

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

"Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті"
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау - кен металлургия институты

Маркшейдерлік іс және геодезия кафедрасы

Тойшы Аяулым Бегімбетқызы

Ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлердің пайдалануын
аэрофотоғарыштық деректер негізінде талдау

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7М07306 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

ӘОЖ 36.23.25;68.29.01

Қолжазба құқығында

Тойшы Аяулым Бегімбетқызы

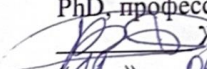
Магистр академиялық дәрежесін алу үшін
МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертацияның атауы Ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлердің пайдалануын
аэрофотоғарыштық деректер негізінде талдау

Дайындау бағыты 7М07306 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия

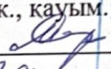
Ғылыми жетекші,

PhD, профессор

 Жакыпбек Ы.
«19» 06 2025 ж.

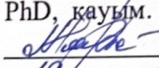
Рецензент

т.ғ.к., қауым. профессор

 Сарыбаев О.А.
«20» 06 2025 ж.

Норма бақыдаушы

PhD, қауым. профессор

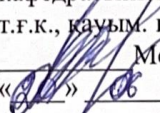
 Айтказинова Ш.К.
«19» 06 2025 ж.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«Маркшейдерлік іс және геодезия»
кафедрасының меңгерушісі
т.ғ.к., қауым. профессор

 Мейрамбек Г.
«19» 06 2025 ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Ө.А Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

Маркшейдерлік іс және геодезия кафедрасы

7М07306 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия

БЕКІТЕМІН

«Маркшейдерлік іс және геодезия»
кафедрасының меңгерушісі
т.ғ.к., қауым. проф.

Мейрамбек Г.
«20» 06 2025 ж.

**Магистрлік диссертацияны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Магистрант: Тойшы Аяулым Бегімбетқызы

Тақырыбы: «Ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлердің пайдалануын
аэрофотозарыштық деректер негізінде талдау»

Академиялық мәселелер жөніндегі проректор 04.12.2023 жылы №548 -П/Ө бұйрығымен бекітілген
Аяқталған диссертацияны тапсыру мерзімі: « 20 » маусым 2025 ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы деректері: бастапқы түсірілім және зерттеу нәтижелері

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын сұрақтар тізімі:

а) Қашықтықтан зондтау деректері негізінде ауыл шаруашылық мақсатындағы
жерлердің жағдайын талдау әдістері

б) Ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерінің тиімді пайдалануын бақылау

в) Атырау облысы жерлерінің шөлейттенуін қашықтықтан зондтау деректері негізінде
мониторингтеу

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

Жұмыс презентациясы слайдтарда 22 көрсетілген

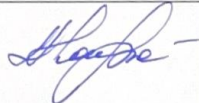
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1. Ы. Жакыпбек, А.Б.Тойшы, Е.Т. Утеев, С.В. Турсбеков, Ж.Т. Кожаев (2025).
«Атырау облысы жерлерінің шөлейттенуін қашықтықтан зондтау деректері негізінде
мониторингтеу» <https://doi.org/10.37884/1-2025/32>
2. Тойшы А.Б., Жакыпбек Ы., Кулан А.С., Турсбекова Г.Ж. Ауыл шаруашылық
жерлерін қашықтықтан зондтау әдісімен мониторингтеудің тиімділігі (2025)
3. А.Б. Тойшы, Ы. Жакыпбек, Н.Н. Мусахан, А.С. Әбен (2024). Аэроғарыштық
деректер негізде ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлердің жағдайын талдау әдістері
4. Google Earth Engine геопорталы <https://earthengine.google.com/>
5. «Қазақстан Ғарыш Сапары» ҰК геопорталы <https://www.gharysh.kz/>

Магистрлік диссертацияны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлім атауы, қарастырылған мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Қашықтықтан зондтау деректері негізінде ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлердің жағдайын талдау әдістері	10.01.2025 ж	—
Ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерінің тиімді пайдалануын бақылау	03.03.2025 ж	—
Атырау облысы жерлерінің шөлейттенуін қашықтықтан зондтау деректері негізінде мониторингтеу	12.05.2025 ж	—

Аяқталған магистрлік диссертация үшін, оған қатысты бөлімдердің жұмыстарын көрсетумен, кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған қолдары

Бөлімдердің атаулары	Консультанттар, аты-жөні (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Қашықтықтан зондтау деректері негізінде ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлердің жағдайын талдау әдістері	PhD, профессор Жақыпбек Ы.	19.06.25ж	
Ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерінің тиімді пайдалануын бақылау	PhD, профессор Жақыпбек Ы.	19.06.25ж	
Атырау облысы жерлерінің шөлейттенуін қашықтықтан зондтау деректері негізінде мониторингтеу	PhD, профессор Жақыпбек Ы.	19.06.25ж	
Норма бақылаушы	PhD, қауымдастырылған профессор Айтказинова Ш.К.	19.06.25	

Ғылыми жетекшісі

 Жақыпбек Ы.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды

 Тойшы А.Б.

Күні

«19» 10 2023 ж.

АНДАТПА

Диссертациялық зерттеу Атырау облысының ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерінде орын алып жатқан шөлейттену және деградация үдерістерін қашықтықтан зондтау технологиялары арқылы бағалауға бағытталды. Жұмыс барысында кеңістіктік және уақыттық талдаулар жүргізу үшін мультиспектралды (Landsat, Sentinel-2), радиолокациялық (Sentinel-1) және орташа ажыратымдылықтағы (MODIS) спутниктік деректер кешені пайдаланылды. Бұл деректерден алынған NDVI, EVI, LAI және NPRVI сынды вегетациялық индекстер өсімдік жамылғысының маусымдық және көпжылдық өзгерістерін, сондай-ақ деградация дәрежесін анықтауға мүмкіндік берді.

Спутниктік суреттер Google Earth Engine платформасында өңделіп, уақыттық қатарлар негізінде агроэкожүйелердің жағдайы сараланды. Сонымен қатар, SNAP және «Қазақстан Ғарыш Сапары» геопорталдарының деректері талдауға тартылды. Жұмыс барысында жер жамылғысын классификациялау мен шөлейттену белгілерін автоматты түрде айқындау мақсатында Random Forest, Support Vector Machines (SVM), SAM (Segment Anything Model) сияқты машиналық оқыту алгоритмдері қолданылды. Бұл әдістердің көмегімен егістік және жайылымдық жерлердің құрылымдық және түрлік трансформациясы жоғары дәлдікпен анықталды.

Зерттеу аясында дронмен алынған гиперспектралды деректер мен жерүсті спектрометрлік өлшеулер пайдаланылып, спутниктік ақпараттың сапасын арттыру мақсатында радиометриялық және спектралдық калибрлеу жұмыстары жүргізілді. Бұл тәсіл алынған нәтижелердің нақтылығын күшейтіп, биофизикалық параметрлердің кеңістіктік үлестірілімін дәлірек бағалауға мүмкіндік берді.

Жалпы, жұмыс барысында Атырау облысының шөлейттенуге бейім табиғи-географиялық аймақтары кеңістіктік жағынан анықталып, ауыл шаруашылығы жерлерінің жай-күйі мен деградация қарқыны сандық түрде сипатталды. Ұсынылған әдістеме заманауи қашықтықтан зондтау технологиялары мен геоақпараттық талдау құралдарын біріктіре отырып, агроэкожүйелердің жай-күйін жедел бағалауға, жер ресурстарын ұтымды басқаруға және шөлейттенуге қарсы шараларды ғылыми негізде жоспарлауға мүмкіндік береді.

АННОТАЦИЯ

Диссертационное исследование направлено на оценку процессов опустынивания и деградации сельскохозяйственных земель Атырауской области с использованием технологий дистанционного зондирования. В работе применен комплекс спутниковых данных различного типа – мультиспектральные (Landsat, Sentinel-2), радиолокационные (Sentinel-1) и данные среднего пространственного разрешения (MODIS). На основе расчетов вегетационных индексов NDVI, EVI, LAI и NPRVI проведен анализ сезонной и многолетней динамики растительного покрова и степени деградации земель.

Обработка спутниковых изображений осуществлялась на платформе Google Earth Engine с использованием временных рядов для оценки состояния агроэкосистем. Также использованы данные порталов SNAP и «Қазақстан Ғарыш Сапары». Для автоматической классификации земной поверхности и выявления признаков деградации применены алгоритмы машинного обучения – Random Forest, Support Vector Machines (SVM) и Segment Anything Model (SAM), что обеспечило высокоточную идентификацию трансформаций сельскохозяйственных угодий.

В рамках исследования использованы гиперспектральные данные, полученные с беспилотных летательных аппаратов, а также наземные спектрометрические измерения. Эти данные были использованы для радиометрической и спектральной калибровки спутниковой информации, что повысило точность результатов и позволило детально оценить пространственное распределение биофизических параметров.

В целом, работа позволила выявить природно-географические зоны Атырауской области, подверженные опустыниванию, и дать количественную оценку деградации сельскохозяйственных земель. Предложенная методика позволяет оперативно оценивать состояние агроэкосистем, обоснованно планировать меры по борьбе с опустыниванием и эффективно управлять земельными ресурсами.

ANNOTATION

This dissertation research focuses on assessing desertification and land degradation processes in agricultural territories of the Atyrau region using remote sensing technologies. A comprehensive set of satellite data was applied, including multispectral (Landsat, Sentinel-2), radar (Sentinel-1), and medium-resolution (MODIS) imagery. Vegetation indices such as NDVI, EVI, LAI, and NPRVI were calculated to evaluate seasonal and long-term dynamics of vegetation cover and land degradation levels.

Satellite image processing was carried out using the Google Earth Engine platform. Time-series analysis enabled the spatial and temporal assessment of agroecosystem conditions. Additionally, data from the SNAP software and the "Kazakhstan Gharysh Sapary" geoinformation portal were employed. For automatic land cover classification and detection of degradation patterns, machine learning algorithms including Random Forest, Support Vector Machines (SVM), and Segment Anything Model (SAM) were used, providing highly accurate mapping of land transformations.

Furthermore, hyperspectral imagery acquired by unmanned aerial vehicles and ground-based spectrometric measurements were integrated to perform radiometric and spectral calibration of the satellite data. This significantly improved the reliability of results and allowed for precise estimation of spatial distribution of key biophysical parameters.

Overall, the study identified areas in the Atyrau region most vulnerable to desertification and provided a quantitative assessment of agricultural land degradation. The proposed methodology demonstrates the effectiveness of combining modern remote sensing and geospatial analysis tools for real-time assessment of land condition, supporting evidence-based planning for land resource management and desertification mitigation.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	10
1 Қашықтықтан зондтау деректері негізінде ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлердің жағдайын талдау әдістері	12
1.1 Қашықтықтан зондтау деректерін ауыл шаруашылығында пайдаланудың тиімділігі	12
1.2 Спутниктік деректерімен оны өңдеу бағдармалары	16
1.3 Зерттеу әдістерінің әдіснамалық және технологиялық ерекшеліктер	23
Бірінші тарау бойынша тұжырым	24
2 Ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерінің тиімді пайдалануын бақылау	25
2.1 Ауыл шаруашылығы жерлерді тиімді пайдалануды бақылаудың негізгі тәсілдері	25
2.2 Ауыл шаруашылығы жерлердің мақсатты пайдалануын бақылаудың әлемдік тәжірибесі	26
2.3 Қазақстан Республикасындағы ауыл шаруашылық жерлерді тиімді пайдалануын аэроғарыштық бақылау	29
Екінші тұжырым бойынша тұжырым	32
3 Атырау облысы жерлерінің шөлейттенуін қашықтықтан зондтау деректері негізінде мониторингтеу	34
3.1 Қазақстандағы ауыл шаруашылығы жерлерін ғарыштық мониторингтеу	34
3.2 Атырау облысы Мақат ауданындағы топырақ деградациясының экологиялық аспектілері	43
3.3 Спутниктік деректер негізінде нейрондық желіні қолдана отырып, ауыл шаруашылық дақылдарының өнімділігін талдау	48
Үшінші тарау бойынша тұжырым	55
Қорытынды	57
Пайдаланылған әдебиеттер	59

Қысқартулар	Толық атауы
ҚЗ	Қашықтықтан зондтау
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index – Нормаланған өсімдік индексі
EVI	Enhanced Vegetation Index – Жетілдірілген өсімдік индексі
LAI	Leaf Area Index – Жапырақ ауданы индексі
NPRVI	Normalized Polarimetric Radar Vegetation Index – Нормаланған поляриметриялық радиолокациялық өсімдік индексі
SAVI	Soil Adjusted Vegetation Index – Топыраққа бейімделген өсімдік индексі
GEE	Google Earth Engine – Google компаниясының геосервистік платформасы
SNAP	Sentinel Application Platform – ESA әзірлеген спутниктік деректерді өңдеу бағдарламасы
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer – Орташа кеңістіктік ажыратымдылықтағы спектрорадиометр
DEM	Digital Elevation Model – Цифрлық биіктік моделі
GCP	Ground Control Point – Жер үстіндегі бақылау нүктесі
SVM	Support Vector Machines – Қолдау векторлары машиналары
CNN	Convolutional Neural Network – Конволюциялық нейрондық желі
OBIA	Object-Based Image Analysis – Нысанға негізделген кескін талдауы
ISODATA	Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique Algorithm – Өзін өзі ұйымдастыратын қайталамалы мәліметтерді талдау алгоритмі

Осы жұмыста келесі терминдер мен анықтамалар қолданылады

Қашықтықтан зондтау (ҚЗ) – Жер беті мен атмосфераның күйін ғарыштық немесе әуеден алынған суреттер арқылы зерттейтін технология. Бұл әдіс жерге бармай-ақ, үлкен аумақтарды бақылауға мүмкіндік береді.

Вегетациялық индекстер – Өсімдіктердің жағдайын сипаттайтын сандық көрсеткіштер. Олар спутниктік суреттердегі әртүрлі спектралдық жолақтар арасындағы қатынас арқылы есептеледі. Мысалы, NDVI – фотосинтез белсенділігін көрсетеді, ал LAI – жапырақтың тығыздығын сипаттайды.

Спектралдық қолтаңба – Белгілі бір нысанның (өсімдік, топырақ, су және т.б.) әртүрлі толқын ұзындығында жарықты қалай шағылыстыратынын сипаттайтын ерекше белгілер жиынтығы.

Гиперспектралды бейнелеу – Жүздеген тар спектралдық арнадан тұратын сурет түсіру әдісі. Бұл әдіс өсімдіктердің түрін, күйін және биохимиялық құрамын дәл анықтауға мүмкіндік береді.

Мультиспектралды бейнелеу – Бірнеше кең спектралдық диапазон бойынша түсірілген спутниктік суреттер. Мысалы, көк, қызыл, инфрақызыл арналар қамтылады.

Дешифрлеу (интерпретация) – Спутниктік немесе аэротүсірілім кескіндерін талдау арқылы жер бетіндегі нысандарды, олардың пішінін, күйін және таралуын анықтау процесі.

Классификация – Спутниктік кескіндегі әр пиксельді белгілі бір категорияға (егістік, жайылым, орман, су және т.б.) жатқызу үдерісі. Бұл процесс машиналық оқыту әдістерімен автоматтандырылуы мүмкін.

Уақыттық қатарлар – Белгілі бір аймаққа қатысты бірнеше уақыт аралығында алынған спутниктік мәліметтер жиынтығы. Олар өсімдіктердің маусымдық немесе көпжылдық өзгерістерін бақылауға көмектеседі.

Google Earth Engine (GEE) – Спутниктік суреттерді өңдеп, талдауға арналған бұлттық геосервистік платформа. Бұл платформа уақыттық қатарлар мен вегетациялық индекстерді автоматты түрде есептеуге мүмкіндік береді.

Random Forest – Көптеген шешім ағаштарының жиынтығына негізделген машиналық оқыту алгоритмі. Ол спутниктік кескіндердегі нысандарды дәл классификациялауға қолданылады.

Segment Anything Model (SAM) – Кескіндегі объектілерді автоматты түрде бөліп көрсететін терең оқытуға негізделген модель. Жаңа буын визуалды сараптау құралы ретінде қолданылады.

Геометриялық түзету – Спутниктік суретті нақты координаталық жүйеге сәйкестендіру. Бұл карта жасау мен талдауда дәлдікке жету үшін қажет.

Радиометриялық калибрлеу – Спутниктік суреттегі пиксельдердің сандық мәндерін нақты физикалық өлшемдерге (мысалы, шағылу коэффициентіне) айналдыру процесі.

КІРІСПЕ

Зерттелетін тақырыптың өзектілігі. Шөлейттену мен жер ресурстарының деградациясы экологиялық және экономикалық тұрғыдан елеулі зардаптар алып келеді. Бүгінгі таңда шамамен 1,4 миллиард адам жердің тозуы салдарынан қиындық көруде, олардың 74%-ын әлеуметтік жағдайы төмен халық құрайды. Сонымен қатар, жыл сайын шамамен 12 миллион гектар ауылшаруашылық жерлерінің құнарсыздануы құрғақшылық пен шөлейттенудің салдары болып отыр [1]. БҰҰ деректеріне сәйкес, қазіргі уақытта шамамен 2 миллиард адам тұратын оннан астам елдің аумағы құрғақ аймақтар санатына жатады, бұл Жер шарының шамамен 30%-ын қамтиды [2]. Ұйымның болжамынша, егер қазіргі шөлейттену үдерісі тоқтатылмаса, 2025 жылға қарай жер бетіндегі әрбір бесінші адам шөлге бейім аймақтарда өмір сүруге мәжбүр болады.

Топырақтың тозуы мен тұздануы, шанды дауылдардың жиіленуі – бұл табиғи ортаның нашарлауына себеп болатын негізгі факторлар. Ал шөлейттену азық-түлік тапшылығы, кедейлік және денсаулық сақтау мәселелері секілді күрделі әлеуметтік-экономикалық салдарға әкеп соғуы мүмкін. Сондықтан шөлейттену халықаралық қауымдастық тарапынан жаһандық экологиялық апат ретінде қарастырылуда. Бұл құбылыс климаттық (температураның көтерілуі, жауын-шашынның азаюы, өсімдік жамылғысының жойылуы) және антропогендік (жерді тиімсіз пайдалану, жер жамылғысының өзгеруі, индустрияландыру мен урбанизация) факторлардың әсерінен туындайтын қайтымсыз үрдіс ретінде сипатталады [3, 4].

Экологиялық және әлеуметтік мәселелер шөлейттенудің салдарынан құрғақ, жартылай құрғақ және субылғалды аймақтарда тұрақты дамуға айтарлықтай кедергі келтіруде [5]. Бұл ретте Орталық Азия шөлейттенудің трансшекаралық және күрделі сипаттағы айқын мысалы ретінде танылады. Зерттеулерге сүйенсек, Каспий теңізі мен Памир таулары аралығындағы аумақтың шамамен 4 миллион шаршы шақырымы жоғары шөлейттену қаупі бар аймақтар санатына жатады. Орталық Азия жерінің 2/3 бөлігі құрғақ аумақтарға тиесілі. Қазақстан жағдайында Дүниежүзілік Банк мәліметтері бойынша, елдің 66%-ы шөлейттенуге ұшыраған [6]. Осыған байланысты 2005 жылы Қазақстан Үкіметі шөлейттенуге қарсы күрес жөніндегі ұлттық бағдарламаны бекіткен болатын. Алайда деградация үдерісінің үдемелі сипат алуы бұл бастаманың тиімділігіне кері әсерін тигізді [7]. Ресми статистикаға сәйкес, ел аумағының 15%-дан астамын шөлейттену мен тозу процесі қамтыған. Сонымен қатар, 180 млн га жайылымдық жердің шектен тыс пайдаланылуы нәтижесінде 27,1 млн гектарының өнімділігі төмендеп, қолданысқа жарамсыз болып қалған [8, 9].

Аталған экологиялық мәселелерді уақтылы анықтау үшін заманауи мониторингтік бағдарламаларды қолдану – шөлейттену үдерістерін бағалаудың ең тиімді жолдарының бірі болып табылады. Мұндай тәсілдер экожүйелердегі өзгерістердің қайтымсыз деңгейге жетуінің алдын алуға және дер кезінде тиімді шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді [10,11]. Осыған байланысты, бұл зерттеу

жұмысында қашықтықтан зондтау (ҚЗ) технологияларын пайдалану арқылы шөлейттену үдерістерін талдау және олардың Қазақстанның Атырау өңірінде қолданылу мүмкіндігін зерттеу мақсат етіледі.

Жұмыстың мақсаты. Атырау облысындағы шөлейттену үдерістерін қашықтықтан зондтау технологиялары негізінде, атап айтқанда Landsat және MODIS спутниктік деректерін қолданып, кеңістіктік-уақыттық тұрғыда талдау.

Жұмыстың негізгі міндеттері:

- Зерттеу аймағына сәйкес келетін спутниктік дереккөздерді (Sentinel, Landsat, т.б.) таңдау, өңдеу және калибрлеу;
- Спектралдық және вегетациялық индекстерді (NDVI, EVI, LAI, т.б.) есептеу арқылы экожүйенің күйін бағалау;
- Уақыттық қатарлар негізінде маусымдық динамиканы зерттеу және болжам жасау;
- Зерттеу нәтижелерін визуализациялау (карталар, графиктер, инфографикалар) және оларды қолданбалы шешімдер ұсыну мақсатында қолдану.

Зерттеу нысаны: Зерттеу нысанына Атырау облысының шөлейттенуге бейім табиғи аумақтары және ауыл шаруашылық жерлердің деградациясын бағалау мен мониторинг жүргізу үшін спутниктік ҚЗ деректерін өңдеу, интерпретациялау және қолдану әдістері.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы: Бұл зерттеуде ұсынылған қашықтықтан зондтау мен вегетациялық индекстерге негізделген әдістеме Атырау облысындағы шөлейттену үдерістерін кеңістіктік және уақыттық тұрғыда тиімді бағалауға мүмкіндік береді. Алынған нәтижелер аймақтық экожүйе жағдайын жедел әрі дәл бағалауға жағдай жасап, жер ресурстарын басқару, табиғи деградацияны алдын ала болжау, мониторинг жүйелерін жетілдіру және жергілікті деңгейде шөлейттенумен күрес стратегияларын әзірлеу үшін нақты дереккөз бола алады. Бұл әдіс табиғатты қорғау мекемелері, ауыл шаруашылығы басқармалары мен жергілікті әкімшіліктер үшін шешім қабылдау үдерісінде қолдануға ыңғайлы құрал ретінде пайдаланылуы мүмкін. Сонымен қатар, бұл диссертациялық жұмыс BR24993218 «Каспий маңы өңірінің аумақтарында қолайсыз экологиялық жағдайларда топырақтың шөлейттенуі мен тозуы проблемаларын шешудің ұтымды және тиімді инновациялық әдістерін әзірлеу» ғылыми жоба аясында орындалды, ғылыми нәтижелерді жобада қолдану оның ғылыми тәжірибелік маңыздылығын дәлелдеді.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы.

Атырау облысының шөлейттену үдерістерін бағалауда Landsat және MODIS спутниктік деректері негізінде вегетациялық индекстер мен уақыттық қатарларды қолданып, кеңістіктік-уақыттық өзгерістерді интегралды түрде талдау әдістемесі ұсынылды.

Жұмыстың құрылымы мен көлемі: Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 3 тараудан, қорытындыдан және 41 пайдаланылған әдебиеттер тізімінен, 61 беттен, 31 суреттен және 10 кестеден тұрады.

1 Қашықтықтан зондтау деректері негізінде ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлердің жағдайын талдау әдістері

1.1 Қашықтықтан зондтау деректерін ауыл шаруашылығында пайдаланудың тиімділігі

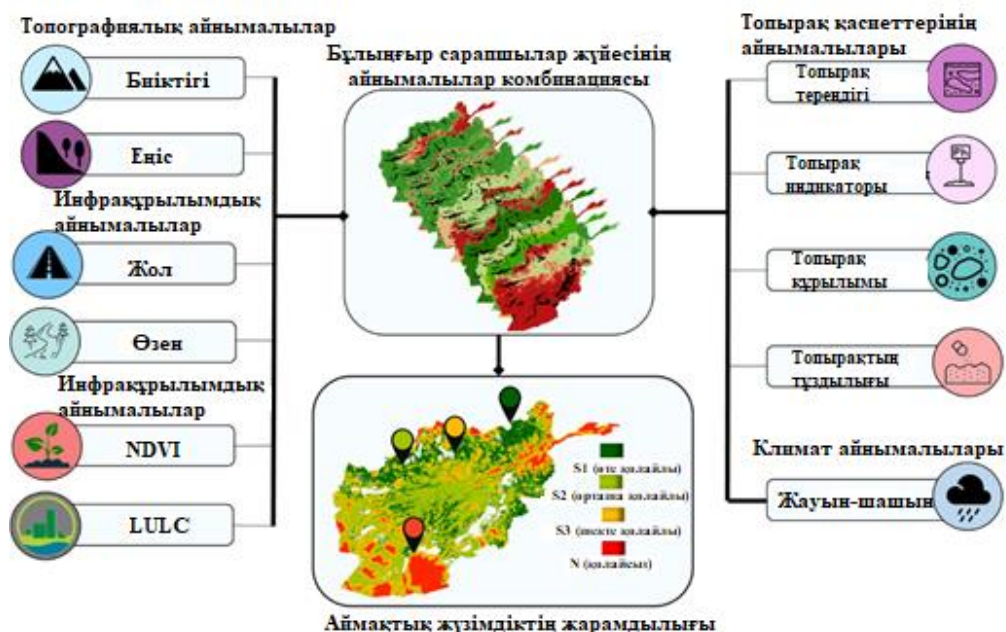
Қашықтықтан зондтау деректерге негізінде ауыл шаруашылығы жерлерін пайдалану үрдісін талдау, өсімдік пен топырақ жағдайын бақылау, сондай-ақ фермерлік шешімдерді қабылдау үдерісінде маңызды құралға айналып отыр. Бұл технологияның жетістіктері құрғақшылықтың туындау қаупін, жер пайдаланудың өзгерістерін, сондай-ақ дақылдар мен топырақ-су ресурстары арасындағы өзара байланысты жедел әрі нақты бақылауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, егін өнімділігін дәл бағалап, сапалық және сандық сипаттамаларға негізделген статистикалық мәліметтер алуға жағдай жасайды [16]. Осы аталмыш деректерді пайдалану 1.1-суретке сәйкес арқылы жер бедерінің топографиясын, жолдар мен өзендер сияқты инфрақұрылым нысандарын, топырақтың тұздануы мен ылғалдылығын, құрылымын, рН көрсеткішін және климаттың өзгеру динамикасын анықтауға және оларды картографиялық материалдар түрінде ұсынуға болады [17].

Қашықтықтан зондтау деректерін интерпретациялау немесе дешифрлеу – бұл спутниктік немесе әуеден түсірілген бейнелер негізінде нысандарды, аумақтарды және олардың қасиеттері мен өзара байланыстарын анықтау үдерісі болып табылады. Дешифрлеу екіге бөлінеді: далалық (жергілікті) және камералдық (кеңселік). Камералдық дешифрлеудің өзі визуалды және автоматтандырылған болып жіктеледі. Визуалды дешифрлеу оператордың суретті көзбен қарап, нысандарды жеке қабылдауы арқылы жүзеге асады. Ал автоматтандырылған дешифрлеу – арнайы алгоритмдерге негізделген бағдарламалық жүйелер арқылы жүзеге асырылатын машиналық интерпретация. Мұндай әдіс объектілерді белгілі сипаттамаларына қарай топтастыруға және әртүрлі классификация механизмдерін қолдануға мүмкіндік береді. Кескіндерді жіктеу екі негізгі түрге бөлінеді: оқытылған (супервайзинг) және оқытылмаған (ансупервайзинг) классификация. Оқытылған әдістерге Ең кіші қашықтық әдісі, Спектрлік бұрыш әдісі және Махаланобис қашықтығы әдісі жатады. Ал оқытылмаған әдістерге ISODATA (Итеративті өзін-өзі ұйымдастырушы деректерді талдау алгоритмі) және K-means кластерлеу әдістері кіреді.

Қазіргі заманда қашықтықтан зондтау (ҚЗ) технологиялары ауыл шаруашылығы үшін таптырмас ақпарат көзіне айналды. Ғарыштан алынған мультиспектралды және радиолокациялық деректер егістік алқаптарының жағдайын маусым сайын ғана емес, апта сайын да бақылауға мүмкіндік береді.

ҚЗ көмегімен алынатын NDVI, SAVI, NPRVI сияқты вегетациялық индекстер өсімдіктердің күйін, фотосинтез белсенділігін, биомассасын және ылғалмен қамтамасыз етілуін нақты бағалауға жол ашады. Сонымен қатар, ұзақ мерзімді спутниктік деректер негізінде ауыл шаруашылығы жерлерінің тозу

үрдісін, эрозияны немесе шөлейттенуді уақыт пен кеңістік бойынша қадағалауға болады.



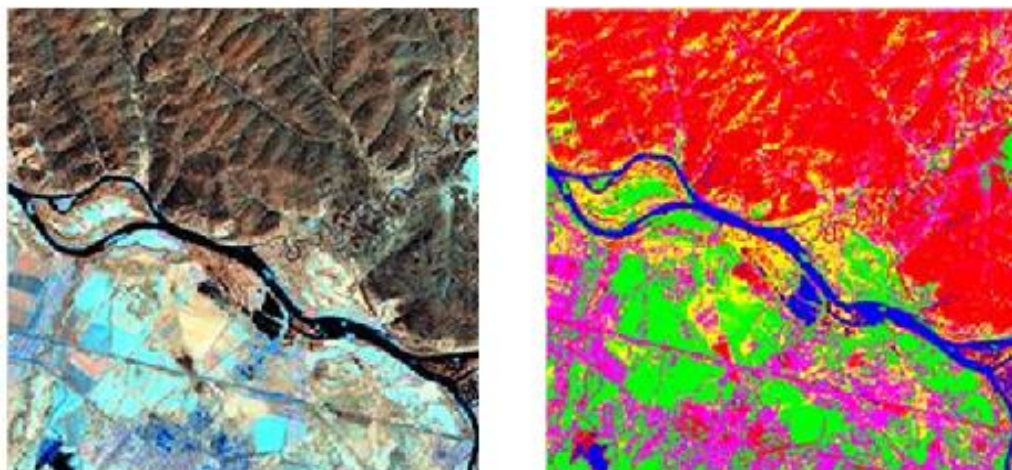
1.1 - сурет – Қашықтықтан зондтау деректерінің қолданылу мүмкіндіктерінің сызбасы

Жерді қашықтықтан зондтау материалдарын (ғарыштық және аэротүсірілім деректері) интерпретациялау – географиялық нысандардың кеңістіктік таралуын, олардың алып жатқан аумақтарын анықтау, сондай-ақ бұл нысандардың қызмет ету ерекшеліктері мен даму динамикасын бағалау мақсатында жүргізіледі [18, 19].

Ғарыштық кескіндерді түсіндіру олардың қолдану мақсатына байланысты екі негізгі түрге бөлінеді: жалпы интерпретация (кешенді немесе жалпы географиялық) және тақырыптық интерпретация (салалық немесе арнайы бағытталған).

Қашықтықтан зондтау суреттерін интерпретациялау үдерісі алдын ала және негізгі кезеңдерден тұрады. Бұл кезеңдерге – бастапқы деректерді өңдеу, әртүрлі объектілер үшін жарықтық сипаттамаларды сәйкестендіру, мозаикалық жабын жасау және басқа да техникалық операциялар кіреді.

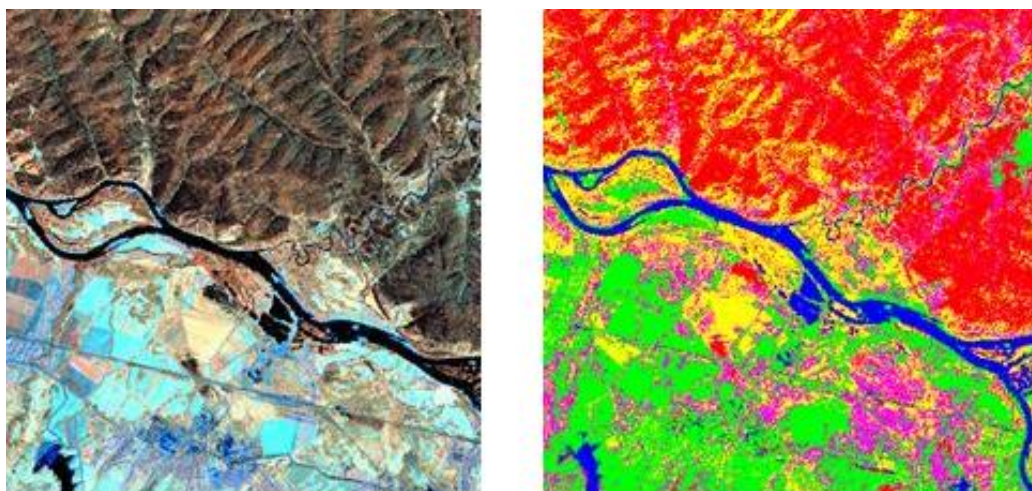
Классификация әдістерінің бірі – 1.2-суретке сәйкес ең кіші қашықтық әдісі, мұнда әрбір пиксельдің жарықтық мәндері спектрлік кеңістікте вектор ретінде қарастырылады. Бұл әдісте пиксель мен сілтемелік векторлар арасындағы спектрлік арақашықтық евклидік қашықтық ретінде есептеледі, яғни айырмашылықтардың квадраттарының қосындысының түбірі алынады. Әр пиксель сол есептелген арақашықтықтың белгілі бір стандартпен салыстырылуына қарай нақты бір сыныпқа жатқызылады. Қашықтық неғұрлым аз болса, пиксель соғұрлым нақты бір эталонға сәйкес келеді және сол сыныпқа енгізіледі.



1.2 - сурет – «Landsat» суретінің өңделмеген нұсқасы мен пиксельдік классификациялаудың ең аз спектрлік қашықтық әдісі бойынша алынған карта түріндегі нәтижесі

Махаланобис қашықтығы әдісі өзінің принципі жағынан ең кіші қашықтық әдісіне ұқсас. Алайда 1.3-суретке сәйкес бұл әдісте пиксел мен эталон арасындағы қашықтықты есептегенде жай евклидтік қашықтық емес, әр стандарттың (эталондық класстың) жарықтық мәндерінің дисперсиясы ескеріледі.

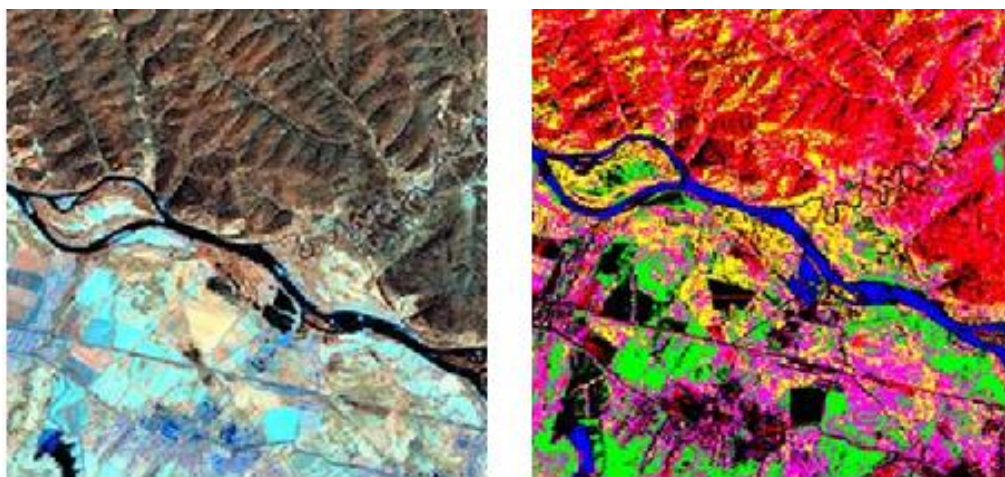
Бұл тәсілдің басты ерекшелігі – пикселдің бірден бірнеше класқа жату ықтималдығы тең болған жағдайда (яғни, екі эталонға дейінгі евклидтік қашықтық бірдей болса), дисперсиясы жоғары эталон басым болып есептеледі. Басқаша айтқанда, дисперсия үлкенірек стандарттың ішкі әртүрлілігі жоғары болғандықтан, пиксель соған жатқызылады.



1.3 - сурет – «Landsat» суретінің өңделмеген нұсқасы мен пиксельдік классификациялаудың ең Махаланобис әдісі бойынша алынған карта түріндегі нәтижесі

Спектрлік бұрыш әдісі – 1.4-суретте пиксель мен эталондық спектрлік вектор арасындағы бұрышты анықтауға негізделген классификация тәсілі болып табылады. Алдымен пиксельдің спектрлік векторы мен анықтамалық (референттік) вектор арасындағы бұрыш есептеледі. Егер бұл бұрыш алдын ала белгіленген шектік мәннен кіші болса, онда пиксель сәйкес эталондық кластың құрамына енгізіледі.

