

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

ӘОЖ 528.2

Қолжазба құқығында

Бекіш Ұлпан

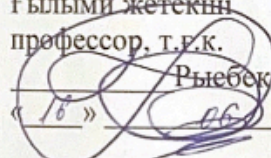
Магистр академиялық дәрежесін алу үшін

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертацияның атауы «Орман шаруашылығы міндеттерінде Жерді қашықтықтан
зондтау деректерін пайдалану»

Дайындау бағыты 7М07306 – «Геокеңістіктік сандық инженерия»

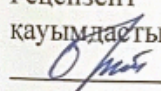
Ғылыми жетекші
профессор, т.ғ.к.

 Рыбеков Қ. Б.
« 16 » 06 2023 ж.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНУТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

Рецензент

қауымдастырылған профессор, т.ғ.к.

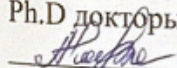
 Омиржанова Ж.Т.
« 16 » 06 2023 ж.

Подпись 
заворяю
HR департамент
HR - DEPARTMENT

Норма бақылаушы

қауымдастырылған профессор

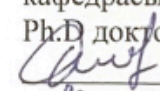
Ph.D докторы

 Айтказинова Ш.Қ.
« 16 » 06 2023 ж.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«Маркшейдерлік іс және геодезия»
кафедрасының меңгерушісі

Ph.D докторы, қауым. проф.

 Орынбасарова Э.О.
« 16 » 06 2023 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

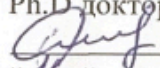
Ө.А Байқоңыров атындағы тау-кен – металлургия институты

Маркшейдерлік іс және геодезия кафедрасы

7М07306 – «Геокеңістіктік сандық инженерия»

БЕКІТЕМІН

«Маркшейдерлік іс және геодезия»
кафедрасының меңгерушісі
Ph.D докторы, қауым. проф.

 Орынбасарова Э.О.
« 16 » 06 2023 ж.

**Магистрлік диссертацияны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Магистрант Бекіш Ұлпан

Тақырыбы: «Орман шаруашылығы міндеттерінде Жерді қашықтықтан зондтау деректерін пайдалану»

Университет Ректорының 02.11. 2021 жылғы № 1779-М бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған диссертацияны тапсыру мерзімі « 19 » маусым 2023 ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы деректері: Landsat TM, ETM+ спутниктерінен көп аймақты ғарыштық түсіру материалдары.

Магистрлік диссертацияда әзірлеуге жататын мәселелер тізімі:

а) Көп жылдық мониторинг жүргізу.

б) Қашықтықтан зондтау материалдар бойынша орман жерлерінде болып жатқан көпжылдық өзгерістерді анықтау.

в) Орман патологиясының міндеттері үшін ландшафт пен климатқа қоса талдау жасай отырып орманның зақымдануын жою және олардың алдын алу әдістерінің тиімділігін бағалау.

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

1. Шығыс Қазақстан және Абай облысының геопорталының деректері;
2. Облыстар бойынша Қазақстан Республикасында ормандардың таралу картасы.

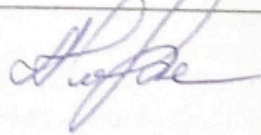
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1. Абросимов А.В. Возможности использования данных КА «Ресурс-П» для выявления изменений на земной поверхности / А.В Абросимов., Т.В. Орлов // Геоматика. – 2017.
2. Адамович Т. А., Анализ сезонной и многолетней динамики вегетационного индекса NDVI на территории государственного природного заповедника «Нургуш»/ Т. А. Адамович, Г. Я. Кантор Т. Я. Ашихмина, В. П. Савиных // Теоретическая и прикладная экология. 2018. №1. С. 18-24.

Магистерлік диссертацияны дайындау
КЕСТЕСІ

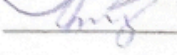
Бөлімдердің атауы, дайындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
ЖҚЗ деректері бойынша орман жамылғысына мониторинг жүргізудің теориялық негіздері		
Ормандарды қалпына келтіру картасын жасаудың принциптерін талдау		

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

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
ЖҚЗ деректері бойынша орман жамылғысына мониторинг жүргізудің теориялық негіздері	Рысбеков Қ. Б. т.ғ.к., профессор	16.06.2023	
Ормандарды қалпына келтіру картасын жасаудың принциптерін талдау	Рысбеков Қ. Б. т.ғ.к., профессор	16.06.2023	
Қалып бақылаушы	Айтказинова Ш.К. PhD докторы, қауымдастырылған профессор	16.06.2023	

Ғылыми жетекшісі

 Рысбеков Қ. Б.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды  Бекіш Ұ.

Күні

« 22 » 10 2021ж.

Бекіш Ұлпанның «Орман шаруашылығы міндеттерінде Жерді қашықтықтан зондтау деректерін пайдалану» атты 7M07306 – Геокеңістіктік сандық инженерия білім беру бағдарламасы бойынша магистр дәрежесін алу үшін дайындаған магистрлік диссертациясына

ПІКІР

Қазіргі уақытта ормандағы тұрақты өрттер, ормандардың ластану мен жойылуы басты экологиялық проблемалардың біріне айналды. Осыған орай ЖҚЗ мақсаттары үшін жасалған спутниктер мен технологиялар да күн сайын жетілдірілуде. Ғарыштық суреттердің көмегімен әр түрлі орта туралы сенімді ақпарат алуға болады, соның ішінде орман өсімдіктері туралы. Бұл үлкен аумақтардағы, әсіресе алыс, күрделі аймақтардағы өзгерістерді анықтау, ормандардың жойылу мен әр түрлі проблемаларын түсіну мен бақылаудың маңызды ресурсы саналады.

Магистрлік зерттеу жұмысының негізгі бөлімдері толығымен орындалып, ғылыми тұрғыдан негізделген. Әдебиеттерге шолу бөлімінде, ғалымдар мен зерттеу әдістемелерінің алуан түрін қарастырған. Бөлім нәтижесінде диссертацияның бағыты анықталып, керекті теориялық мәліметтер жинақталған. Екінші бөлімде зерттеу алгоритмдері қарастырылып, қолданылатын бағдарламалық жасақтама сипатталған. Үшінші бөлімде Шығыс Қазақстан облысындағы орман аумақтарының өзгерісін бағалау нәтижелері келтірілген.

Магистрлік жұмысын орындау барысында Бекіш Ұлпанның меңгергендері:

- а) Қашықтықтан зондтау материалдар бойынша орман жерлерінде болып жатқан көпжылдық өзгерістерді анықтау;
- ә) Заңсыз ағаш кесуге қарсы күресте ЖҚЗ деректерін қолдану;
- б) Спектрлік индекстерді қолдана отырып, орман аумағын зерттеу;
- в) Алынған нәтижелерге сәйкес ормандардың бұзылуы және оларды қалпына келтірілу жағдайына ұсыныстар беру.

Қорыта келгенде, Бекіш Ұлпан ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізуге бейімділігін көрсетіп, ізденіс жасап, шешілетін мәселелерін тиянақты орындайтынын байқатты. Сондықтан, болашақта докторантураға түсуге ұсынамын. 95%.

Ғылыми жетекші,
т.ғ.к., профессор
«16» маусым 2023 ж.



Рысбеков К.Б.

