ungershayesteh K., Zaitov S., Dukhovny V. Remote sensing and GIS for supporting the agricultural use of land and water resources in the Aral Sea basin / Water Resources of Central Asia and their Use. Materials to the International Scientific-Practical Conference devoted to the summing-up of the «Water

for Life» decade declared by the United Nations. - Almaty. - 2016. - Volume 3. - P.111-121.

11. Зайтов Ш.Ш., Гафуров А.З., Гафуров А.А. Оценка динамики растительности по данным MODIS в Кашкадарьинской области / Международная научно-практическая конференция “Современные научные решения актуальных проблем”. - Ростов-на-Дону. - 2022. - С.21-32.

12. Зайтов Ш.Ш. Методы дистанционного зондирования в изучении растительного покрова пустынь и полупустынь / Янги Ўзбекистон: Инновация, фан ва таълим мавзусидаги республика 49-кўп тармоқли илмий масофавий онлайн конференция материаллари тўплами. - 2023. - № 25. - С.7-11.

13. Зайтов Ш.Ш. Ўзбекистондаги чўл ва ярим чўл ҳудудлари учун дала маълумотларини спектрал таҳлили ва натижалари / Янги Ўзбекистон: Инновация, фан ва таълим мавзусидаги республика 49-кўп тармоқли илмий масофавий онлайн конференция материаллари тўплами. - 2023. - № 25. - Б.18.

14. Тажетдинова Д.М., Зайтов Ш.Ш. Маҳаллий эндем тур *Attiplex Pratorii* Shukhor ҳақида / «Жанубий Оролбўйи табиий ресурсларидан оқилona фойдаланиш ва муҳофаза қилиш муаммолари» IX Халқаро илмий-амалий конференцияси. – Нукус. 2023. - Б.80-83.

Автореферат “Гидрометеорология ва атроф-муҳит мониторинги”
журналида таҳрирдан ўтказилди.

Bosishga ruxsat etildi: 09.03.2024-yil
Bichimi: 60x84^{1/16}, «Times New Roman»
garniturada raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i 2.8. Adadi 100. Buyurtma: №15
Tel: (77) 300 99 09; (99) 832 99 79
Guvohnoma reestr № 10-3279
«IMPRESS MEDIA» MCHJ bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: Toshkent sh., Yakkasaroy tumani, Qushbegi ko‘chasi, 6 uy.