Бұл әдіс евклидтік қашықтық сияқты өлшемдерді пайдаланғанымен, шамалардың абсолюттік мәндеріне емес, олардың бағыттық ұқсастығына сүйенеді. Сондықтан спектрлік бұрыш әдісі жарықтықтағы айырмашылықтардан тәуелсіз классификация жүргізуге мүмкіндік береді.



1.4 - сурет – «Landsat» суретінің өңделмеген нұсқасы мен пиксельдік классификациялаудың спектрлік бұрыш әдісі бойынша алынған карта түріндегі нәтижесі

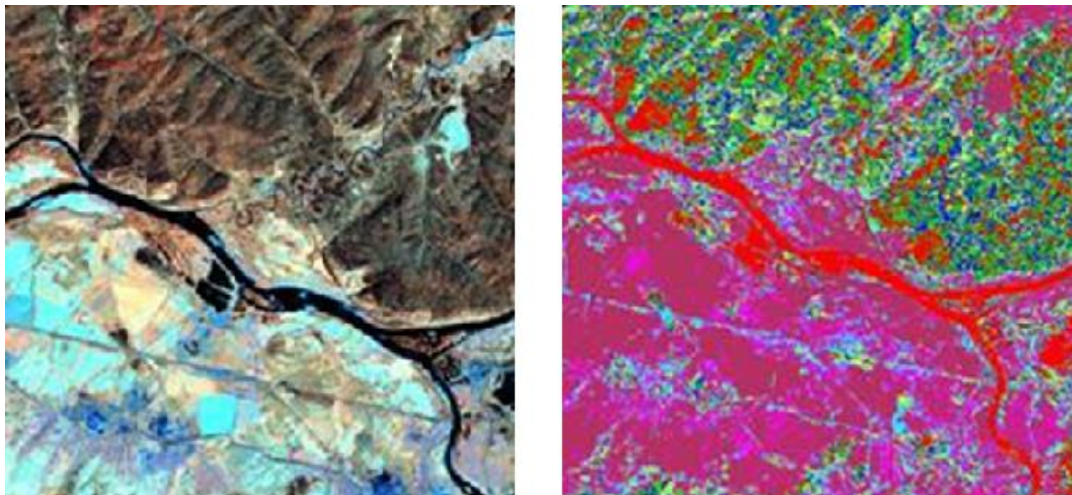
ISODATA әдісі (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique Algorithm) – кластерлік талдауға негізделген және дәйекті жуықтау тәсілін қолданатын автоматты классификация әдістерінің бірі болып табылады. 1.5-суретке сәйкес бұл әдісте пикселдердің жарықтық мәндері спектрлік белгілер кеңістігіндегі векторлар түрінде қарастырылады, содан кейін ұқсас векторлар бір кластерге біріктіріледі.

Әрбір спектрлік аймақ үшін жарықтық мәндерінің статистикалық сипаттамалары есептеліп, барлық пикселдер орташа мәні бар n санды диапазондарға бөлінеді. Ең аз қашықтық бойынша топтастырылған пикселдер бастапқы кластерлерді қалыптастырады. Бұл процесс бірінші итерацияны құрайды.

Келесі итерациялар барысында әрбір кластер үшін жаңартылған орташа мәндер есептеліп, олардың негізінде пикселдерді қайта топтастыру жүзеге асырылады. Осылайша, әрбір жаңа итерация барысында сыныптардың шекаралары нақтыланып, жіктеу дәлдігі арта түседі.

Кескіндерді алдын ала өңдеу және олардың сапасын арттыру – бүкіл қашықтықтан зондтау деректерін дешифрлеу үдерісінің маңызды кезеңдерінің

бірі болып табылады. Бұл кезеңдер сурет сапасын жоғарылатып қана қоймай, кейінгі объектілерді анықтау мен сәйкестендірудің нақтылығын қамтамасыз етеді. Объектілерді тану және сараптау тиімділігін арттыру мақсатында, мысалы, өсімдік жамылғысын бағалауда NDVI сияқты әртүрлі спектралдық индекстер кеңінен қолданылады [20].



1.5 - сурет – «Landsat» суретінің өңделмеген нұсқасы мен пиксельдік классификациялаудың ISODATA әдісі бойынша алынған карта түріндегі нәтижесі

Осылайша, спутниктік деректерді тиімді өңдеу мен талдау әдістері ауыл шаруашылығы жерлерінің жай-күйін бағалауда негізгі құралға айналып отыр. Бұл тәсілдер жер жамылғысының құрылымдық өзгерістерін уақтылы анықтап, экожүйелік процестерді нақты модельдеуге мүмкіндік береді. Алынған мәліметтер жер ресурстарын ұтымды басқаруға және шөлейттенудің алдын алуға бағытталған шешімдер қабылдауға негіз бола алады.

1.2 Спутниктік деректерімен оны өңдеу бағдармалары

Вегетациялық индекстер – бұл өсімдіктердің физиологиялық жағдайын, биомассасын, жапырақтың тығыздығын және фотосинтетикалық белсенділігін сипаттайтын сандық көрсеткіштер. Бұл индекстер спутниктік және әуеден түсірілген мультиспектралды немесе гиперспектралды бейнелерден алынады. Индекстер әртүрлі спектралдық жолақтар арасындағы математикалық операцияларға негізделеді және өсімдіктердің дамуын, күйін бағалауда негізгі құрал ретінде кеңінен қолданылады.

NDVI – Нормаланған өсімдік индекстері (Normalized Difference Vegetation Index) [22,23].

NDVI – ең танымал және кең қолданылатын вегетациялық индекс. Ол өсімдік жамылғысының фотосинтезге қабілеттілігін сипаттайды және мына формула (1.1) бойынша есептеледі:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1.1)$$

мұндағы NIR – жақын инфрақызыл диапазон (өсімдік өте жоғары шағылыстырады);

RED – қызыл диапазон (өсімдік қатты жұтады).

NDVI мәндері -1 мен +1 аралығында болады.

0.2–0.5 – сирек өсімдік жамылғысы

0.5–0.8 – тығыз өсімдік

төмен – өсімдігі жоқ немесе ашық топырақ NDVI маусымдық динамиканы, егіннің өсу фазаларын және деградация процесін қадағалау үшін қолданылады.

EVI – Жетілдірілген вегетациялық индекс (Enhanced Vegetation Index)

NDVI индексі кей жағдайда топырақ әсерін немесе бұлт пен атмосфераның шашырауын толық ескере алмайды. Бұл мәселені шешу үшін EVI индексы қолданылады. Оның формуласы (1.2) күрделірек:

$$EVI = G * \frac{(NIR - RED)}{(NIR + C1*RED - C2*BLUE + L)} \quad (1.2)$$

мұндағы G – күшейту коэффициенті (әдетте 2.5);

C1, C2 – аэрозольдық түзету коэффициенттері (мысалы, 6 және 7.5);

L – топырақ әсерін жою үшін тұрақты мән;

BLUE – көк диапазон (атмосфералық түзетулер үшін).

EVI – тропикалық аймақтардағы тығыз өсімдіктерді зерттеуде, орман динамикасын бағалауда тиімді.

LAI – Жапырақ аймағы индексі (Leaf Area Index)

LAI – белгілі бір ауданға келетін жапырақ бетінің жалпы ауданы. Бұл индекс өсімдіктің биофизикалық сипаттамаларын тікелей сипаттайды және фотосинтездің, транспирацияның, көмірқышқыл газын сіңірудің негізгі индикаторы болып табылады.

LAI 0-ден (өсімдігі жоқ) бастап 6-ға дейін (өте тығыз орман жамылғысы) шкалада бағаланады.

– Орташа егістік үшін – 2–4

– Ормандар үшін – 5–6+

LAI әдетте NDVI немесе басқа спектралды параметрлерге негізделген эмпирикалық формулалар арқылы есептеледі немесе радиативтік трансфер модельдерімен алынады.

Гиперспектралды бейнелеу – тар спектралды жолақтардан тұратын жүздеген каналдарды қамтитын сурет түрі. Бұл әдіс өсімдіктердің физиологиялық және биохимиялық сипаттарын терең талдауға мүмкіндік береді [24,25].

Кейбір кең қолданылатын гиперспектралды индекстер:

Chlorophyll Index (CI) – өсімдіктің хлорофилл мөлшерін бағалайды, фотосинтез белсенділігін анықтауға мүмкіндік береді (1.3). Формуласы:

$$CI = \frac{NIR}{RedEdge} - 1 \quad (1.3)$$

Water Band Index (WBI) – жапырақтағы су мөлшерін бағалайды (1.4).
Формуласы:

$$WBI = \frac{R_{900}}{R_{970}} \quad (1.4)$$

Photochemical Reflectance Index (PRI) – өсімдіктің фотохимиялық белсенділігін, стресс жағдайын көрсетеді (1.5).

$$PRI = \frac{R_{531} - R_{570}}{R_{531} + R_{570}} \quad (1.5)$$

Normalized Difference Water Index (NDWI) – судың болуын және ылғалдылықты бағалайды (1.6).

$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad (1.6)$$

Қолдану салалары:

- Ауыл шаруашылығы – егістіктің күйін, өнімділігін бақылау;
- Орман шаруашылығы – ағаш түрлерін айқындау, деградацияны бақылау;
- Экология – экожүйе динамикасын бағалау;
- Гидрология – топырақ ылғалдылығы мен өсімдік арқылы булануды модельдеу.

Қашықтықтан зондтау технологиясында табиғи объектілерді зерттеу үшін әртүрлі спектрлердегі бейнелер қолданылады. Ең жиі қолданылатындары – мультиспектралды және гиперспектралды суреттер. Бұл бейнелер жер бетіндегі нысандардың әртүрлі толқын ұзындықтарындағы шағылысуын өлшей отырып, олардың физикалық, химиялық және биологиялық ерекшеліктерін айқындауға мүмкіндік береді.

Мультиспектралды суреттер бірнеше кең спектралдық арналардан (әдетте 3-тен 10-ға дейін) тұрады. Мысалы, Landsat спутнигінің сенсорлары көк, жасыл, қызыл, жақын инфрақызыл (NIR), қысқа толқынды инфрақызыл (SWIR) және жылулық инфрақызыл (TIR) диапазондарын қамтиды және төмендегі 1.1-кестеге қараңыз.

Гиперспектралды суреттер болса, өте тар спектралдық арналардан (жүздеген арналар) тұрады және спектралдық айқындылығы жоғары. Мысалы, Hyperion (EO-1), PRISMA, EnMAP сияқты сенсорлар 200-ден 300-ге дейінгі спектралдық арналарды қамтиды, 1.2-кестеге қараңыз.

Кесте 1.1 – Спектралдық диапазондарға шолу

Спектралдық диапазон	Толқын ұзындығы (нм)	Мақсаты
Көк (Blue)	450–520	Су, атмосфералық бөлшектер
Жасыл (Green)	520–600	Өсімдік күйі, хлорофилл
Қызыл (Red)	630–690	Фотосинтезге белсенді диапазон
Жақын ИҚ (NIR)	760–900	Өсімдіктің құрылымы мен ылғалдығы
SWIR	1300–2500	Су мөлшері, топырақ құрамын талдау

Кесте 1.2 – Спектралдық диапазондар

Түрі	Арналар саны	Артықшылықтары
Мультиспектралды	4–13	Жоғары кеңістіктік дәлдік (Landsat, Sentinel-2)
Гиперспектралды	100+	Спектралдық нақтылық жоғары (EnMAP, PRISMA)

Өсімдіктер әртүрлі толқын ұзындықтарында жарықты әрқалай шағылыстырады. Мысалы, жасыл өсімдіктер көрінетін спектрде, әсіресе жасыл арнада жарықты сәл шағылыстырса да, ең күштісі – жақын инфрақызыл (NIR) диапазонында болады. Хлорофилл қызыл жарықты жұтып, көк пен жасыл толқындарды шағылыстырады. Сонымен қатар, жапырақтың анатомиялық қасиеттері – жасушалар аралығындағы кеңістік, қалыңдығы, су мөлшері – NIR және қысқа толқынды инфрақызыл (SWIR) диапазондарында көрініс табады.

Гиперспектралды деректер осы ерекшеліктердің арқасында түрлі өсімдік түрлерін ажыратуға, вегетацияның күйін және стресс деңгейін анықтауға, сондай-ақ топырақ жабындары мен су болуын бақылауға мүмкіндік береді. Мысалы, екі ағаш түрінің спектралдық қолтаңбасы (спектральный отпечаток) бір-бірінен айтарлықтай ерекшеленеді, бұл орман құрамын карталауда маңызды.

Гиперспектралды деректердің нақты объектілерге сәйкес келуін тексеру үшін спектрометриялық калибрлеу қажет. Ол үшін лабораторияда немесе далада портативті спектрометр көмегімен нысанның нақты спектрлік шағылысуы өлшенеді. Осы өлшенген қисықтар гиперспектралды суреттерден алынған спектрлермен салыстырылады. USGS Spectral Library, ECOSTRESS сияқты спектралдық кітапханаларда өсімдік, топырақ, минерал, су және жасанды материалдардың стандартталған спектрлері бар.

Мұндай салыстыру гиперспектралды деректерді дәлірек жіктеуге, анықталған нысандарды растап тексеруге және автоматтандырылған тану жүйелері үшін үлгі базасын жасауға көмектеседі.

Қолдану салалары: Ауыл шаруашылығында дақылдардың түрін, жағдайын және ылғалдылығын анықтау, экологияда шөпті алқаптар мен орман түрлерін айқындау, геологияда минералдардың спектралдық қолтаңбасымен тану, гидрологияда су объектілерінің сапасын бағалау, мысалы, хлорофилл-А мен тұздылықты анықтау.

Ауыл шаруашылығында қолдану мысалы: Гиперспектралды және мультиспектралды суреттерді қолдану арқылы бидай егістігінің жағдайын бақылау үшін Sentinel-2 (мультиспектралды) және EnMAP (гиперспектралды) спутниктерінің деректері пайдаланылады.

Деректерді алдын ала өңдеуде Геометриялық түзету (ортогонализация), атмосфералық түзету, қажетті аумақты қиып алу (clipping)

Вегетациялық индекстерді есептеуде Sentinel-2 суреттерінен NDVI индексі (NIR және қызыл арналар бойынша) жасыл масса мөлшерін көрсетеді.

Гиперспектралды деректерден EVI немесе хлорофилл-А индексі фотосинтез белсенділігі мен стресстік жағдайларды анықтайды.

Лабораториялық тексеру: Далада спектрометр арқылы әртүрлі вегетациялық фазадағы дақылдың спектрі өлшенеді. Бұл спектрлер гиперспектралды суреттерден алынған мәліметтермен салыстырылады. Нәтижесі егістікте су жетіспеушілігі немесе зиянкестерге байланысты стресс аймақтары айқындалады. Өнімділігі жоғары және төмен жерлер вегетациялық индекстерге сүйене отырып картаға түсіріледі. Шаруашылық басқару шешімдері – тыңайтқыш пен суаруды тиімдірек қолдану – нақтыланады.

Қашықтықтан зондтау деректерін сандық талдау ғана емес, кеңістіктік түрде де көрсету маңызды. Бұл объектілердің нақты орналасуы, пішіні мен таралуын жақсы түсінуге мүмкіндік береді.

Геоақпараттық жүйелер (ArcGIS, QGIS) вегетациялық индекстерді растрлық қабаттар ретінде визуализациялайды. Түстердің градациясы өсімдіктің жағдайы, құрғақшылық немесе зиянкестердің таралуын көрсетеді. Тақырыптық карталар (мысалы, NDVI картасы) өсімдік жағдайын, ал изосызықтар су тапшылығын бейнелейді. Уақыт бойынша салыстырмалы карталар бір учаскенің түрлі кезеңдердегі жағдайын көрсетеді.

Уақыттық қатарлар – бір аймаққа қатысты түрлі уақыттарда алынған спутниктік деректер жинағы. Олар өсімдік жағдайының маусымдық өзгерістерін бақылауға мүмкіндік береді.

Google Earth Engine (GEE) платформасында Sentinel-2 және MODIS деректері негізінде NDVI уақыттық қатарлары автоматты түрде есептеледі және графиктер жасалады.

Python кітапханалары (Pandas, matplotlib) деректерді өңдеп, талдауға қолданылады. Маусымдық параметрлер: өсімдік өсуінің басталуы, ең жоғары даму кезеңі, құрғақшылық уақыттары анықталады. NDVI негізінде егістік айналымын бағалап, өткен жылдармен салыстыруға болады.

Уақыттық қатарлар – бұл белгілі бір объект немесе құбылыс бойынша уақыттың әртүрлі кезеңінде жиналған өлшем немесе бақылау деректерінің реттелген тізбегі. Қашықтықтан зондтау (ҚЗ) саласында уақыттық қатарлар

негізінен спутниктік суреттерден алынған вегетациялық индекстер немесе радиометриялық параметрлер түрінде беріледі. Бұл деректер кеңістіктік ғана емес, сонымен бірге уақыт бойынша да өзгерісті бақылауға мүмкіндік береді, бұл экожүйе динамикасын, ауыл шаруашылығын және табиғи ресурстарды басқару жүйесін терең түсінуге жол ашады.

Жер бетіндегі жамылғы – орман, жайылым, егістік, су беті немесе қалалық аумақ болсын – жылдың әр мезгілінде әртүрлі көрініс береді. Мысалы, ауыл шаруашылық алқаптары көктемде өңделіп, жазда өсіп, күзде жиналып, қыста ашық топыраққа айналады. Осындай маусымдық өзгерістер қашықтықтан зондтау деректері арқылы анық байқалады.

Мультиспектралды және гиперспектралды спутниктерден алынған деректер негізінде есептелетін NDVI, EVI, LAI сынды индекстер әрбір пиксель бойынша маусымдық циклді бейнелейді. Бұл циклдер арқылы:

Вегетацияның басталуы;

- Белсенді өсу кезеңі;
- Шарықтау шегі (максималды биомасса);
- Қартаю және қурау кезеңдері;
- Вегетацияның аяқталуы сияқты фазалар ажыратылады.

Ауыл шаруашылығы мен экожүйе мониторингі үшін вегетациялық маусымның басталуы мен оның шарықтау шегін анықтау – өте маңызды. Бұл параметрлер өсімдіктің фенологиялық жағдайын сипаттап, климаттық өзгерістердің әсерін бақылауға көмектеседі.

Басталу уақыты (Onset of greenness) – NDVI немесе басқа индекс белгілі бір шекті мәннен асып, өсімдіктің өсуі басталған кезең.

Уақыттық қатарлар негізінде ауыл шаруашылық жерлерінің пайдалану сипаттамалары мен егін айналымын анықтауға болады [26,27]. Бірнеше жылға созылған NDVI уақыттық қатарлары келесі міндеттерді шешуге мүмкіндік береді:

– Дақыл түрлерін классификациялау әр дақылдың (бидай, жүгері, күнбағыс және т.б.) вегетациялық қисығы бір-бірінен ерекшеленеді. Бұл ерекшеліктерді машиналық оқыту немесе спектралдық қолтаңба әдістерімен ажыратуға болады.

– Егістік жағдайын бағалау маусым ішінде алынған спутниктік деректер арқылы: ауру немесе стресстік жағдайлар, судың жетіспеушілігі, тыңайтқыштың дұрыс пайдаланылмауы сияқты факторлар анықталады.

– Өнімділік болжамы вегетациялық индекстердің интегралдық мәні немесе шарықтау шегі ауылшаруашылық өнімділіктің сенімді индикаторы болып табылады. Мысалы, NDVI мен LAI индекстерінің маусым бойындағы жинақталған мәні өнім көлемін болжауға мүмкіндік береді.

– Егін айналымын бақылау бірнеше маусым бойы бір учаскедегі NDVI динамикасын талдау арқылы қай жылы қандай дақыл егілгенін анықтауға болады. Бұл жер пайдалануды заңдастыру және субсидия беру мәселелерінде маңызды.

Мысалы, MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) – күн сайын дерек беретін сенімді көз. Уақыттық қатарлар құруда жиі қолданылады.

Sentinel-2 – кеңістіктік дәлдігі жоғары мультиспектралды суреттер береді (10–20 м). NDVI, EVI және басқа индекстердің апталық немесе айлық динамикасын бақылауға қолайлы. Бұл спутниктерден 1.3-кестеде алынған деректер ашық қолжетімді және Google Earth Engine арқылы өңделіп, визуализациялана алады.

Кесте 1.3 – Визуализация құралдары

Құрал	Мақсаты
ArcGIS / QGIS	NDVI, LAI, EVI карталарын қабаттастыру
Изосызықтар	Сулы немесе деградацияланған аймақтарды көрсету
Уақыттық карталар	Бір учаскенің маусымдық өзгерісін салыстыру

Қашықтықтан зондтау мен геоақпараттық технологиялар саласында нақты әрі сапалы талдау жасау үшін арнайы платформалар мен бағдарламалар қажет. Олар спутниктік суреттерді тауып, жүктеп, өңдеп, түрлі кеңістіктік есептер жүргізуге мүмкіндік береді. Соңғы жылдары бұл бағытта бұлттық технологиялар кеңінен қолданыла бастады. Олар арқылы үлкен көлемдегі деректерді жергілікті компьютерге жүктемей-ақ өңдеуге болады, бұл зерттеушілер үшін уақыт пен ресурс үнемдейді.

Солардың бірі – Google Earth Engine (GEE). Бұл – Google ұсынған бұлттық негіздегі геоақпараттық платформа. Оның көмегімен түрлі спутниктік деректерді (мысалы, Landsat, Sentinel, MODIS) қарап, талдап, олардан әртүрлі индекстер (NDVI, су индексі, температура және т.б.) есептеуге болады. Платформада JavaScript немесе Python тілдерінде код жазып, өңдеу процесін автоматтандыруға да болады. GEE арқылы көпжылдық уақыттық қатарларды зерттеп, климат пен вегетацияның өзгерісін бақылауға болады.

Ал Copernicus Open Access Hub платформасы арқылы Sentinel спутниктерінен алынған ашық деректерге қол жеткізуге болады. Бұл жүйе Еуропалық ғарыш агенттігі ұсынған және ол түрлі табиғи процестерді – мысалы, өрт, су тасқыны, егін жағдайы немесе орман алқаптарының өзгеруін бақылау үшін өте пайдалы. Пайдаланушы өзіне қажет аумақ пен уақытты белгілеп, деректерді тегін жүктей алады.

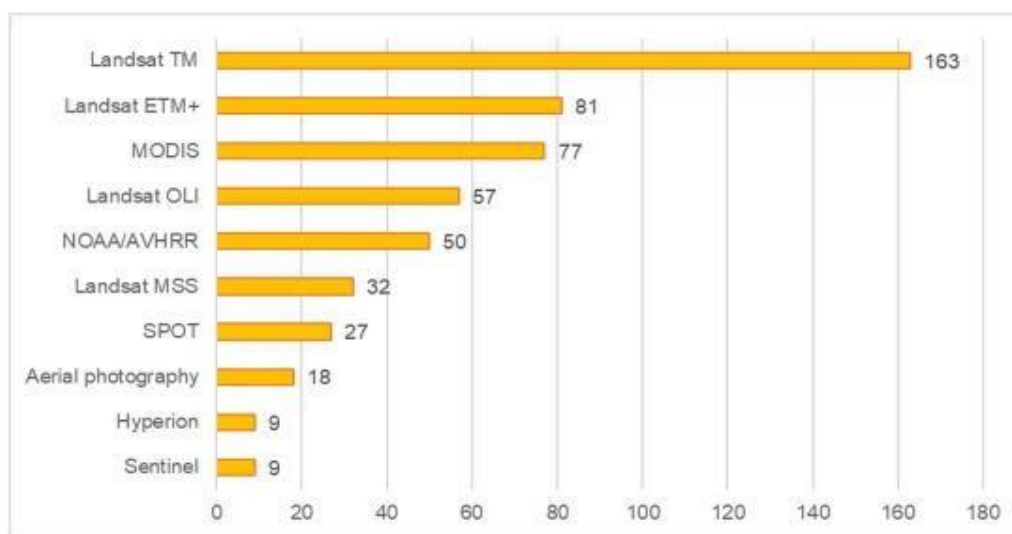
Сонымен қатар, NASA мен АҚШ Геологиялық қызметі ұсынған EarthExplorer және LP DAAC платформалары да зерттеушілер үшін маңызды құрал. Бұл платформалар, әсіресе, тарихи деректермен жұмыс істегенде тиімді, өйткені оларда Landsat пен MODIS секілді ұзақмерзімді спутниктік мәліметтер жинақталған. Мұндай деректерді пайдаланып, егін шығымын болжауға, жер жамылғысының өзгеруін бақылауға, тіпті климаттық трендтерді де зерттеуге болады.

Одан бөлек, Sentinel деректерін өңдеуге арналған SNAP бағдарламасы да бар. Бұл – ESA әзірлеген тегін бағдарлама, ол суреттерді алдын ала өңдеуге, атмосфералық және геометриялық түзетулер жасауға, әртүрлі спектралдық анализ жүргізуге мүмкіндік береді. Қарапайым қолданушылардан бастап

тәжірибелі зерттеушілерге дейін SNAP интерфейсін пайдаланып, суреттерді визуализациялап, қажетті есептеулерді орындай алады.

Мұндай платформалар мен құралдар қазіргі заманда қашықтықтан зондтау деректерін ғылыми негізде пайдалануға үлкен мүмкіндік береді. Олар экология, ауыл шаруашылығы, қала құрылысы мен төтенше жағдайларды бақылау сияқты көптеген салада маңызды рөл атқарады.

1.3 Зерттеу әдістерінің әдіснамалық және технологиялық ерекшеліктері



1.6 - сурет – Шөлейттену мониторингі саласында соңғы 35 жылда ең белсенді түрде қолданылған спутниктік бақылау мәліметтері

Landsat спутниктік деректері шөлейттену үдерістерін зерттеуде ең жиі қолданылатын ақпарат көздерінің бірі болып табылады. Бұл, ең алдымен, олардың кең хронологиялық қамтуы мен уақыт бойынша өсімдік жамылғысының өзгерістерін анықтауға және талдауға мүмкіндік беретін жоғары сенімділігімен түсіндіріледі. Ал қолдану 1.6-суретке сәйкес жиілігі бойынша екінші орында – Terra және Aqua спутниктерінің бортында орналасқан орташа кеңістіктік ажыратымдылыққа ие MODIS спектрорадиометрі арқылы алынған деректер тұр. Сол себепті Атырау облысындағы шөлейттену үдерістерін талдау барысында Landsat спутниктік деректері мен орташа кеңістіктік ажыратымдылыққа ие MODIS спектрорадиометрінің мәліметтері қолданылды.

Бүгінде әлемнің әртүрлі бөліктерінде шөлейттенуді бағалау және болжау бағытында көптеген ғылыми зерттеулер жүргізілуде. Мысалы, Қытайда 2000–2018 жылдар аралығында Му Ус шөлді аймағында MODIS спутниктік деректері мен машиналық оқыту әдістері негізінде шөлейттену динамикасы зерттелген [12]. Ал Марокконың оңтүстік-шығыс аймағында жүргізілген зерттеулер нәтижесінде шөлейттену деңгейінің 168,09%-ға артқаны анықталған [13]. Мән және әріптестері (2021) Landsat спутниктік суреттері мен Google Earth Engine

платформасы көмегімен Моңғолия аумағындағы шөлейттену үрдістерін 1990–2020 жылдар аралығында бақылаған [14]. Осындай әдістер Қазақстанда да қолданылып, мысалы, Шығыс Қазақстан облысында шөлейттену үдерістерін зерттеу жұмыстары жүргізілген [15].

Бірінші тарау бойынша тұжырым

Ауыл шаруашылығы жерлерін ұтымды пайдалану мен олардың экологиялық және агрономиялық жағдайын жан-жақты бағалау – Қазақстан Республикасының азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етудің негізгі стратегиялық бағыттарының бірі болып саналады. Осы тарауда ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлерді зерттеудің теориялық және әдістемелік негіздері жан-жақты қарастырылып, қашықтықтан зондтау (ҚЗ) технологиялары мен геоақпараттық жүйелердің (ГАЖ) заманауи мүмкіндіктері сарапталды.

Қашықтықтан зондтау арқылы алынатын спутниктік деректер жер бетінің кеңістіктік және уақыттық өзгерістерін нақты әрі жүйелі түрде бақылауға мүмкіндік береді. Атап айтқанда, NDVI, EVI, LAI сияқты вегетациялық индекстерді талдау арқылы ауыл шаруашылығы алқаптарының өнімділігі, жер жамылғысының күйі, өсімдік жамылғысының тығыздығы мен деградация процестері туралы объективті ақпарат алуға болады. Бұл деректер алқаптарды суғару қажеттілігін болжау, құрғақшылық әсерін бағалау, жайылымдардың тозу деңгейін анықтау және жер пайдаланудағы тиімділікті арттыру үшін негіз болып табылады.

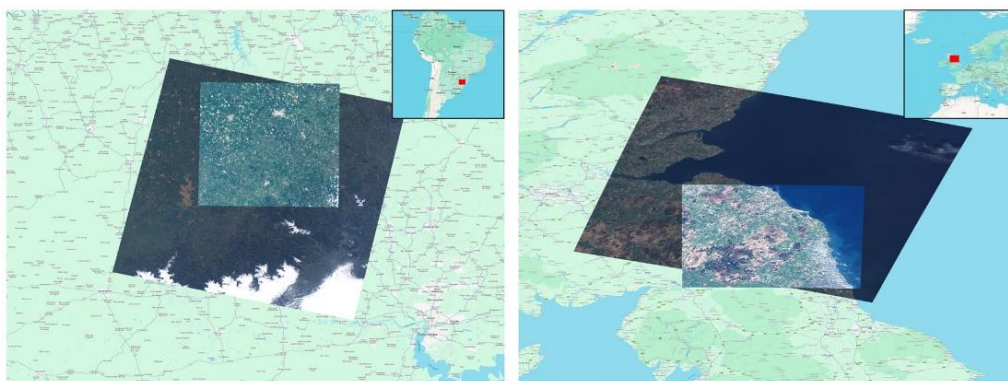
Сонымен қатар, бөлімде Қазақстандағы ауыл шаруашылығы жерлерін пайдалануда кездесетін өзекті мәселелер – жердің мақсатсыз немесе тиімсіз пайдаланылуы, нормативтік құжаттар мен кадастр мәліметтеріндегі сәйкессіздіктер, климаттық өзгерістердің әсері, антропогендік жүктеменің артуы сияқты факторлар ғылыми тұрғыда талданып, осы мәселелерді шешуде ғарыштық мониторинг пен ГАЖ технологияларының интеграциясын қолданудың артықшылықтары дәлелденді.

Осылайша, бұл тарауда ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлерді басқару, мониторингілеу және болжау жүйесін жетілдіру үшін заманауи сандық технологияларға негізделген ғылыми-теориялық база қалыптастырылып, зерттеу жұмысының өзектілігі мен ғылыми бағыты нақты негізделді.

2 Ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерінің тиімді пайдалануын бақылау

2.1 Ауыл шаруашылығы жерлерді тиімді пайдалануды бақылаудың негізгі тәсілдері

"Harmonized Landsat and Sentinel-2 Data with Google Earth Engine" атты зерттеу жұмысында осы спутниктік жүйелерден алынған орташа және жоғары кеңістіктік ажыратымдылықтағы (10–30 м) суреттерді үйлестіру арқылы ауыл шаруашылығы алқаптарының маусымдық және ұзақ мерзімді динамикасын бақылауға мүмкіндік беретін веб-негізделген әдіс ұсынылған [21]. Бұл әдіс 2.1-суретке сәйкес деректердің сапасын арттырып қана қоймай, уақыттық қатарларды біріздендіріп, NDVI, EVI сияқты вегетациялық индекстердің дәлдігін жоғарылатуға септігін тигізеді.



2.1 - сурет – Бразилияның оңтүстігіндегі және Ұлыбританияның солтүстік-шығысындағы басқа полигонды көрсететін зерттеу аймағының картасы. Landsat-8 салынған Sentinel-2 көрінісінің мысалы. Негізгі карта Google Road болып табылады және деректер WGS 84-ке жобаланады

GEE платформасында жүзеге асырылатын үйлестіру процесі алты негізгі кезеңнен тұрады: жолақтарды сәйкестендіру, атмосфералық түзету, бұлттар мен көлеңкелерді маскалау, BRDF (көру және жарықтандыру бұрышы) түзету, кеңістіктік туралау және қайта проекциялау. Бұл қадамдар әртүрлі сенсорлар арасындағы техникалық айырмашылықтарды жойып, жер жамылғысы мен жер пайдалану құрылымдарын салыстырмалы түрде нақты бағалауға жол ашады.

Атырау облысы жағдайында бұл әдісті қолдану ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлердің деградация дәрежесін маусымдық және жылдық негізде бақылауға, Жайық өзені бассейніндегі жайылымдардың өнімділігі мен шөлейттену динамикасын зерттеуге мүмкіндік береді. Мысалы, NDVI көрсеткіштерінің жердегі өлшемдерімен салыстырғанда үйлестірілген деректер арасындағы корреляцияның өте жоғары деңгейде ($R^2 = 0.98$) тіркелуі аталмыш тәсілдің сенімділігін дәлелдейді.

Басқа елдердегі (Бразилиядағы соя алқаптары, Ұлыбританиядағы орман экожүйесі) қолданыс тәжірибелері негізінде бұл әдістің Атырау сияқты шөлейтті климатта орналасқан өңірлерге тиімді бейімделуі мүмкін. Жаңа Landsat-9 спутнигі енгізілгеннен кейін, бұл әдіс одан әрі жетілдіріліп, кеңістіктік-уақыттық биомассаны бағалау, фенологиялық модельдеу, ауыл шаруашылық мониторингін автоматтандыру сияқты бағыттарда қолданыс аясын кеңейте алады.

Осылайша, Landsat пен Sentinel спутниктік деректерін үйлестіріп пайдалану – Атырау облысында ауыл шаруашылығы мен жайылымдық жерлердің жағдайын ұзақ мерзімді бағалауға, экожүйелік тұрақтылықты сақтау және жер ресурстарын тиімді басқару үшін ғылыми негізделген шешімдер әзірлеуге мүмкіндік беретін заманауи құрал болып табылады.

2.2 Ауыл шаруашылығы жерлердің мақсатты пайдалануын бақылаудың әлемдік тәжірибесі

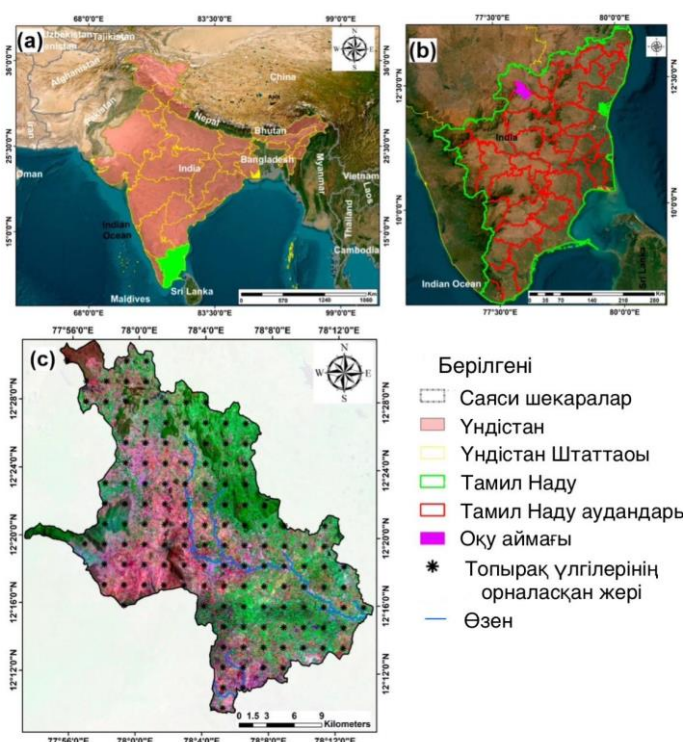
Бангалор қаласындағы әдістемеге ұқсас, жоғары рұқсаттағы спутниктік суреттерді (мысалы, Sentinel-2 немесе PlanetScope) пайдалана отырып, Атырау облысындағы егістік құрылымын, жер жамылғысының трансформациясын және ауыл шаруашылық қызметінің белсенділік деңгейін нақты картаға түсіруге болады. Random Forest немесе басқа да машиналық оқыту әдістерін қолдану арқылы егіншілік пен жайылымдық жерлердің шекараларын, түрлерін және өзгеріс динамикасын саралау – аграрлық саясатты ғылыми негізде жоспарлау мен жер мониторингі жүйесін жетілдіруге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, урбандалған аудандар мен ауылдық белдеулер арасындағы өткел аймақтарда ауыл шаруашылығының сақталуын қамтамасыз ететін басқару стратегияларын әзірлеу – жер ресурстарын тұрақты пайдаланудың маңызды элементі. Бұл тәсіл өңірдегі жер деградациясының алдын алу, шөлейттену қарқынын бәсеңдету және әлеуметтік-экономикалық теңгерімді сақтауға септігін тигізеді.