Бекіш Ұлпан

«Орман шаруашылығы міндеттерінде Жерді қашықтан зондтау деректерін қолдану»

атты 7М07306 – «Геоқоғамдық цифрлық инженерия» білім беру бағдарламасы бойынша магистр дәрежесін алу үшін дайындаған диссертациялық жұмысына

РЕЦЕНЗИЯ

Диссертация барлық қажетті мәліметтері бар жалпы саны 50 парақты түсіндірме жазбадан, 33 сурет, 5 кесте және 32 - пайдаланылған әдебиет көздерінен тұрады. Жұмыс құрылымы кіріспе, негізгі бөлім, қорытынды, пайдаланылған әдебиеттер тізімімен берілген. Жұмыста тақырыптың өзектілігі, қойылған мақсаттар мен шешімін табатын міндеттер, ғылыми жаңалық, теориялық және әдіснамалық негіз, практикалық жазу базасы және жарияланымдар тізімі сипатталған.

Диссертациялық жобалада ЖҚЗ және ГАЖ (геоақпараттық жүйе) деректерін тақырыптық өңдеу және интерпретациялау арқылы қысқа мерзімде орман ресурстарының өзгерістері туралы, мысалы, ағаш кесілген жерлер мен орман өрттері туралы қажетті ақпарат алудың әдіс тәсілдері көрсетілген. Заңсыз ағаш кесілген жерлердің координаттарын анықтауға және геосервистер арқылы бақылаушы органдарды жедел хабардар етіп апаратын алдын алуда осы әдісті жетілдіру көзделіп отыр.

ЖҰМЫСТЫ БАҒАЛАУ

Орындаушының жұмысын және презентациясын талқылай отырып, Бекіш Ұлпанның диссертациялық жұмысы барлық стандарттық талаптарға сай, жобаның тақырыбына сәйкес жұмысы толықтай қарастырылып, жоғары деңгейде орындаған деп санаймын. Жалпы жұмысты 94 деп бағалаймын.

Рецензент

Халықаралық білім беру корпорациясының қауымдастырылған профессоры, т.ғ.к.

Омиржанова Ж.Т.
" 16 " 06 2023 ж.



АНДАТПА

Орман ресурстары экономика үшін маңызды шикізат көзі болып табылады. Орман алқаптарының жай-күйіне бірқатар антропогендік және табиғи факторлар әсер етеді (атмосфераның ластануы, ағаш кесу, орман өрттері, жәндіктер зиянкестері және т.б.). Бұл өнімділіктің төмендеуіне, ормандардың ыдырауына және жойылуына әкеледі. Жұмыстың мақсаты-Жерді ғарыштан қашықтықтан зондтау деректері негізінде ормандардың жай-күйінің динамикасын талдау. Зерттеулер екі бағыт бойынша жүргізілді: Шығыс Қазақстан облысы ормандарының жай-күйін талдау және өсімдік жамылғысының қалпына келу динамикасын талдау. Зерттеу объектілері осы облыс аумағындағы ормандар болып табылады. Зерттеу өсімдік жамылғысының жай-күйін көрсететін нормаланған айырмашылық вегетациялық индексінің, сондай-ақ нормаланған өрт индексінің мәнінен алынған нәтижелерге сүйенеді. Бірінші бөлімде зерттеу жүргізудің өзектілігі, әдеби деректерді талдау нәтижелері баяндалып, зерттеу әдістері қарастырылған. Екінші бөлімде зерттеу алгоритмдері қарастырылып, қолданылатын бағдарламалық жасақтама сипатталған. Үшінші бөлімде Шығыс Қазақстан облысындағы орман аумақтарының өзгерісінің динамикасын бағалау нәтижелері келтірілген.

АННОТАЦИЯ

Лесные ресурсы являются важным источником сырья для экономики. На состояние лесных массивов оказывает влияние целый ряд антропогенных и природных факторов (загрязнение атмосферы, вырубки, лесные пожары, насекомые-вредители и т.д.). Это приводит к снижению продуктивности, распаду и уничтожению лесных массивов. Целью работы является анализ динамики состояния лесов на основе данных дистанционного зондирования Земли из космоса. Исследования проводились по двум направлениям: анализ состояния лесов Восточно-Казахстанской области и анализ динамики восстановления растительного покрова. Объектами исследования являются леса на территории данной области. Исследование опирается на результаты полученные из значения нормированного, разностного, вегетационного индекса, а также нормированного индекса гарей отражающего состояние растительного покрова. В первой части изложена актуальность проведения исследования, указаны результаты анализа литературных данных а также рассмотрены методы исследования. Во второй части рассматриваются алгоритмы исследования и описывается используемое программное обеспечение. В третьем разделе приведены результаты оценки динамики изменения лесных территорий в Восточно-Казахстанской области.

ANNOTATION

Forest resources are an important source of raw materials for the economy. The state of forests is influenced by a number of anthropogenic and natural factors (atmospheric pollution, logging, forest fires, insect pests, etc.). This leads to a decrease in productivity, decay and destruction of forests. The aim of the work is to analyze the dynamics of the state of forests based on remote sensing data from space. The research was carried out in two directions: analysis of the state of forests in the East Kazakhstan region and analysis of the dynamics of vegetation restoration. The objects of the study are forests on the territory of this region. The study is based on the results obtained from the values of the normalized, difference, vegetation index, as well as the normalized index of harems reflecting the state of vegetation cover. In the first part, the relevance of the study is outlined, the results of the analysis of literary data are indicated, and research methods are also considered. The second part examines the research algorithms and describes the software used. The third section presents the results of the assessment of the dynamics of changes in forest areas in the East Kazakhstan region.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	6
1 ЖҚЗ деректері бойынша орман жамылғысына мониторинг жүргізу әдістері	9
1.1 Орман мониторингінің міндеттері	9
1.2 Мониторинг жұмыстары үшін қолданылатын түсіріс жүйесі	12
1.3 Орман екпелерінің спектрлік шағылысу қабілеті бойынша ормандардың жағдайы мен динамикасын өңдеу және бағалау әдістері	15
2 Индекстерді пайдалану негізінде ормандарды бақылаудың теориялық негіздері	17
2.1 ҚР қолданылатын орман ресурстарына мониторинг жасаудың әдіс-тәсілдерін зерттеу	17
2.2 Ормандарды бақылау үшін оңтайлы вегетациялық индекстерді таңдау	20
2.3 Өсімдік жамылғысын зерттеудегі ЖҚЗ деректерін өңдеуге арналған ГАЖ бағдарламалары	25
2.4 Орман шаруашылығындағы ГАЖ	30
3 Шығыс Қазақстан облысы ормандарының мысалында көпжылдық мониторинг жүргізу	32
3.1 Зерттеу объектісіне жалпы сипаттама	32
3.2 Уақыт қатарларының пикселдік өзгерістерін интерактивті зерттеу	36
3.3 Ормандардың бұзылуы және оларды қалпына келтірілу жағдайы	41
3.4 Ормандарды қалпына келтіру картасын жасаудың принциптері	44
Қорытынды	50
Қабылданған қысқартулар терминдері тізімі	51
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	52

КІРІСПЕ

Жұмыстың өзектілігі. Ормандар еліміздің аз ғана аумағын алып жатса да үлкен экологиялық, экономикалық және әлеуметтік маңызы бар. Сондықтан орман ресурстарын үнемді және тиімді пайдалану - өте маңызды шара. Қазіргі уақытта ормандағы тұрақты өрттер, ормандардың ластану мен жойылуы басты экологиялық проблемалардың біріне айналды.

Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) XX ғасырдың аяғынан бастап қоршаған ортаны бақылау үшін қолданылып келеді. Осыған орай ЖҚЗ мақсаттары үшін жасалған спутниктер мен технологиялар да күн сайын жетілдірілуде. Ғарыштық суреттердің көмегімен әр түрлі орта туралы сенімді ақпарат алуға болады, соның ішінде орман өсімдіктері туралы. Бұл үлкен аумақтардағы, әсіресе алыс, күрделі аймақтардағы өзгерістерді анықтау, ормандардың жойылу мен әр түрлі проблемаларын түсіну мен бақылаудың маңызды ресурсы саналады.