Ауыл шаруашылығына жарамды жерлерді (AgLS) нақты анықтау және оларды ұтымды пайдалану – климаттық жағдайы күрделі, жартылай құрғақ аймақтар үшін аса маңызды. Бұл бағытта 2.2-суретке сәйкес Үндістанның Тамил Наду штатындағы Дхармапури ауданында жүргізілген «Advancing Agricultural Land Suitability in Urbanized Semi-Arid Environments» атты зерттеу жұмысы геокеңістіктік деректер мен машиналық оқыту (ML) әдістерінің синтезі арқылы ауыл шаруашылығы әлеуетін кешенді бағалауға бағытталған [22].

Зерттеуде жер бедері (SRTM), климаттық мәліметтер (CFSR), жер жамылғысы (Landsat-8), және 125 далалық топырақ үлгісінің физикалық-химиялық қасиеттері қолданылды. Атап айтқанда, 11 фактор (беткей еңістігі, температура, жауын-шашын, топырақ құрылымы, рН, органикалық көміртек, қоректік элементтер) кеңістіктік интерполяция әдістері (мысалы, Кригинг) арқылы өңделіп, ауыл шаруашылығына жарамдылық карталары жасалды.

Анализ барысында әртүрлі машиналық оқыту модельдері сыналды (SVM, RF, KNN, NB), оның ішінде Ant Colony Optimization арқылы оңтайландырылған Extra Trees Classifier (ETC) моделі ең жоғары нәтижелер көрсетті (RMSE = 0.15, κ = 0.69, AUC = 0.89).

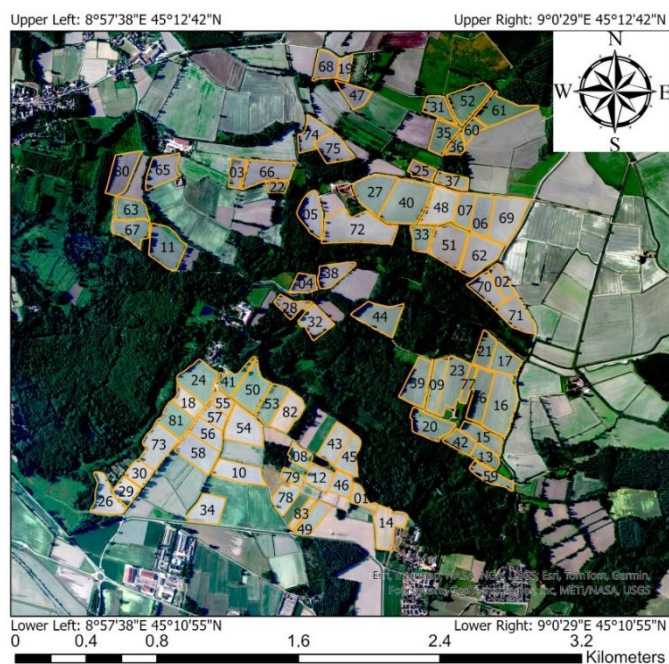


2.2 - сурет – Дхармапури ауданының картасы

Бұл әдістемені Атырау облысының ауыл шаруашылығы жерлерін бағалауда қолдану – табиғи ресурстарды ұтымды басқару үшін үлкен ғылыми және практикалық маңызға ие. Өңірде жауын-шашын аз, климаттық режим континенталды әрі құрғақ, топырақтың тұздану деңгейі мен құрылымдық сапасы да айтарлықтай әркелкі. Сондықтан Дхармапури ауданындағы тәсілге ұқсас, спутниктік (мысалы, Sentinel-2 немесе Landsat-8) және далалық (топырақ үлгілері) мәліметтерді біріктіріп, кеңістіктік жарамдылықты бағалау – аймақтық жер ресурстарын тиімді басқару мен ауыл шаруашылығы өнімділігін арттыруға негіз бола алады.

ETC моделі негізінде Атырау облысының ауыл шаруашылығына жарамды жерлерін бірнеше кластарға (жоғары жарамды, орташа, шектеулі жарамды, уақытша немесе тұрақты жарамсыз) жіктеу мүмкіндігі туады. Мұндай жіктеу ауыл шаруашылығы қызметтерін нақты аймақтарға бағыттау, агротехникалық шараларды өңірлік ерекшеліктерге бейімдеу және ауыл шаруашылық саясатын негіздеу үшін қолайлы құралға айналады. Сонымен қатар, LULC карталарын ескере отырып түзетілген жарамдылық бағалауы – аймақтық жер пайдалану құрылымын жаңғырту мен шөлейттену үдерістерін тежеуге бағытталған шараларды оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Ауыл шаруашылығы жерлерін мониторингілеуде спутниктік деректерден алынған вегетациялық индекстердің дәлдігі шешуші рөл атқарады. Әсіресе NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) және NDRE (Normalized Difference Red Edge) индекстерін нақты сәйкестендіру егіншілікке айнаымалы мөлшерлеу (VRA) технологиясын енгізу және өнімділікті арттыру үшін қажет. Бұл бағытта 2.3-суретке сәйкес Солтүстік Италиядағы «Riserva San Massimo» күріш шаруашылығында жүргізілген зерттеу Sentinel-2 және PlanetScope спутниктерінен алынған өсімдіктік индекстерді жоғары рұқсаттағы SkySat суреттері арқылы интеркалибрлеудің тиімді әдісін ұсынды [23].



2.3 - сурет – “Riserva San Massimo” фермасында 2021 жылдың 3 маусымындағы күріш шаруашылығы. SkySat суреті

PlanetScope спутниктері кеңістіктік (3 м) және уақыттық (күнделікті) рұқсаттылығымен ерекшеленсе, Sentinel-2 спутнигі кең таралған NDVI және NDRE индекстерін ұсынғанымен, оның 10 м рұқсаты нақты және пішіні күрделі егіс алқаптарын сипаттауда шектеулі болуы мүмкін. Осы олқылықты жою үшін SkySat суреттері негізінде өсімдіктер жамылғысы мен жалаңаш жер жіктеліп, екі платформада алынған деректер гистограммалық және регрессиондық әдістер арқылы интеркалибрленді.

Зерттеу нәтижелері бойынша екі тәсіл ұсынылды:

- Бірінші әдіс – жоғары дәлдікке бағытталған (сызықтық регрессия, гистограммалық ығыстыру және сәйкестендіру), NDVI және NDRE бойынша ең төмен RMSE мен MAE нәтижелерін көрсетті.
- Екінші әдіс – есептеу жылдамдығына бағытталған (тек гистограммаларды сәйкестендіру), жедел өндеу үшін тиімді болғанымен, дәлдігі аздап төмен.

Бұл тәсіл Атырау облысында ауыл шаруашылығы жерлерін жоғары кеңістіктік дәлдікпен бақылау үшін ерекше өзекті. Облыста егін алқаптары кеңістіктік тұрғыдан ұсақ, шекаралары нақты емес және жер жамылғысы біркелкі таралмаған жағдайда, PlanetScope спутниктері жиі пайдаланылатын Sentinel-2 деректерін толықтырып, нақты вегетациялық талдау жүргізуге мүмкіндік береді. SkySat тәрізді жоғары дәлдіктегі деректерді эталон ретінде пайдалану арқылы Атырау аймағында NDVI және NDRE индекстерін өзара сәйкестендіріп, жер жағдайына бейімделген айнымалы мөлшерлеу стратегияларын іске асыруға болады.

Сонымен қатар, өңірдегі жерді қашықтықтан бақылауда қолданылатын әртүрлі спутниктік платформалардан алынған мәліметтердің үйлесімділігін арттыру – көпжылдық мониторинг пен ауыл шаруашылығы шешімдерін негіздеу үшін маңызды. NDVI мен NDRE индекстерін калибрлеудің осындай тәсілдерін енгізу нәтижесінде өнімділік болжамдарын жақсарту, тыңайтқыш қолдануды оңтайландыру және деградацияны ерте анықтау мүмкіндігі артады.

2.3 Қазақстан Республикасындағы ауыл шаруашылық жерлерді тиімді пайдалануын аэроғарыштық бақылау

Топырақтың тұздануы ауыл шаруашылығы өндірісінің төмендеуіне әкелетін басты факторлардың бірі болып табылады, әсіресе жартылай құрғақ және құрғақ климаттық белдеулерде орналасқан өңірлер үшін. Атырау облысы жағдайында топырақтың тұздануы Жайық өзені мен оның сағалық бөлігінде, сондай-ақ шөлейтті және суармалы егіншілік аймақтарында айқын байқалады. Бұл процесті тұрақты бақылау және дәл бағалау үшін қашықтықтан зондтау (RS) технологиялары мен машиналық оқыту (ML) әдістерін біріктіру – қазіргі заманғы тиімді шешімдердің бірі.

Қазақстанның оңтүстік аймағында жүргізілген 2.4-суретке сәйкес «Soil Salinity Estimation for South Kazakhstan Based on SAR Sentinel-1 and Landsat-8,9 OLI Data with Machine Learning Models» атты зерттеу Sentinel-1 және Landsat-8/9 спутниктік деректерін пайдалана отырып, топырақтың тұздану дәрежесін болжау мүмкіндігін көрсетеді [24]. Үш негізгі ауыл шаруашылығы аймағынан (Алакөл, Қапшағай, Шелек) жиналған 207 топырақ үлгісі негізінде электр өткізгіштік (EC) көрсеткіші арқылы тұздану деңгейі бағаланған. Бұл тәсіл Sentinel-1 радарлық деректері мен Landsat оптикалық суреттерін біріктіріп, болжау дәлдігін 15%-ға арттыруға мүмкіндік берген.

Атырау облысында ұқсас экологиялық-географиялық жағдайлар қалыптасқан: су тапшылығы, топырақтың тұздануға бейімділігі, өсімдік жамылғысының сиректігі және аграрлық алқаптардың әркелкілігі. Осыған орай, SAR (VV және VH поляризациясы) және оптикалық спектралдық деректерді (NDVI, NDSI) біріктіру – тұздану деңгейін кешенді түрде бағалау үшін тиімді құрал бола алады. Бұл әдіс әсіресе Махамбет, Қызылқоға, Құрманғазы аудандарындағы суармалы және жайылымдық жерлерде қолдануға өте ыңғайлы.



2.4 - сурет – Қапшағай су қоймасы мен Алакөл көлі маңындағы топырақ сынамаларын алу учаскелері

Зерттеу барысында әртүрлі машиналық оқыту модельдері сыналды, XGBoost ең жоғары дәлдік көрсеткен ($R^2 = 0.356$). Бұл модель күрделі, әрқелкі мәліметтермен жұмыс істеуге бейімделген, ал LightGBM сәл төмен нәтижемен екінші орында тұр. SAR деректері жалғыз пайдаланылған жағдайда болжам дәлдігі едәуір төмен ($R^2 = 0.282$) болғанымен, оптикалық деректермен біріктірілген кезде бұл көрсеткіш айтарлықтай жақсарған.

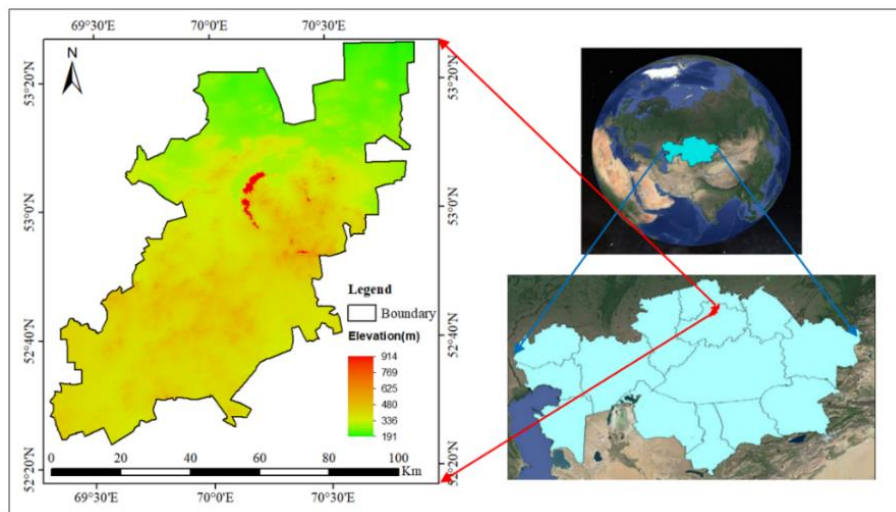
Атырау облысының ауыл шаруашылығы саласына бұл тәсіл келесі бағыттарда тиімді қолданыла алады:

- Топырақтың тұздану карталарын құру және жоғары қауіп аймақтарын нақты анықтау;
- Өнімділік төмендеген учаскелерді ерте анықтау және агротехникалық шаралар қолдану;
- Су ресурстарын тиімді жоспарлау және тұздануға қарсы шаралар қабылдау (дренаж, фитомелиорация);
- Жер ресурстарын ұзақ мерзімді басқару жүйесін жетілдіру.

Сонымен қатар, топырақ үлгілерін далалық түрде жинап, GPS координаттарымен байланыстырылған Sentinel-1 және Landsat деректерімен бірге өңдеу – Атырау облысының нақты учаскелерінде модельді жергілікті жағдайға бейімдеуге мүмкіндік береді.

Ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлердің кеңістіктік-уақыттық өзгерістерін бағалау – жер ресурстарын тиімді басқарудың маңызды бөлігі болып табылады. Бұл бағытта аэрофотоғарыштық деректерге негізделген LULC (Land Use and Land Cover) сыныптамасын қолдану аймақтық деңгейде жер пайдалану құрылымындағы трансформацияны объективті түрде талдауға мүмкіндік береді. Осындай тәсіл Қазақстанның әртүрлі өңірлерінде, соның ішінде Бурабай ауданында сәтті жүзеге асырылған.

1999–2021 жылдар аралығындағы Landsat 5/7/8 спутниктік суреттер негізінде Google Earth Engine (GEE) платформасы арқылы жүргізілген зерттеуде Random Forest (RF) алгоритмімен LULC сыныптары карталанған [25]. Өзгерістердің негізгі қозғаушы күштерін анықтау үшін Көптік регрессия (MLR) және Басты компоненттерді талдау (PCA) әдістері қолданылған. Зерттеу нәтижелері 2.5-суретке сәйкес егістік жерлердің 17,2%-ға ұлғайғанын, ал жайылымдардың 22,54%-ға қысқарғанын көрсетті. Мұндай тенденциялар 2.6-суретке сәйкес ауыл шаруашылығына түсетін антропогендік қысымның артуын және жайылым экожүйелерінің ығыстырылуын сипаттайды.



2.5 - сурет – Бурабай ауданының орналасқан жері мен жер бедері (SRTM3)

Атырау облысында да ұқсас жер пайдалану құрылымдары байқалады: жазықтықтардағы егістік алқаптар мен шөлейтті, тұзданған жайылымдық жерлер. Бұл өңірдің аграрлық даму бағытына сәйкес, жайылымдардың тозуы мен ауыл шаруашылығы алқаптарының үдемелі өзгерістері өзекті экологиялық және экономикалық мәселе болып отыр. Осыған байланысты LULC өзгерістерін талдау Атырау облысы үшін де маңызды. Landsat және Sentinel спутниктік деректерімен RF алгоритмін қолдану арқылы егістік, жайылым, құрылыс, орман және су объектілері сияқты санаттарды жылдар бойынша салыстырып, кеңістіктік-уақыттық динамикасын анықтауға болады.

Бурабай мысалындағыдай, Атырау облысында да LULC өзгерістерін драйверлік талдау арқылы негізгі себептерін анықтау (мысалы, ауыл шаруашылығы саясаты, инфрақұрылым дамуы, табиғи-климаттық өзгерістер)

өңірлік шешім қабылдау үдерісін жақсарта алады. Бұл тәсіл жер ресурстарын оңтайлы басқаруға, жайылымдардың тозуын болжауға және ауыл шаруашылығы жерлерін тиімді жоспарлауға негіз бола алады.



2.6 - сурет – ТМД бағытында дамуын бағалау мақсатында қаланың, агроөнеркәсіп кешенінің және ұлттық өнеркәсіп кешенінің үштұғырлығына негізделген Бурабай ауданын зерттеу тұжырымдамасы

Осылайша, аэрофотоғарыштық деректерді, машиналық оқыту мен GEE платформасын үйлестіре отырып жүргізілген талдау әдістемесі – Атырау облысында ауыл шаруашылығы жерлерін динамикалық зерттеу үшін нақты және ғылыми негізделген құрал болып табылады.

Екінші тарау бойынша тұжырым

Бұл тарауда ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерді тиімді пайдалануды бағалау мен мониторинг жүргізудің ғылыми негіздері, әлемдік тәжірибелер және Қазақстандағы аэрофотоғарыштық деректерді қолдану бағыттары кеңінен қарастырылды. Талдау барысында жер ресурстарын басқарудағы заманауи тәсілдер мен цифрлық технологиялардың маңыздылығы нақты мысалдармен дәлелденді.

Тараудың алғашқы бөлімінде ауыл шаруашылығы жерлерін бақылаудың негізгі әдістері сипатталды. Атап айтқанда, қашықтықтан зондтау (ҚЗ) технологиялары арқылы алынған спутниктік суреттер негізінде жер жамылғысының құрылымдық және түрлік өзгерістері автоматты түрде анықталатын алгоритмдер ұсынылды. Segment Anything Model (SAM) әдісі арқылы жоғары ажыратымдылықтағы деректерді өңдеп, нақты егіншілік жүйесіндегі ауыс-түйістерді 78,79% дәлдікпен бағалау мүмкіндігі көрсетілді.

Әлемдік тәжірибеге шолу жасалған бөлімде Қытай, Марокко, Моңғолия және АҚШ сынды елдерде ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерге жүргізілген қашықтықтан мониторинг мысалдары келтірілді. Бұл зерттеулерде Landsat, MODIS және Sentinel спутниктерінің деректері мен машиналық оқыту алгоритмдері кеңінен пайдаланылған. Қазақстанда да осы әдістерге ұқсас тәсілдер енгізіліп, шөлейттену мен деградация үдерістерін бақылау тиімділігі артып келеді.

Тараудың үшінші бөлімінде Қазақстандағы ауыл шаруашылық жерлерін басқару жүйесінде аэроғарыштық деректерді қолданудың қазіргі жағдайы сипатталды. «Қазақстан Ғарыш Сапары» ҰК» АҚ-ның геопорталдары мен спутниктік платформалар арқылы алынған мәліметтер нақты шешім қабылдауда маңызды дереккөзіне айналып отыр. Сонымен қатар, мемлекеттік деңгейде цифрлық кадастр, жер мониторингі және шөлейттенуге қарсы стратегиялар жүйеленіп келеді.

Жалпы алғанда, екінші тарауда ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлердің мақсатты және тиімді пайдаланылуын бақылау үшін заманауи ғарыштық технологияларды қолданудың теориялық және практикалық негіздері жан-жақты қарастырылды. Машиналық оқыту, гиперспектралды түсірілімдер, мультисенсорлық деректер мен бұлттық платформалар негізіндегі тәсілдер агроэкожүйелердегі деградациялық өзгерістерді уақтылы анықтап, жер ресурстарын ұтымды басқаруға бағытталған тиімді құралдар екені дәлелденді.

3 Атырау облысы жерлерінің шөлейттенуін қашықтықтан зондтау деректері негізінде мониторингтеу

3.1 Қазақстандағы ауыл шаруашылығы жерлерін ғарыштық мониторингтеу

«Қазақстан Ғарыш Сапары» ҰК геопорталы ұсынатын спутниктік және геокеңістіктік деректер негізінде өңірлік табиғи ресурстарға кешенді талдау жүргізу [28]. Атап айтқанда, зерттеу шеңберінде ауыл шаруашылығы жерлерінің жағдайын, жер жамылғысының өзгеру динамикасын, жер қойнауын пайдаланудың кеңістіктік үлгілерін және табиғи ресурстардың пайдаланылу қарқындылығын бағалау көзделеді.

Сонымен қатар, қашықтықтан зондтау деректері негізінде жер мониторингі арқылы әлеуетті құқық бұзушылықтар мен пайдаланылмай жатқан немесе заңсыз пайдаланылған жер учаскелері анықталады. Бұл тәсіл жер ресурстарының нақты жай-күйін бағалап қана қоймай, жерді пайдалану тиімділігін арттыру, мемлекеттік бақылау функцияларын күшейту және табиғи ресурстарды басқаруда ашықтық пен есептілікті қамтамасыз ету мақсатында да маңызды.

Геопорталдың мәліметтері ормандардағы өрт ошақтарын, құрғақшылық аймақтарын, жайылым тозу деңгейін, сондай-ақ қоршаған орта жағдайларындағы аймақтық ауытқуларды жедел бақылауға мүмкіндік береді. Мұндай кешенді мониторинг қазіргі уақытта экожүйелік тепе-теңдікті сақтау, ауыл шаруашылығы мен табиғатты пайдалануды жоспарлау, және өңірлік қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін маңызды ақпараттық база болып табылады.

Геопорталдың деректері негізінде аймақтың табиғи ресурстары бойынша кешенді ақпарат жинақталды. Атап айтқанда, өңірдегі мұнай мен газ кен орындары, жерасты және жерүсті су ресурстары, сондай-ақ басқа да пайдалы қазбалар бойынша кеңістіктік және сандық деректер құрылымдалған. Бұл ақпарат «Қазақстан Ғарыш Сапары» ҰК» АҚ геопорталының спутниктік және картографиялық деректеріне сүйене отырып алынған.

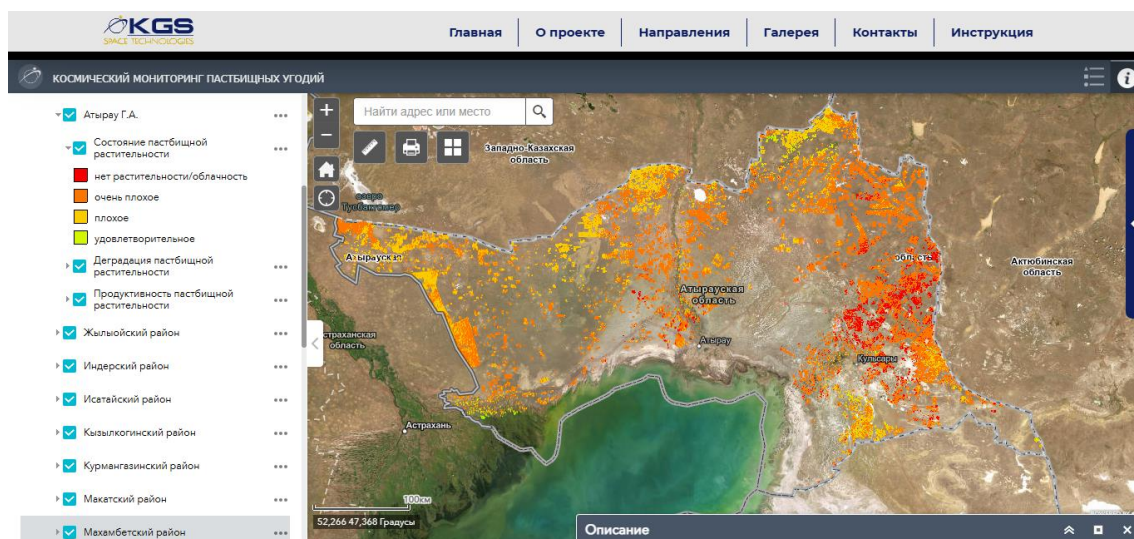
Жинақталған мәліметтер пайдалы қазбалардың таралу аумақтарын, олардың өндірістік әлеуетін және табиғи ресурстарды игеру деңгейін анықтауға мүмкіндік береді. Мұндай деректер 3.1-суретке сәйкес өңірлік табиғи ресурстарды басқару мен экологиялық қауіпсіздік шараларын жоспарлау үшін маңызды. Зерттеу барысында алынған ақпарат кестелік форматта ұсынылып, ресурстардың түрлері, орналасқан координаттары, 3.1-кестеде келтірілген, қазіргі пайдалану мәртебесі және болжамды қор көлемдері бойынша жүйелендірілді.

Осы зерттеу аясында алынған мәліметтер тек ағымдағы жағдайды бағалауға ғана емес, сонымен қатар болашақта жер ресурстарын тиімді пайдалануға арналған стратегиялық шешімдер қабылдауға негіз болады. Геопортал ұсынған деректер агроөнеркәсіптік кешенді цифрландыру, ресурстарды оңтайлы бөлу және экологиялық тәуекелдерді азайту бағыттарында

маңызды рөл атқарады. Сонымен қатар, бұл ақпарат жергілікті атқарушы органдар мен табиғатты пайдалану саласындағы ұйымдардың шешім қабылдау үдерісін ғылыми негізде қолдайды. Мұндай кешенді тәсіл табиғи ресурстарды ұтымды басқаруға, олардың ұзақ мерзімді экологиялық тұрақтылығын қамтамасыз етуге ықпал етеді.

Кесте 3.1 – Аймақтың табиғи ресурстары

Ресурс атауы	Орналасқан жері (аудан)	Акциялар	Ресурс түрі	Күй
Мұнай	Жылыой	3 млрд баррель	Энергия	Ағымдағы
Газ	Исатай	500 млрд текше метр	Энергия	Белсенді емес
Су	Жайық өзені	30 млн текше метр	Су ресурсы	Ішімдік
Өктас	Махамбет	150 мың тонна	Минералды	Экстракция
Мұнай және газ	Теңіз, Қашаған	26 млрд баррель	Энергия	Әлемдегі ең ірі кен орындарының кейбірі.
Балық ресурстары	Орал (Каспий бекіресі)	жылына 10 мың тонна	Су ресурсы	Балық шаруашылығын да қолданылады
Ауыл шаруашылығы жерлері	Жайылымдар	7 миллион гектар	Жер	Мал шаруашылығы (қой, түйе)



3.1 - сурет – Жайылымдық жерлердің ғарыштық бейнесі

Геопортал арқылы 3.2-суретке сәйкес алынған деректер жердің заңсыз пайдаланылуы немесе рұқсатсыз иелену сияқты жағдайларды анықтауға көмектеседі. Жүргізілген талдау нәтижесінде бірнеше заң бұзушылық түрлері белгілі болды. Атап айтқанда:

– Кейбір егістік жерлер мүлде пайдаланылмай жатыр, яғни олар ресми түрде тіркелген, бірақ іс жүзінде егіс егілмеген.

– Жекелеген жер телімдері бастапқы мақсатына сай қолданылмай отыр. Мысалы, жайылым ретінде тіркелген жерлер басқа мақсатта немесе мүлде қолданылмауы мүмкін.

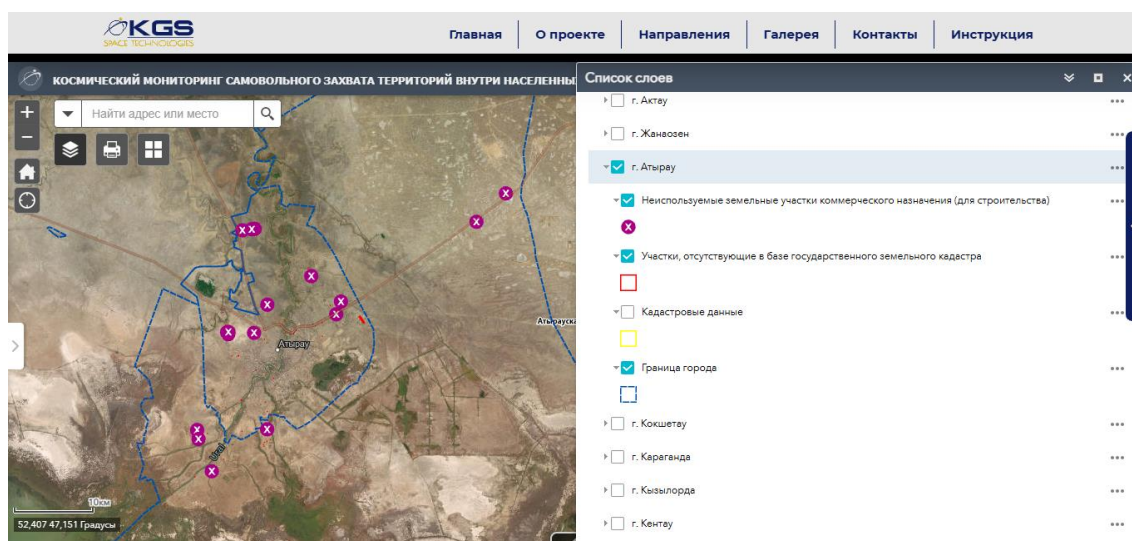
– Кейбір жайылымдық алқаптарда мал шамадан тыс жайылады, ал басқа учаскелерде мүлде мал жоқ. Бұл – жайылым жүктемесінің біркелкі бөлінбегенін көрсетеді.

– Сондай-ақ, кейбір жерлер пайдаланылып жатқанына қарамастан, ресми құжаттарда тіркелмеген. Керісінше, құжаттарда бар, бірақ нақты өмірде қолданылмай жатқан жерлер де бар.

Осындай сәйкессіздіктер жерді тиімді пайдалану мәселесінде көптеген сұрақтар туғызады. Геопорталдан алынған мәліметтер жергілікті билікке нақты шешімдер қабылдауға көмектеседі. Яғни, 3.2-кестеде көрсетілгендей бұл мәліметтер арқылы қандай жердің игеріліп жатқанын, қайсысы бос жатқанын немесе заңсыз қолданылып жатқанын көруге болады.

Кесте 3.2 – Жерді басып алу және рұқсатсыз пайдалану

Бұзушылық түрі	Орналасқан жері (аудан)	Аудан (га)	Сипаттама
Жерді басып алу	Құрманғазы	50	Заңсыз қоршау
Теріс пайдалану	Махамбет	30	Рұқсатсыз құрылыс салу
Шұңқырлау	Мақат	50	Заңсыз құрылыс.
Теріс пайдалану	Құрманғазы	30	Жайылымдарда қалдықтарды сақтау.



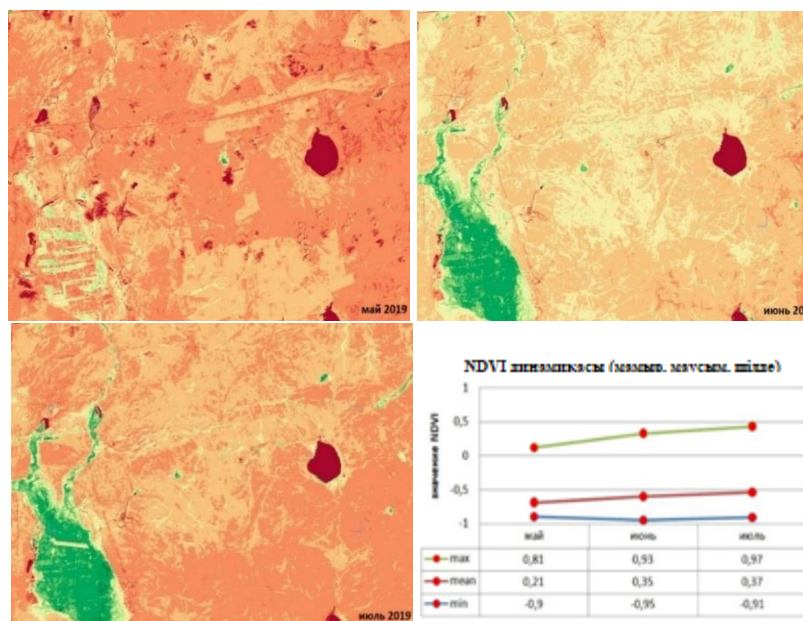
3.2 - сурет – Жерді басып алудың ғарыштық суретінің мысалы

Анықталған заң бұзушылықтар мен өзгерістердің кеңістіктік таралуы ауыл шаруашылығы жерлерін тиімді басқаруда заманауи геотехнологияларды

қолданудың өзектілігін дәлелдейді. Бұл өз кезегінде жер ресурстарының жағдайын объективті бағалауға, олардың пайдалану тиімділігін арттыруға және деградациялық үдерістердің алдын алуға мүмкіндік береді. Ауыл шаруашылығы жерлерінің жай-күйін бағалау және оларды ұтымды пайдалану – қазіргі Қазақстан үшін экономикалық, экологиялық әрі құқықтық тұрғыдан ерекше маңызға ие мәселелердің бірі болып табылады.

Ауыл шаруашылығы жерлерінің жай-күйін бағалау және оларды ұтымды пайдалану – қазіргі Қазақстан үшін экономикалық, экологиялық әрі құқықтық тұрғыдан ерекше маңызға ие мәселелердің бірі болып табылады. Егін шаруашылығын және жайылымдық жер ресурстарын тиімді басқару ауа райының өзгерістері, топырақ сипаттамалары, су қорлары мен антропогендік әсерлер секілді көпфакторлы ықпалдарға тәуелді. Осыған байланысты Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) технологияларын пайдалану – жедел, кең көлемді әрі объективті мониторинг жүргізудің заманауи әдісі ретінде кеңінен қолданыс табуда.

Қазақстан Республикасы аумағында KazEOSat-2, Sentinel-2, Landsat-8/9, MODIS және Sentinel-1 спутниктік жүйелерінің мәліметтері белсенді түрде қолданылады. Бұл жүйелер кеңістіктік және уақыттық рұқсаттылық тұрғысынан әртүрлі сипатқа ие болғандықтан, оларды кешенді түрде пайдалану арқылы ауыл шаруашылығы алқаптарындағы маусымдық әрі жылдық өзгерістерді толық қамтуға мүмкіндік береді. Мысалы, KazEOSat-2 (6,5 м), Sentinel-2 (10 м), MODIS (250–500 м) суреттері негізінде Қазақстан аумағының 900 000 км²-ден астам бөлігі жүйелі түрде бақыланады. Сонымен қатар, оптикалық түсірілімдерге кедергі келтіретін бұлттылық жағдайында Sentinel-1 радарлық (SAR) деректері егін жинау кезеңіндегі мониторинг үшін тиімді құрал болып саналады [26].



3.3 - сурет – Өсімдік жамылғысының NDVI индексі бойынша уақыттық өзгеру үрдісі

Егістік жерлердің жыртылған аумағын, мономәдениет егістігінің жай-күйін және тыңайған алқаптардың құрылымдық өзгерістерін анықтау мақсатында NDVI, NDRE, NDSI сынды вегетациялық және тұздану индекстері қолданылады. Бұл индекстердің уақыттық қатарларын талдау және оларды машиналық оқыту алгоритмдерімен (Random Forest, XGBoost, LightGBM) біріктіру арқылы өнімділік болжамы мен жер деградациясының деңгейін жоғары дәлдікпен бағалау мүмкіндігі туады. Сонымен қатар, 3.3, 3.4-суреттерге сәйкес әрбір облыстың табиғи-климаттық ерекшеліктеріне сәйкес жеке сызықтық регрессиялық үлгілер әзірленіп, олар тарихи деректермен салыстырмалы түрде сарапталады.



3.4 - сурет – Жайылымдық жерлерге жүргізілген далалық зерттеу сапарлары барысында алынған фотосуреттер

Қазақстанда 3.5-суретке сәйкес 2019 жылдан бастап «Қазақстан Ғарыш Сапары» ҰК АҚ ауыл шаруашылығы жерлерінің ғарыштық мониторингін жүйелі түрде жүзеге асырып келеді. 2021 жылы ауыл шаруашылығы алқаптарының толық цифрлық карталануы нәтижесінде 573,6 мың гектар пайдаланылмайтын жерлер, шамамен 20 миллион гектар нормадан тыс жүктемедегі жайылымдар және 9 919 рұқсат етілмеген қоқыс жинау нүктелері анықталды. Аталған ақпарат құқық қорғау органдарына, Бас прокуратураға және облыстық әкімдіктерге беріліп, жер қатынастары саласында тиімді әрі нақты шешімдер қабылдауға мүмкіндік жасады.

Жайылымдық жерлерге қатысты 2019 жылғы маусымдық бағалау нәтижелері бойынша, Қазақстандағы жайылымдардың 31%-ы «өте нашар» жағдайда екені анықталды. NDVI индексіне негізделген маусымдық өсімдік жамылғысының өнімділігін бағалау жұмыстары жерүсті бақылау деректерімен салыстырмалы түрде жүргізілді. Мұндай әдіс Атырау облысы сияқты экожүйелік тұрақтылығы төмен аймақтарда жайылымдардың тозу деңгейін ерте кезеңде анықтап, мал жүктемесін оңтайлы реттеуге мүмкіндік береді.