ЖҚЗ және ГАЖ (геоақпараттық жүйе) деректерін тақырыптық өңдеу және интерпретациялау арқылы қысқа мерзімде орман ресурстарының өзгерістері туралы, мысалы, ағаш кесілген жерлер мен орман өрттері туралы қажетті ақпарат алу, ауданын есептеу ең тиімді әдіс саналады. Координаттарын анықтауға және геосервистер арқылы бақылаушы органдарды жедел хабардар етіп апаттардың алдын алуда осы әдісті жетілдіру көзделіп отыр.

2018 жылы Қазақстан Республикасында ғарыштық мониторинг жобасы іске асырыла бастағаннан бері мониторинг еліміздің барлық өңірлерінде жүргізіледі. Сондай-ақ салалық геосервисте жарияланған ғарыштық мониторинг нәтижелерін облыстық аумақтық инспекциялар мен табиғатты қорғау прокуратурасының мамандары күнделікті жедел жұмыс үшін табысты пайдаланып келеді. Осындай ғарыш мониторингінің жоғары тиімділігін бағалай отырып, мемлекеттік орман қоры аумағы бойынша заңсыз әрекеттерді анықтау үшін ғарыш мониторингі міндеттерін кеңейтуге назар аударуда.

Зерттеу жұмысының мақсаты. Жерді қашықтықтан зондтау деректерін орман шаруашылығында туындайтын мәселелерді шешуде: орман өрті, ағаштар мен өсімдіктердің жағдайы, заңсыз ағаш кесу немесе улы заттар нәтижесінде келтірілген залалды бағалау үшін пайдалану.

Зерттеу жұмысының міндеттері:

- Көп жылдық мониторинг жүргізу. Бұл осы мақсаттарды іске асырудың неғұрлым тиімді әдістемелерін әзірлеу мақсатында орманды орнықты пайдалану, сақтау және қалпына келтіру үшін маңызды параметрлерді қадағалаумен байланысты;

- Қашықтықтан зондтау материалдар бойынша орман жерлерінде болып жатқан көпжылдық өзгерістерді анықтау;

- Орман патологиясының міндеттері үшін ландшафт пен климатқа қоса талдау жасай отырып орманның зақымдануын жою және олардың алдын алу әдістерінің тиімділігін бағалау;

- Орман өрттерімен күрес міндеттері үшін: орман өрттерін анықтау және оларды жою жөніндегі шараларды жедел әзірлеу, өрт қауіпі кезеңіндегі ормандарды мониторингтеу;
- Заңсыз ағаш кесуге қарсы күресте ЖҚЗ деректерін қолдану;
- Орман патологиясының міндеттері үшін;
- Зақымдалған орман аумағын анықтау және зақымдану түрлерін диагностикалау;
- Орман жамылғысының әртүрлі сипаттамаларын анықтау және картаға түсіру;
- Орман аумақтарын картографиялау;
- Спектрлік индекстерді қолдана отырып, жерді зондтау.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Зерттеуде келесі әдістер қолданылды: салыстырмалы-географиялық, қашықтықтан зондтау деректерін өңдеу, геоақпараттық талдау және модельдеу, алынған материалдарға анализ жасау. Жұмыста Landsat TM, ETM+ спутниктерінен көп аймақты ғарыштық түсіру материалдары, ҚР кешенді орман орналастыру жұмыстарының деректері, 1985 жылдан 2022 жылға дейін жүргізілген жеке далалық зерттеулер, отандық және шетелдік интернет мұрағаттарының материалдары пайдаланылды.

Зерттеудің теориялық негіздері. С. А. Барталев, и. М. Данилин сияқты шетелдік зерттеушілердің көптеген жұмыстарында аэроғарыштық зерттеулермен және екепелердегі орман сипаттамаларын қашықтықтан бағалаумен, орман жерлерінің мониторингімен байланысты мәселелер қаралды. Е. П. Данюлиса, И. Д. Дмитриев, Б. В. Виноградов, В. М. Жирин, А. С. Исаева, Е. Н. Калашников, в. Н.Г. Харина, М. Batistella, D. S. Boyd, W. Chen, G.M. Foody, F. Lamb-in, D. J. King, S. Franklin, R. Virk, M. Phua, D. Lutz, M. A. Wulder, Y. Zhang және т.б. зерттеушілердің жұмыстары орман өсімдіктерін биофизикалық және таксациялық көрсеткіштерін бағалау және орман жерлерін картаға түсіру үшін Жерді қашықтықтан зондтау әдістерін пайдалану мүмкіндігін, сондай-ақ көрсетілген бағыттарда одан әрі зерттеу перспективаларын көрсетеді. Сонымен бірге, олар осы әдістерді қолдануға байланысты бірқатар шешілмеген мәселелерді белгілейді.

Қосымша ақпараттар ҚР қоршаған ортасының жағдайы туралы жыл сайынғы есептерден, орман жерлерін зерттеу туралы қор деректерінен, оның физикалық географиялық және орман өсіру жағдайлары туралы ақпараттан алынды.

Зерттеу объектісі. Қазақстан Республикасының орман қоры жерлері және Шығыс Қазақстан облысының орманды аумақтары зерттеудің басты нысаны саналады. Орман жамылғысы 2021 жылдың басындағы дерек бойынша 2,6 млн гектарды құрайды, бұл шамамен облыс аумағының 4%-ын құрайды.

Зерттеу құрылымы. Жұмыс кіріспеден, үш тараудан, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Зерттеу жұмысы суретпен, кестелермен, диаграммамен және қосымшамен толықтырылған.

1 ЖҚЗ деректері бойынша орман жамылғысына мониторинг жүргізу әдістері

1.1 Орман мониторингінің міндеттері

Қоршаған орта мониторингі - бұл қоршаған ортаны бақылау жүйесі (оның ішінде объектілер, құбылыстар, процестер), табиғи және антропогендік факторлардан туындаған жағдайдың өзгеруін бағалау, бақылау және болжау. Мониторинг мыналарды қамтиды: объектінің жай-күйі туралы ақпарат жинау, оны өңдеу және сақтау, олардың жай-күйі мен пайдаланылуына негізделген тұрақты бақылаулар жүргізу олардың нысаналы рұқсат етілген мақсатынан және табиғи және антропогендік факторлардың әсерін ескере отырып, объектілердің сапалық жай-күйін талдау және бағалау [1].

Ормандар биосфераның өте маңызды бөлігі болып табылады және үлкен экологиялық, экономикалық, мәдени, ғылыми және рекреациялық маңызы бар ресурстарды білдіреді. Ормандардың әлеуметтік және экономикалық функциялары әртүрлі. Олар топырақ пен суды сақтауда, су ресурстары мен климатты реттеуде маңызды рөл атқарады және рекреациялық мақсатта қолданылады. Ашық экожүйе бола отырып, орман оның жағдайына әсер етуі мүмкін қоршаған орта факторларымен үнемі әрекеттеседі. Сондықтан орманның жағдайын бақылау қажет. Орман мониторингі табиғи ортаның жай-күйін бақылаудың ажырамас бөлігі болып табылады. Бұл – ормандарды пайдалануды, қорғауды, сақтандыруды, молықтыруды және олардың орман қорларының экологиялық функцияларын жақсартуды басқару мақсатында орман қорларының жай-күйі мен динамикасын бақылау, бағалау және болжау жүйесі. Осы арқылы біз орманның өткен жылдардағы жағдайын зерттеп, қазіргі сәттегі жағдайы туралы сенімді ақпарат ала аламыз және оның болашағын болжай аламыз. Осылайша, жалпы орманды бақылау орманның өткенін, бүгінін және болжамды күйін түсінуді білдіреді [2].