Жалпы алғанда, қазіргі таңда Қазақстан Республикасында жер ресурстарын басқару және ауыл шаруашылығы мониторингі жоғары дәлдіктегі спутниктік технологияларды қолдану арқылы автоматтандырылып, жаңа сапалық деңгейге көтерілуде. Бұл үрдіс – елдің жер қорын әділ, тиімді және

ғылыми негізделген тәсілдермен басқаруға бағытталған маңызды қадам болып табылады.



3.5 - сурет – 2019 жылдың жазғы кезеңіндегі Қазақстан Республикасының жайылымдық өсімдіктерінің жағдайы мен тозу деңгейінің картасы

Атырау облысы – Қазақстанның шөлейттенуге бейім ең осал табиғи-географиялық аймақтарының бірі. Өңірде жылдық жауын-шашын мөлшері небәрі 150–180 мм аралығында, ал жазғы маусымда ауа температурасы $+45^{\circ}\text{C}$ -қа дейін жетіп, булану деңгейі жауын-шашыннан бірнеше есе асып түседі. Мұндай климаттық ерекшеліктер аймақтағы топырақтың ылғал қорын азайтып, жердің деградациялану үрдісін үдете түсуде. 2023 жылғы деректер бойынша облыс аумағындағы жайылымдардың 60%-дан астамы экологиялық тұрғыда тозған, ал жарамсыз жайылым жерлердің көлемі 3 млн гектардан асып кеткен. Сонымен қатар, Жайық өзенінің су деңгейінің күрт төмендеуі өңірдегі су ресурстарына жүктемені арттырып, ауыл шаруашылығына тікелей әсер етуде. Соңғы онжылдықта мал шаруашылығы өнімділігінің 12%-ға төмендеуі мен жергілікті халықтың әлеуметтік-экономикалық жағдайының нашарлауы осы процестердің салдары болып отыр, 3.3-кестеде көрсетілген. Осыған байланысты Атырау облысының табиғи ортасында шөлейттену үдерістерін қашықтықтан зондтау технологиялары арқылы кешенді түрде зерттеу – аймақтың экожүйелік тепе-теңдігін сақтау мен жер ресурстарын ұтымды басқару үшін маңызды ғылыми-тәжірибелік міндет болып табылады.

Қазақстанда шөлейттену үдерісі айқын байқалатын өңірлердің бірі – Атырау облысы. ҚР Жер ресурстарын басқару агенттігінің деректеріне сәйкес, 1:50 000 масштабтағы геоботаникалық түсірілім нәтижелері бойынша облыс аумағындағы тозған жерлердің жалпы көлемі 4206 мың гектарды құрайды. Оның ішінде 2653,8 мың гектары – орташа дәрежеде деградацияланған, ал 1552,2 мың гектары – күшті тозған алқаптар [27].

Кесте 3.3 – Атырау облысындағы шөлейттену үдерістеріне әсер ететін негізгі табиғи және әлеуметтік-экономикалық көрсеткіштер

Көрсеткіш атауы	Мәні / Мәселе сипаты
Орташа жылдық жауын-шашын мөлшері	150–180 мм
Жазғы маусымдағы орташа температура	+35–45°C
Булану қарқындылығы	Жауын-шашыннан бірнеше есе артық
Шөлейттенуге ұшыраған жайылымдардың үлесі	60%-дан астам
Жарамсыз жайылым көлемі	3,0 млн га-дан астам
Жайық өзенінің деңгейі	2023 жылы соңғы 50 жылдағы ең төменгі көрсеткішке жетті
Мал шаруашылығы өнімділігінің төмендеуі	Соңғы 10 жылда 12%-ға қысқарған
Ауыл шаруашылық жерлердің деградацияға ұшырау үлесі	Жалпы ауыл шаруашылығы жерлерінің ~35%-ы
Халық саны (2024 ж. жағдайы бойынша)	400 мыңнан астам
Негізгі экологиялық мәселелер	Шөлейттену, тұздану, жайылымдардың тозуы, су ресурстарының тапшылығы

Осыған байланысты Атырау облысында жердің қалпына келу әлеуетін бағалау, сондай-ақ өсімдіктер жамылғысының деградацияға ұшыраған нақты учаскелерін анықтау – өзекті ғылыми және практикалық маңызға ие мәселе болып отыр. 3.6-суретке сәйкес облыс аумағындағы шөлейттенген жерлердің жағдайы нақты көрсетілген.



3.6 - сурет – Атырау облысының шөлейттену процестері (зерттелетін аумақ)

Зерттеу нәтижелері бойынша, бұл өңірге құрғақ климат, жиі қайталанатын қуаңшылық және сұр-қоңыр, тұзды және сортаң топырақтар тән. Мұндай

топырақтар көбінесе органикалық заттарға кедей, су ұстап тұру қабілеті төмен, бұл өз кезегінде өсімдіктердің тіршілік ету жағдайларын қиындатады. Тұзды батпақтар жоғары булану мен аз жауын-шашын жағдайында қалыптасып, топырақ бетінде тұздардың жиналуына әкеледі. Мұндай экологиялық жағдайлар жайылымдық жерлердің өнімділігінің төмендеуіне тікелей әсер етеді.

Сондықтан Атырау облысының Махамбет, Құрманғазы және Қызылқоға аудандарының шөлейттену жағдайын талдау мақсатында 3.7-суретке сәйкес Landsat 8/9, Sentinel-2 және MODIS спутниктерінің қашықтықтан зондтау деректері негізінде аэроғарыштық суреттер алынды



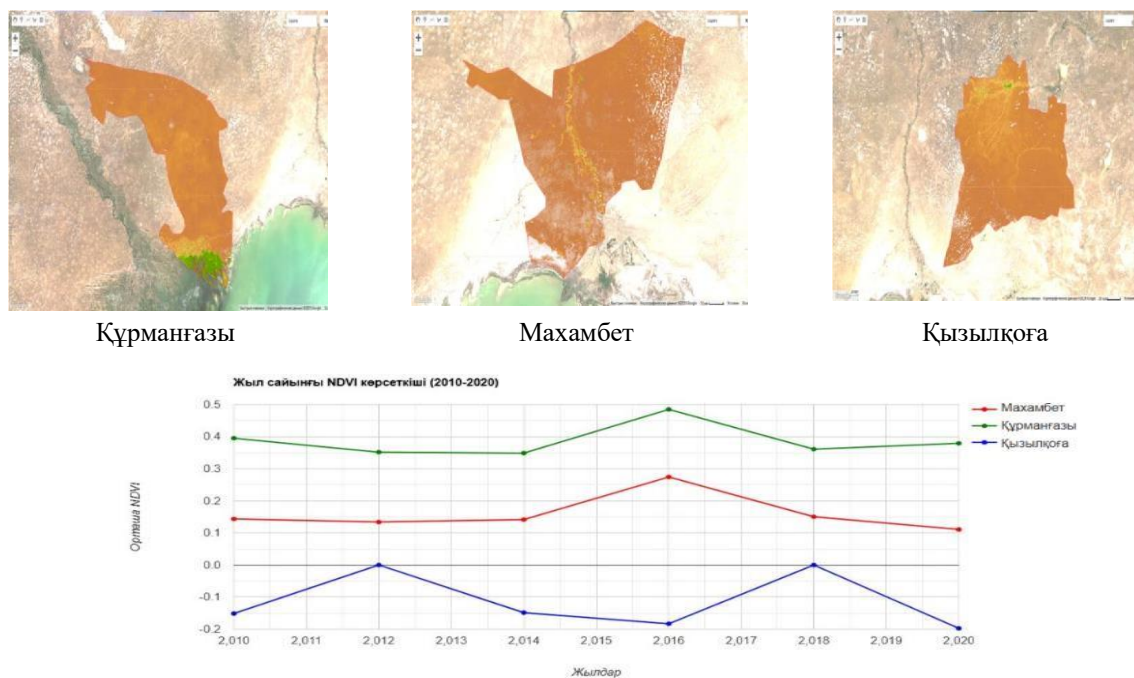
3.7 - сурет – Аэроғарыштық суреттерді алу бағдарламалары мен мүмкіндіктері

Сонымен қатар, өсімдіктер мен климат үлгілерін көпжақты талдауға мүмкіндік беретін әртүрлі жаһандық спутниктік деректерге қол жеткізу үшін Google Earth Engine (GEE) платформасы қолданылды. Бұл зерттеуде Қазақстанның Махамбет, Құрманғазы және Қызылқоға аудандарының өсімдік жамылғысының жағдайын бағалау мақсатында 2010-2020 жылдар аралығындағы NDVI, LAI және EVI индекстері есептелді.

Вегетациялық индекстер арқылы шөлейттенуді бағалау – климаттың өзгеруі мен антропогендік жүктемелер жағдайында өсімдік жамылғысының өзгерісін және экожүйелердің тұрақтылығын түсінудің маңызды тәсілі болып табылады. NDVI және EVI секілді индекстер шөлейттенуге бейім аймақтардағы экожүйелердің жағдайын талдау мен бақылаудың негізгі құралдары ретінде кеңінен қолданылады. Осы тұрғыда, Атырау облысының Махамбет, Құрманғазы және Қызылқоға аудандарының өсімдік жамылғысының нормаланған айырмашылық индексі (NDVI) 3.8-суретке сәйкес 2010–2020 жылдар аралығындағы жазғы маусымдарды қамтып есептелді. Нәтижелер үш аудан ішінде салыстырмалы түрде Құрманғазы ауданының жағдайы жақсы екендігін көрсетті [27,29].

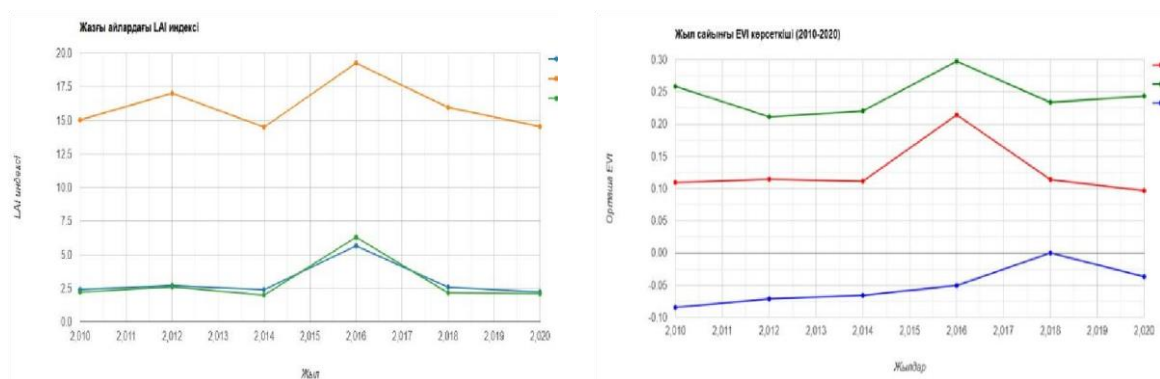
GEE платформасы үлкен көлемдегі спутниктік деректерді өңдеуді автоматтандыру арқылы уақыттық және кеңістіктік өзгерістерді тиімді бақылауға жол ашады. Бұл платформа экожүйелік көрсеткіштерді

интерпретациялауда жоғары дәлдікті қамтамасыз етіп, өңірлік деңгейдегі шешімдерді ғылыми негізде қабылдауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, алынған индекстер мен олардың динамикасы ауыл шаруашылығын басқару, құрғақшылыққа қарсы іс-шаралар жоспарлау және жер ресурстарын ұтымды пайдалану салаларында нақты қолданылуы мүмкін. Мұндай тәсілдер табиғи жүйелердің бейімділігі мен қалпына келу қабілетін анықтауға және болашақтағы өзгерістерді болжауға көмектеседі.



3.8 - сурет – 2010-2020 жылдар бойынша жаз мезгіліндегі NDVI көрсеткіші

Жапырақ аймағының индексі (LAI) 3.9-суретке сәйкес зерттеу аумағындағы жер бетінде жапырақтардың жалпы ауданын өлшеуге мүмкіндік берсе, жақсартылған өсімдіктер индексі (EVI) өсімдіктердің жағдайын бағалау үшін қолданылды. Осы екі көрсеткіштің нәтижесінде үш аудан арасында Құрманғазы ауданы салыстырмалы түрде жақсы көрсеткіштер көрсетті.



3.9 - сурет – 2010-2020 жылдар бойынша жаз мезгіліндегі LAI және EVI көрсеткіші

Атырау облысының Махамбет, Құрманғазы және Қызылқоға аудандарының NDVI көрсеткіштерін есептеу нәтижесінде Құрманғазы ауданында өсімдіктің өсу көрсеткіші 10,88% (NDVI -0,272) деңгейінде болып, ең жақсы көрсеткішті көрсетті. Махамбет ауданында бұл көрсеткіш 6,06% (NDVI -0,067), ал Қызылқоға ауданында 3,39% (NDVI -0,098) болды. Осы деректерге сүйенсек, өсімдік жамылғысының қалыпты өсуі тек Құрманғазы ауданында байқалса, Махамбет пен Қызылқоға аудандарында өсімдік жамылғысының деңгейі төмен болып отыр.

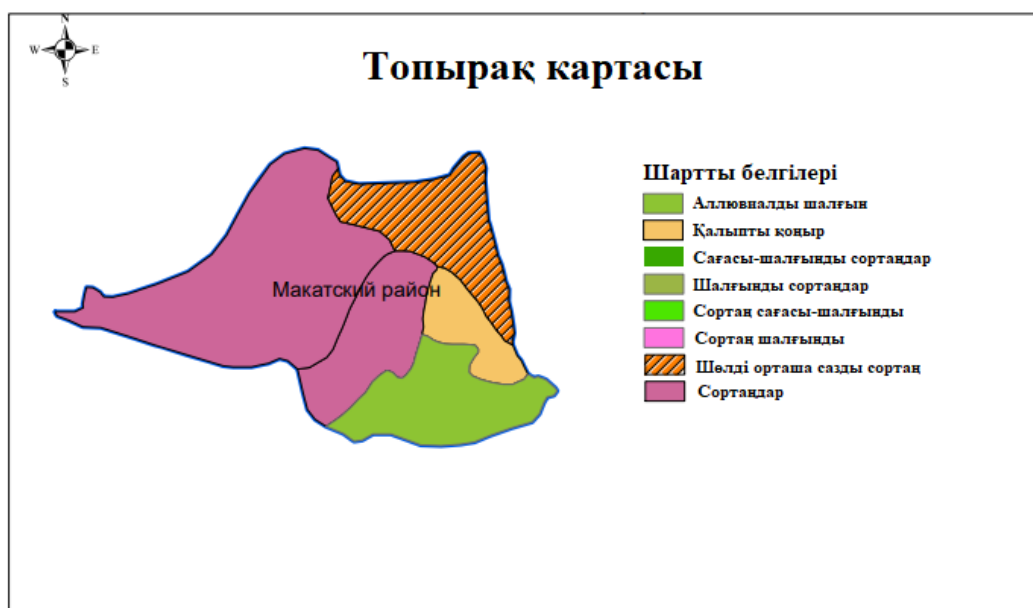
3.2 Атырау облысы Мақат ауданындағы топырақ деградациясының экологиялық аспектілері

Каспий теңізінің солтүстік жағалауы табиғи және антропогендік факторлардың ықпалында қарқынды өзгерістерге ұшыраған аймақ болып саналады. Бұл аумақтағы топырақтардың трансформациясы негізінен теңіз деңгейінің төмендеуімен, құрғақ климаттық жағдайлармен, ескі суармалы жерлердің әсерімен, мұнай өндірісі мен жайылымдардың тозуымен тікелей байланысты.

Мақат ауданы Атырау облысының оңтүстік-шығысында орналасқан және Каспий маңы шөлейтті аймағына жатады. Бұл өңір табиғи-климаттық жағынан өте құрғақ, жауын-шашын аз, желдің күші жоғары, жаз айлары ыстық әрі ұзақ болып келеді. Жер бедері негізінен жазықты, кейбір тұстарда сәл ойпаң келген. Аудан аумағы мұнай мен газ өндірумен тығыз байланысты, сондықтан техногендік әсердің қарқындылығы жоғары. Мұндай жағдайлар топырақ жамылғысының табиғи қалпына кері әсер етіп, деградация процесін күшейтеді.

3.10-суретке сәйкес Мақат ауданы топырақ деградациясын зерттеу үшін арнайы таңдалды, себебі бұл өңірде табиғи шөлейт жағдайы мен антропогендік жүктеме айқын көрінеді. Мұнай өндірісі мен инфрақұрылымның дамуы топырақ құрылымын өзгертеді, ал ылғалдың тапшылығы гумустың жиналуын тежейді. Сонымен қатар, бұрынғы суармалы жерлердің тасталуы мен жайылымдардың тозуы да топырақтың сапасын нашарлатуда. Бұл ауданның мысалында топырақтың деградация деңгейін жан-жақты бағалап, ұқсас экожүйелер үшін ұсыныстар жасауға болады.

Осыған байланысты Мақат ауданы топырағының қазіргі жағдайын жан-жақты зерттеу – өңірдегі экологиялық теңгерімді сақтау үшін маңызды қадам болып табылады. Мұндағы табиғи және антропогендік ықпалдардың үйлесуі топырақ сапасының жылдам өзгеруіне алып келуде. Аудан жерлерінде өсімдік жамылғысының сиректеуі, топырақтың қатты желмен ұшуы және беткі қабаттың тығыздалуы жиі кездеседі. Сонымен қатар, бұрынғы суармалы жүйелердің жарамсыздануы топырақтың құрылымдық құрамына кері әсерін тигізуде. Мұндай факторлардың жиынтығы топырақтың құнарсыздануын үдетіп, егістік пен жайылымдық жерлердің өнімділігін төмендетуде.



3.10 - сурет – Мақат ауданы топырақ картасы

Гумус мөлшері және агрохимиялық сипаттамасы

Мақат ауданы аумағында 3.4-кестеге сәйкес алынған топырақ үлгілерінің агрохимиялық талдауы гумустың жоғарғы қабатта (0–15 см) 0,35%-дан 2,38%-ға дейін өзгеретінін көрсетті. Бұл көрсеткіш топырақтардың әртүрлі құнарлылық деңгейін және деградация дәрежесін көрсетеді. Гумус мөлшері төмен жерлер, көбінесе, ескі суармалы жерлерде, техногендік әсерлерге ұшыраған немесе елді мекен маңындағы аймақтарда байқалады.

Кесте 3.4 – Топырақтардағы гумус мөлшерінің таралуы (агрохимиялық деректер бойынша)

Таңдау орны	Тереңдігі	Жалпы Гумус, %
P-1	0-15	0,63
P-2	0-15	0,64
P-3	0-15	1,42
P-4	0-15	0,50
P-5	0-15	0,95
P-6	0-15	2,28
P-7	0-15	0,91
P-8	0-15	2,01
Нүкте 1	0-15	0,59
Нүкте 2	0-15	0,96
КХТ-б	0-15	2,38
КХТ-с	0-15	0,35

Топырақтың деградация дәрежесі (қималар бойынша)

3.11, 3.12, 3.13-суреттерге сәйкес өңірде жүргізілген далалық зерттеулер мен қималар бойынша талдаулар топырақ деградациясының келесі негізгі белгілерін көрсетті:

- физикалық саз мөлшерінің азаюы (кейбір учаскелерде 50%-ға дейін),
- гумусты горизонттың (А+В) жұқаруы,
- органикалық заттардың (гумус) күрт төмендеуі,
- улы тұздардың жоғары шоғырлануы (0,08–0,12%),
- жайылымдық өсімдіктердің проективтік жамылғысының азаюы (25–40%-ға дейін).

Бұл факторлар топырақ құрылымының бұзылуына, су режимінің нашарлауына және жайылымдардың биомассасының төмендеуіне алып келеді.



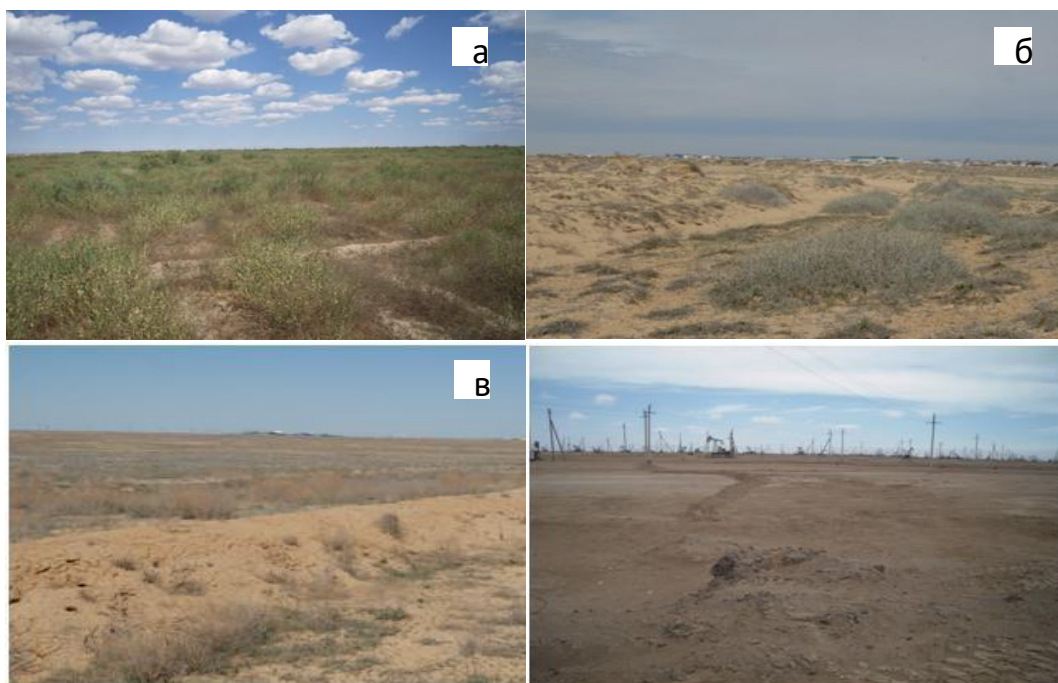
3.11 - сурет – Мақат ауданында химиялық және физикалық құрамын анықтау үшін топырақ үлгілерін жинау орындары (1-разрез)



3.12 - сурет – Химиялық және физикалық құрамды анықтау үшін топырақ сынамаларын алу орындары (2-разрез)



3.13 - сурет – Химиялық және физикалық құрамды анықтау үшін топырақ сынамаларын алу орындары (3-разрез)



3.14 - сурет – Инфрақұрылымға жақын орналасқан солончак және деградталған топырақтар.

3.14-суретке сәйкес техногендік бұзылған топырақтардың ландшафттары: а) бұрынғы суармалы игерілген жерлер; б) елді мекендер маңындағы құмдардың дефляциясы; в) сызықтық деградация (мұнай және газ құбырлары, жолдар); г) аумақтың аумақтық деградациясы (мұнай және газ кен орындары, өнеркәсіп орындары)

Зерттеу нәтижесі бойынша:

– Орташа деградация – гумус төмендеген, бірақ құрылымы сақталған аймақтарда;

– Жоғары және күшті деградация – тұздану деңгейі жоғары және антропогендік әсер күшейген жерлерде;

– Өте күшті және шектік деградация – мұнай өндірісіне жақын маңдарда, гумус қабаты жойылған, вегетация толық жойылған топырақтарда кездеседі.

Кеңістіктік талдау және картографиялау

Қашықтықтан зондтау деректері мен ГАЖ технологияларының көмегімен топырақтардың қазіргі жағдайына баға беріліп, келесі карталар жасалды:

– Топырақ картасы – солтүстік жағалаудағы негізгі топырақ түрлері мен олардың кеңістіктік таралуын көрсетеді;

– Деградация картасы – деградация дәрежесі және оны тудырған факторлар көрсетілген.

Аталған карталар бойынша:

– табиғи күйде сақталған жерлер – тек 30% шамасында,

– 19,3% – әлсіз деградацияланған,

– 14% – орташа,

– 21,4% – қатты,

– 15,8% – өте қатты және шектік деградацияға ұшыраған.



3.15 - сурет – Солтүстік Каспий аймағындағы топырақтың деградациясының картасы

Каспий теңізі деңгейінің төмендеуі соңғы жылдары топырақтардың табиғи сулану режимінің бұзылуына, яғни құрғау және шөлге айналу процестеріне алып келді. Бұрын промывной режимде болған жерлер қазір буланушы (выпотной)

режимге өткен. Бұл топырақта тұздардың жиналуына, гумустың тез ыдырауына және құрылымның нашарлауына себеп болды.

Айрықша байқалатын құбылыс – батпақты, лимандық және шалғын топырақтардың құрғау нәтижесінде тұздануы және өнімділігінің төмендеуі.

Жүргізілген зерттеу нәтижелері Каспий теңізінің солтүстік жағалауындағы топырақтардың деградациясы кең ауқымды және күрделі екенін көрсетті. Табиғи және антропогендік әсерлер бірлесіп:

- гумус мөлшерінің азаюына,
- тұзданудың артуына,
- құрылымның бұзылуына,
- жайылымдық өнімділіктің төмендеуіне алып келуде.

Картографиялық талдау және далалық-лабораториялық зерттеулер негізінде, аймақтың топырақтары шұғыл түрде қорғау және қалпына келтіру шараларын қажет етеді. Бұл – экологиялық тұрақтылықты сақтау мен жер ресурстарын тиімді пайдалану үшін маңызды міндет.

3.3 Спутниктік деректер негізінде нейрондық желіні қолдана отырып, ауыл шаруашылық дақылдарының өнімділігін талдау

Бұл тарауда ауыл шаруашылығы мақсатында пайдаланылатын жерлердің өнімділігін спутниктік деректер негізінде болжауға арналған көп міндетті нейрондық желі моделін әзірлеу қарастырылады. 3.16-суретке сәйкес зерттеу нысаны ретінде Атырау облысы, Мақат ауданында орналасқан көлемі 0,500 га болатын егістік жер таңдалды. Аталған алқапта соңғы жылдары дақыл өнімділігі өте төмен көрсеткіштерге ие болды. Осыған байланысты өнімділік көрсеткіштерін кеңістіктік деңгейде болжау қажеттілігі туындады.

Заманауи көзқарасқа сәйкес, өнімділікті болжаудың екі негізгі санаты бар: дәстүрлі физикалық-статистикалық әдістер және деректерге негізделген модельдер. Соңғысы – жоғары өлшемді спутниктік деректер мен дақыл өнімділігі арасындағы байланысты анықтайтын, тиімді әрі икемді тәсіл болып табылады. Бұл модельдер әртүрлі кіріс деректерді пайдалана отырып, қоршаған орта мен агротехникалық факторлардың ықпалын қамти алады.

Осы зерттеуде біз өнімділігі аз үлгілер жағдайында дәл болжау жасауға мүмкіндік беретін MT-CUP-Net көп міндетті желісін қолдану арқылы пиксель деңгейіндегі өнімділікті бағалаудың жаңа тәсілін ұсынамыз. Бұл әдіс нейрондық желінің көмегімен бір уақытта дақыл түрін анықтауды (семантикалық сегментация) және өнімділік мөлшерін болжауды (регрессия) жүзеге асырады. Бұл өз кезегінде дерек тапшылығы жағдайында модельдің жалпылау қабілетін арттырады және ауыл шаруашылығы жерлерін тиімді басқаруға негіз болады.

Зерттеуде пайдаланылған қашықтықтан зондтау деректері ретінде Sentinel-2 спутниктік жүйесінің мәліметтері қолданылды. Бұл спутниктер Жер бетінің жағдайын әр 5 күн сайын қайталап сканерлеуге қабілетті, бұл ауыл шаруашылығы мониторингі үшін жоғары уақытша ажыратымдылықты

қамтамасыз етеді. Sentinel-2 деректерінің негізгі өнімдері – L1C және L2A деңгейлері. L1C өнімдері – геометриялық және радиометриялық түзетуден өткен 13 спектралды арнадан тұратын деректер, L2A өнімдері – атмосфералық әсерлерден түзетілген 12 арналық шағылысу деректері. Өнімділікті болжау саласындағы кейбір зерттеулер L1C деңгейіндегі деректерді қолданса, басқа зерттеулер L2A өнімдерін пайдаланған. Сондықтан, модельдің орнықтылығын (робастылығын) тексеру және нәтижелердің сенімділігін арттыру мақсатында, бұл зерттеуде екеуі де – Sentinel-2 L1C және L2A деңгейлі суреттер қолданылды.



3.16 - сурет – Өнімділігі аз ауыл шарушылығы мақсатындағы жер

Аталған спутниктік мәліметтер ауыл шаруашылығы мақсатындағы 0,500 га жер телімінде (Атырау облысы, Мақат ауданы) алынған. Бұл алқапта өнімділік деңгейі өте төмен болғандықтан, нақты болжам жасау үшін Sentinel-2 суреттері негізінде көп міндетті нейрондық желі моделін қолдану орынды деп танылды.

Деректерді алдын ала өңдеу бірнеше кезеңнен тұрады. Ең алдымен, бұлттылығы аз спутниктік суреттер іріктеліп алынды. 3.5-кестеге сәйкес бұл суреттер 2024 жылдың тамыз айы шамасында түсірілген. Келесі кезеңде, Sentinel-2 спутнигінің 20 м және 60 м кеңістіктік ажыратымдылықтағы арналарын 10 м ажыратымдылыққа дейін сәйкестендіру үшін кубтық интерполяция әдісі қолданылды.

Одан кейінгі қадамда дақыл түрлері мен өнімділік көрсеткіштерін қамтитын векторлық қабаттар растр форматқа ауыстырылып, оларды Sentinel-2 суреттерінің ажыратымдылығына сәйкестендіру жұмыстары жүргізілді. Бұл әрекет спутниктік деректермен дәл кеңістіктік сәйкестікке қол жеткізуге мүмкіндік берді.

Кесте 3.5 – Sentinel-2 сурет түсіру күні, алынған өнімділік үлгілері және дақыл түрлері

№	Сурет күні	Өнімділік үлгілері (дана)	Сурет саны (дана)	Өсірілген дақыл түрлері
1	2023/08/19	97	12	күріш, жүгері
2	2023/08/20	223	15	күріш, жүгері, басқа дақылдар
3	2023/08/27	67	9	соя, күріш

Соңында барлық деректер – спутниктік суреттер, өнімділік растрлары және дақыл түрлері растрлары – 256×256 пиксель өлшеміндегі кескіндерге бөлінді. Бұл үшін қабаттау коэффициенті 0.1 болатын сырғама терезе (sliding window) әдісі қолданылды. Мұндай әдіс модельге оқыту үшін үлкен көлемдегі біртекті деректер жиынтығын дайындауға мүмкіндік береді.

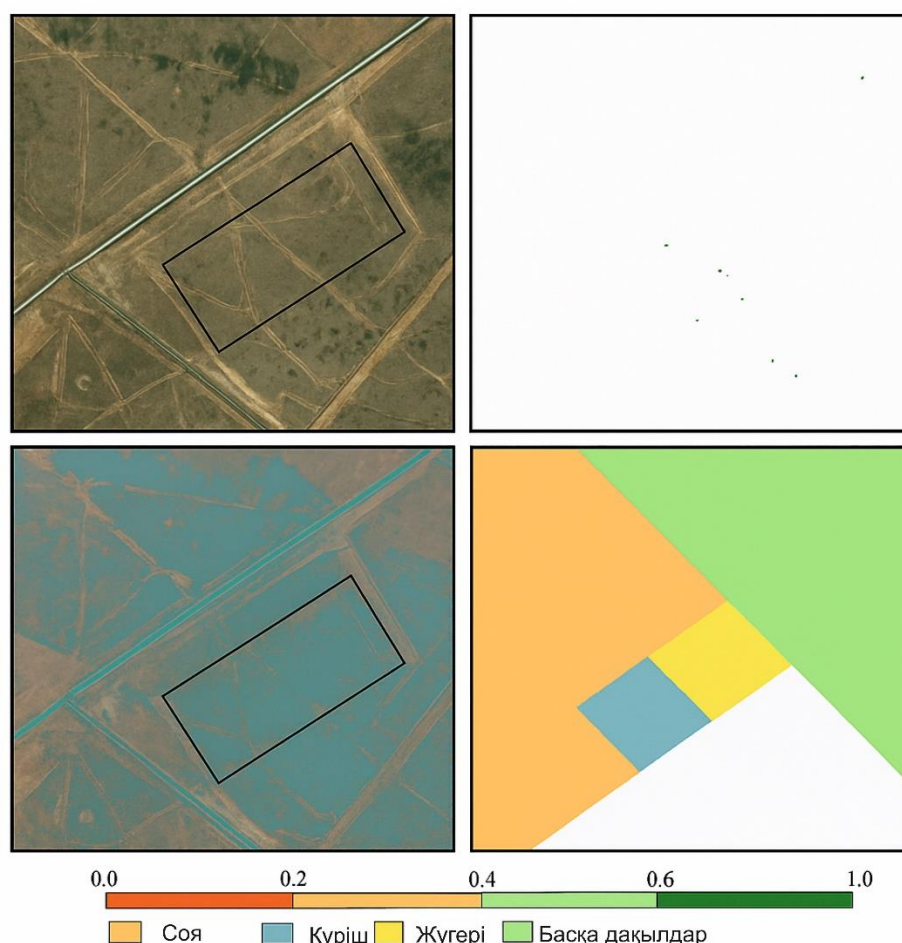
Содан кейін жалпы алынған Sentinel-2 суреттері негізінде екі деректер жиынтығы құрылды: L1C және L2A. 3.17-суретке сәйкес бұл мәліметтер жиынтықтары Атырау облысы, Мақат ауданындағы 0,5000 гектар ауыл шаруашылығы алқабынан алынған және дақыл өнімділігі төмен болған жерлерді болжау мақсатында дайындалды. Әрбір жиынтықта өнімділікке қатысты нақты координаттармен белгіленген 1 859 дерек нүктесі мен 182 спутниктік сурет қамтылды. Жұмыс барысында тек өнімділік мәндері белгіленген (аннотацияланған) суреттер ғана таңдалып алынды.

Модельдің сенімділігін бағалау мақсатында random seed тұрақты мәнге орнатылып, 10 қатпарлы кросс-валидация әдісі қолданылды. Бұл тәсіл арқылы барлық деректер 9:1 қатынасында оқыту және тексеру жиынтықтарына бөлінді. Бұл әдіс ауыл шаруашылығы жерлеріндегі шектеулі деректер жағдайында модельдің жалпылау қабілетін жақсартуға мүмкіндік береді.

Ескерерлік жайт, L1C және L2A деңгейлеріндегі суреттер бір-бірімен кеңістіктік жағынан бір-біріне сәйкес келеді, яғни олар бір географиялық аумаққа тиесілі. Осыған байланысты модельдің екі деректер жиынтығы бойынша да бірдей жерлерде үйретілуі мен тексерілуі зерттеу нәтижелерінің нақтылығын арттырады.

Бұл тәсіл өнімділігі төмен және аз зерттелген ауыл шаруашылығы жерлерінде, соның ішінде Мақат ауданының нақты көрсетілген телімінде, болашақта өнімділік деңгейін кеңістіктік негізде жоғары дәлдікпен болжауға мүмкіндік береді.

MT-CUP-Net моделінің тиімділігін жан-жақты бағалау мақсатында ауыл шаруашылығы өнімділігін болжауға арналған бірнеше әдістер салыстырмалы түрде жүзеге асырылды. Бұл зерттеу Атырау облысы, Мақат ауданындағы 0,5000 гектар ауыл шаруашылығы жерінде, Sentinel-2 спутниктік суреттеріне сүйене отырып жүргізілді. Өнімділігі төмен болған бұл аумақта өнімділік болжамын кеңістіктік дәлдікпен бағалау үшін көп міндетті нейрондық желі моделінің тиімділігі сыналды.



3.17 - сурет – Деректер жиынтығының көрнекі бейнесі (1-кесте негізінде)

Салыстыру үшін үш классикалық машиналық оқыту моделі (Random Forest, XGBoost және LightGBM) және екі терең оқыту моделі (FPN-DenseNet161 және Unet) енгізілді. Машиналық оқыту модельдері спутниктік суреттерден алынған спектралдық шағылысу мәндері мен NDVI сияқты өсімдіктік индекстерді пайдаланып, өнімділіктің үздіксіз сандық мәндерін болжай алады. Терең оқыту модельдері бір спутниктік суретті енгізу ретінде қабылдап, пиксель деңгейінде өнімділік карталарын тікелей шығарады.

Барлық модельдер Linux серверінде (Intel i7-13600K CPU, NVIDIA RTX 3090 GPU) PyTorch платформасында іске асырылды. MT-CYP-Net және Unet модельдері `segmentation_models_pytorch` кітапханасы арқылы жасалып, DenseNet-161, ResNet-50 және ResNest-50d энкодерлері қолданылды. Бұл энкодерлер алдын ала ImageNet деректер жиынтығында үйретілген салмақтармен инициализацияланды.

Модельдерді үйрету 300 эпох бойы жүргізілді. Оқыту параметрлері: SGD оптимизаторы, `weight decay` – 0.009, `momentum` – 0.9, `batch size` – 8. Оқу жылдамдығы бастапқыда 0.008 болып, `cosine decay` графигімен өзгертіліп отырды (`warmup` – 100 итерация). Деректерді көбейту (`augmentation`) үшін кездейсоқ көлденең және тік айналдыру, сонымен қатар 90° бұру (ықтималдық –

0.5) әдістері қолданылды. Көп міндетті шығын функциясының коэффициенттері ретінде: $a = 5$, $b = 1$, $c = 0.1$ мәндері берілді.

Машиналық оқыту модельдері AutoGluon платформасында оңтайландырылды. Бұған қоса, NDVI және басқа да индекстер бастапқы пиксель мәндерімен қатар кіріс ретінде енгізілді. Модель архитектураларын талдау үшін Unet моделінің екі жеке нұсқасы құрылды: CY-Unet (өнімділік болжау үшін) және CC-Unet (дақыл түрлерін классификациялау үшін). Екі модель де MT-CYP-Net архитектурасының энкодерін ортақ пайдаланады, алайда әрқайсысы түрлі декодерлермен жұмыс істейді.

Модельдің тиімділігі төрт негізгі метрика бойынша бағаланды. Өнімділік болжамы үшін – орташа квадраттық қате (RMSE) және орташа абсолюттік қате (MAE), ал дақыл классификациясы үшін – орташа дәлдік (mAcc) және орташа қабаттасу көрсеткіші (mIoU) қолданылды. Формулалар төмендегідей:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=0}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (3.1)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (3.2)$$

$$mIoU = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^n \frac{TP_i}{TP_i + FP_i + FN_i} \quad (3.3)$$

$$mAcc = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^n \frac{TP_i}{TP_i + FP_i} \quad (3.4)$$

мұндағы n – аннотацияланған өнімділік нүктелерінің саны;

N – суреттер саны;

TP – дұрыс оң болжам;

FP – жалған оң болжам;

FN – жалған теріс болжам.

Осы бағалау көрсеткіштері модельдің дәлдігі мен сенімділігін салыстырмалы түрде анықтауға мүмкіндік берді.

Жалпы алғанда, MT-CYP-Net моделі Атырау облысы жағдайында өнімділік деңгейін төмен шығынмен, жоғары дәлдікпен болжауға мүмкіндік беретін тиімді құрал ретінде танытылды.

MT-CYP-Net моделінің тиімділігін бағалау үшін оны бірнеше классикалық машиналық оқыту әдістерімен (Random Forest, XGBoost, LightGBM) және заманауи терең оқыту модельдерімен (FPN-DenseNet161, CY-Unet) салыстыра отырып талдау жүргізілді.

3.6-кестеге сәйкес әрбір модельдің RMSE (орташа квадраттық қате), MAE (орташа абсолюттік қате) және есептеу жылдамдығы көрсеткіштері берілген. Нәтижелерге сәйкес, MT-CYP-Net (ResNest-50d) моделі барлық деректер жиынтықтарында ең жоғары дәлдікке қол жеткізді және тиімділігімен ерекшеленді.

MT-CYP-Net (ResNest-50d) моделі:

- L1C бойынша RMSE – 0.1472, MAE – 0.0706
- L2A бойынша RMSE – 0.1491, MAE – 0.0718
- Есептеу жылдамдығы – 1.28e-09 с/пиксель

Кесте 3.6 – Әртүрлі модельдердің өнімділік болжамы бойынша нәтижелері

№	Модель	RMSE (L1C)	MAE (L1C)	RMSE (L2A)	MAE (L2A)	Жылдамдық (сек/пиксель)
1	FPN-DenseNet161	0.2173	0.1337	0.2122	0.1313	1.26e-09
2	Random Forest	0.1533	0.0815	0.1575	0.0843	1.91e-07
3	XGBoost	0.1550	0.0761	0.1616	0.0799	2.12e-07
4	LightGBM	0.1567	0.0818	0.1628	0.0843	3.05e-07
5	CY-Unet (ResNet-50)	0.1578	0.0837	0.1676	0.0887	1.26e-09
6	CY-Unet (DenseNet-161)	0.1742	0.0925	0.1759	0.0918	1.28e-09
7	CY-Unet (ResNest-50d)	0.1543	0.0800	0.1521	0.0801	1.27e-09
8	MT-CYP-Net (ResNet-50)	0.1559	0.0821	0.1575	0.0801	1.28e-09
9	MT-CYP-Net (DenseNet-161)	0.1553	0.0778	0.1537	0.0784	1.28e-09
10	MT-CYP-Net (ResNest-50d)	0.1472	0.0706	0.1491	0.0718	1.28e-09

MT-CYP-Net моделінің көп міндетті құрылымының артықшылықтарын анықтау мақсатында абляциялық эксперименттер жүргізілді. 3.7-кестеге сәйкес өнімділік болжау және дақыл классификациясы бойынша нәтижелер көрсетілген.

- CY-Unet тек өнімділікті болжауға бағытталған (RMSE – 0.1543)
- CC-Unet тек классификацияға бағытталған (mIoU – 79.62%)
- Ал MT-CYP-Net екі міндетті қатар орындай отырып, ең жоғары нәтижелерге қол жеткізді:

- RMSE – 0.1472
- mIoU – 81.69%

Бұл көп міндетті оқыту тәсілінің ауыл шаруашылығы мақсатындағы модельдер үшін тиімді екенін дәлелдейді.

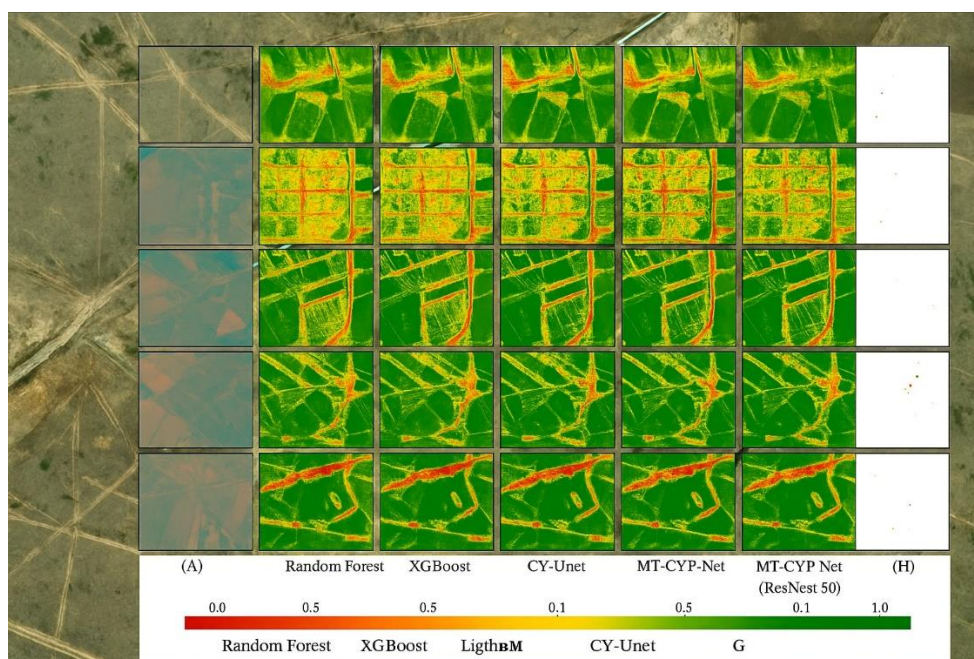
Модельдің дәлдігін бағалаумен қатар, біз инференс (болжау) жылдамдығын да ескердік. Соңына дейін онтайландырылған архитектурасының арқасында MT-CYP-Net моделі ең жылдам машиналық оқыту моделінен 149 есе тиімді жұмыс істеді, сонымен қатар CY-Unet және FPN-DenseNet161 модельдерінен небәрі 1,6% ғана баяу. Бұл нәтижелер MT-CYP-Net моделінің

дәлдік пен жылдамдық арасындағы оңтайлы теңгерімді қамтамасыз ететінін көрсетеді.

Кесте 3.7 – MT-CYP-Net моделіне жасалған абляциялық эксперимент нәтижелері

№	Модель	RMSE	MAE	mIoU (%)	mAcc (%)
1	CY-Unet	0.1543	0.0800	–	–
2	CC-Unet	–	–	79.62	87.52
3	MT-CYP-Net-hard (CY)	0.1513	0.0730	–	–
4	MT-CYP-Net-hard (CC)	–	–	81.23	88.39
5	MT-CYP-Net (CY)	0.1472	0.0706	–	–
6	MT-CYP-Net (CC)	–	–	81.69	88.71

3.18-суретке сәйкес әртүрлі модельдер арқылы алынған өнімділік болжамының карталары көрсетілген. Карталардан байқағанымыздай, үш машиналық оқыту моделінің (Random Forest, XGBoost, LightGBM) нәтижелері арасында жоғары деңгейдегі үйлесімділік байқалады.



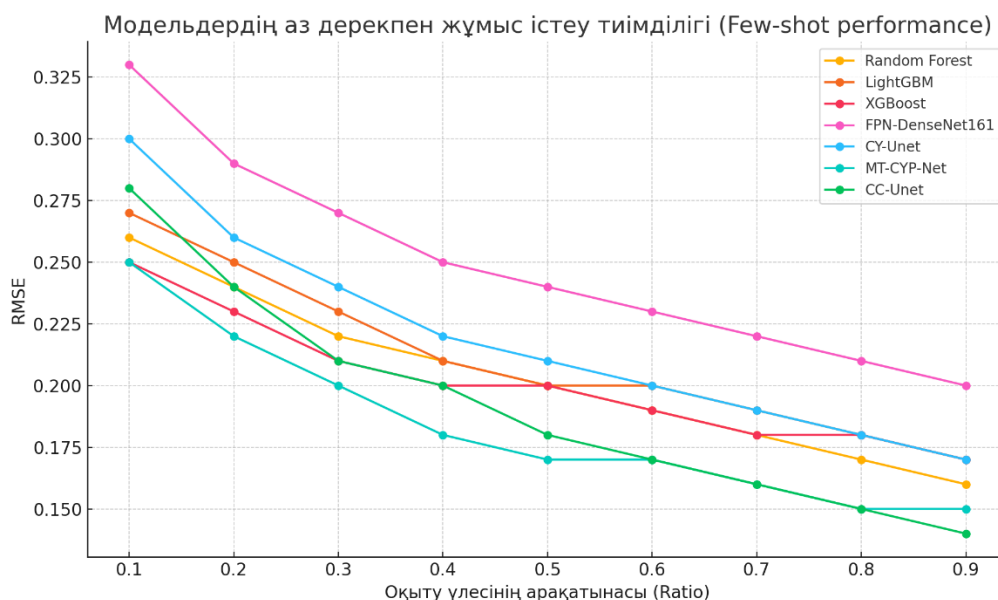
3.18 - сурет – MT-CYP-Net моделіндегі соңғы TCL блогының нақтыланған ортақ ерекшелік картасына (feature map) жүргізілген Grad-CAM визуализациясының нәтижелері.

Ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігіне қатысты деректерді жинау – қымбат әрі күрделі процесс. Сондықтан аз көлемдегі деректермен жұмыс істеу қабілеті (few-shot performance) өнімділікті болжау модельдерін бағалауда маңызды.

Осыған байланысты, L1C деректер жиынтығы негізінде алты модельдің тиімділігі 10%-дан 90%-ға дейінгі оқыту үлестерімен бағаланды. Деректер 7:3 қатынасында оқыту мен тексеру жиынтықтарына бөлінді, әр сценарий 10 түрлі random seed арқылы қайталанып, нәтижелердің орнықтылығы қамтамасыз етілді.

3.19-суретке сәйкес, барлық модельдерде оқыту көлемі артқан сайын RMSE көрсеткіші төмендеді. 10% үлгімен жұмыс істегенде машиналық оқыту модельдері (Random Forest, XGBoost) нейрондық желілерден (CNN) озық нәтиже көрсетті, себебі олар аз дерекпен де ажыратушы кеңістік қалыптастыра алады.

Алайда, оқыту деректері 20%-дан асқаннан кейін, CNN модельдерінің өнімділігі жылдам артып, машиналық оқыту әдістерінен асып түсті. MT-CYP-Net моделі барлық үлгі көлемдері бойынша CY-Unet және FPN-DenseNet161 модельдерінен үнемі жоғары нәтижелер көрсетіп, ең жоғары дәлдікке 20% дерекпен-ақ қол жеткізді. Бұл оның аз үлгілермен де тиімді жұмыс істейтінін көрсетеді.



3.19 - сурет – Модельдердің аз үлгімен жұмыс істеу тиімділігі. RMSE мәні – он эксперимент нәтижелерінің орташа көрсеткіші.

Үшінші тарау бойынша тұжырым

Диссертациялық жұмысымның үшінші бөлімінде Атырау облысының ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлерінде орын алып жатқан шөлейттену және деградация үдерістері қашықтықтан зондау (ҚЗ) технологиялары арқылы жан-жақты зерттеліп, нақты кеңістіктік-уақыттық талдау жүргізілді. Бұл зерттеу аясында бірнеше түрлі спутниктік дереккөздер және геоақпараттық платформалар кешенді түрде қолданылып, облыс аумағындағы табиғи өзгерістер мен экожүйелік күйді бағалауға бағытталған аналитикалық жүйе қалыптастырылды.

Зерттеудің басты құралдарының бірі ретінде Google Earth Engine (GEE) платформасы пайдаланылды. Бұлттық өңдеу мүмкіндігіне ие GEE базасында Sentinel-1, Sentinel-2 және Landsat спутниктерінен алынған деректер өңделіп, NDVI, NPRVI, EVI сынды вегетациялық индекстер есептелді. Осы индекстер арқылы өсімдік жамылғысының маусымдық және көпжылдық динамикасы, өнімділік деңгейі мен деградация белгілері кеңістіктік тұрғыда картаға түсірілді. NDVI уақыттық қатарлары негізінде жайылымдық жерлердің деградация тенденциялары, өсімдік өнімділігінің маусымдық төмендеуі, сондай-ақ құрғақшылық жылдары анық көрініс берген стресс факторлары айқындалды.

Сонымен қатар, зерттеу барысында «Қазақстан Ғарыш Сапары» ҰК АҚ геопорталы арқылы жоғары ажыратымдылықтағы спутниктік суреттер талданды. Бұл деректер GEE-мен бірге салыстырмалы негізде пайдаланыла отырып, зерттеу нәтижелерінің нақтылығын арттырды. Осындай тәсіл Атырау өңірінің әртүрлі табиғи-географиялық аймақтарындағы жер пайдаланудағы құрылымдық ерекшеліктерді ашуға мүмкіндік берді.

Бұл тарауда ауыл шаруашылығы мақсатындағы өнімділігі төмен жерлерді ғарыштық мониторинг негізінде бағалаудың жаңа тәсілі ұсынылды. Зерттеу Атырау облысы, Мақат ауданындағы нақты 0,500 гектар егістік алқап мысалында жүргізілді. Өнімділікті болжау үшін Sentinel-2 спутниктік суреттері және MT-CYP-Net көп міндетті нейрондық желісі қолданылды.

MT-CYP-Net моделі бір уақытта дақыл түрін жіктеуді және өнімділік деңгейін болжауды жүзеге асырып, дерек көлемі шектеулі жағдайда жоғары дәлдікке қол жеткізді. Модельдің тиімділігі RMSE, MAE, mIoU және mAcc көрсеткіштері арқылы бағаланып, классикалық машиналық оқыту (Random Forest, XGBoost, LightGBM) және терең оқыту модельдерімен (Unet, DenseNet) салыстырылды. Барлық салыстыру нәтижелері бойынша MT-CYP-Net (әсіресе ResNest-50d энкодерімен) моделі ең жоғары дәлдік пен өнімділік көрсетті.

Сонымен қатар, аз үлгімен жұмыс істеу тиімділігі де зерттеліп, MT-CYP-Net моделі 20% оқыту дерегімен-ақ жоғары нәтижелерге қол жеткізе алатыны анықталды. Бұл тәсіл нақты ауыл шаруашылығы алқаптарында деректердің шектеулі жағдайында өнімділікті болжау және тиімді шешім қабылдауға үлкен мүмкіндік береді.

Жалпы алғанда, 3-тарауда ұсынылған тәсіл ауыл шаруашылығындағы жерлердің өнімділігін нақты, жылдам және кеңістіктік дәлдікпен болжаудың заманауи әрі сенімді әдісі екенін көрсетті.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қорытындылай келе, ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлердің деградациясын тиімді бақылау мен бағалау – қазіргі таңда аса маңызды экологиялық және әлеуметтік-экономикалық міндеттердің бірі. Осы диссертациялық жұмыста Атырау облысының ауыл шаруашылығы жерлерінде орын алып жатқан шөлейттену мен тозу үдерістері қашықтықтан зондтау технологиялары мен геоақпараттық жүйелерді қолдану арқылы кешенді түрде зерттелді. Жұмыстың негізгі мақсаты – заманауи спутниктік деректер негізінде агроэкожүйелердің кеңістіктік-уақыттық өзгерістерін бағалау және шөлейттену үдерістерін анықтау әдістемесін әзірлеу болды.

Зерттеу барысында мультиспектралды (Landsat, Sentinel-2), радиолокациялық (Sentinel-1), сондай-ақ гиперспектралды және жерүсті спектрометриялық деректер қолданылды. Бұл деректер негізінде NDVI, EVI, LAI, NPRVI сынды негізгі вегетациялық индекстер есептеліп, өсімдік жамылғысының маусымдық және көпжылдық динамикасы бағаланды. Алынған нәтижелер экожүйелердегі деградациялық өзгерістердің көрініс табуын, өсімдіктердің әлсіреуін және өнімділіктің төмендеуін айқындауға мүмкіндік берді.

Спутниктік деректерді өңдеу үшін Google Earth Engine, SNAP және QGIS сияқты заманауи геоақпараттық платформалар қолданылды. Аталған платформаларда уақыттық қатарлар негізінде автоматтандырылған талдаулар жүргізіліп, Random Forest, SVM және SAM сияқты машиналық оқыту алгоритмдері арқылы егістік және жайылымдық жерлердің жіктелуі орындалды. Бұл әдістердің көмегімен агроэкожүйелердің құрылымдық және түрлік трансформациясы жоғары дәлдікпен анықталды.

Зерттеу шеңберінде дронмен алынған гиперспектралды деректер мен спектрометриялық калибрлеу нәтижелері спутниктік деректердің шынайылығын арттыруға мүмкіндік берді. Мұндай тәсілдер экожүйелік процестерді нақты модельдеуге, жер жамылғысының түрлік құрамын және деградация деңгейін картаға түсіруге жол ашады. Гиперспектралды индекстердің, атап айтқанда хлорофилл және су индексінің қолданылуы өсімдіктердің физиологиялық күйін тереңірек бағалауға мүмкіндік берді.

Атырау облысының Мақат, Қызылқоға, Құрманғазы сияқты аудандарында жүргізілген талдаулар нәтижесінде шөлейттенуге ұшыраған және деградация деңгейі жоғары аймақтар кеңістіктік түрде анықталды. NDVI және басқа индекстер бойынша алынған уақыттық қатарлар бұл өңірлердегі өсімдік жамылғысының тұрақты төмендеуі мен маусымаралық өзгерістерін көрсетті. Сонымен қатар, зерттеу барысында ауыл шаруашылық жерлерінің мақсатты пайдаланылу деңгейі, олардың құрылымы мен трансформациясы жөнінде нақты сандық мәліметтер алынды.

Диссертациялық жұмыстың нәтижелері жер ресурстарын ұтымды басқару, жер пайдаланудағы құқықтық және экологиялық мәселелерді шешу, шөлейттенудің алдын алу шараларын жоспарлау үшін негіз бола алады.

Ұсынылған әдістеме Қазақстанның басқа да табиғи-климаттық аймақтарында қолданыла отырып, ауыл шаруашылығы мен экология салаларындағы шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 United Nations, 2015. Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development, 70/1. A/RES/.
- 2 Global Drylands: A UN system-wide response. [Электронный ресурс]. – 2011. URL: https://unemg.org/2018/images/emgdocs/publications/Global_Drylands_Full_Report.pdf
- 3 De Pina Tavares, J., Baptista, I., Ferreira, A.J.D., Amiotte-Suchet, P., Coelho, C., Gomes, S., Amoros, R., Dos Reis, E.A., Mendes, A.F., Costa, L., Bentub, J., Varela, L., 2015. Assessment and mapping the sensitive areas to desertification in an insular Sahelian mountain region case study of the Ribeira Seca Watershed, Santiago Island, Cabo Verde // Catena 128, 214–223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.10.005>.
- 4 Xu, D., Song, A., Tong, H., Ren, H., Hu, Y., Shao, Q., 2016. A spatial system dynamic model for regional desertification simulation - a case study of Ordos, China // Environ. Model. Software 83, 179–192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.05.017>.
- 5 Li, Q., Zhang, C., Shen, Y., Jia, W., Li, J., 2016. Quantitative assessment of the relative roles of climate change and human activities in desertification processes on the Qinghai-Tibet Plateau based on net primary productivity // Catena 147, 789–796. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.09.005>.
- 6 ОБЗОР: Проблема опустынивания на глобальном и региональном уровнях. [Электронный ресурс]. - 2017. - URL: <https://carececo.org/main/news/obzor-problemaopustynivaniya-na-globalnom-i-regionalnom-urovnyakh/>
- 7 Программа по борьбе с опустыниванием в Республике Казахстан на 2005-2015 годы утв.: Правительством РК от 24 января 2005 года, № 49 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eco.gov.kz/strategiya/pustynya.php>
- 8 Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан. 2016. Комитет МСХ РК по управлению земельными ресурсами. - Астана, 2017. – 180 с.
- 9 Г. Айтхожаева, А. Жилдикбаева, Т. Пентаев, А. Баухан, Н. Жумагалиева, В. Гурскиене. Современное состояние использования земель сельскохозяйственного назначения в контексте устойчивого развития // Исследования, результаты. - 2024. - № 2 (102). – С.380-387. DOI: <https://doi.org/10.37884/3-2024/42>
- 10 D’Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K.F., Ravi, S., Runyan, C.W., 2013. Global desertification: drivers and feedbacks // Adv. Water Resour. 51, 326–344. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.01.013>.
- 11 Zhao, Y., Wang, X., Novillo, C.J., Arrogante-Funes, P., V´azquez-Jim´enez, R., Maestre, F. T., 2018. Albedo estimated from remote sensing correlates with ecosystem multifunctionality in global drylands // J. Arid Environ. 157 (9), 116–123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2018.05.010>.
- 12 Feng K., Wang T., Liu Sh., Kang W., Chen X., Guo Z., Zhi Y. Monitoring desertification Using Machine-Learning Techniques with Multiple Indicators Derived

from MODIS Images in Mu Us Sandy Land, China // *Remote Sens.* 2022, 14(11), 2663; DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14112663>

13 Moumane, J.A. Karkouri, A. Benmansour, F. Ghazali, J. Fico, A. Karmaoui, M. Batchi. Monitoring long-term land use, land cover change, and desertification in the Ternata oasis, Middle Draa Valley, Morocco // *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. Volume 26, April 2022, 100745. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100745>

14 X. Meng, X. Gao, S. Li, Sh. Li, J. Lei. Monitoring desertification in Mongolia based on Landsat images and Google Earth Engine from 1990 to 2020 // *Ecological Indicators*. Volume 129, October 2021, 107908. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107908>

15 Т. Рафиқов, М. Ерболқызы, А. Жилдикбаева. Применение данных дистанционного зондирования земли и анализа NDVI 8 Восточно-казахстанской области // *Исследования, результаты*. - 2024. - № 1 (101). – С.183-191. DOI: <https://doi.org/10.37884/1-2024/18>

16 Keiji Jindo, Osamu Kozan, Kohtaro Iseki et al. 2021. Potential utilization of satellite remote sensing for field-based agricultural studies. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* volume 8, Article number: 58. <https://doi.org/10.1186/s40538-021-00253-4>

17 Sara Tokhi Arab, Tofael Ahamed. Land Suitability Analysis for Potential Vineyards Extension in Afghanistan at Regional Scale Using Remote Sensing Datasets. *Remote Sens.* 2022, 14, 4450. <https://doi.org/10.3390/rs14184450>

18 <https://theconstructor.org/others/remote-sensing-applications/398/>

19 <https://ru.wikipedia.org/wiki/>

20 А.Б. Тойшы, Ы. Жакыпбек, Н.Н. Мусахан, А.С. Әбен (2024). Аэроғарыштық деректер негізде ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлердің жағдайын талдау әдістері

21 Elias Fernando Berra, Denise Cybis Fontana, Feng Yin and Fabio Marcelo Breunig. Harmonized Landsat and Sentinel-2 Data with Google Earth Engine. *Remote Sens.* 2024

22 Subbarayan Sathiyamurthi, Saravanan Subbarayan, Madhappan Ramya, Murugan Sivasakthi, Rengasamy Gobi, Saleh Qaysi, Sivakumar Praveen Kumar, Jinwook Lee, Nassir Alarifi, Mohamed Wahba and Youssef M. Youssef. Advancing Agricultural Land Suitability in Urbanized Semi-Arid Environments: Insights from Geospatial and Machine Learning Approaches. *SPRS Int. J. Geo-Inf.* 2024

23 Christian Massimiliano Baldin and Vittorio Marco Casella. Vegetative Index Intercalibration Between PlanetScope and Sentinel-2 Through a SkySat Classification in the Context of “Riserva San Massimo” Rice Farm in Northern Italy. *Remote Sens.* 2024

24 Ravil I. Mukhamediev, Timur Merembayev, Yan Kuchin, Dmitry Malakhov, Elena Zaitseva, Vitaly Levashenko, Yelena Popova, Adilkhan Symagulov, Gulshat Sagatdinova and Yedilkhan Amirgaliyev. Soil Salinity Estimation for South Kazakhstan Based on SAR Sentinel-1 and Landsat-8,9 OLI Data with Machine Learning Models. *Remote Sens.* 2023

25 Онгарбек Алипбеки, Гаухар Мусаиф, Чаймгуль Алипбекова, Айзада Капасова, Павел Гроссул, Мейржан Алиев и Нурсултан Минеев. Анализ комплексного воздействия изменения землепользования, экономических, экологических и социальных факторов на развитие Бурабайского района (Казахстан) в период 1999–2021 гг. *Устойчивое развитие* 2023

26 Тойшы А.Б., Жакыпбек Ы., Кулан А.С., Турсбекова Г.Ж. Ауыл шаруашылық жерлерін қашықтықтан зондтау әдісімен мониторингтеудің тиімділігі

27 Ы. Жакыпбек, А.Б.Тойшы, Е.Т. Утеев, С.В. Турсбеков, Ж.Т. Кожаев. «Атырау облысы жерлерінің шөлейттенуін қашықтықтан зондтау деректері негізінде мониторингтеу» <https://doi.org/10.37884/1-2025/32>

28 «Қазақстан Ғарыш Сапары» ҰК геопорталы <https://www.gharysh.kz/>

29 Google Earth Engine геопорталы <https://earthengine.google.com/>

Тойшы Аяулым Бегімбетқызының «Ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлердің пайдалануын аэрофотоғарыштық деректер негізінде талдау» атты 7M07306 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия білім беру бағдарламасы бойынша магистр дәрежесін алу үшін дайындаған магистрлік диссертациясына

ПІКІР

Магистранттың жұмысы Атырау облысындағы ауыл шаруашылық жерлерінің жағдайын заманауи қашықтықтан зондтау әдістері арқылы зерттеуге арналған. Автор өз жұмысында Landsat, MODIS, Sentinel сияқты спутниктік деректерді пайдаланып, NDVI, EVI, LAI индекстерін есептеу арқылы өсімдік жамылғысының жағдайына бағалау жұмыстары жүргізілген.

Жұмыс барысында Google Earth Engine, SNAP сынды платформалар көмегімен алынған мәліметтер өңделіп, карта және график түрінде ұсынылған. Сонымен қатар, жайылым және егістік жерлердегі өзгерістер Random Forest сияқты алгоритмдер арқылы автоматты түрде талданған.

Зерттеу жұмысы өзекті мәселе болып саналады. Қазіргі таңда жер ресурстарының тозуы, шөлейттену, су тапшылығы сияқты мәселелерді уақытылы анықтауда диссертацияда ұсынылған әдістер мен алынған нәтижелер негіз бола алады. Сондықтан осындай зерттеулердің алатын орындары маңызды болып саналады.

Жұмыстың құрылымы жүйелі, тілі түсінікті, ғылыми негіздері нақты берілген. Практикалық және қолданбалы маңызы жоғары. Жергілікті жерлерде мұндай зерттеулер ауылшаруашылық жерлерді тиімді пайдалануда, экологиялық және шаруашылық шешімдер қабылдауда тиімді болып саналады.

Тойшы Аяулым Бегімбетқызының диссертациялық жұмысы 7M07306 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия мамандығы бойынша өзекті ғылыми мәселелерді шешуге бағытталған, аяқталған, мазмұнды әрі сапалы ғылыми еңбек. Жұмысты 98%-ға өте жақсы деп бағалап, ізденушіге магистр академиялық дәрежесін беруге ұсынамын.

Ғылыми жетекші
ҚазҰТЗУ, МІЖГ кафедрасының
профессоры, Доктор PhD
« 19 » маусым 2025 ж.



Жақыпбек Ы.

Тойшы Аяулым Бегімбетқызының «Ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлердің пайдалануын аэрофотоғарыштық деректер негізінде талдау» атты 7М07306 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия білім беру бағдарламасы бойынша магистр дәрежесін алу үшін дайындаған магистерлік диссертациясына рецензенттің

ПІКІРІ

Магистрант Тойшы Аяулым Бегімбетқызының магистерлік диссертациялық зерттеуі Атырау облысындағы ауыл шаруашылығы жерлерінің жай-күйін заманауи қашықтықтан зондтау технологиялары арқылы бағалауға арналған.

Жұмыс барысында автор Landsat, MODIS және Sentinel спутниктік платформаларынан алынған көпжылдық деректерді пайдалана отырып, өсімдік жамылғысының күйін NDVI, EVI, LAI сияқты вегетациялық индекстер арқылы кешенді түрде бағалаған. Google Earth Engine, «Қазақстан Ғарыш Сапары» ҰК және басқа да геоақпараттық платформалар көмегімен алынған мәліметтер өңделіп, нәтижелер картографиялық және графикалық түрде көрнекі ұсынылған. Сонымен қатар, Random Forest алгоритмі негізінде жайылымдар мен егістік жерлердің құрылымындағы өзгерістерді автоматты түрде сараптау жүргізілген.

Зерттеу тақырыбы өте өзекті, себебі қазіргі таңда жер ресурстарының тозуы, шөлейттену, су тапшылығы сияқты экологиялық және әлеуметтік-экономикалық мәселелер маңызды болып отыр. Диссертациялық жұмыста ұсынылған әдістемелер мен алынған нәтижелер осындай мәселелерді ерте анықтауға және оларды шешудің ғылыми негізін қалыптастыруға бағытталған.

Жұмыс құрылымдық тұрғыдан жүйелі, ғылыми тілі дұрыс жүйеленген, теориялық және практикалық тұстары үйлесімді сипатталған. Автор қолданған әдіс-тәсілдер қазіргі геоақпараттық талдау талаптарына толық сәйкес келеді, ал зерттеу нәтижелері практикада қолдануға ыңғайлы және құнды.

Қорытындылай келе, Тойшы Аяулым Бегімбетқызының жұмысы 7М07306 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия білім беру бағдарламасының талаптарына толық сай келеді және қазіргі ғылыми-тәжірибелік міндеттерді шешуге бағытталған өзектілігі жоғары, мазмұнды ғылыми еңбек болып табылады. Жұмысты 95%-ға өте жақсы деп бағалай отырып, авторға магистр академиялық дәрежесін беруге ұсынамын.

Рецензент,
ҚазҰАЗУ жер ресурстары және кадастр
кафедрасының қауымдастырылған профессор,
Т.ғ.к.

«20» 06 2025ж.



Сарыбаев О.А.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Тойшы Аяулым Бегімбетқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Диссертация магистра наук

Название работы: Ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлердің пайдалануын аэрофотоғарыштық деректер негізінде талдау

Научный руководитель: Ырысжан Жакыпбек

Коэффициент Подобия 1: 5.9

Коэффициент Подобия 2: 2.2

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 2

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата

17.06.25 2.



Заведующий кафедрой

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Тойшы Аяулым Бегімбетқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Диссертация магистра наук

Название работы: Ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлердің пайдалануын аэрофотоғарыштық деректер негізінде талдау

Научный руководитель: Ырысжан Жакыпбек

Коэффициент Подобия 1: 5.9

Коэффициент Подобия 2: 2.2

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 2

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата 17.06.2021



Вайтұрдыев О.
проверяющий эксперт

**«ЭКОНОМИКАНЫҢ ТҰРАҚТЫ ДАМУЫ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ
МИНЕРАЛДЫҚ-ИНДУСТРИЯЛЫҚ МЕГАКЕШЕНДЕГІ
РЕСУРС ҮНЕМДЕУШІ ТЕХНОЛОГИЯЛАР»**

**Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының
БАҒДАРЛАМАСЫ**

14-15 наурыз 2024 ж., Алматы қаласы

ПРОГРАММА

**Международной научно-практической конференции
«РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ
В МИНЕРАЛЬНО-ИНДУСТРИАЛЬНОМ МЕГАКОМПЛЕКСЕ В
УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ»**

14-15 марта 2024г., г.Алматы

PROGRAMME

**International Scientific and Practical Conference
«RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES
IN THE MINERAL-INDUSTRIAL MEGA-COMPLEX
IN CONDITIONS OF SUSTAINABLE ECONOMY
DEVELOPMENT»**

14-15 of March, 2024, Almaty

СЕКЦИЯ 6. ЦИФРОВИЗАЦИЯ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И РОБОТИЗАЦИЯ В МИНЕРАЛЬНО-ИНДУСТРИАЛЬНОМ МЕГАКОМПЛЕКСЕ

ГМК, 2 этаж, 257 ауд.

Председатель: Мадимарова Г. С., к.т.н., ассоц.проф.

Секретарь: Ормамбекова А.Е., стар.преп.каф.

1. **Б.Нурпеисова** (Satbayev University, г.Алматы, Казахстан).
Толғауы 90 толағай тұғыр түлектері.
2. **А.А.Бояндинова, Ж.А.Адилханова** (ИГД им.Д.А.Кунаева, г.Алматы, Казахстан)
Разработка цифровых технологий в области управления предприятиями недропользования на открытых разработках.
3. **Ш.И.Ахмадов¹, Ш.А.Очилов², Й.Н.Жураев³, Р.И.Мирсаяпов¹, О.А.Хайдаров²** (¹Государственное учреждение «Институт минеральных ресурсов» Университета геологических наук, г. Ташкент, Узбекистан; ²Университет геологических наук, г. Ташкент, Узбекистан; ³АО «Узбекгеологоразведка», г. Ташкент, Узбекистан)
Повышение экономической эффективности на основе применения цифровых технологий и программных обеспечений в геологических исследованиях.
4. **Акылжанов¹, С.В.Турсбеков¹, А.Әсетқызы², Г.Ж.Турсбекова³** (¹Satbayev University, г.Алматы, Казахстан; ²Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина, г.Астана, Казахстан; ³Международный инженерно-технологический университет, г. Алматы, Казахстан)
Геодезический мониторинг зданий и сооружений.
5. **А.А.Ташкулов** (Ташкентский государственный технический университет им.И.Каримова, г.Ташкент, Узбекистан)
Управление процессами добычи полезных ископаемых в карьере Ёшлик на основе современных интеллектуальных решений.
6. **Н.А.Fayziyev** (Termez Institute of engineering and technology, Termez City, Republic of Uzbekistan)
The role of digitalization in monitoring hazardous geological processes (онлайн выступление).
7. **О.Ж.Худайбердиев¹, Н.М.Джураева¹, Ф.Ю.Заирова²** (¹Навоийский государственный горно-технологический университет, г. Навои, Узбекистан; ²АО «Навоийский горно-металлургический комбинат», г. Навои, Узбекистан)
Математическое моделирование движения забойки по скважине с учетом погодных условий (онлайн выступление).
8. **Б.Ж.Жуматаев¹, Ы.Жакыпбек¹, М.Тоқтар², А.С.Әбен¹** (¹Satbayev University, Алматы қ., Қазақстан; ²Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты, Алматы қ., Қазақстан)
Жер ресурстарын пайдалану мен басқару жағдайын талдай.
9. **Е.Е.Әбділімов¹, Ы.Жакыпбек¹, А.С.Кулан¹, Г.Ж.Турсбекова²** (¹Satbayev University, Алматы қ., Қазақстан; ²Халықаралық инженерлік-технологиялық университет, Алматы қ., Қазақстан)
Пайдалы қазбалар кен орындарын ашық игеру кезінде техногендік бұзылған жерлердің жағдайын зерттеу.
10. **А.Б.Тойшы¹, Ы.Жакыпбек¹, Т.Қамархан²** (¹Satbayev University, Алматы қ., Қазақстан; ²Алматы техникалық-экономикалық қатынас жолдары колледжі, Алматы қ., Қазақстан)
Ауыл шаруашылық жерлерін қашықтықтан зондтау әдісімен мониторингтеудің тиімділігі.
11. **Г.С.Мадимарова, Т.Нурланқызы, Н.А.Орынбаев.** (Satbayev University, Алматы, Казахстан)
Перспективы геолого-маркшейдерского обеспечения проектов разработки месторождений в среде ГГИС Micromine.