Орман мониторингі:

- орманға табиғи және техногендік әсерлерден туындаған орман қорының жай-күйіндегі өзгерістерге мониторинг жүргізуді;
- осы деректерді өңдеуді және талдауды;
- ұлттық экономиканың орман секторын қорғауды, орман ресурстарын;
- ұтымды пайдалануды және тұрақты дамытуды қамтиды.

Орманның жай-күйі туралы уақытылы ақпарат алу үшін интеграцияланған жер үсті және қашықтықтан бақылауларға негізделген көп деңгейлі мониторинг жүйесін пайдалану қажет және earth information технологиясын да қолданасқа енгізу тиімді болып саналады.

Қашықтықтан зондтау әдістері жергілікті немесе жаһандық деңгейде ормандарда болып жатқан процестерді талдауға тамаша мүмкіндік береді. Қашықтықтан зондтау технологиясы орманның күйін бақылауға және үздіксіз бақылауға мүмкіндік береді. Өткен ғасырдың аяғында Жерді ғарыштан қашықтықтан зондтау әдісі өсімдіктердің динамикасын бақылау үшін кеңінен

қолданыла бастады. Жұмыста атап өтілгендей, спутниктік технологиялар қазіргі уақытта бұрынғы ақпараттық жүйелерде қолданылғанға қарағанда ормандарды бақылаудың кең ауқымын ұсынады [3].

Жерді қашықтықтан зондтау қазіргі әлемде үлкен рөл атқарады. Бұл технология қоршаған ортаның жай-күйі, климаттың өзгеруі, жер ресурстары және планета бетіндегі басқа заттар туралы ақпарат алуға мүмкіндік береді. Жерді қашықтықтан зондтау деректері жыл сайын ұсынылып, жетілдіріліп отырады және кеңістіктік ақпаратты жазу мен өңдеудің цифрлық әдістеріне негізделген. Жергілікті зерттеу нәтижелерінің жаңа мүмкіндіктері мен қолданбалары пайда болады. Жақында жер беті туралы ақпарат алу үшін қашықтықтан зондтауды қолдану мүмкіндігі едәуір кеңейтілді. Электромагниттік спектрдің әртүрлі аймақтарында жер бетін суретке түсіруге арналған 14 ғарыш аппараттарының саны әртүрлі түсіру циклдары мен бақылау белдеулері арқылы айтарлықтай өсті. Осыған байланысты бұл жер бетінің жай-күйін, ондағы әртүрлі жасанды және табиғи объектілерді зерттеуге, сондай-ақ объектілердің осы санатын, соның ішінде ормандарды бақылауға түбегейлі жаңа мүмкіндіктер ашады [3].

Жерді мониторингтеуде осы әдістерді пайдалану жер туралы маңызды аумақтық ақпаратты жаңарту жөніндегі тапсырманы тез, оңтайлы мерзімде және ең аз шығындармен орындауға мүмкіндік беретін заманауи технологиялық бағыт болып табылады.

Жердегі түсіріліммен және далалық зерттеу әдістерімен салыстырғанда қашықтықтан зерттеу әдістерінің көптеген артықшылықтары бар, сондықтан олар жердің жағдайын бақылау кезінде ақпаратты жаңартуға балама емес. Мұндай артықшылықтарға мыналар жатады:

- метрикалық және семантикалық ақпаратты уақтылы алу;
- ақпараттың объективтілігі мен құжатталуы. Мысалы, жердің нақты жағдайы аэрофототүсірілім кезінде өте дәл жазылады;
- үлкен аумақтарда ақпарат алу мүмкіндігі;
- жердегі, табиғаттағы өзгерістерді және техногендік нысандарды үздіксіз бақылау мүмкіндігі (әсіресе ғарыштық түсірілім материалдары негізінде).

Төмендегі 1- кестеде жер бетін бақылаудың ғарыштық, авиациялық және жердегі әдістері тиімділігінің техникалық және экономикалық көрсеткіштері ұсынылған (салыстырмалы бағалау Гисассоциация деректері бойынша орындалған). Бұл деректер ормандарды бақылау үшін қажет болып табылады.

ЖҚЗ деректерін қолдану арқылы ормандағы ағаш кесу жағдайларын дешифрлеудің түрлерін талдау диссертациялық жұмыстың негізгі бөлігі болып табылады. Қазіргі таңда көпканалды және бірканалды түсірістерді қолдану, әртүрлі спектрлі сипаттамаларымен жұмыс жасау, сонымен қатар, ЖҚЗ деректерін басқа ГАЖ сияқты басқа ақпарат көздерімен қоса қолдану сияқты орманды кесу жағдайын ЖҚЗ деректері арқылы зерттеудің төмендегі 1 - кестеде көрсетілгендей бірнеше түрі бар [4].

Кесте 1.1 – Жерді қашықтықтан мониторингтеу әдістерінің салыстырмалы сипаттамалары

Жерді бақылау әдістері	Шолу	Кеңістіктік ажыратымдылық	Дәлдігі	Өнімділік	Үнемділік
ғарыштық	+++	+	+	+++	+++
авиациялық	++	++	++	++	++
жер үсті	+	+++	+++	+	+
көп деңгейлі кешенді жүйе	+++	+++	+++	+++	++

Қазіргі уақытта спутниктік деректер әртүрлі табиғи және техногендік объектілердің жай-күйі туралы жедел ақпарат алудың ең перспективалы тәсілдерінің бірі болып табылады. Сондықтан соңғы жылдары жекелеген объектілер мен құбылыстардың мониторингі мәселесін шешу және белгілі бір аумақтарда болып жатқан процестер туралы ақпарат алу үшін әртүрлі мониторинг жүйелері белсенді түрде әзірленуде. Бұл салада көптеген зерттеулер жүргізілді және нәтижелер зерттеу жұмыстары мен басылымдардың көптеген таралымдарында көрсетілген. Әдебиеттерге шолу әр түрлі бақылау түрлерімен және спутниктік суреттерді орман жағдайын бақылау үшін қолданумен байланысты жұмыстардың үлкен көлемінің болуын көрсетеді, әсіресе Лупян Е. А., Барталев сияқты шетелдік ғалымдарың жұмыстарын талдап келгенде, көптеген зерттеулер қашықтықтан зондаудың өзектілігін көрсетті [5].

Ресей ғылым академиясының ғарыштық зерттеулер институты (РҒА ИКИ) "ВЕГА" өсімдік жамылғысының жай-күйін бақылау қызметін (өсімдік жамылғысын талдау) әзірледі. Қызмет өсімдік жамылғысын бақылау мәселелерін шешудің маңызды функциялары мен ақпараттық мүмкіндіктеріне ие және 2000 жылдан бері жинақталған деректер мұрағаттарын өңдеуге мүмкіндік береді. Қызмет туралы ақпарат апта сайын автоматты түрде жаңартылады. Сонымен қатар, Vega қызметін пайдалана отырып, VI вегетациялық индексінің уақыт қатарларын талдап өсімдіктердің динамикасы мен басқа түрлерін зерттеуге болады. Мысалы, өрттер мен ормандарды кесу кезінде ормандарды қалпына келтіру және осы жұмыстардың динамикасын А.Н. Лимоновтың жұмысында анық көрсеткен.

1.2 Мониторинг жұмыстары үшін қолданылатын түсіріс жүйесі

Жерді қашықтықтан зондтау (remote sensing) және қоршаған ортаның жай-күйін бақылау үшін спутниктік деректерді пайдалану сенсорлар мен спутниктік платформалардың көпжылдық технологиялық жетілдірулерінің арқасында мүмкін болды.