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҚ ЖЕРЛЕРІН ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДТАУ ӘДІСІМЕН МОНИТОРИНГТЕУДІҢ ТИІМДІЛІГІ

Тойшы А.Б¹., Жакыпбек Ы¹., Кулан А.С¹., Турсбекова Г.Ж².

¹Satbayev University, Алматы қ., Қазақстан

²Халықаралық инженерлік-технологиялық университет, Алматы қ., Қазақстан

Аңдатпа: Бұл мақалада ауыл шаруашылығы жерлерінің өнімділігі шаруашылық қызметін ұйымдастырудың нәтижелі көрсеткіші, сондай-ақ болжамды және тиімді сыртқы сауда саясатын құрудың негізі туралы қарастырылған. Азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету қазіргі Қазақстанның маңызды стратегиялық міндеттерінің бірі екені көрсетілген. Сонымен қатар елдегі ауыл шаруашылығы жерлерінің спутниктік бақылау арқылы жағдайы келтірілген.

Түйінді сөздер: Ауыл шаруашылығы, қашықтан зондтау, зерттеу, топырақ, спутниктік бақылау.

Ауыл шаруашылығы дақылдарының сенімді болжамын алу күрделі процесс екенін атап өткен жөн, өйткені егіннің қалыптасуы тек өндірістік факторларға ғана емес, сонымен қатар қаралатын аумақтың ауа райына, физикалық және химиялық жағдайларына да байланысты.

Ауыл шаруашылығы өндірісін бақылау үшін Жерді қашықтан зондтау деректерін пайдалану егістік алқаптарын, сондай-ақ мономәдениеттің өсу динамикасын бақылауға және ауыл шаруашылығы дақылдары контекстіндегі егіс алқаптары туралы ақпарат алуға мүмкіндік береді. Бидай, арпа, сұлы, күнбағыс және зығыр алқаптарын анықтау мақсатында Жерді қашықтан зондтау деректерін жіктеу үшін орташа кеңістіктік рұқсаттағы спутниктік суреттердің көп уақыттық сериясы пайдаланылды.

Ал Қазақстан Республикасының жайылымдық және егістік жерлеріне мониторинг жүргізу үшін жерді қашықтан зондтау спутниктерінің төмендегі спутниктік деректері пайдаланылады:

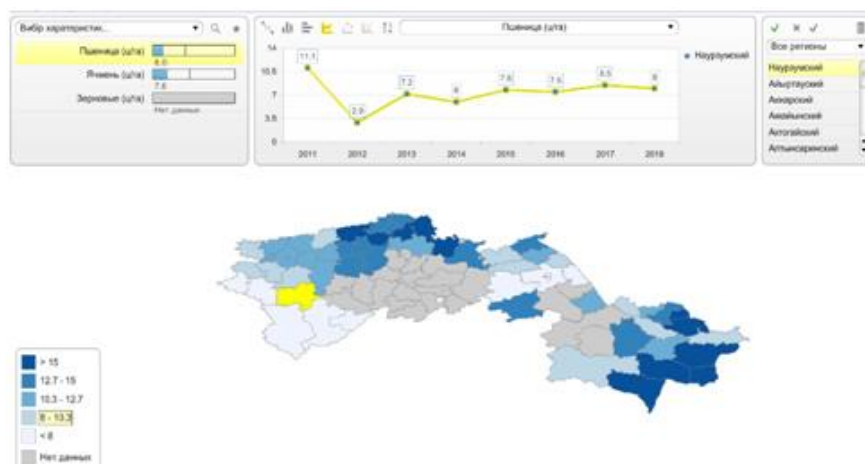
- KazEOSat-2 (кеңістіктік рұқсат – 6,5 м)
- Сентинел-2 (кеңістіктік рұқсат - 10 м)
- MODIS AQUA/TERRA (кеңістіктік рұқсат – 250, 500 м)

Бүгінгі таңда өңделген кескіндердің жалпы ауданы 900 000 шаршы км. метрден асады. Ақмола, Солтүстік Қазақстан, Қостанай және Павлодар облыстарында жоғары бұлттылықты бақылау кезеңінде Sentinel-1 радиолокациялық мәліметтері бойынша егін жинау алаңдары бағаланады.

Тыңайған егістік алқаптарын бағалау ауыл шаруашылығы ауыспалы егістерінің құрылымы мен жерлердің ауыл шаруашылығы өндірісінің топтастырылуы туралы ақпарат береді. Ресми статистикада өрістерінің ауданы туралы егжей-тегжейлі ақпарат жоқ, бірақ егістік алқаптар өрістерінің ауданы мен орналасуы туралы ең толық және сенімді ақпаратты Жерді қашықтан зондтау ғарыш жүйесі бере алады.

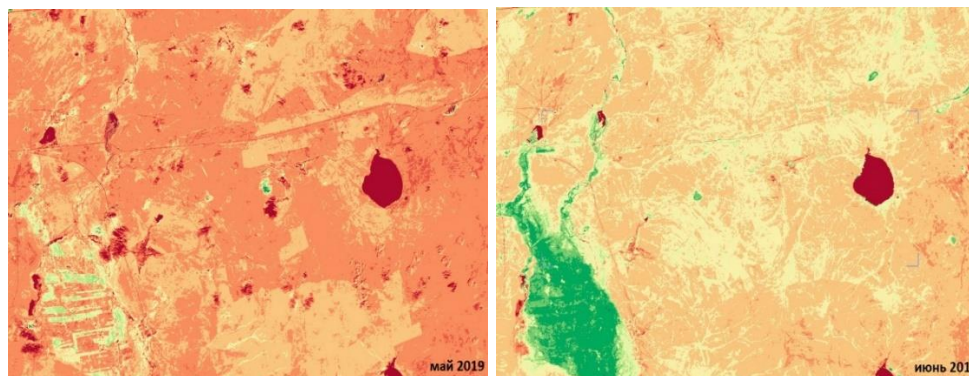
Есепті жылдың агрометеорологиялық жағдайларын ескере отырып (жауын-шашынның мол түсуі және жоғары бұлттылық) спутниктік суреттерде бұлттылықтың жоғары пайызы белгіленді, бұл танаптардың спектрлік реакциясының маусымдық динамикасын толық талдауды шектеді. Мұндай шектеулерді жою үшін радиометриялық және атмосфералық түзетулер жүргізілді. Егістіктерді жірту туралы сенімді ақпарат KazEOSat-2, Landsat-8 және Sentinel-2 спутниктерінен де алынды.

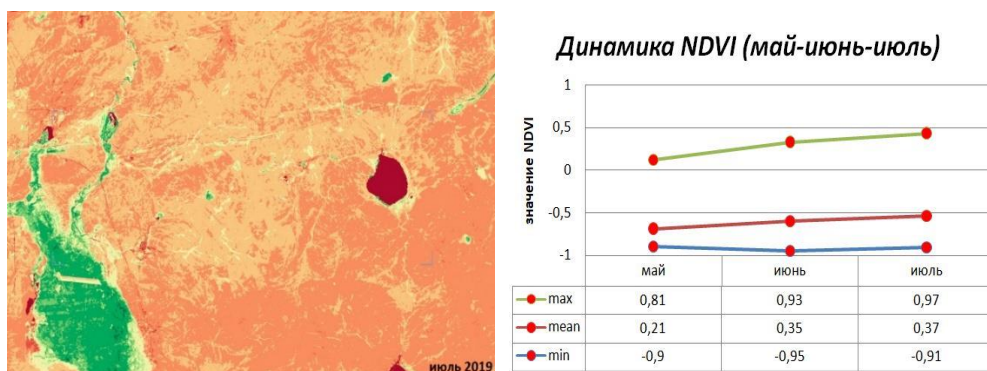
Өнімділік болжамы әр аймақ үшін бөлек сызықтық регрессия үлгісін құруға негізделген. Болжаушы ретінде 2018 жылғы өсімдік жамылғысы көрсеткіштерінің мәндері пайдаланылды. 1999 жылдан бастап 2018 жылға дейін Қазақстан Республикасының әр облысының аудан деңгейіндегі барлық көрсеткіштердің орташа мәндері тиісті жылдың егістік алқабының маскасын қолдану арқылы анықталды. Соңғы онжылдықта ауыл шаруашылығы технологияларының жетілдірілуіне байланысты көптеген аудандарда бидай шығымдылығы оң динамика көрсеткенін байқауға болады. Цифрлар 2018 жылғы тамыз айының соңында жүргізілген зерттеу кезінде тіркелген күздік бидай егістерінің толық пісу кезеңінде, жинау кезеңінде және жинаудан кейінгі өзгерістерін көрсетеді (сурет-1) [46].



Сурет 1. Қостанай облысы Науырзым ауданының 2018 жылға арналған өнімділігінің болжамы [46]

Қазақстан Республикасындағы жайылым өсімдіктерінің жай-күйі мен тозу дәрежесін жыл мезгілі бойынша (көктем, жаз, күз) спутниктік бағалау. Жайылымдық өсімдіктердің жай-күйін қашықтықтан зондтау деректері арқылы бағалау өсімдіктердің жай-күйін сипаттайтын спутниктік параметрді таңдауға негізделген. Өсімдіктердің индекстерін пайдалана отырып (2-суреттегі NDVI индексі пайдаланудың мысалы) индекс мәніне негізделген өсімдік параметрін орнатуға болады, яғни жасыл өсімдік биомассасының көлемін немесе топырақтың проекциялық жапырақ жамылғысының үлесін білуге болады.





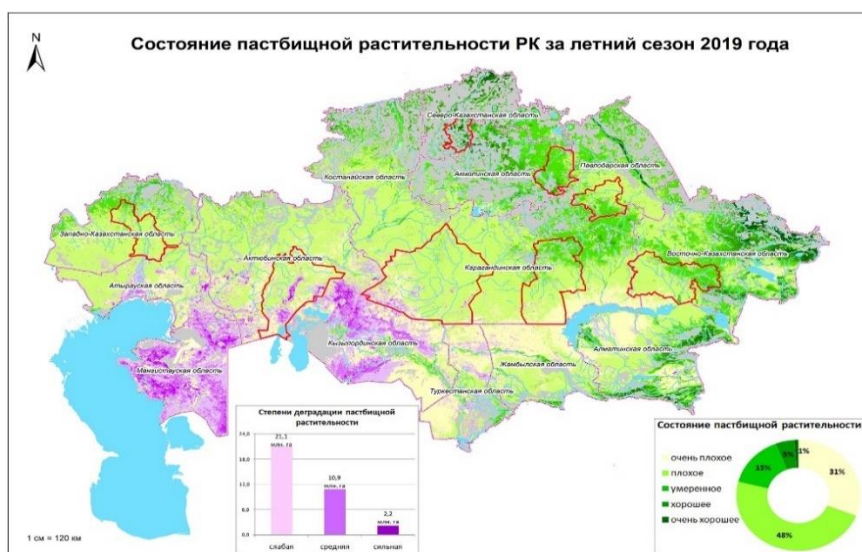
Сурет 2. NDVI өсімдік жамылғысының индексінің өзгеру динамикасы [46]

Қазақстан Республикасындағы жайылым өсімдіктерінің өнімділігін маусым бойынша (көктем, жаз, күз) спутниктік бағалау. Маусымдық өнімділікті есептеу үшін жалаңаш топырақ пен атмосфераның әсерін есепке алуға қабілетті өсімдіктердің индекстері қолданылады. Өсімдік жамылғысының көрсеткіштерінің есептік деректері жерүсті бақылау деректерімен тексеріледі (сурет–3):



Сурет 3. Жайылымдарды жер бетінде зерттеуге арналған далалық сапарлардан фотосуреттер [46]

2019 жылғы жазғы маусымға Қазақстан Республикасының жайылымдық өсімдіктерінің жай-күйі мен тозу дәрежесін бес топқа бөліп жіктеу арқылы еліміздегі жайылымдық жерлердің жағдайын талдап, 31%-ы өте нашар, әрі пайдалануға жарамсыз болса, тек 1 % - ының жағдайды өте жақсы деген көрсеткішті көрсеткен (сурет-4) [46].



Сурет 4. 2019 жылғы жазғы маусымға Қазақстан Республикасының жайылымдық өсімдіктерінің жай-күйі мен тозу дәрежесінің картасы [46]

Жер ресурстарын ұтымды пайдалану мәселесі Қазақстанда соңғы жылдары ең көп талқыланатын және әлеуметтік сезімтал мәселелердің бірі болып табылады. Жер ресурстары – маңызды ұлттық байлық, елдің қоғамдық байлығы мен халықтың әл-ауқатын арттырудың негізгі көздерінің бірі, экономиканың барлық саласын дамытудың іргелі нысаны.

Егер бұрын жерді ұтымды пайдалану мониторингі жер инспекторларының қалауы бойынша іріктеп жүргізілсе, енді ғарыштық технологиялардың арқасында ол Қазақстанның барлық аумағын қамтитын барлық жерде жүргізіліп, жергілікті жердегі жағдайды сенімді және объективті түрде бағалайды. 2019 жылдан бастап «Қазақстан Ғарыш Сапары» ҰК» АҚ жерді пайдаланудың ғарыштық мониторингі жүргізілуде. 2021 жылы республика бойынша ауыл шаруашылығы жерлерінің түрлері бойынша мониторинг жүргізілді.

Мониторинг барысында жекелеген жайылымдық учаскелердегі жүктеме белгіленген нормадан бірнеше есе асып түсетін фактілер анықталады, ал көршілес аумақта малдың болмауы мүмкін. Аталған фактілерді жергілікті атқарушы органдар жайылымдардың қолжетімділігі мәселелерін шешу, сондай-ақ жайылым ресурстарының тозуын болдырмау бойынша шаралар қабылдау үшін тексеруі қажет.

Жерді ұтымды пайдалану мониторингінің нәтижелері Қазақстан Республикасының Бас Прокуратурасына, облыстардың жергілікті атқарушы органдарына және Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің Жер ресурстарын басқару жөніндегі мемлекеттік комитетіне – мемлекеттік органдарға берілді. функционалдық жер қатынастары саласындағы бақылау-қадағалау функцияларын қамтиды.

Жерді қашықтықтан зондтау деректері мен жер пайдалану ақпараттық жүйелерінің деректерін салыстырмалы талдау құқық бұзушылықтардың келесі түрлерін анықтауға мүмкіндік береді [46]:

- пайдаланылмайтын егістік жерлер (1,1 млн. га);
- жер учаскелерін мақсатқа сай пайдаланбау (0,8 млн. га);
- пайдаланылмайтын жайылымдар (11,4 млн га);
- жайылымдардағы жүктеме нормаларынан ауытқу (20%-дан аз және 100%-дан жоғары жүктеме) (тиісінше 7,3 млн. га және 12,8 млн. га).

Жоғарыда анықталған құқық бұзушылықтар төмендегі мәліметтермен салыстырған сай келмеген:

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Тойшы А.Б¹., Жакыпбек Ы¹., Кулан А.С¹., Турсбекова Г.Ж².

¹Satbayev University, г. Алматы, Казахстан

²Международный инженерно-технологический университет, г. Алматы, Казахстан

Аннотация: В данной статье рассматривается продуктивность сельскохозяйственных угодий как результативный показатель организации хозяйственной деятельности, а также основа построения прогнозной и эффективной внешнеторговой политики. Обеспечение продовольственной безопасности является одной из важнейших стратегических задач современного Казахстана. Кроме того, приведено состояние сельхозземель в стране посредством спутникового мониторинга.

Ключевые слова: Сельское хозяйство, дистанционное зондирование, исследование, почвенный, спутниковый контроль.

EFFICIENCY OF REMOTE MONITORING OF AGRICULTURAL LAND

Toishy A.B¹., Zhakypbek Y¹., Kulan A.S¹., Tursbekova G.Zh².

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

² International University of Engineering and Technology, Almaty, Kazakhstan

Annotation: This article considers the productivity of agricultural land as an effective indicator of the organization of economic activity, as well as the basis for building a forecast and effective foreign trade policy. Ensuring food security is one of the most important strategic tasks of modern Kazakhstan. In addition, the state of agricultural land in the country through satellite monitoring is presented.

Key words: Agriculture, remote sensing, research, soil, satellite control.

**"ГЕОДЕЗИЯ МЕН МАРКШЕЙДЕРИЯДАҒЫ
ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР"
"ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГЕОДЕЗИИ И
МАРКШЕЙДЕРИИ" "DIGITAL
TECHNOLOGIESS IN GEODESY AND MINE
SURVEYING"**



Посвящается 125-летию
академика К.И. Сатпаева



БАҒДАРЛАМА
Халықаралық маркшейдерлік форум
ПРОГРАММА
Международного маркшейдерского форума
PROGRAM
of the International Mine Surveying Forum

**Маркшейдерлік іс және геодезия кафедрасының
90 жылдығына арналған**

**Посвящается 90-летию кафедры
Маркшейдерского дело и геодезии
Dedicated to the 90th anniversary of the
Department of Mine Surveying and Geodesy**

 **9:00 | 26 апреля 2024 г.**

 **ул. Сатпаева, 22, г. Алматы**



Баяндамашылар / Докладчики / Speakers:

2 Бөлім

Секция 2

Section 2

МАРКШЕЙДЕРИЯДАҒЫ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАРКШЕЙДЕРИИ DIGITAL TECHNOLOGIES IN SURVEYING

1. Айтбекова Ж.Н.

GOOGLE EARTH ENGINE БАҒДАРЛАМАСЫ АРҚЫЛЫ АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНЫҢ 2017- 2022 ЖЫЛДАР АРАЛЫҒЫНДАҒЫ NDVI ЕСЕПТЕУ

2. Аккуанов Н.Ж., Тиржанова С.Е., Нысанбай Н.Н. Кожаяев Ж.Т.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КООРДИНАТ СЪЕМОЧНЫХ ТОЧЕК

3. Әсетқызы А., Айтенова А.С., Жақыпбек Ы.

ЖЕРДІ ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДТАУ ДЕРЕКТЕРІ НЕГІЗІНДЕ ТЕҢІЗ КӨЛІНЕ МОНИТОРИНГ ЖҮРГІЗУ

4. Ботпаева Г.К., Зиновьев М.А., Ожигин С.Г.

ВОЗМОЖНОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРЫ И ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

5. Бубаш Д.А.

КӘРІЗ ЖЕЛІЛЕРІН ЖОБАЛАУ ЖӘНЕ САЛУ КЕЗІНДЕГІ ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ МІНДЕТТЕР

6. Буртова Н.В.

Беспилотные летательные аппараты как основное оборудование в геодезии на современном этапе

7. Dauletkhanova L.R.

THEMATIC MAPPING USING WEB-GIS

8. Егоров И.П., Редченко В.И., Ожигин С.Г.

РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГЕОДЕЗИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

9. Жалғасбаева Ж.Ж., Тиржанова С.Е., Кожаяев Ж.Т.

ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ПОДВЕДЕНИЯ КОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

10. Жанакулова К.А., Касымканова Х.М.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ЭХОАКУСТИКИ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ДНА ВОДОЁМОВ

11. Казанцева В.В., Долгоносков В.Н., Старостина О.В.

СОЗДАНИЕ ПРОЕКТА НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ ПО ДАННЫМ АФС С ПРИМЕНЕНИЕМ БАС

12. Кыргызбаева Г.М., Сарсенбаева А.А.

СПУТНИКТИК ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУ НЕГІЗІНДЕ КООРДИНАТАЛАРДЫ ТҮРЛЕНДІРУДІҢ МЕТОДИКАСЫН ЗЕРТТЕУ

13. Кайратов Д., Мадимарова Г. С., Нурпеисова Т.Б.

ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ В ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ AGISOFT METASHAPE PRO

14. Касенова С.Б., Нурпеисова М.Б.

СОСТАВЛЕНИЕ КАРТЫ ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

15. Кусайынова Г.С., Хмырова Е.Н., Шилец Р.Н., Нуркимбаева Р.К., Нуркимбаев С.К.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИКЛАДНОЙ ГЕОДЕЗИИ

16. Лушикевич Д.Е.

ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАНОВ

17. Мусайф Г., Алипбеки О.А.

АГРОӨНЕРКӘСІПТІК АУДАН ЖЕРІН ПАЙДАЛАНУДЫКЕҢІСТІКТІК- УАҚЫТТЫҚ ТАЛДАУЫ

18. Ормамбекова А.Е., Нурпеисова Т.Б.

РОЛЬ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ НАБЛЮДЕНИЯХ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

19. Okenova A. Zh., Adebiet B., Orynbasarova E.O.

COMPARATIVE ANALYSIS OF UAV METHODOLOGIES IN THREE-DIMENSIONAL MODELING

20. Сугатов Н.С.

ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АЭРОФОТОСЪЕМКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА

21. Стародуб К.В., Кыргызбаева Г.М.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ВЫСОКОТОЧНОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

22. Zeken A. T.

THE ADVANTAGES AND POTENTIAL OF MULTISPECTRAL IMAGING FOR AGRICULTURE IN KAZAKHSTAN

23. Шарапова Д.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КОЛИЧЕСТВА НАВОДНЕНИЙ В ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

24. Нурпейсова Т.Б., Дәулетханова Г.Н., Тайрова Ж.

АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ЖЕРЛЕРІН ЗЕРТТЕУ МЕН БАҒАЛАУДА ҒАЖ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУ

25. Тойшы А.Б., Жақыпбек Ы., Мусахан Н.Н., Әбен А.С.

АЭРОҒАРЫШТЫҚ ДЕРЕКТЕР НЕГІЗДЕ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҚ МАҚСАТЫНДАҒЫ ЖЕРЛЕРДІҢ ЖАҒДАЙЫН ТАЛДАУ ӘДІСТЕРІ

26. Парахатова Н.М., Кыргызбаева Г.М.

ЖЕРДІ ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДТАУ АРҚЫЛЫ ТАБИҒИ ЖӘНЕ ТЕХНОГЕНДІК ПРОЦЕСТЕРДІҢ ҚОРШАҒАН ОРТАҒА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

27. Нысанбай Н.Н., Тиржанова С.Е., Аккуанов Н.Ж., Кожаяев Ж.Т.

РАСЧЕТ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ AUTOCAD CIVIL 3D.

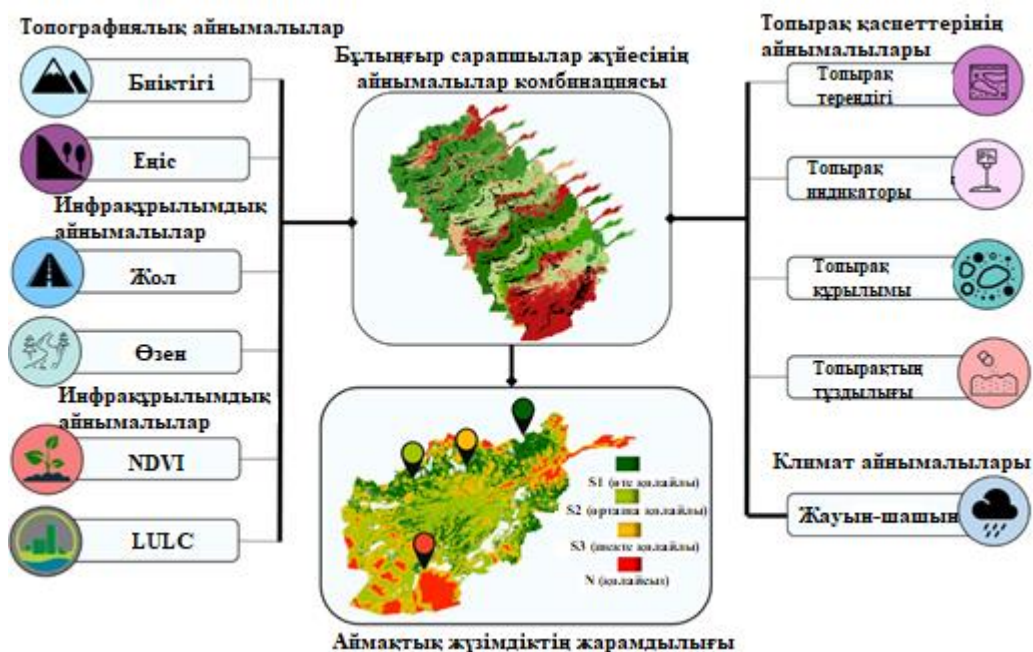
АЭРОҒАРЫШТЫҚ ДЕРЕКТЕР НЕГІЗДЕ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҚ МАҚСАТЫНДАҒЫ ЖЕРЛЕРДІҢ ЖАҒДАЙЫН ТАЛДАУ ӘДІСТЕРІ

Аннотация. Мақалада аэроғарыштық деректер негізде ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлердің жалпы жағдайын талдауда қолданылатын әдістер қарастырылған. Минималды мен махаланобис қашықтықғы, спектрлік бұрыш және ISODATA әдістерінің ерекшеліктері келтірілген. Аэротүсірілімдер материалдары арқылы «Landsat» бастапқы суреті және классификациялау әдістерін қолдану ұсынылған.

Түйін сөздер: Аэроғарыш, ауыл шаруашылық, жерлер, әдіс, талдау, Landsat.

Аэроғарыштық деректерге негізделген ауылшаруашылық жерді пайдалануын талдауда, өсімдіктер мен топырақ жағдайын бақылауда және фермерлерге шешім қабылдауда спутниктік қашықтықтан зондтауды маңызды құралына айналып отыр. Қашықтықтан зондтау технологиясының жетістіктері арқылы құрғақшылықтың стрестік жағдайын, жерді пайдаланудың өзгеруін және дақылдар мен топырақ-су ресурстары арасындағы байланысын бақылауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар егіннің өнімділігін дәл бағалауға және сапалық статистикасына қол жеткізуге болады [1]. Аэротүсірілімдер арқылы жер бедерінің топографиялық түсірісін, жол мен өзен сынды инфрақұрлымды, топырақтың тұздануын, ылғалдығын, құрлымын, РН-ін және климатматтың өзгеріні анықтап, карталық мәліметтер негізінде ұсынуға болады [2] (1-сурет).

Қашықтан зондтау деректерін дешифрлеу – бұл объектілерді және аумақтар, олардың қасиеттері, бейнедегі бейнелеріне негізделген қарым-қатынастарын анықтау процесі. Дешифрлеу далалық және камералық болуы мүмкін. Камералды визуалды және автоматтандырылған болып бөлінеді. Визуалды дешифрлеу көз шамасы арқылы орындалады, орындаушы суретте не көргенін шешеді. Автоматтандырылған (машиналық) шифрды шешуді мердігер арнайы алгоритмдерді пайдалана отырып бағдарламалық жүйелерді пайдалана отырып орындайды. Машиналық шифрды шешу кейбір шифрды шешу мүмкіндіктеріне сәйкес объектілерді топтастыруға мүмкіндік беретін бірнеше әдістерге негізделген және шын мәнінде әртүрлі жіктеу механизмдеріне келеді. Кескін классификациясы оқытылған классификацияға (Ең кіші қашықтық әдісі, Спектрлік бұрыш әдісі, Махаланобис қашықтық әдісі) және оқытылмаған классификацияға (ISODATA әдісі (Итеративті өзін-өзі ұйымдастырушы деректерді талдау әдісінің алгоритмі), K-means әдісіне бөлінеді.



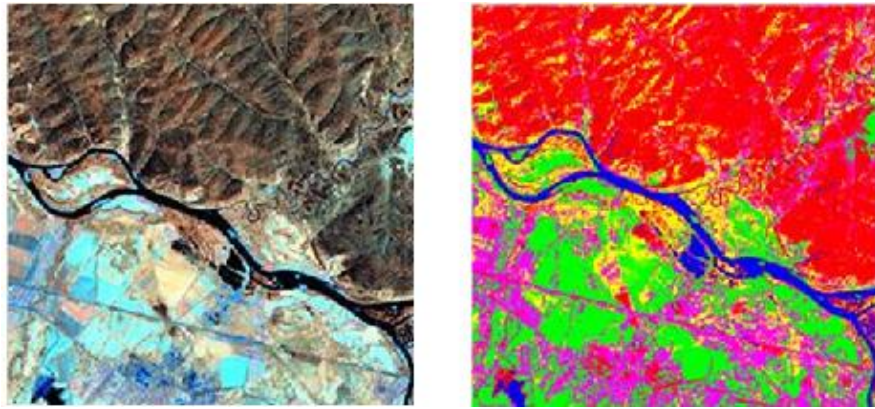
1- сурет. Жерді қашықтықтан зондтаудың деректерінің мүмкіндік сұлбасы [2]

Жерді қашықтықтан зондтау материалдарын (ғарыштық және аэротүсірілімдер) түсіндіру географиялық объектілердің кеңістікте таралуы, олар алып жатқан аумақтар туралы ақпарат алу, сондай-ақ мұндай объектілердің жұмыс істеу динамикасы мен ерекшеліктерін анықтау мақсатында жүзеге асырылады [3,4].

Ғарыштық суреттерді интерпретациялау кезінде шешілетін міндеттерге байланысты: жалпы интерпретация (кешенді, немесе жалпы географиялық) және салалық (тақырыптық немесе арнайы) болып бөлінеді.

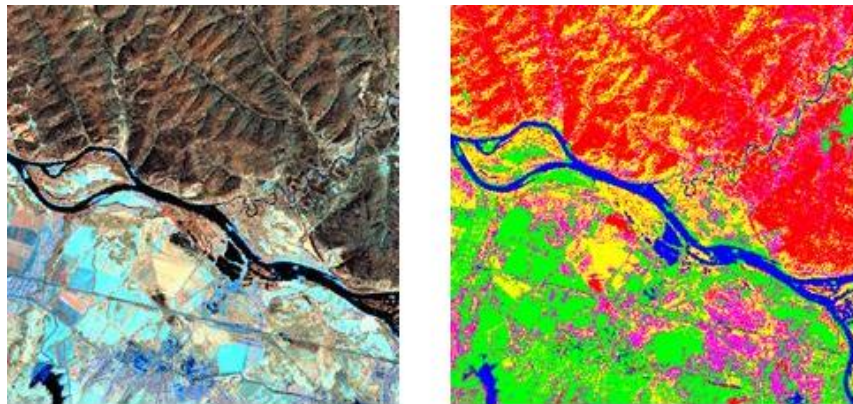
Қашықтықтан зондтау кескіндерін интерпретациялау алдын ала және негізгі кезеңдерді қамтиды, олар қашықтағы деректерді өңдеуді, әртүрлі типтегі объектілер үшін жарықтық сипаттамаларын теңестіруді, мозаикалық жабындарды жасауды және т.б.

Минималды қашықтық әдісі – пиксельдік жарықтық мәндері спектрлік белгілер кеңістігіндегі векторлар ретінде қарастырылады. Осы мәндер мен анықтамалық облыстардың векторларының мәндері арасындағы спектрлік қашықтық пиксель мен сілтеме векторлары арасындағы айырмашылық квадраттарының қосындысының түбірі ретінде есептеледі (басқаша айтқанда, Олардың арасындағы евклидтік қашықтық). Барлық пикселдер стандарт пен олардың арасындағы қашықтық көрсетілгеннен асатынына немесе аспауына байланысты сыныптарға бөлінеді (2-сурет). Сонымен, егер қашықтық аз болса, онда класс анықталады, пикселді стандартқа жатқызуға болады:



2-сурет. «Landsat» бастапқы суреті және минимум қашықтық әдісімен жасалған классификация нәтижесі

Махаланобис қашықтығы әдісі бірінші әдіске өте ұқсас, тек жіктеу кезінде векторлар арасындағы евклидтік қашықтық емес, стандарттың жарықтық мәндерінің дисперсиясын ескеретін Махаланобис қашықтығы өлшенеді (3-сурет). Бұл әдісте берілген пикселден екі стандартқа дейінгі евклидтік қашықтық тең болса, онда эталондық үлгінің дисперсиясы үлкенірек сол класс жеңеді:



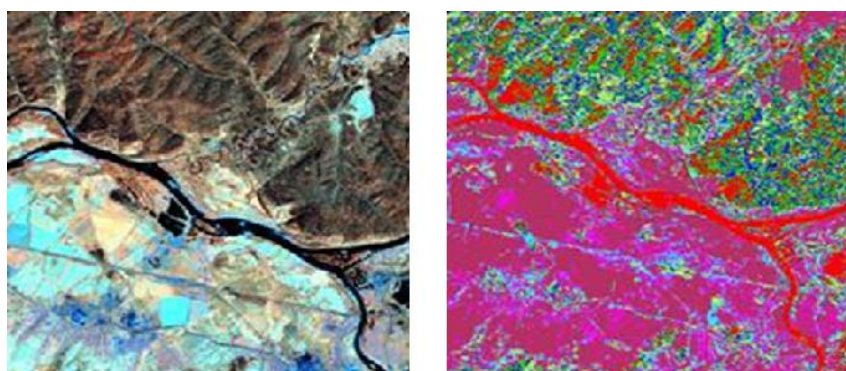
3- сурет. «Landsat» бастапқы суреті және Махаланобис әдісімен жасалған классификация нәтижесі

Спектрлік бұрыш әдісі – бастапқыда спектрлік бұрыштың ең үлкен мәні (анықтамалық вектор мен берілген пикселдің векторы арасындағы бұрыш) орнатылады (4-сурет). Спектрлік бұрыш табылады және евклидтік қашықтық сияқты, егер бұрыш көрсетілгеннен аз болса, пиксель ол салыстырылатын стандарттың класына жатады:



4 – сурет. «Landsat» бастапқы суреті және спектрлік бұрыш әдісімен жасалған классификация нәтижесі

ISODATA әдісі (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique Algorithm) дәйекті жуықтау әдісін қолдану арқылы кластерлік талдауға негізделген. Спектрлік белгілер кеңістігіндегі векторлар ретінде пиксельдің жарықтықтарын қарастырғаннан кейін ең жақындары бір класста анықталады (5-сурет). Әрбір спектрлік аймақ үшін жарықтықты бөлудің статистикалық параметрлері есептеледі. Барлық пикселдер әрқайсысының ішінде орташа мән бар n саны бірдей диапазонға бөлінген. Арасындағы ең аз қашықтық бар барлық пикселдер бір кластерде анықталады. Бірінші итерация осылай өтеді. Екінші және кейінгі итерацияларда әрбір кластер үшін нақты орташа мәндер есептеледі. Әрбір жаңа итерация болашақ сыныптардың шекарасын нақтылайды:



5-сурет. «Landsat» бастапқы суреті және ISODATA әдісімен жасалған классификация нәтижесі

Кескіндерді алдын ала өңдеу және сапасын жақсарту, сондай-ақ дешифрлеу барлық процестер үшін үлкен рөл атқарады. Әрі қарай, объектілерді түсіндіру мен сәйкестендіруді жақсарту үшін NDVI өсімдіктері сияқты әртүрлі индекстерді пайдаланылады.

Ғылыми мақала ҚР ҒЖБМ 2023/АР19576993 гранттық қаржыландыру жобасы бойынша дайындалды

Пайдаланған әдебиеттер тізімі

1. Keiji Jindo, Osamu Kozan, Kohtaro Iseki et al. 2021. Potential utilization of satellite remote sensing for field-based agricultural studies. Chemical and Biological Technologies in Agriculture volume 8, Article number: 58. <https://doi.org/10.1186/s40538-021-00253-4>
2. Sara Tokhi Arab, Tofael Ahamed. Land Suitability Analysis for Potential Vineyards Extension in Afghanistan at Regional Scale Using Remote Sensing Datasets. Remote Sens. 2022, 14, 4450. <https://doi.org/10.3390/rs14184450>
3. <https://theconstructor.org/others/remote-sensing-applications/398/>
4. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>

А.Б. Тойшы, Ы. Жакыпбек, Н.Н. Мусахан, А.С. Эбен
Satbayev University, г. Алматы, Қазақстан

МЕТОДЫ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Аннотация: В статье представлены методы, используемые при анализе общего состояния сельскохозяйственных земель на основе аэрокосмических данных. Представлены особенности методов минимального расстояния и расстояния Махаланобиса, спектрального угла и ISODATA. На материалах аэрофотоснимков представлено использование исходного изображения «Landsat» и методы классификации.