Осы жылдар ішінде спутниктік суреттерден алынған материалдар байып келеді. Бұл деректер ормандарды бақылау үшін қажет.

Қазіргі уақытта мультиспектрлік спутниктік суреттер қоршаған ортаны бақылау үшін әмбебап, жедел және жалпыға қол жетімді материал болып табылады. Көптеген зерттеулер спутниктік жүйелердің деректерін бақылау миссияларында пайдалану ықтималдығы жоғары екенін көрсетті.

Соңғы он жылда жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) әдістері мен технологияларын дамытуда айтарлықтай прогреске қол жеткізілді. Дәл осы кезеңде Жерді бақылау кешендерінің жаңа буыны пайда болды және белсенді қолданыла бастады, бұл тек сапалы ғана емес, сонымен қатар жақсы калибрленген және ғарышқа қатысты сандық ақпаратты алуға мүмкіндік береді. Шын мәнінде, бұл кешеннің пайда болуы спутниктік қашықтықтан зондтаудың жаңа дәуірін ашты және қашықтықтан зондтау деректерін өңдеудің мүлдем жаңа, жоғары автоматтандырылған технологияларын жасауға мүмкіндік берді [6].

Алғашқы спутниктер ұшырылғаннан кейін көп ұзамай өсімдіктерді бақылау үшін қашықтықтан зондтау деректерін пайдалану қарастырыла бастады. Спутниктік деректерді салыстырмалы түрде егжей-тегжейлі төмен жиілікті беттік кескіндерді алуға мүмкіндік беретін жоғары кеңістіктік ажыратымдылықтағы деректерге және ұсақ бөлшектердің беттік шағылысу сипаттамаларын қамтамасыз ететін төмен және орташа кеңістіктік ажыратымдылықтағы деректерге бөлуге болады.

Terra және Aqua (MODIS) спутниктері сияқты кеңістіктік ажыратымдылығы төмен спутниктік деректерді қарастырайық. Modis (орташа ажыратымдылықтағы кескіндерді шығаруға арналған спектроскопиялық радиометр) Terra және Aqua спутниктеріне орнатылған. Бұл сенсор NASA-ның EOS (американдық Жерді бақылау жүйесі) бағдарламасы бойынша интеграцияның кілттерінің бірі болып табылады. Modis көмегімен жиналған суреттерге кеңістіктік ажыратымдылығы 250-ден 1 км-ге дейін және жер бедерінің ені 2300 км болатын 36 спектрлік диапазон кіреді. Бұл сенсор арқылы күнделікті алынған ақпарат ормандарды жаһандық және ұлттық деңгейде бақылау үшін пайдаланылады. Қажетті спектрлік арналардың болуы, жаһандық қамту, күнделікті жиілік және жиналған деректердің үлкен көлемі ормандарды бақылау мәселелерін шешу үшін орташа және төмен кеңістіктік ажыратымдылығы бар құрылғылар арасында MODIS құралдарын тиімді түрде бөледі [7].

Орташа кеңістіктік ажыратымдылықтағы спутниктік деректерді спутниктік деректер ретінде Sentinel, SPOT және Landsat түсірістері алынады.

1998 жылы Gmes бағдарламасы (жаһандық экологиялық мониторинг және қауіпсіздік) Еуропалық ғарыш агенттігімен (esa) және еуропалық қоршаған ортаны қорғау агенттігімен (EAOS) ынтымақтастықта Еуропалық комиссияның басшылығымен құрылды. Бағдарлама қоршаған ортаның өзгеруін бақылау мәселелерін шешу үшін жоғары дәлдіктегі, өзекті және қолжетімді ақпаратты ұсынады.

GMES бағдарламасын жүзеге асыру мақсатында esa-ның жалпы басшылығымен Sentinel қашықтықтан зондтау спутниктерінің бес түрі әзірленуде, олардың әрқайсысы жерді бақылауға байланысты нақты тапсырмаларды орындайды [8].

Sentinel спутниктік тобы фотоэлектрлік және радиолокациялық деректерді ұсынады. Сонымен қатар, әрбір sentinel миссиясы аумақты оңтайлы қамтуды қамтамасыз ету және қайта құруды жеделдету үшін екі спутниктік жиынтықты қамтиды, бұл GMES деректерінің сенімділігі мен тұтастығын арттыруға көмектеседі. Sentinel-1 радиолокациялық спутниктерін топтастыру барлық ауа-райында суретке түсіруді қамтамасыз етеді және қолданудың кең спектріне ие (мұзды бақылау, мұнайдың төгілуі, орман барлау және картаға түсіру және т.б.). Sentinel-2 сериялы фотоэлектрлік спутниктер өсімдіктерді, жер бетін және мұхитты бақылауға арналған. Sentinel-3 спутнигі мұхит пен жерге жақын суларды бақылауға және климаттың өзгеруін бақылауға арналған. Sentinel-4 және Sentinel-5 спутниктік топтары атмосфераны бақылау мәселесін шешеді деп жоспарлануда.

Sentinel-1 тобы полярлық орбитадағы екі радиолокациялық спутниктен тұрады, олар C диапазонында түсіруге арналған радарлармен жабдықталған. Sentinel-1 радиолокациялық спутнигінің түсіруі ауа-райы мен тәулік уақытына байланысты емес. Бірінші миссия спутнигі 2013 жылы, екіншісі 2016 жылы ұшырылды.

Sentinel-1 жинағы ауа-райына қарамастан әр 1-3 күн сайын деректерді ұсынады. Радар деректері тіркеу аяқталғаннан кейін бір сағат ішінде жеткізіледі. Радиолокациялық деректерді қолдану арктикалық сулар мен мұнайдың төгілуін бақылауды, мұзды, ішкі су айдындары мен ормандарды картаға түсіруді, жер бетіндегі қозғалысты, қауіпсіздікті және т. б. зерттеуді қамтиды [9].

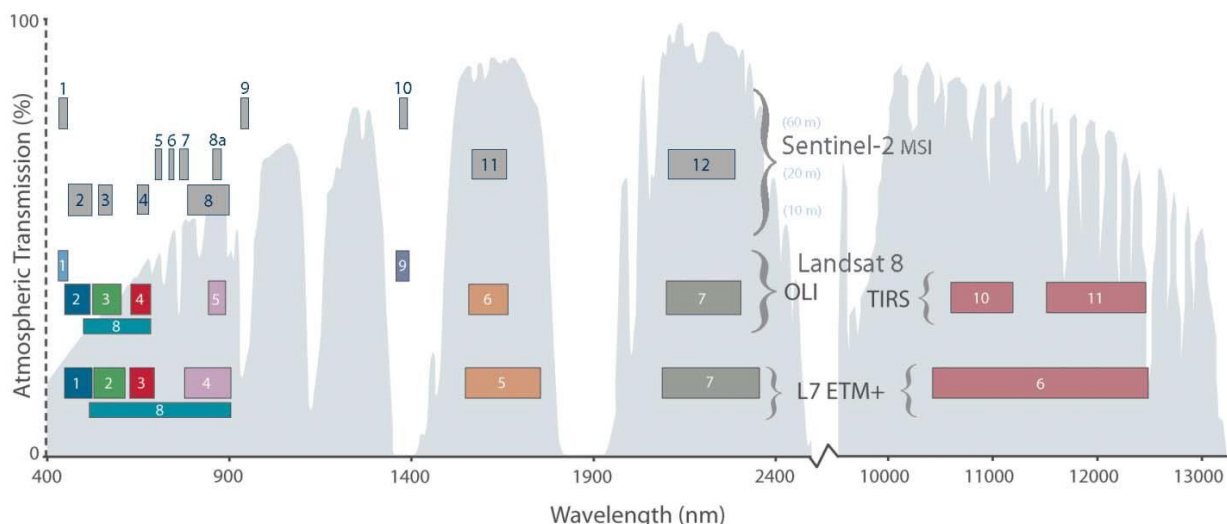
Sentinel-2 екі оптикалық спутниктік жинағы spot және Landsat бағдарламаларында ұқсас сипаттамалары бар деректерді жинаудың үздіксіздігін қамтамасыз ете отырып, бүкіл жер бойынша спутниктік суреттерді үнемі ұсынады [11,12].

Sentinel-2 сериясының алғашқы спутнигі 2013 жылы ұшырылды. Орташа биіктігі 785 км орбитада миссияға екі спутник қатысады, бұл экваторда әр 5 күн сайын және орта ендіктерде әр 2-3 күн сайын түсіруге мүмкіндік береді.

Sentinel-2 13 спектрлік арнаны қамтитын спектрдің көрінетін, жақын инфрақызыл (VNIR) және қысқа толқынды инфрақызыл (SWIR) аймақтарында 10-60 м ажыратымдылықта түсіру үшін қолданылатын фотоэлектрлік мультиспектральды сенсорлық мультиспектральды спектрометрмен (MSI)

жабдықталған. Бұл зауыттық ортадағы айырмашылықтарды, соның ішінде уақытша өзгерістерді көрсетеді, сонымен қатар атмосфераның түсірілім сапасына әсерін азайтады. Sentinel-2 миссиясының бірегейлігі ауқымды аумақтық қамтудың, жиі қайталанатын түсірілімдердің, демек, көп спектрлі түсірілімдер арқылы бүкіл жерді жүйелі және жан-жақты қамтудың үйлесімімен байланысты [13].

Төмендегі 1-суретте салыстыру үшін Sentinel-2, Landsat-7 және Landsat-8 спутниктерінің өлшеу жабдықтарының толқын ұзындығының спектрлік диапазоны көрсетілген.



1.1 - сурет – CA Landsat-7 және Landsat-8 спектрлік сипаттамаларын Sentinel-2-мен салыстыру

Landsat спутниктік сериясы бізге миллиондаған көп өлшемді кескіндерді жинауға мүмкіндік береді, бұл жер бетін ұзақ уақыт бақылауға мүмкіндік береді. Landsat сериясы алғашқы спутникті 1972 жылы ұшырудан басталды [13].

Landsat арқылы алынған спутниктік ақпарат көптеген тақырыптық мәселелерді шешу үшін пайдаланылады, соның ішінде ормандарды бақылау және олардың жағдайын бағалау, орманды аумақты картаға түсіру және ағаш қорын анықтау.

Landsat 2 - 1975 жылдың 2 қаңтарынан 1981 жылдың 22 қаңтарына дейін, 1978 жылдың 3-5 наурызынан 1983 жылдың 7 қыркүйегіне дейін жұмыс істеген алғашқы үш Landsat спутнигі кеңістіктік ажыратымдылығы бар төрт арналы mss мультиспектралды сканерімен (мультиспектральды сканер) жабдықталған.

1982 жылдың 4-16 шілдесі мен 2001 жылдың 15 шілдесі аралығында Landsat кеңістіктік ажыратымдылығы 30 метр болатын 7 спектрлік диапазоннан тұратын және 6 (120 метр) жылу диапазонынан басқа спектрлік диапазондар үшін қолданылатын ТМ (тақырыптық картограф) сканерімен жабдықталған.

Бұл MSS жүйелері табиғи ресурстарды зерттеуде кеңінен қолданылады, ал TM жүйелері тақырыптық бетті картаға түсіруге арналған.

1984 жылы 1 наурызда ұшырылған Landsat 5 спутнигі 2013 жылы біржола жабылды. 1993 жылдың қазан айында Landsat 6 спутнигін ұшыру мүмкін болмады. Landsat 7 спутнигі 1999 жылдың 15 сәуірінен бастап орбитада болды.

Landsat 8 спутнигі 2013 жылы 11 ақпанда ұшырылды. Жер үсті сенсорларының екі түрі бар: оптикалық басқарылатын жерді бейнелеу құралдары (OLI) және термиялық инфрақызыл сенсорлар (TIRS). Бірінші сенсор-9 спектрлік диапазонда және жақын инфрақызыл (ИК) сәулелену аймағында көрінеді, ал екінші сенсор-2 алыс ИК (сәулелену) аймағында кескіндерді қабылдайды. Суреттер кеңістіктік рұқсаттары 15, 30 және 100 м болатын 11 спектрлік аймақта алынды. Объектілер мен аэрозольдерді зерттей алатын 2 жаңа құралмен кеңейтілді.

2008 жылдан бастап барлық бастапқы деректер, соның ішінде Landsat жер үсті сенсорларының (MSS, TM сенсорлары) мұрағаттық деректері Америка Құрама Штаттарының Геологиялық қызметінің (USGS) веб-сайтында еркін қолжетімді. 1982 жылдан бастап барлық деректер қосымша өңдеусіз қолданылынып, осылайша ақпаратты пайдаланудың жеңілдетті [15].

Landsat спутниктік суреттері ғылыми және практикалық мәселелерді шешу үшін, соның ішінде орман мониторингі үшін кеңінен қолданылады. Өртүрлі тақырыптық тапсырмаларды шешу үшін Landsat арналарының өртүрлі комбинациялары қолданылады: өсімдік жамылғысының жай-күйін жіктеу және талдау, орман алқаптарының өзгерістерін жіктеу, топырақ карталарын құру, аймақтық өрт динамикасын зерттеу және өрттен кейінгі талдау. Мысалы, Landsat 8 кескіндері үшін 5-4-3 арна комбинациясы негізінен өсімдік жамылғысын зерттеу үшін қолданылады. 7-6-4 арна комбинациялары оларды басқаруға мүмкіндік береді. 6-5-4 орман жағдайын талдау үшін өте қолайлы.

1.3 Орман екпелерінің спектрлік шағылысу қабілеті бойынша ормандардың жағдайы мен динамикасын өңдеу және бағалау әдістері

Орман екпелерінің спектрлік шағылысу қабілеті хлорофиллдің жиналуы мен жойылуы және өсімдіктердің жасыл фракцияларындағы су құрамының өзгеруі нәтижесінде жыл мезгілі мен вегетациялық кезеңнің ауысуына байланысты өзгеріп отырады.

Орман екпелерінің барлық спектрлік қисықтарын төрт түрге бөлуге болады.

1 түрі. Бұл типтегі қисықтар сұр және сәл сарғыш немесе қоңыр реңктері бар фонға сәйкес келеді. Бұл түр қыс мезгіліндегі ағаш ормандарына тән. Қараңғы реңктер жас ағаштардың ішінде қайың мен балқарағайды сипаттайды. Жеңілірек - жас емен ағаштардың сипаттайды, содан кейін жас

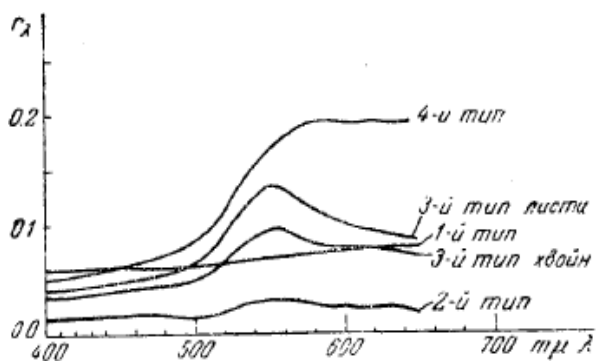
ағаштардан көктерек қарастырылады. Осы кезеңдегі ең жеңіл көлеңке қайың ағашына сәйкес келеді.