Ключевые слова: аэрокосмическая промышленность, сельское хозяйство, земли, метод, анализ, Landsat.

A.B. Toishy, Y. Zhakypbek, N.N. Musahan, A.S. Aben
Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

METHODS OF ANALYSIS OF THE SITUATION OF AGRICULTURAL LAND BASED ON AEROSPACE DATA

Annotation: The article provides methods used in the analysis of the general condition of agricultural lands based on aerospace data. Features of the minimum and Mahalanobis distance, spectral angle and ISODATA methods are presented. The use of Landsat source image and classification methods is presented using the materials of aerial photographs.

Keywords: Aerospace, agriculture, lands, method, analysis, Landsat.

Мақаланың қорытындысында ауыл шаруашылығы жерлерінің жалпы жай-күйін зерделеу үшін аэроғарыштық деректер мен талдаудың қазіргі заманғы әдістерін пайдаланудың маңыздылығы атап өтіледі. Мақалада ұсынылған әдістер зерттеушілерге топырақтың, өсімдіктердің және жер учаскелерінің басқа да параметрлерінің жай-күйі туралы неғұрлым нақты және пайдалы деректер алуға мүмкіндік береді.

Махаланобистің ең аз арақашықтығы мен арақашықтығы әдістері бейнелердегі объектілер арасындағы айырмашылықтарды неғұрлым дәл айқындауға және оларды сипаттамалары мен қасиеттерін ескере отырып жіктеуге мүмкіндік береді. Спектралдық бұрыш жер учаскелерінің спектралдық сипаттамаларын талдауға және олардың құрамындағы айырмашылықтарды анықтауға мүмкіндік береді. ISODATA әдісі топырақ пен өсімдіктердің әртүрлі түрлерін анықтау үшін деректерді автоматты кластерлеу құралын ұсынады.

Landsat бастапқы бейнесін және оның негізінде жіктеу әдістерін пайдалану аэроғарыштық деректерді өңдеу және түсіндіру үшін қазіргі заманғы технологияларды қолдануды көрсетеді. Бұл әдістер зерттеушілерге ауыл шаруашылығы жерлерінің жай-күйі туралы неғұрлым толық көрініс алуға және ауыл шаруашылығы мен қоршаған ортаны қорғау саласында неғұрлым негізделген шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді.

Осылайша, мақала аэроғарыш деректері негізінде ауыл шаруашылығы жерлерін зерттеу үшін деректерді талдау мен өңдеудің қазіргі заманғы әдістерін қолданудың маңыздылығын атап көрсетеді және оларды қолданудың практикалық тәсілдерін ұсынады.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
ЖУРНАЛ

МАРКШЕЙДЕРИЯ И НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

№ 2, март-апрель 2024 г.

www.n-gn.ru

«Mine Surveying and Subsurface Use»
«Mine Surveying and Subsurface Use»
«Mine Surveying and Subsurface Use»
«Mine Surveying and Subsurface Use»
«Mine Surveying and Subsurface Use»
«Mine Surveying and Subsurface Use»

90 ЛЕТ

КАФЕДРЕ «МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА И ГЕОДЕЗИИ»

КазНТУ имени К.И. Сатпаева



СӘТБАЕВ
УНИВЕРСИТЕТІ



SATBAYEV
UNIVERSITY



№2(130)

март-апрель 2024 г.



Учредитель журнала
Общество с ограниченной
ответственностью
«Издательский дом
«Недропользование и горные науки»

Редакционный совет

Г. И. Айнбиндер – ООО «АГЭП», Москва
И. И. Айнбиндер – ИПКОН РАН, Москва
А. А. Барях – ПФИЦ УрО РАН, Пермь
В. М. Вернигор – АО «Технологии контроля безопасности», Москва
В. И. Голик – ФГБОУ ВО «СКГМИ (ГТУ)», Владикавказ
В. А. Гордеев – ООО «Союз маркшейдеров России», Москва
В. В. Грицков – ООО «Союз маркшейдеров России», Москва
В. А. Дрибан – РАНИМИ, Донецк
А. А. Добрынин – ИПКОН РАН, Москва
В. Н. Захаров – ИПКОН РАН, Москва
В. А. Игнаткина – НИТУ «МИСиС», Москва
Г. В. Калабин – ИПКОН РАН, Москва
Д. Р. Каплунов – ИПКОН РАН, Москва
Н. М. Качурин – ТулГУ, Тула
Р. В. Ключев – СКГМИ (ГТУ), Владикавказ
С. Б. Кулибаба – ИПКОН РАН, Москва
В. В. Куликов – МГРИ, Москва
Л. Ш. Махмудова – ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллион-
щикова», Грозный
Н. В. Милетенко – Минприроды РФ, Москва
М. Б. Носырев – Екатеринбург
В. Н. Одинцев – ИПКОН РАН, Москва
В. Д. Пропп – ФГБОУ ВО «УГГУ», Екатеринбург
И. А. Пыталев – МГТУ им. Г.И. Носова, Магнитогорск
Х. Э. Таймасханов – ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллион-
щикова», Грозный
К. Н. Трубецкой – ИПКОН РАН, Москва
М. А. Тюленев – КузГТУ, Кемерово
А. А. Хорешок – КузГТУ, Кемерово
В. А. Чантурия – ИПКОН РАН, Москва

Издатель:

ООО «Издательский дом «Недропользование и горные науки»
Адрес редакции и издателя:
117647, ул. Академика Капицы, д. 26, 1.
Тел.: +7(915) 111 0386
E-mail: office@n-gn.ru, articles@n-gn.ru
http://www.n-gn.ru

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере
массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия.
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-83630 от 26.07.2022 г.

По решению ВАК журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых
научных журналов и изданий, в которых могут быть опубликованы
основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени
кандидата и доктора наук по разработке месторождений
полезных ископаемых и по наукам о Земле

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ
и в Российский индекс научного цитирования.

Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной
справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям
«Ulrich's Periodicals Directory»

© Маркшейдерия и недропользование



В ЭТОМ НОМЕРЕ:

90 ЛЕТ КАФЕДРЕ «МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
И ГЕОДЕЗИИ» КазНИТУ ИМЕНИ К. И. САТПАЕВА

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

Журнал издается с 2001 года

Редакция:

Главный редактор
Ю. В. Дмитрак
Заместитель главного редактора
В. Н. Хегагуров
Ведущий редактор
Н. А. Федотенко
Ученый секретарь
Н. А. Милетенко
Верстка и дизайн
Н. Р. Алкснитис
Помощник главного редактора
Б. Н. Пашичев

Подписной индекс издания
в каталоге «Урал-Пресс»,
в объединенном каталоге АРЗИ
«Пресса России» – 88016

В течение года можно произвести
подписку на журнал непосредственно в редакции

За точность приведенных сведений
и содержание данных, не подлежащих открытой публикации,
несут ответственность авторы

При перепечатке ссылка на журнал
«Маркшейдерия и недропользование» обязательна

Журнал отпечатан в типографии
«CLUB PRINT»
тел.: +7(495) 669 5009

ISSN 2079-3332



24 002



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

90 лет кафедре «Маркшейдерского дела и геодезии»
КазНТУ имени К. И. Сатпаева

90 years of the Department of Mine Surveying and Geodesy of
KazNRTU named after K. I. Satpayev

- М. М. Бегентаев*
Семь великих свершений Сатпаева
M. M. Begentayev
Seven great things Satpayev4
- М. Б. Нурпеисова*
Во всех сферах деятельности кафедры — космическая
точность
M. B. Nurpeisova
In all fields of activity of the department — cosmic precision.....7
- К. Б. Рысбеков, С. Б. Касенова, К. Б. Ауесхан, А. Б. Тойшы*
Составление карты динамики растительного покрова
по данным дистанционного зондирования Земли
K. B. Rysbekov, S. B. Kasenova, K. B. Aueskhan, A. B. Toishy
Drawing up a map of vegetation dynamics based on Earth
remote sensing data10
- Т. Б. Нурпеисова, А. Е. Орманбекова, Т. С. Сагит, М. Е. Бертус*
Обработка результатов GPS-мониторинга при
интенсивных движениях земной коры в сейсмоактивных
регионах Казахстана
T. B. Nurpeisova, A. E. Ormanbekova, T. S. Sagit, M. E. Bertus
Processing of GPS-monitoring results during intensive
movements of the earth's crust in seismically active regions
of Kazakhstan14
- М. Б. Нурпеисова, Г. С. Сердалина, И. М. Бородин, Ф. А. Калабаев*
Инновационные методы маркшейдерских съемок при
освоении хромитовых месторождений
M. B. Nurpeisova, G. S. Serdalina, I. M. Borodina, F. A. Kalabaev
Innovative methods of surveying surveys during the
development of chromite deposits.....20
- Г. М. Кыргызбаева, М. Д. Исагазы, Д. М. Кыргызбаева,*
А. Ж. Санатова
Исследование физико-механических свойств горного
массива при освоении недр
G. M. Kirgizbayeva, M. D. Isagazy, D. M. Kirgizbaeva,
A. Zh. Sanatova
Investigation of the physical and mechanical properties of the
mountain massif during the development of the subsoil.....29
- М. Б. Нурпеисова, Ж. М. Нукарбекова, Н. Д. Торехан,*
Б. А. Елеусинова
Совершенствование геодезических методов мониторинга
земной поверхности при освоении недр
M. B. Nurpeisova, Zh. M. Nukarbekova, N. D. Torekhan,
B. A. Eleusinova
Improvement of geodesic methods monitoring the earth's
surface during subsoil development35

- С. Т. Солтабаева, А. М. Абдыбек, Н. Б. Ахмет, А. Н. Амангелди*
Мониторинг подземных рельсовых путей Алматинского
метрополитена
S. T. Soltabaeva, A. M. Abdybek, N. B. Akhmet, A. N. Amangeldi
Monitoring of underground rail tracks of the Almaty metro.....40
- А. Т. Салкынов*
Знание, опыт, ответственность за порученное дело — залог
успеха работы компании
A. T. Salkynov
Knowledge, experience, responsibility for the assigned task is the
key to the success of the company's work46
- Г. С. Мадимарова, Т. Нурланкызы, Д. Н. Сулейменова,*
Ш. А. Жантуева
Изучение физико-механических свойств пород
месторождения бассейна Каратау
G. S. Madimarova, T. Nurlankyzy, D. N. Suleimenova,
Sh. A. Zhantueva
Study of physical and mechanical properties of rocks
of deposits of the Karatau basin.....50
- Х. М. Касымканова, С. Б. Юсупов, О. Байтурбай,*
М. М. Оразымбет
Наблюдения за деформациями сооружений в зоне
строительства метрополитена г. Алматы
Kh. M. Kasymkanova, S. B. Yusupov, O. Baiturbay,
M. M. Orazymbet
Observations of deformations of structures in the Almaty
metro construction zone56
- Ш. К. Айтказинова, Ж. Д. Байгулин, Ж. Г. Адилев,*
А. Б. Бергенгалиев
Геодинамический мониторинг на месторождении
Кенкиак (Республика Казахстан)
Sh. K. Aitkazanova, Zh. D. Baigurin, J. G. Adilov, A. B. Bergengaliyev
Geodynamic monitoring on Kenkiyak field (Republic
of Kazakhstan)62
- А. А. Мамытов, А. А. Токтаров, С. С. Абдыгалиева, О. Байтурбай*
Применение дистанционного зондирования Земли
и геоинформационных систем в обеспечении
цифровизации сельского хозяйства Республики Казахстан
A. A. Mamytov, A. A. Toktarov, S. S. Abdygalieva, O. Baiturbai
The use of remote sensing and GIS to ensuring digitalization
agriculture of the Republic of Kazakhstan69
- М. Д. Исагазы*
Состояние и перспективы маркшейдерских работ
на руднике «Жыланды»
M. D. Isagazy
The state and prospects of surveying at the «Zhylandy» mine ..75

Наши юбилеры Our anniversaries

- 50 лет Мейраму Мухаметрахимовичу Бегентаеву
50 years of Meyram Mukhametovich Begentaev80
- Поздравляем Маржан Байсановну Нурпеисову с Днем
рождения
87 years of Marzhan Baysanovna Nurpeisova81
- «Лучший преподаватель вуза 2023»
«The best university teacher 2023»82

главная
новости
обозрение
статьи
выпуски журнала
информация
о журнале
контакты



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
журнал
**МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО И
НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ**

№ 1 (129) 2024 г
№ 2 (130) 2024 г
№ 3 (131) 2024 г
№ 4 (132) 2024 г

 (915) 111-03-86

НА НАШЕМ САЙТЕ:
краткий обзор статей, анонс профильных мероприятий, новости недропользования,
памятные даты и многое другое

www.n-gn.ru

СОСТАВЛЕНИЕ КАРТЫ ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

К. Б. Рысбеков, С. Б. Касенова, К. Б. Ауесхан, А. Б. Тойшы,

Казахский национальный исследовательский технический университет (КазНУ) имени К. И. Сатпаева, г. Алматы, Республика Казахстан

Аннотация: Приведены предварительные результаты оценки характера и динамики изменения растительного покрова территории Алаколь на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Рассмотрена необходимость использования географических информационных систем (ГИС), отвечающая современному уровню развития науки и техники. Результаты свидетельствуют о восстановлении растительного покрова после завершения строительства пансионатов и множества баз отдыха. Отмечено хорошее восстановление травяного покрова.

Ключевые слова: озеро, побережье, зона отдыха, строительство, растительный покров, космические снимки, дешифрирование, геоинформационные системы.

Для цитирования: Рысбеков К. Б., Касенова С. Б., Ауесхан К. Б., Тойшы А. Б. Составление карты динамики растительного покрова по данным дистанционного зондирования Земли // Маркшейдерия и недропользование. 2024. № 2.С. 10-13. DOI: 10.56195/20793332_2024_2_10_13.

DRAWING UP A MAP OF VEGETATION DYNAMICS BASED ON EARTH REMOTE SENSING DATA

K. B. Rysbekov, S. B. Kasenova, K. B. Aueskhan, A. B. Toishy,

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan

Abstract: Preliminary results of assessing the nature and dynamics of changes in the vegetation cover of the Alakol territory based on Earth remote sensing (ERS) data are presented. The need to use geographic information systems (GIS) that meet the modern level of development of science and technology is considered. The results indicate the restoration of vegetation cover after the completion of the construction of boarding houses and many recreation centers. Good restoration of grass cover was noted.

Keywords: lake, coast, recreation area, construction, vegetation cover, satellite images, interpretation, geographic information systems.

For citation: Rysbekov K. B., Kasenova S. B., Aueskhan K. B., Toishy A. B. Drawing up a map of vegetation dynamics based on Earth remote sensing data. Surveying and subsoil use. 2024;(2):10-13. (In Russ.). DOI: 10.56195/20793332_2024_2_10_13.

Алаколь — горько-солёное бессточное озеро Казахстана, расположенное на Балхаш-Алакольской низменности, находится на границе Абайской и Жетысуской областей, в восточной части Балхаш-Алакольской котловины в юго-восточном Казахстане. Оно раскинулось в долине Джунгарского Алатау в окружении невысоких предгорий. Рассматриваемое озеро является вторым по величине среди водоемов Казахстана и единственным глубоководным среди бессточных озер республики. Береговая линия озера Алаколь отличается большой изрезанностью, образует многочисленные полуострова, мысы, косы, заливы и бухты. Минерализованные воды обширного водоема, обилие целебных источников и впечатляющие ландшафты обусловили создание на берегах озера курортной зоны.

С 2020 года интенсивно начала развиваться инфраструктура озера Алаколь. Сегодня в этом удаленном от крупных городов регионе развивается туризм, строится огромное количество мест для отдыха: санатории, отели, пансионаты.

Любое строительство приводит к значительным изменениям естественных ландшафтов, а его эксплуатация несет в себе риски, которые могут привести к локальной или даже региональной экологической катастрофе. В условиях горного рельефа и обильных осадков высока интенсивность развития экзогенных геологических процессов (эрозия, оползни и др.) [1-3]. Поэтому крайне важно изучение поверхности космической системой — методом дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Дистанционное изучение земель широко используется в решении вопросов безопасности, обороны, энергетики, использования недр. Для наблюдения за Землей применяются дистанционные методы. На сегодняшний день данные дистанционного зондирования получают с искусственных спутников Земли [4, 5]. Благодаря высоте полета искусственный спутник Земли охватывает большое масштабное пространство, скорость полета и возможность транслировать несколько спектральных

или позволяю
ров [6-9].

Современ
ит быструю и
крытия на бо
в изучении се
ногенных э
нальном пл
сельскохозяй
дистанционн
является в п
(ГИС). Матер
(ДЗЗ), структ
являются част
пистриции и и



Рис. 1. Структура дистанционного зондирования Земли

Цель рабо
покрова, опр
активной био
Методы и
ков с космич
за период с 2
фирование и
форме Google

В ходе ис
подбор
го разр
анализ
Алакол
выполн
татов о
ва изуч
Основны
ки за 2000, 2
паратов семе
экспейку стр.
Далее бы
бражений, п

1. Амиралдыев, Бастау, 2006
2. Глобально э

Маркшейд

ORIGINAL PAPER
2024_2_10_13РОВА
ЛИ

Сатпаева,

льного покрова
сть использова-
техники. Резуль-
тов и множества

ки, дешифиро-

ки растительно-
2.С. 10-13. DOI:

EARTH

territory based on
modern level of
completion of the

information sys-

s based on Earth

льным измене-
туация несет
льной или даже
словиях горно-
ивность разви-
озия, оползни
е поверхности
ного зондиро-о использует-
роны, энерге-
ия за Землей
сегодняшний
ия получают
агодаря высо-
и охватывает
рость полета
спектральных

ель 2024 г.

зон позволяют получить ценные данные больших размеров [6-9].

Современные данные дистанционного зондирования дают быструю и достоверную информацию о растительном покрове на большой территории. Оно широко используется в изучении сельскохозяйственных угодий, природных и техногенных зон, рациональном использовании и рациональном планировании земель, организации различных сельскохозяйственных мероприятий. Процесс сбора данных дистанционного зондирования и их использование осуществляется в географических информационных системах (ГИС). Материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), структурная схема которого изображена на рисунке 1, являются частью большой системы сбора, переработки, регистрации и использования данных.



Рис. 1. Структурная схема системы дистанционного зондирования
Fig. 1. Block diagram of the remote sensing system

Цель работы: анализ изменения состояния растительного покрова, определяемого по количеству фотосинтетически активной биомассы (расчет NDVI) на основе данных ДЗЗ.

Методы исследования: дешифрирование и анализ снимков с космических аппаратов семейства Landsat и Sentinel-2 за период с 2000 по 2020 год, геоинформационное картографирование изменения состояния растительности на платформе Google earth engine.

В ходе исследования решались такие задачи, как [10-12]:

- ✦ подбор разновременных космических снимков среднего разрешения на район исследования;
- ✦ анализ хода изменений NDVI на территории озера Алаколь;
- ✦ выполнение работ для получения фактических результатов о современном состоянии растительного покрова изучаемого объекта.

Основными материалами послужили спутниковые снимки за 2000, 2010 и 2020 года, полученные с космических аппаратов семейства Landsat и Sentinel-2 (рис. 2, 3, см. цветную вставку стр. 25).

Далее были рассчитаны индексы NDVI и SAVI для изображений, полученных Landsat-7 и Sentinel-2.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности т.е. простой количественный показатель количества фотосинтетической активной биомассы. Это один из наиболее распространенных и широко используемых индексов для решения задач показателей растительности, рассчитывается по следующей формуле

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

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

SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index) – это индекс растительности, который пытается уменьшить влияние яркости почвы с помощью поправочного коэффициента яркости почвы. Его часто используют в пустынных районах, где мало растительности. Рассчитывают по следующей формуле, а результаты находятся в диапазоне от -1,0 до 1,0.

$$SAVI = ((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) \times (1 + L), \quad (2)$$

где NIR – отражение в инфракрасном диапазоне спектра; Red – отражение в красной области спектра; L – ценность зеленой растительности.

Динамика изменения состояния растительности в результате воздействия интенсивного строительства зоны отдыха определена с помощью дешифрирования космических снимков на всей территории озера Алаколь [13, 14]. Основываясь на его изменениях, на наблюдаемой территории построены схемы, позволяющие оценить состояние растительного покрова в 2000, 2010 и 2020 годах соответственно (рис. 4, 5, см. цветную вставку стр. 26-27).

По рисункам видно, что пространственное разрешение Sentinel выше, чем у Landsat. Пространственное разрешение Sentinel – 10-60 м, пространственное разрешение Landsat – 15-60 м. Поскольку Landsat был запущен 23 июля 1972 года, это позволяет нам получать снимки с 1972 года по настоящее время. А Sentinel запущен в 2015 году, поэтому мы можем наблюдать только снимки за последние 7-8 лет. То есть контролируемый диапазон у этого спутника меньше, чем у Landsat [15-17]. Таким образом, в этой работе с помощью Google earth engine были подсчитаны вегетационные индексы по спутникам Landsat и Sentinel-2 с 2000 по 2020 год, изучены изменения растительного покрова озера Алаколь.

Выводы

Использование вегетационного индекса, рассчитанного на основе периодических космических съемок, позволило наглядно представить состояние растительного покрова и динамику его восстановления на исследуемом объекте.

Отмечено хорошее восстановление растительного покрова на территории озера Алаколь после завершения строительства зоны отдыха. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Амиргалиев, Н. А. Ихтиофауна и экология Алакольской системы озер / Н. А. Амиргалиев, С. Р. Тимирханов, Ш. А. Альпейсов. - Алматы: Бастау, 2006. - 368 с.
2. Глобально значимые водно-болотные угодья Казахстана (Алаколь-Сасыккольская система озер). - Астана, 2007. - 271 с.

3. Бабкин, А. В. Поверочный и фактический прогноз уровня воды озера Алаколь на ближайшую перспективу / А. В. Бабкин, А. С. Мадибеков, К. А. Мусакулкызы. // Гидрогеология и экология. - 2017. - № 3. - С. 60-65.
4. Чурсин, И. Н. Деформационный спутниковый мониторинг нарушенных земель в районе Кузнецкого бассейна / И. Н. Чурсин // Маркшейдерия и недропользование. - 2021. - № 1 (111). - С. 50-55.
5. Мусихин, В. В. Оценка точности определения оседаний земной поверхности Риддерского ГОКа по результатам интерферометрической обработки данных космического радиолокационного зондирования / В. В. Мусихин, В. А. Тютюкова, Н. М. Харина // Маркшейдерия и недропользование. - 2023. - № 1 (123). - С. 57-63.
6. Охраняемые природные территории Средней Азии и Казахстана [Электронный ресурс]. - URL: <http://iucnca.net/inforeserve165> (дата обращения: 16.05.2022).
7. Нурпеисова, М. Б. Космическая геодезия: учебник / М. Б. Нурпеисова. - Алматы: КазННТУ, 2019. - 250 с.
8. Лурье, И. К. Теория и практика цифровой обработки изображений / И. К. Лурье, А. Г. Косиков // Дистанционное зондирование и географические информационные системы. - М.: Научный мир, 2003. - 166 с.
9. Баймаганбетова, Г. А. Данные дистанционного зондирования Земли для оценки состояния зеленых насаждений г. Астана / Г. А. Баймаганбетова, Е. И. Голубева, М. В. Зимин // Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии: материалы 6-й Всероссийской (с международным участием) конференции / ИКИ РАН. - М., 2016. - С. 88-91.
10. Generating synthetic Landsat images based on all available Landsat data: Predicting Landsat surface reflectance at any given time / Z. Zhu et al. // Remote Sensing of Environment. - 2015. - Vol. 162. - P. 67-83.
11. Vanhellemont, Q. Advantages of high quality SWIR bands for ocean colour processing: Examples from Landsat-8 / Q. Vanhellemont, K. Ruddick // Remote Sensing of Environment. - 2015. - Vol. 161. - P. 89-106.
12. Баширова, Ч. Ф. Индекс NDVI для дистанционного мониторинга растительности / Ч. Ф. Баширова // Молодой ученый. - 2019. - № 31 (269). - С. 30-31.
13. Баборыкин, М. Ю. Сходимость результатов дистанционного метода дешифрирования с полевыми работами на линейном объекте. На примере оползневого участка / М. Ю. Баборыкин // Изв. Томского политехнического ун-та. Инжиниринг георесурсов. - 2020. - Т. 331, № 7. - С. 161-175.
14. Долгополов, Д. В. Использование данных дистанционного зондирования Земли при формировании геоинформационного пространства трубопроводного транспорта / Д. В. Долгополов // Вестник СГУГиТ. - 2020. - Т. 25, № 3. - С. 151-159.
15. Берлянт, А. М. Картографический метод исследования / А. М. Берлянт. - М.: МГУ, 1970. - 251 с.
16. Landsat Science (Website NASA (National Aeronautics and Space Administration) [Electronic resource]. - URL: <https://landsat.gsfc.nasa.gov> (accessed: 20 April, 2022).
17. Sentinel Missions. Website ESA (European Space Agency) [Electronic resource]. - URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> (accessed: 20 April, 2022).

REFERENCES

1. Amirgaliev NA, Timirkhanov SR, Alpeisov ShA. Ichthyofauna and ecology of the Alakol lake system. Almaty: Bastau, 2006 (In Russ.).
2. Globally significant wetlands of Kazakhstan (Alakol-Sasykkol lake system). Astana, 2007 (In Russ.).
3. Babkin AV, Madibekov AS, Musakulkyzy KA. Verification and actual forecast of the water level of Lake Alakol in the near future. *Hydrogeology and ecology*. 2017;3:60-5 (In Russ.).
4. Chursin IN. Deformational satellite monitoring of disturbed lands in the Kuznetsk basin area. *Surveying and subsoil use*. 2021;1(111):50-5 (In Russ.).
5. Musikhin VV, Tyutyukova VA, Kharina NM. Assessment of the accuracy of determining the subsidence of the Earth's surface of the Riddersky GOK based on the results of interferometric processing of space radar sensing data. *Surveying and subsoil use*. 2023;1(123):57-63 (In Russ.).
6. Protected natural territories of Central Asia and Kazakhstan. Available from: <http://iucnca.net/inforeserve165> (In Russ.).
7. Nurpeisova MB. Space geodesy (textbook). Almaty: KazNITU, 2019 (In Russ.).
8. Lurie IK, Kosikov AG. Theory and practice of digital image processing. *Remote sensing and geographic information systems*. Moscow: Scientific World, 2003 (In Russ.).
9. Baimaganbetova GA, Golubeva EI, Zimin MV. Earth remote sensing data for assessing the state of green spaces in Astana. *Materials of the 6th All-Russian (with international participation) Conference «Aerospace methods and Geoinformation technologies in forest vision, Forestry and Ecology»*, ICI RAS. Moscow;2016:88-91 (In Russ.).
10. Zhu Z. et al. Generating synthetic Landsat images based on all available Landsat data: Predicting Landsat surface reflectance at any given time. *Remote Sensing of Environment*. 2015; 162:67-83.
11. Vanhellemont Q., Ruddick K. Advantages of high quality SWIR bands for ocean colour processing: Examples from Landsat-8. *Remote Sensing of Environment*. 2015;161:89-106.
12. Bashirova ChF. NDVI index for remote monitoring of vegetation. *Young Scientist*. 2019;31 (269):30-1 (In Russ.).
13. Boborykin MYu. Convergence of the results of the remote decoding method with field work on a linear object. On the example of a landslide site. *Izv. Tomsk Polytechnic University. Georesource engineering*. 2020;331(7):161-75 (In Russ.).
14. Dolgoplov DV. The use of Earth remote sensing data in the formation of the geoinformation space of pipeline transport. *Bulletin of SGUGiT*. 2020;25(3):151-59 (In Russ.).
15. Berlyant AM. Cartographic method of research. Moscow: Moscow State University, 1970 (In Russ.).
16. Landsat Science (Website NASA (National Aeronautics and Space Administration). Available from <https://landsat.gsfc.nasa.gov> (accessed 20 April, 2022).
17. Sentinel Missions. Website ESA (European Space Agency). Available from: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> (accessed 20 April 2022).



КРИТЕРИИ
Авторы заявляют
work on the art
КОНФЛИКТ
Авторы заявляют



Факультет
ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО
ИНЖЕНЕРНОГО
Контакты: +7 (371) 233-11-11

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Рысбеков Канай Бахытович:
кандидат технических наук,
профессор,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
e-mail: K.Rysbekov@satbayev.university



Касенова Сая Бериккызы:
бакалавр технических наук,
магистрант
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
e-mail: saya_kassenova@mail.ru,
<https://orcid.org/0009-0008-0962-4713>



Ауесхан Карлыгаш Бакыткызы:
магистрант,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
e-mail: karlygash.auyeskhan@gmail.com



Тойшы Аяулым Бегимбеткызы:
магистрант,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан, e-mail:
ayaulym.toyshy@bk.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Rysbekov Kanai Bakhytovich:
Candidate of Technical Sciences,
Professor,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
e-mail: K.Rysbekov@satbayev.university

Kassenova Sая Berikkyzy:
Bachelor of Technical Sciences,
master's student,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
e-mail: saya_kassenova@mail.ru,
<https://orcid.org/0009-0008-0962-4713>

Aueskhan Karlygash Bakytkyzy:
PhD doctoral student,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
e-mail: karlygash.auyeskhan@gmail.com

Toishy Ayaulym Begimbetkyzy:
PhD doctoral student,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
e-mail: ayaulym.toyshy@bk.ru

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА / CONTRIBUTION:

Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей / The authors declare the equal contribution of everyone to the work on the article.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.



УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»
был создан 3(16) июля 1914 г. в Екатеринбурге.

Факультеты: ГОРНО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ (ГМФ),
ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ (ГТФ),
ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ (ИЭФ), ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ (ФГиГ).

Контакты: +7 (343) 257-25-47, +7 (343) 283-06-06, e-mail: office@ursmu.ru; rector@ursmu.ru, <http://www.ursmu.ru/sveden/common>



WWW.N-GN.RU



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ПРЕЗИДЕНТІНІҢ ЖАНЫНДАҒЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ
АКАДЕМИЯСЫ

№01

ISSN 2304-3334
№01 (105) 2025



ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР

Ғ Ы Л Ы М И Ж У Р Н А Л



ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ

Н А У Ч Н Ы Й Ж У Р Н А Л



RESEARCH, RESULTS

S C I E N T I F I C J O U R N A L

АЛМАТЫ

Д.М.Есенбаева, А.Б.Жолдасбаева, Е.С.Абилдаев, Г.О.Баядилова, Г.А.Байсеитова, Қ.Ж.Құланбай. ӘР ТҮРЛІ СУҒАРУ ЖАҒДАЙЫНДА МАЙБҰРШАҚ СОРТУЛГІЛЕРІНІҢ ФЕНОЛОГИЯЛЫҚ ДАМУ ФАЗАЛАРЫНЫҢ ҰЗАҚТЫҒЫН АНЫҚТАУ.....	114
Д.М. Есенбаева, Г. Жайлаусалқызы, Е.С. Абилдаев, Г.А. Мырзабаева, Г.А. Байсеитова. СУАРМАЛЫ ЖӘНЕ ҚУАҢШЫЛЫҚ ЕГІСТІК ЖАҒДАЙЫНДА МАЙБҰРШАҚ ТҰҚЫМДАРЫНЫҢ ӨНУ ЭНЕРГИЯСЫН ЖӘНЕ ӨНГІШТІГІН АНЫҚТАУ.....	121
А.Т. Маматаева, Г.У. Байташева, Б.Т. Раимбекова, Р. Утегалиева, А.С. Ризбекова. АЛМАТЫ ҚАЛАСЫ БОЙЫНША АҒЫН СУЛАРДА КЕЗДЕСЕТІН ҚОРҒАСЫН МЕН МЫРЫШТЫҢ МӨЛШЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ НӘТИЖЕЛЕРІ.....	127
Г.А.Мырзабаева, К.Т.Абаева, Е.С. Абилдаев, А.Б.Идрисова, А.К.Игембаева, Н.Д.Тажетдинов. ВЛИЯНИЕ СРОКОВ И НОРМ ПОСЕВА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА.....	135
Г.А.Мырзабаева, К.Т.Абаева, Е.С. Абилдаев, А.Б.Идрисова, А.Б.Сламбаева, Н.Д.Тажетдинов. АЛМАТЫ ОБЛЫСЫ ЖАҒДАЙЫНДА ЖАЗДЫҚ АРПА СОРТУЛГІЛЕРІН ШАРУАШЫЛЫҚ ҚҰНДЫ БЕЛГІЛЕРІ БОЙЫНША БАҒАЛАУ.....	145
М.А.Balkozha, T.R.Ryspekov, A.T.Aitzhanov, K.O.Karayeva. ASSESSMENT OF THE REASONS FOR DEGRADATION OF MEDIUM KASTANOZEM SOILS IN KOSTANAY REGION.....	155
О.О. Крадецкая, И.П. Ошергина, С.М.Дашкевич, М.У. Утебаев, И.В.Чилимова, Е.А. Тен. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЗЕРНА ГОРОХА ПОСЕВНОГО (<i>Pisum sativum</i> L.) В УСЛОВИЯХ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА.....	165
А.С.Акмуллаева, А.Е. Идрисова, К.Ж. Куланбай, М.Б. Орманбетов, С.А.Сыдыкбаева, С.А.Маманова. КАРАНТИНДІ АРАМШӨПТЕРДІҢ БИОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ, ЗИЯНДЫЛЫҒЫ МЕН ОЛАРҒА ҚАРСЫ КҮРЕС ШАРАЛАРЫН ЖЕТІЛДІРУ.....	172
А.С. Акмуллаева, К.Ж. Куланбай, М.О. Айтжанова, А.Ш. Сарсембаева, З.С. Рахимова, У. Ережетова. ИТАЛЬЯНДЫҚ ПРУСТЫҢ (<i>CALLIPTAMUS ITALICUS</i> L.) ТІРШІЛІК ЕТУ ОРТАСЫНЫҢ ӨЗГЕРУІНІҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ ПРИНЦИПІ ЖӘНЕ ЛАНДШАФТТЫҚ ТАРАЛУЫНЫҢ ЖАЛПЫ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	182
Г.Т.Максутбекова, А.П.Науанова, С.Г.Оспанова, Э.М. Баимбетова, А.А.Аманжолова. СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАНДА ӨСЕТІН АМАРАНТ (<i>AMARANTHACEAE</i>) ТҰҚЫМДАС ӨСІМДІКТЕР РИЗОСФЕРАСЫНА ТӘН МИКРОАҒЗАЛАРДЫҢ ТҮЗҒА ТӨЗІМДІЛІГІН АНЫҚТАУ.....	190

СУ, ЖЕР ЖӘНЕ ОРМАН РЕСУРСТАРЫ ВОДНЫЕ, ЗЕМЕЛЬНЫЕ И ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ WATER, LAND AND FOREST RESOURCES

К.Р.Бейсембин, Ж.З.Жакупова, Г.Д.Койшибаева, Е.С.Саркынов, Л.М.Рыскулбекова, К.Жанымхан, Ш.К.Капар. НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ВОДОЗАБОРНОГО СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ МАЛЫХ ГЭС.....	202
Г.К. Мамырбекова, Е.М. Калыбекова, С.Б. Саиров, А.Г. Шеров, С.Б. Анапьянова, Ж.А. Базарбаева. ПРОСТРАНСТВЕННО – ВРЕМЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕКИ ЕРТИС В ЧЕРТЕ ГОРОДА УСТЬ–КАМЕНОГОРСК.....	209
В.П. Колпакова, Ю.Н. Еремеева, И.А. Воронкова, Ж.З. Жакупова. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ЗАПАХА ОСАДКОВ ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ СТАНЦИИ АЭРАЦИИ г.УСТЬ-КАМЕНОГОРСКА.....	220
А.Д. Утебекова, А.Ж.Урынбаев, Б.Д. Майсупова. ТАЛДЫҚОРҒАН ҚАЛАСЫ «ЖАСТАР» МӘДЕНИЕТ ЖӘНЕ ДЕМАЛЫС САЯБАҒЫНДАҒЫ ЖАСЫЛ АЛҚААҒАШТАРДЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ.....	228

Ф.К.Ермеков, С.С.Абдыгалиева, Н.В.Джангарашева, А.Д.Омарбекова, Г.Е.Ахметкеримова, Б.Е.Дабылова. ЗЕМЕЛЬНО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕВЕРО - КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	236
К.М.Мазаржанова, Н.Т.Акижанова, Д.Ш.Акимжанов. ЖАБАЙЫ ҚАБАНДАРДЫҢ ОРМАНДА ЖӘНЕ ДАЛАЛЫ АЛҚАПТАРДА ТАРАЛУЫ.....	248
Ө.С.Баймаханов, С.И.Умирзаков, Қ.Б.Бегалиев, Ж.Н.Байманов, К.И.Акылбаев, А.Т.Шегенбаев, А.П.Мүсіреп. ҚАЗАҚСТАНДЫҚ-АРАЛ Өңірінің Әр түрлі АГРОЭКОЛОГИЯЛЫҚ жағдайларында таза және төгінді сулармен қант құмайы дақылын суарудың тиімді технологиясын зерттеу.....	255
Ж.Е. Мәулен, А.Е. Бектурганова, Д.К. Молжигитова, З.М. Құзаирова, А.Н. Жилдикбаева, К.К. Беканов. ТОПЫРАҚТЫҢ САПАЛЫҚ ЖАЙ-КҮЙІН (ТОПЫРАҚ БОНИТЕТІНІҢ БАЛЫН) ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП, ЖЕРДІ КАДАСТРЛЫҚ БАҒАЛАУ.....	268
Ы. Жакыпбек, А.Б.Тойшы, Е.Т. Утеев, С.В. Турсбеков, Ж.Т. Кожаяев. АТЫРАУ ОБЛЫСЫ ЖЕРЛЕРІНІҢ ШӨЛЕЙТТЕНУІН ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДАУ ДЕРЕКТЕРІ НЕГІЗІНДЕ МОНИТОРИНГТЕУ.....	280
А.Берикбаев, Т. Пентаев, Н.В. Джангарашева , К.К.Жоламанов, Г.К. Серикбаева. ЖАМБЫЛ ОБЛЫСЫНЫҢ ТАУ-КЕН ӨНЕРКӘСІБІНДЕГІ БҰЗЫЛҒАН ЖЕРЛЕРДІ РЕКУЛЬТИВАЦИЯЛАУ.....	288
А.А. Оспанова, Н.Л. Озеранская, В.Л. Татаринцев. ОХРАНА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ НА ОСНОВЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗОНИРОВАНИЯ.....	303
K.Kassen, Zh.N.Niyazbekova, G.A. Akhmetkanova, Zhang Fengxia, A. Nurlabi, A. Korabayeva. EFFECT OF LOW-CONCENTRATION FERTILIZERS ON THE MORPHOLOGICAL PARAMETERS OF ZANTHOXYLUM BUNGEANUM.....	313
М.К. Кулшигашова, А.Д.Утебекова, Ж.Б.Адилбаева. МИРОВОЙ ОПЫТ ДЕПОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДА В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА.....	321

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫН МЕХАНИКАЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРЛЕНДІРУ МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА AGRICULTURE MECHANIZATION AND ELECTRIFICATION

Б.Н.Нуралин, М.С.Галиев, Е.М.Джаналиев, С.В.Олейников, М.К.Дусенов. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТВАЛЬНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПЛУГА.....	333
А.С. Усманов, А.С. Рзалиев, Д.М. Кошербай. СОСТОЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЮГО-ВОСТОЧНОГО РЕГИОНА КАЗАХСТАНА.....	346
А.З.Сапаков, С.З.Сапакова, С.Т.Демесова, Е.С.Ержигитов, Н.И.Молдыбаева, М.А.Жусупалиева.ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СУБЛИМАЦИОННОЙ СУШКИ ЯГОД.....	361
Ж.Ж.Мустафин, Е.Ж.Каспаков, А.Б.Рустембаев, Е.Саркынов, М.Т.Жетпейсов, Ж.Б.Жумагулов. ЖАНШЫҒЫШ ҰСАҚТАҒЫШТЫҢ ТІСТІ БАРАБАННЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН НЕГІЗДЕУ.....	371
Р.А. Омаров, Д.Р.Омар, А.Е.Байболов, Н.Б.Алибек, Е.С.Ержигитов, А.Е.Калкабаева. К ОБОСНОВАНИЮ МЕТОДИКИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МУЛЬТИЗОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ.....	382
В. Kassymbayev, K.Khazimov, K.Kalym, Zh.Zhumagulov, Zh.Zh.Mustafin. RESEARCH TO SUBSTANTIATE THE MAIN PARAMETERS AND OPERATING MODES OF THE SOLAR DRYING MODULE AS PART OF A GREENHOUSE FACILITY.....	390
О.Е.Сейпаталиев, Қ.Қалым, Т.Әбилжанұлы, Д.Т.Абилжанов, Г.Д.Еспергенова, Г.С.Әлмугамбетова. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАЛОГАБАРИТНОГО РАЗДАТЧИКА-СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ.....	401

Ы. Жакыпбек^{*1}, А.Б. Тойшы¹, Е.Т. Умеев², С.В. Турсбеков¹, Ж.Т. Кожаяев¹,

¹Satbayev University, Алматы қ., Қазақстан, y.zhakypbek@satbayev.university*,
ayaulym.toyshy@bk.ru, s.tursbekov@satbayev.university, zh.kozhayev@satbayev.university

²Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан,
erlashx@mail.ru

АТЫРАУ ОБЛЫСЫ ЖЕРЛЕРІНІҢ ШӨЛЕЙТТЕНУІН ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДАУ ДЕРЕКТЕРІ НЕГІЗІНДЕ МОНИТОРИНГТЕУ

Аңдатпа

Шөлейттену кедейлік, денсаулықтың нашарлығы, азық-түлік қауіпсіздігінің болмауы, биоәртүрліліктің жоғалуы, судың жетіспеушілігі, климаттың өзгеруі және мәжбүрлі көші-қон сияқты мәселелерді күшейтеді. Сондықтан шөлейттену жаһандық әлеуметтік – экономикалық және экологиялық жағдайды дағдарысқа әкелетін ең маңызды проблемалардың бірі болып саналады.