2 түрі. Толқын ұзындығы 0.55 мкм шамасында әлсіз, бұл дегеніміз спектрдің барлық көрінетін аймағында шағылысу қабілетінің өте төмен деңгейін білдіреді. Жақын ИК аймағында шағылысу қабілеті жоғарылайды, бірақ өсімдік түзілімдері үшін төмен болып келеді. Екінші типтегі қисықтар қою жасыл, қанықпаған фонға сәйкес келеді. Бұл түрдің типтік өкілдері - қысқы кезеңдегі қылқан жапырақты ормандар. Ең қараңғысы - қарағайы ағаш, оның жарықтылық коэффициенті максимумда да (0.55 мкм) 0,21-ге тең [16].

3 түрі. Көрінетін спектр аймағындағы шағылысу алдыңғы түрге қарағанда айтарлықтай жоғары. Бұл түрге вегетациялық кезеңде жас жапырақтармен және қылқан жапырақты ағаштар жатады. Жас жапырақтар мен қылқандар дамыған сайын, екпелер біршама қараңғыланып көрінеді. Дегенмен спектр бойынша қозғалыс азды-көпті бірдей болып қалады. Күз басталғанға дейін жапырақты ормандар жарқырап көріне бастаса, ал қылқан жапырақты ағаштар, керісінше, қараңғыланып, қысқы көрініске жақындайды.

0.7 мкм – ден бастап ИҚ спектрінің жақын аймағындағы ормандардың шағылысу қабілеті әр түрлі тұқымдарда әр түрлі болады. Ең қараңғысы-қарағай мен шырша, ашығы - қайың мен көктерек.

4 түрі. Шағылысу 400-500 нм диапазонында алдыңғы түрдегідей қалады, бірақ спектрдің қызыл және жақын IR аймақтарында артады. Төртінші типтегі қисықтар сарғыш - қызыл фонға және барлық жапырақты ормандардың күзгі түсіне сәйкес келеді. Төмендегі 2-суретте типтердің спектрлік қисықтары көрсетілген.



1.2 - сурет – Орман екпелерінің типтік спектрлік шағылысу қисықтары

Спектрдің көрінетін диапазонында жапырақты пигменттер, әсіресе хлорофилл, өсімдіктердің спектрлік шағылысу сипаттамаларына әсер етеді. [17].

Өсімдік ауруға ұшыраған кезде өсімдіктердегі хлорофилл мөлшері азаяды және спектрдің барлық көрінетін диапазонында және әсіресе оның қызыл бөлігінде шағылысу жоғарылайды, бұл өсімдіктердің сары немесе хлоротикалық реңкке ие болуына әкеледі. Өсімдіктердің жасына қарай

олардың спектрлік жарықтығы өзгереді: жас өсімдіктерде бұл толық жетілген өсімдіктерге қарағанда жоғары болып келеді. Өсімдіктердің шағылысу қабілеті фитопатологиялық өзгерістерге байланысты. Өсімдік ауруы кезінде оның жапырақтары қызылға әлсіз сіңіп, инфрақызыл сәулелерді көрсетеді [18].

2 Индекстерді пайдалану негізінде ормандарды бақылаудың теориялық негіздері

2.1 ҚР қолданылатын орман ресурстарына мониторинг жасаудың әдіс-тәсілдерін зерттеу

ҚР орман қоры мемлекеттің немесе өзге де заңды тұлғалардың меншігіндегі және орман шаруашылығына және орман ресурстарын пайдалануға арналған орман аумақтары мен объектілерінің жиынтығын білдіреді. Қазақстанның орман қоры экономиканың түрлі секторларына салынатын және өңірдің экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ететін елдің маңызды ресурстарының бірі болып табылады. Оны мемлекеттік органдар мен орман шаруашылығымен және ормандарды қорғаумен айналысатын басқа ұйымдар басқарады. Қазақстан Республикасы экология, геология және табиғи ресурстар министрлігінің орман шаруашылығы және аңшылық комитетінің деректері бойынша 2021 жылға 1 қаңтардағы жағдай бойынша орман қорының ауданы 22,7 млн гектарды құрайды, бұл елдің жалпы ауданының 12,1%-ын құрайды. Осы көлемнің 7,4 млн гектары ормандар, 15,3 млн гектары бұталар мен қопалар деп танылды [1].

Орман ресурстарының мониторингі ҚР-да экожүйені және биоәртүрлілікті сақтау үшін маңызды міндет болып табылады. Төменде Қазақстандағы орман ресурстары мониторингінің негізгі аспектелері көрсетілген [10].

- Орман жамылғысына шолу: орман жамылғысының мониторингі жерсеріктік суреттер мен аэрофототүсілім арқылы жүзеге асырылады. Бұл деректер орманның ауданы, олардың аймақтар бойынша таралуы және жағдайы туралы ақпарат алуға мүмкіндік береді.

- Ормандарды түгендеу: ормандарды түгендеу процесі ормандардың құрамы мен құрылымы туралы ақпарат жинау болып табылады. Ол ормандардың ауданын, олардың жасын, тұқымдық құрамын, тығыздығын, ағашты және т.б. түгендеу кезінде алынған мәліметтер ормандардың денсаулығы мен жағдайын бағалауға, сондай-ақ мән беруді қажет ететін мәселелерді анықтауға мүмкіндік береді.

- Аурулар мен зиянкестердің мониторингі: бұл мониторинг аурулар мен жәндіктер зиянкестерінің таралуын бақылауды, сондай-ақ олардың орманға әсерін бағалауды қамтиды. Бұл дер кезінде тиісті шараларды қабылдауға мүмкіндік береді.

- Өрттер мониторингі: өрттер Қазақстанның орман ресурстарына төнетін басты қауіптердің бірі болып табылады. Өрттің мониторингі жерсеріктік түсірілім және патрульдеу арқылы жүзеге асырылады. Бұл өрттерді тез анықтауға және сөндіруге, сондай-ақ олардың орманға әсер ету ауқымын бағалауға мүмкіндік береді.

- Рекреациялық қызмет мониторингі: рекреациялық қызмет ормандарға теріс әсер етуі мүмкін, сондықтан бұл әрекеттің мониторингі орманға әсерін

бағалау және ықтимал зиянды азайту бойынша шаралар қабылдау мақсатында жүргізіледі.

- Ормандарды кесу мониторингі: ормандарды кесу Қазақстанның орман ресурстарына төнетін басты қауіптердің бірі болып табылады. Ормандарды кесу мониторингі кесу көлемі мен орындарын бақылауды, сондай-ақ олардың экожүйе мен биоәртүрлілікке әсерін бағалауды қамтиды.

- Климаттық өзгерістердің мониторингі: климаттық өзгерістер орман ресурстарына елеулі әсер етуі мүмкін. Климаттың өзгеруін бақылау температураның, жауын-шашынның және басқа климаттық параметрлердің өзгеруін бақылау арқылы жүзеге асырылады. Бұл климаттық өзгерістердің орман ресурстарына әсерін бағалауға және оларды бейімдеу үшін шаралар қабылдауға мүмкіндік береді.

- Топырақ жағдайын бақылау: топырақ жағдайы орман денсаулығы үшін маңызды фактор болып табылады. Топырақтың жай-күйін бақылау олардың құнарлылығын, ластануын және ормандардың денсаулығына әсер етуі мүмкін басқа факторларды бағалау мақсатында жүргізіледі.