Жердің деградациясы мен шөлейттенуі қазіргі климаттың өзгеруі және бақыланбайтын антропогендік әрекеттер контекстіндегі ең жаһандық апатты мәселені мониторинктеуде, соңғы онжылдықтарда қашықтықтан зондау әдістері кеңістіктік және уақыттық тенденцияларды бағалау құралы ретінде кеңінен қолданылуда. Сондықтан жерлерді бақылау үшін Landsat, Sentinel-2, MODIS, CBERS және PlanetScope (Planet Labs) спутниктерінің деректерін пайдаланылуда. Ал, мақалада Атырау облысының жерлерінің деградациясы мен шөлейттенуін бағалауда өсімдіктердің нормаланған айырмашылық индексі (NDVI), жер жамылғысының өзгеруі, жапырақ аймағының индексі (LAI) және кеңейтілген вегетациялық индекс (EVI), жауын-шашын мөлшері мен өсімдіктер туралы мәліметтер жиынтығы Махамбет, Құрманғазы және Қызылқоға аудандары бойынша қарастырылды. Сонымен қатар осы аталған аудандарда Google Earth Engine пайдалану арқылы 2010-2020 жылдарға аралығындағы ауыл шаруашылық жерлердің өсімдік жағдайы бойынша Құрманғазы - 10,88% (NDVI -0,272), Махамбет - 6,06% (NDVI -0,067) және Қызылқоға - 3,39% (NDVI -0,098) көрсеткіштерді көрсетті.

Кілт сөздер: Атырау, Landsat, NDVI, Google Earth Engine, шөлейттену, қашықтықтан зондау, мониторинг.

Кіріспе

Шөлейттену және жердің деградациясы экономика мен экологияға айтарлықтай әсер етеді. Дүние жүзінде шамамен 1,4 миллиард адам жердің тозуынан зардап шегеді, оның 74% кедейлер. Сонымен қатар, құрғақшылық пен шөлейттену жыл сайын 12 миллион гектар егістік жерлерінің құнарлығының жоғалуына әкеліп соғады [1]. Сондай-ақ БҰҰ мәліметтері бойынша, қазіргі таңда 2 миллиардтан көп адам тұратын әлемнің 10-нан астам елінде құрғақ жерлер жер шарының шамамен 30% алып жатыр [2]. БҰҰ-ның қазіргі шөлейттену қарқынын ескере отырып ұсынған бағдарламасына сүйенсек, 2025 жылға қарай жердің әрбір бесінші тұрғыны құрғақшылыққа бейім аумақта тұруға мәжбүр.

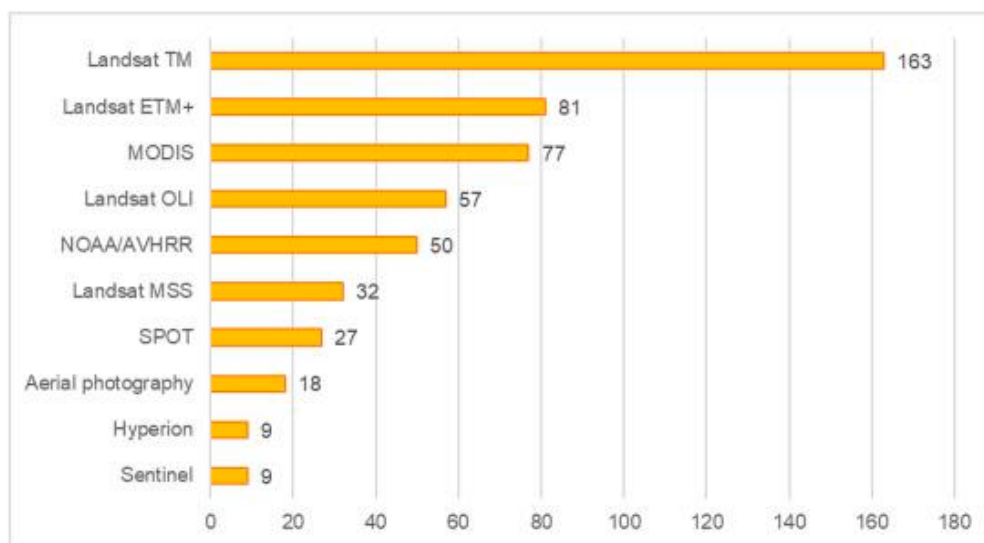
Шанды дауылдар, топырақтың деградациясы және тұздануы көптеген экологиялық проблемаларды тудырса, ал шөлейттену азық-түлік тапшылығы, кедейлік және денсаулық сияқты маңызды әлеуметтік-экономикалық құлдырауға әкелуі әбден мүмкін. Сондықтан әлемдік шөлейттену халықаралық қоғамдастықтың бұл жағдайды үлкен экологиялық қасірет саналады деп бағалауда. Мұнда шөлдену температура, жауын-шашын, өсімдік жамылғысының жоғалуы сияқты табиғи, жерді пайдаланумен, жер жамылғысының өзгеруімен, индустрияландырумен және урбанизация сияқты адам факторларының әсерінен болатын қайтымсыз процесс ретінде қарастырылады [3, 4].

Шөлейттенуден туындаған экологиялық – әлеуметтік мәселелер құрғақ, жартылай құрғақ және субылғалды аймақтардағы тұрақты дамуға кедергі келтіретін негізгі факторлардың біріне айналды [5]. Мұндағы Орталық Азия шөлейттенудің күрделі трансшекаралық проблемаларымен сипатталатын құрғақ және субаридті аймақтың классикалық мысалы болып табылады. Шолу басылымдарына сәйкес, қазіргі уақытта Каспий теңізі мен Памир таулары арасындағы аймаққа қарағанда шөлейттенуден үлкен қауіп төніп тұрған төрт миллион шаршы шақырымнан асатын жерлер бар. Қазіргі уақытта Орталық Азия аумағының 2/3 бөлігінен астамы құрғақ жерлер болып табылады. Мысалы, Қазақстанда Дүниежүзілік Банктің есептеулері бойынша ел аумағының 66% шөлейттенуге ұшыраған [6]. Соған сәйкес Қазақстан Үкіметі 2005 жылы Қазақстан Республикасында шөлейттенуге қарсы күрес жөніндегі бағдарламаны қабылдады, бірақ шөлейттену мен деградацияның қарқынының жылдам артуы салдарынан, қатты ықпалы болмады [7]. Қазақстанның статистикалық деректері бойынша жердің шөлейттенуі мен тозуы ел аумағының 15% - дан астамын құрайды. 180 млн. га жайылымдық алқаптың шектен тыс тозуы салдарынан оның жарамсыз жер мөлшері 27,1 млн га-ға жетті [8, 9].

Жоғарыдағы аталмыш проблемаларды дер кезінде анықтауда озық мониторинг бағдарламаларын қолдану шөлейттену процестерін бағалаудың ең тиімді әдісі болып табылады, өйткені бұл экожүйенің механизмдері мен өзгерістерін мүлдем қайтымсыз дәрежеге жеткізбей тұрып, оны шешудің тиімді жолдарын табуға көмектеседі [10,11]. Сондықтан осы зерттеу мақалада шөлейттенуді зерттеу үшін қашықтықтан зондтаудың тәсілінің қолданылу аймағы мен еліміздегі Атырау аудардандың шөлейттенуін талдау болып табылады.

Көптеген ғылыми мақалаларда бүкіл әлемде шөлейттенуді зерттеді және болжайды. Автор 2000 жылдан 2018 жылға дейін Қытайдың Му Ус құмды жерлерін машиналық оқыту әдістері мен MODIS кескіндерін пайдалана отырып зерттеді [12]. Ал Марокконың оңтүстік-шығысында шөлейттенудің 168,09%-ға артқанын анықтады [13]. Мэн және т.б. (2021) Landsat және Google Earth Engine суреттері арқылы 1990-2020 жылдар аралығында Моңғолиядағы шөлейттенуді бақылаған [14]. Елімізде осы бағдарламаларды қолданып Шығыс Қазақстанда бақылау жұмыстары қарастырылған [15].

Landsat суреттері шөлейттенуді зерттеу үшін ең көп пайдаланылатын спутниктік деректер болып табылады, бұл негізінен ұзақ уақыт шеңберіне өсімдіктердің өзгерістерін анықтауға және талдау жасауға мүмкіндік береді. Ал екінші ең көп қолданылатын спутниктік деректер Terra және Aqua жерсеріктерінің бортындағы орташа ажыратымдылықтағы кескін спектррадиометрінің (MODIS) сенсорының деректері болып табылады (1 - сурет).



Сурет 1 – Соңғы 35 жылда шөлейттенуді зерттеуде ең көп пайдаланылған спутниктік деректер

Сондықтан Атырау облысының шөлейттенуін зерттеуде Landsat және орташа ажыратымдылықтағы кескін спектррадиометрінің (MODIS) сенсорының деректерін қолданып талау жасалынды.

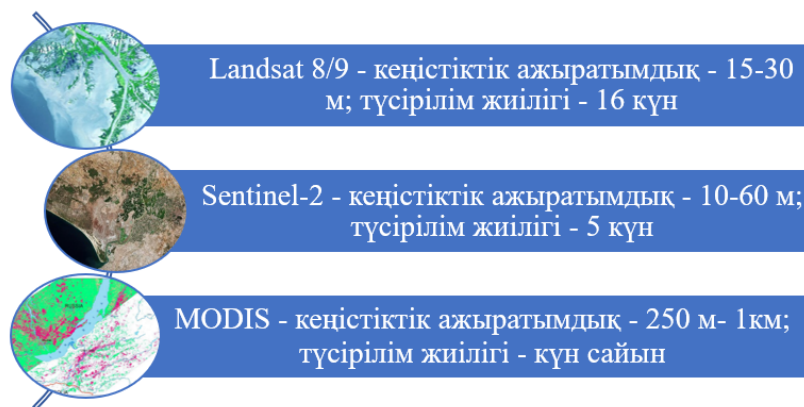
Әдістері мен материалдары

Қазақстанның шөлейттену көрсеткіші айқын көрініс тапқан облыстарының бірі - Атырау облысы болып саналады. Атырау облысында ҚР Жер ресурстарын басқару агенттігінің деректері бойынша 1:50 000 масштабтағы геоботаникалық картаға түсіру негізінде тозған жерлердің ауданы 4206 мың га құрайды. Оның ішінде 2653,8 мың га орташа деградацияланған және 1552,2 мың га қатты тозған жерлер [12]. Сондықтан, Атырау облысында қалпына келу дәрежесін бағалау және өсімдіктердің тозуының нақты алаңдарын анықтау өте өзекті мәселе болып табылады. Сонымен қатар, Атырау облысының аумағындағы шөлейттенген жерлердің нақты жағдайы келтірілген (2 - сурет). Зерттеу бойынша құрғақ климаты бар және жиі құрғақшылыққа ұшырайтын аймақтарға тән сұр-қоңыр тұзды және тұзды топырақтардан тұрады. Сұр-қоңыр сортаң топырақтар орташа тұзды жерлерде дамиды, құрамында органикалық заттар аз және көбінесе суды сақтау қабілеті төмен. Тұзды батпақтар-бұл булануы көп және жауын-шашын мөлшері аз жерлерде түзілетін еріген тұздары көп топырақ. Бұл топырақтар жер бетінде тұздардың жиналуына бейім, бұл өсімдіктердің өсу жағдайларының нашарлауына және жайылымдардың өнімділігінің төмендеуіне әкеледі.



Сурет 2 – Атырау облысының шөлейттену процестері (зерттелетін аумақ)

Сондықтан Атырау облысының Махамбет, Құрманғазы және Қызылқоға аудандарының шөлейттену жадайын зерделеу мақсатында, қашықтықтан зондтау деректері Landsat 8/9, Sentinel-2, MODIS бағдарламаларынан аэроғарыштық суреттері алынды (3 - сурет).

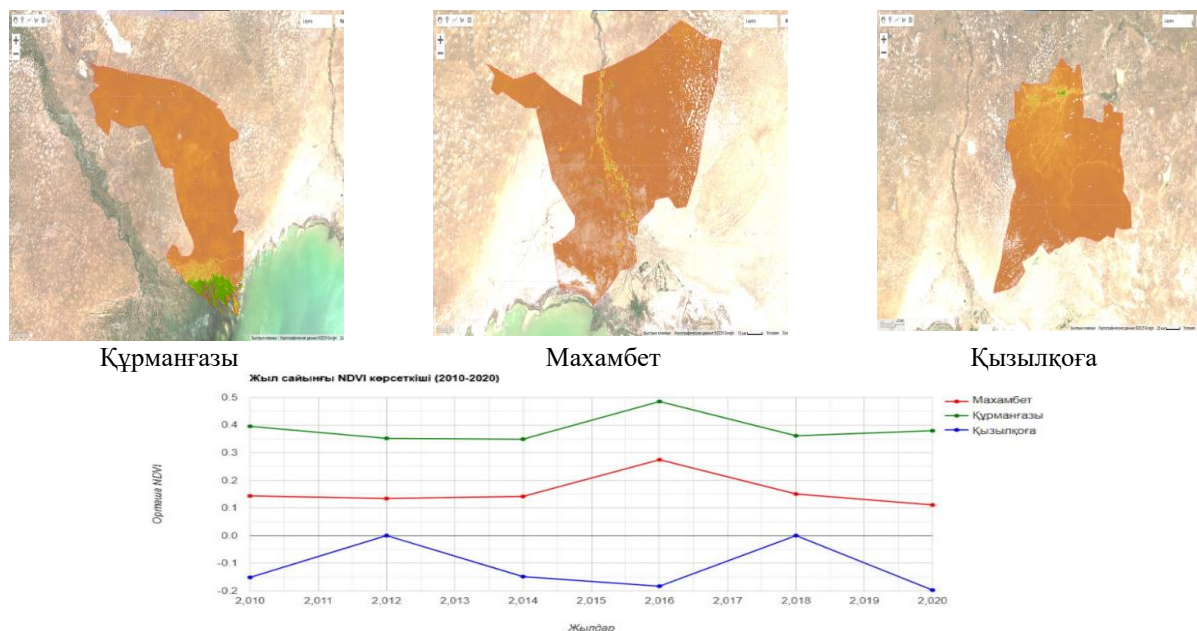


Сурет 3 – Аэроғарыштық суреттерді алу бағдарламалары мен мүмкіндіктері

Сондай-ақ өсімдіктер мен климат үлгілерін көп нұсқалы талдауға мүмкіндік беретін әртүрлі жаһандық спутниктік деректерге қол жеткізу үшін Google Earth Engine (GEE) қолданылды. Бұл жұмыста Қазақстанның Махамбет, Құрманғазы және Қызылқоға сияқты аймақтарының өсімдік жамылғысының өсімділігін бағалау үшін 2010-2020 жылдар аралығындағы NDVI, LAI және EVI индекстері есептелінді.

Нәтижелер және талқылау

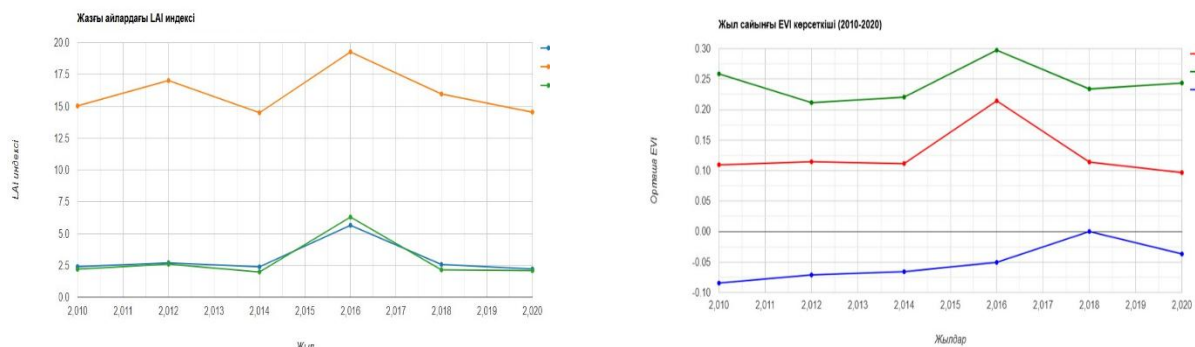
Вегетациялық индекстер арқылы шөлейттенуді бағалау климаттық өзгерістер мен антропогендік жүктеме жағдайында өсімдік жамылғысының өзгеруін және экожүйелердің тұрақтылығын түсінудің маңызды процесі болып табылады. NDVI және EVI сияқты вегетациялық индекстер шөлейттенуге бейім аймақтардағы экожүйелердің күйін талдау мен бақылаудың негізгі құралдары болып табылады. Сондықтан Атырау облысының Махамбет, Құрманғазы және Қызылқоға аудандарының өсімдік жамылғысының нормаланған айырмашылық индексі (NDVI) 2010 – 2020 жылдар аралығындағы жаз маусымын алып есептелінді (4 - сурет). Нәтижесінде үш аудан бойынша салыстырмалы түрде Құрманғазы ауданы жақсы көрсеткішті көрсетті.



Сурет 4 – 2010-2020 жылдар бойынша жаз мезгіліндегі NDVI көрсеткіші

Ал жапырақ аймағының индексі (LAI) бойынша зерттеу аумағының жер беті жапырақтарының ауданын өлшенді және жақсартылған өсімдіктер индексі (EVI) өсімдіктердің жағдайын бағалау үшін пайдаланылды (5 – сурет) . Осы аталмыш екі

көрсеткіште үш аудан бойынша салыстырмалы түрде Құрманғазы ауданы жақсы көрсеткішті көрсетті.



Сурет 5 – 2010-2020 жылдар бойынша жаз мезгіліндегі LAI және EVI көрсеткіші

Атырау облысының Махамбет, Құрманғазы және Қызылқоға аудандарының NDVI есептеу барысында Құрманғазы - 10,88% (NDVI -0,272), Махамбет - 6,06% (NDVI -0,067) және Қызылқоға - 3,39% (NDVI -0,098) көрсеткіштерді көрсетті. Осы нәтижеге сүйене отырып, осы аталмыш үш аудан бойынша тек Құрманғазы ауданында өсімдіктің өсу көрсеткіші жақсы. Ал басқа екі ауданда өсімдік жамылғысы өте төмен.

Қорытынды

Зерттеу қорытындысы бойынша Атырау облысында сұр-қоңыр шөлді топырақ түрі басым болғандықтан, тың жерлерден басқа жоғарғы қабаттардағы топырақ (20-30 см-ге дейін) көбінесе тұрақсыз немесе орташа тұрақтылыққа ие, бұл антропогендік белсенділік нәтижесінде эрозия мен деградацияға сезімталдықтың жоғары облыс болып табылады. Сондай ақ ауыл шаруашылығы жерлерді бақылауда спутниктік деректерді қолдану арқылы зерттеу өңірінің 2010 – 2020 жылдар аралығындағы жаз маусымындағы өсімдік жамылғысының нормаланған айырмашылық индексі (NDVI), жапырақ аймағының индексі (LAI) және жақсартылған өсімдіктер индексі (EVI) есептей отырып, үш жақты көрсеткіштер Құрманғазы ауданы жағдайын салыстырмалы түрде жоғары деп дәлелдеп берді. Сонымен қатар NDVI есептеу барысында Құрманғазы - 10,88% (NDVI -0,272), Махамбет - 6,06% (NDVI -0,067) және Қызылқоға - 3,39% (NDVI -0,098) көрсеткіштерді көрсетіп, Құрманғазы ауданы NDVI - 0,1 ден жоғары мәнге ие болды.

Алғыс. Бұл мақала BR24993218 «Каспий маңы өңірінің аумақтарында қолайсыз экологиялық жағдайларда топырақтың шөлейттенуі мен тозуы проблемаларын шешудің ұтымды және тиімді инновациялық әдістерін әзірлеу» бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру жобасы бойынша орындалды.

Әдебиеттер тізімі

1. United Nations, 2015. Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development, 70/1. A/RES/.
2. Global Drylands: A UN system-wide response. [Электронный ресурс]. – 2011. - URL: https://unemg.org/2018/images/emgdocs/publications/Global_Drylands_Full_Report.pdf
3. De Pina Tavares, J., Baptista, I., Ferreira, A.J.D., Amiotte-Suchet, P., Coelho, C., Gomes, S., Amoros, R., Dos Reis, E.A., Mendes, A.F., Costa, L., Bentub, J., Varela, L., 2015. Assessment and mapping the sensitive areas to desertification in an insular Sahelian mountain region case study of the Ribeira Seca Watershed, Santiago Island, Cabo Verde // Catena 128, 214–223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.10.005>.
4. Xu, D., Song, A., Tong, H., Ren, H., Hu, Y., Shao, Q., 2016. A spatial system dynamic model for regional desertification simulation - a case study of Ordos, China // Environ. Model. Software 83, 179–192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.05.017>.

5. Li, Q., Zhang, C., Shen, Y., Jia, W., Li, J., 2016. Quantitative assessment of the relative roles of climate change and human activities in desertification processes on the Qinghai-Tibet Plateau based on net primary productivity // *Catena* 147, 789–796. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.09.005>.
6. ОБЗОР: Проблема опустынивания на глобальном и региональном уровнях. [Электронный ресурс]. -2017. - URL: <https://carececo.org/main/news/obzor-problema-opustynivaniya-na-globalnom-i-regionalnom-urovnyakh/>
7. Программа по борьбе с опустыниванием в Республике Казахстан на 2005-2015 годы утв.: Правительством РК от 24 января 2005 года, № 49 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eco.gov.kz/strategiya/pustynya.php>
8. Сводный аналитический отчёт о состоянии и использовании земель Республики Казахстан. 2016. Комитет МСХ РК по управлению земельными ресурсами. - Астана, 2017. – 180 с.
9. Г. Айтхожаева, А. Жилдикбаева, Т. Пентаев, А. Баухан , Н. Жумагалиева , В. Гурскиене. Современное состояние использования земель сельскохозяйственного назначения в контексте устойчивого развития // Исследования, результаты. - 2024. - № 2 (102). – С.380-387. DOI: <https://doi.org/10.37884/3-2024/42>
10. D’Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K.F., Ravi, S., Runyan, C.W., 2013. Global desertification: drivers and feedbacks // *Adv. Water Resour.* 51, 326–344. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.01.013>.
11. Zhao, Y., Wang, X., Novillo, C.J., Arrogante-Funes, P., V’azquez-Jim’enez, R., Maestre, F. T., 2018. Albedo estimated from remote sensing correlates with ecosystem multifunctionality in global drylands // *J. Arid Environ.* 157 (9), 116–123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2018.05.010>.
12. Feng K., Wang T., Liu Sh., Kang W., Chen X., Guo Z., Zhi Y. Monitoring desertification Using Machine-Learning Techniques with Multiple Indicators Derived from MODIS Images in Mu Us Sandy Land, China // *Remote Sens.* 2022, 14(11), 2663; DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14112663>
13. A. Moumane, J.A. Karkouri, A. Benmansour, F. Ghazali, J. Fico, A. Karmaoui, M. Batchi. Monitoring long-term land use, land cover change, and desertification in the Ternata oasis, Middle Draa Valley, Morocco // *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. [Volume 26](#), April 2022, 100745. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100745>
14. X. Meng, X. Gao, S. Li, Sh. Li, J. Lei. Monitoring desertification in Mongolia based on Landsat images and Google Earth Engine from 1990 to 2020 // *Ecological Indicators*. Volume 129, October 2021, 107908. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107908>
15. Т. Рафигов, М. Ерболкызы, А. Жилдикбаева. Применение данных дистанционного зондирования земли и анализа NDVI 8 Восточно-казахстанской области // Исследования, результаты. - 2024. - № 1 (101). – С.183-191. DOI: <https://doi.org/10.37884/1-2024/18>

References

1. United Nations, 2015. Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development, 70/1. A/RES/.
2. Global Drylands: A UN system-wide response. [Electronic resource]. – 2011. - URL: https://unemg.org/2018/images/emgdocs/publications/Global_Drylands_Full_Report.pdf
3. De Pina Tavares, J., Baptista, I., Ferreira, A.J.D., Amiotte-Suchet, P., Coelho, C., Gomes, S., Amoros, R., Dos Reis, E.A., Mendes, A.F., Costa, L., Bentub, J., Varela, L., 2015. Assessment and mapping the sensitive areas to desertification in an insular Sahelian mountain region case study of the Ribeira Seca Watershed, Santiago Island, Cabo Verde // *Catena* 128, 214–223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.10.005>.
4. Xu, D., Song, A., Tong, H., Ren, H., Hu, Y., Shao, Q., 2016. A spatial system dynamic model for regional desertification simulation - a case study of Ordos, China // *Environ. Model. Software* 83, 179–192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.05.017>.

5. Li, Q., Zhang, C., Shen, Y., Jia, W., Li, J., 2016. Quantitative assessment of the relative roles of climate change and human activities in desertification processes on the Qinghai-Tibet Plateau based on net primary productivity // *Catena* 147, 789–796. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.09.005>.
6. OBZOR: Problema opustynivaniya na global'nom i regional'nom urovnyakh. [EHlektronnyj resurs]. -2017. - URL: <https://carececo.org/main/news/obzor-problema-opustynivaniya-na-globalnom-i-regionalnom-urovnyakh/>
7. Programma po bor'be s opustynivaniem v Respublike Kazakhstan na 2005-2015 gody utv.: Pravitel'stvom RK ot 24 yanvarya 2005 goda, № 49 [EHlektronnyj resurs]. URL: <http://www.eco.gov.kz/strategiya/pustynya.php>
8. Svodnyj analiticheskij otchyot o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' Respubliki Kazakhstan. 2016. Komitet MSKH RK po upravleniyu zemel'nymi resursami. - Astana, 2017. – 180 s.
9. G. Ajtkhozhaeva, A. ZHildikbaeva, T. Pentaev, A. Baukhan , N. ZHumagalieva , V. Gurskiene. Sovremennoe sostoyanie ispol'zovaniya zemel' sel'khozyajstvennogo naznacheniya v kontekste ustojchivogo razvitiya // *Issledovaniya, rezul'taty*. - 2024. - № 2 (102). – S.380-387. DOI: <https://doi.org/10.37884/3-2024/42>
10. D'Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K.F., Ravi, S., Runyan, C.W., 2013. Global desertification: drivers and feedbacks // *Adv. Water Resour.* 51, 326–344. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.01.013>.
11. Zhao, Y., Wang, X., Novillo, C.J., Arrogante-Funes, P., V'azquez-Jim'enez, R., Maestre, F. T., 2018. Albedo estimated from remote sensing correlates with ecosystem multifunctionality in global drylands // *J. Arid Environ.* 157 (9), 116–123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2018.05.010>.
12. Feng K., Wang T., Liu Sh., Kang W., Chen X., Guo Z., Zhi Y. Monitoring desertification Using Machine-Learning Techniques with Multiple Indicators Derived from MODIS Images in Mu Us Sandy Land, China // *Remote Sens.* 2022, 14(11), 2663; DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14112663>
13. A. Moumane, J.A. Karkouri, A. Benmansour, F. Ghazali, J. Fico, A. Karmaoui, M. Batchi. Monitoring long-term land use, land cover change, and desertification in the Ternata oasis, Middle Draa Valley, Morocco // *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. [Volume 26](#), April 2022, 100745. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100745>
14. X. Meng, X. Gao, S. Li, Sh. Li, J. Lei. Monitoring desertification in Mongolia based on Landsat images and Google Earth Engine from 1990 to 2020 // *Ecological Indicators*. Volume 129, October 2021, 107908. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107908>
15. T. Rafikov, M. Erbolkyzy, A. ZHildikbaeva. Primenenie dannykh distantsionnogo zondirovaniya zemli i analiza NDVI 8 Vostochno-kazakhstanskoy oblasti // *Issledovaniya, rezul'taty*. - 2024. - № 1 (101). – S.183-191. DOI: <https://doi.org/10.37884/1-2024/18>

Y. Zhakypbek^{*1}, A.B. Toyshy¹, Y.T. Uteyev², S.B. Tursbekov¹, Zh.T. Kozhaev¹

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, y.zhakypbek@satbayev.university*,
ayaulym.toyshy@bk.ru, s.tursbekov@satbayev.university, zh.kozhayev@satbayev.university

² Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan, erlashx@mail.ru

LAND DESERTIFICATION MONITORING IN ATYRAU REGION BASED ON REMOTE SENSING DATA

Abstract

Desertification exacerbates problems such as poverty, poor health, food insecurity, loss of biodiversity, water scarcity, climate change, and forced migration. Therefore, desertification is considered one of the most important problems leading the global socio-economic and environmental situation to crisis.

Land degradation and desertification currently pose the most global catastrophic problems in the context of climate change and uncontrolled anthropogenic activities. In recent decades, remote sensing methods have been widely used as tools for assessing spatial and temporal trends. Therefore,

data from Landsat, Sentinel-2, MODIS, CBERS, and PlanetScope (Planet Labs) satellites are used to monitor the earth. In the article, when assessing the degradation and desertification of lands in the Atyrau region, the index of normalized vegetation difference (NDVI), changes in soil cover, the leaf zone index (LAI) and the extended vegetation index (EVI), precipitation and a set of vegetation data for the districts of Makhambet, Kurmangazy and Kyzylkoga were considered. Also, in these areas, using Google Earth Engine, Kurmangazy's indicators were demonstrated - 10.88% (NDVI -0.272), Makhambet - 6.06% (NDVI -0.067) and Kyzylkoga - 3.39% (NDVI -0.098) for the vegetation status of agricultural lands for the period 2010-2020.

Key words: Atyrau, Landsat, NDVI, Google Earth Engine, desertification, remote sensing, monitoring.

Ы. Жакыпбек^{*1}, А.Б. Тойшы¹, Е.Т. Утеев², С.В. Турсбеков¹, Ж.Т. Кожжаев¹

¹Satbayev University, г.Алматы, Казахстан, y.zhakypbek@satbayev.university*,
ayaulym.toyshy@bk.ru, s.tursbekov@satbayev.university, zh.kozhayev@satbayev.university

² Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
г.Алматы, Казахстан, erlashx@mail.ru

МОНИТОРИНГ ОПУСТЫНИВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ АТЫРАУСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Аннотация

Процесс опустынивания усугубляет такие проблемы, как бедность, плохое здоровье, отсутствие продовольственной безопасности, потеря биоразнообразия, нехватка воды, изменение климата и вынужденная миграция. Поэтому опустынивание считается одной из важнейших проблем, ведущих глобальную социально – экономическую и экологическую ситуацию к кризису.

Деградация и опустынивание земель в настоящее время преследуют самую глобальную катастрофическую проблему в контексте изменения климата и неконтролируемой антропогенной деятельности, в последние десятилетия методы дистанционного зондирования широко используются в качестве инструментов для оценки пространственных и временных тенденций. Поэтому для наблюдения за землями используются данные спутников Landsat, Sentinel-2, MODIS, CBERS и PlanetScope (Planet Labs). А в статье при оценке деградации и опустынивания земель Атырауской области рассматривались индекс нормированной разницы растительности (NDVI), изменение почвенного покрова, индекс листовой зоны (LAI) и расширенный вегетационный индекс (EVI), количество осадков и набор данных о растительности по районам Махамбет, Курмангазы и Кызылкога. Также в данных районах с использованием Google Earth Engine были продемонстрированы показатели Курмангазы - 10,88% (NDVI -0,272), Махамбета - 6,06% (NDVI -0,067) и Кызылкога - 3,39% (NDVI -0,098) по растительному состоянию сельскохозяйственных земель за период 2010-2020 годов.

Ключевые слова: Атырау, Landsat, NDVI, Google Earth Engine, опустынивание, дистанционное зондирование, мониторинг.