- Ормандарды пайдалануды бақылау: ормандарды пайдалану олардың денсаулығы мен биоәртүрлілігіне оң және теріс әсер етуі мүмкін. Ормандарды пайдалануды бақылау саңырауқұлақтар, жидектер, жабайы өсімдіктер, ағаш және басқа орман ресурстарын жинау сияқты факторлардың әсерін бағалау мақсатында жүзеге асырылады.

- Әлеуметтік-экономикалық әсер ету мониторингі: ормандардың ҚР-ның әлеуметтік-экономикалық дамуы үшін маңызы зор. Әлеуметтік-экономикалық әсердің мониторингі орман ресурстарының экономикаға және әлеуметтік салаға әсерін бағалау, сондай-ақ осы ресурстарды орнықты пайдалану үшін шаралар әзірлеу мақсатында жүргізіледі.

Орман ресурстары мониторингінің жоғарыда аталған барлық аспектілері ҚР-ның экожүйесі мен биоәртүрлілігін сақтау үшін маңызды. Олар ормандардың жай-күйі туралы деректерді алуға, мәселелерді анықтауға және оларды шешу үшін шаралар әзірлеуге мүмкіндік береді. Қазақстан Республикасында жер үсті және ғарыш әдістерін қоса алғанда, орман жамылғысына мониторинг жүргізудің әртүрлі әдістері қолданылады. Жердегі әдістерге ағаштардың биіктігін, диаметрін және көлемін өлшеу үшін геодезиялық құралдарды пайдалану, қоректік заттар мен құрамды бағалау үшін топырақ пен өсімдік үлгілерін жинау кіреді. Ғарыштық әдістерге орман алқаптарын бақылау, өсімдік тығыздығын зерттеу, аурулар мен зақымдануларды анықтау және орман алқаптарының динамикасын бақылау үшін ЖҚЗ деректерін пайдалану кіреді. Қазақстанда сондай-ақ жергілікті жерлерде орман жамылғысындағы өзгерістерді анықтау үшін мамандандырылған авиациялық және дрондық жүйелер, сондай-ақ орман алқаптарын сараптамалық және спутниктік бағалау, орман алқаптарының динамикасы мен орман жамылғысының сапасын зерттеу, өрттер мен басқа да апаттардың зақымдануын бағалау жүргізіледі. Орман жамылғысына мониторинг жүргізудің әртүрлі әдістерін пайдалану Қазақстан

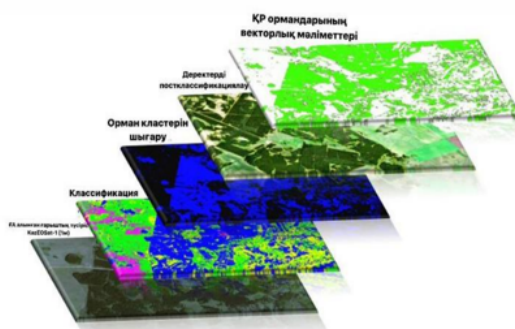
Республикасындағы ормандардың жай-күйі туралы және нақты ақпарат алуға және оларды сақтау мен қалпына келтіру жөнінде тиімді шаралар қабылдауға мүмкіндік береді. Қазақстан Республикасында орман ресурстарына мониторинг жүргізудің түрлі әдістері қолданылады. Олардың кейбіреулері мыналарды қамтиды:

- Жерсеріктік бақылау: ормандардың жай-күйі туралы ауқымды шолу деректерін алу үшін қолданылады. Қазіргі уақытта Sentinel-2, Landsat, Modis жерсеріктерінің деректері пайдаланылады. Сонымен қатар, «Қазақстан Ғарыш Сапары» Ұлттық компаниясы Акционерлік қоғамы жүргізетін «Орман ресурстарына мониторинг» жобасы аясында отандық KazEoSat-1, KazEoSat-2 жерсеріктерінен алынатын жоғары ажыратымдылықтағы суреттері қолданылады[11]. 1-суретте «Қазақстан Ғарыш Сапары» ҰК» АҚ жүргізетін орман ресурстарына зерттеу жұмыстарын жүргізу кезеңдері көрсетілген:

- Аэрофототүсірілім: жерсеріктік суреттерге қарағанда ормандардың егжей-тегжейлі суреттерін алуға мүмкіндік береді. Оны ормандардың жағдайын бағалау, аурулар мен екпелерді анықтау, орман жамылғысының жалпы тығыздығын және басқа сипаттамаларды анықтау үшін пайдалануға болады.

- Террестриалды мониторинг: ағаштардың тығыздығын, діңдердің диаметрін өлшеуді, ағаштардың жасы мен биіктігін бағалауды, сондай-ақ ормандардың флорасы мен фаунасын зерттеуді қоса алғанда, жергілікті ормандарды зерттеуді қамтиды.

- Ұшқышсыз ұшу аппараттары арқылы бақылау: олар аэрофототүсірілімге қарағанда жоғары сапалы орман кескіндерін алу үшін пайдаланылады және ағаш көлемін анықтау сияқты басқа деректерді жинау үшін де пайдаланылуы мүмкін.



2.1 - сурет – «Қазақстан Ғарыш Сапары» ҰК» АҚ жүргізетін орман ресурстарына зерттеу жұмыстарын жүргізу кезеңдері

Осы әдістердің барлығы Қазақстан Республикасында орман ресурстарына неғұрлым толық мониторингті қамтамасыз ету үшін керек.

2.2 Ормандарды бақылау үшін оңтайлы вегетациялық индекстерді таңдау

Вегетациялық индекстер (ВИ) - жеке спектрлік арналардағы сигнал деңгейлерінің (немесе олардың функцияларының) мәндерінің арифметикалық комбинациясы. ВИ ғылыми және практикалық экологияда өсімдік жамылғысының жағдайын бағалау және әртүрлі кескінді қолдану арқылы бақылауды жүзеге асыру үшін кеңінен қолданылады. Вегетациялық индекстерді есептеу спектрдің көрінетін және инфрақызыл аймақтарында сигнал деңгейлерін (немесе олардың функцияларын) қолдануға негізделген, өйткені бұл аймақтардағы шағылысқан сәулелену өсімдіктердің жалпы күйін, хлорофиллдің жасыл массасындағы ылғалды сипаттауға мүмкіндік береді.

Жоғарыда айтылғандай, қазіргі уақытта вегетациялық индекстердің 160-қа жуық нұсқасы бар, 2.1 - кестеде осы индекстердің мысалдары келтірілген.

Алғаш рет 1973 жылы В. J. Rouse сипаттаған. NDVI индексінің мәндері -1-ден 1-ге дейін өзгереді. Өсімдіктер үшін спектрдің қызыл аймағында шағылысу Күн радиациясын хлорофиллмен сіңіру арқылы әрдайым инфрақызылға қарағанда аз болады, сондықтан өсімдіктер үшін NDVI мәндері 0-ден кем болмауы керек [19].

Өсімдіктер өзгеріске ұшыраған кезде өсімдіктердегі хлорофилл мөлшері төмендейді және шағылысу қабілеті артады, әсіресе спектрдің қызыл аймағында және бұл NDVI мәнінің төмендеуіне әкеледі. Бұл көрсеткіштердің бір-біріне қатынасы өсімдіктерді басқа табиғи объектілерден нақты бөлуге және олардың жағдайын бағалауға мүмкіндік береді.

NDVI индексін қолданудың негізгі шектеуі - бұл жеткілікті, тығыз екпелер үшін дәл. Бірақ өсімдік жамылғысы 30% - дан аз болса, оны қолдануға болмайды.

NDVI индексі өсімдік денсаулығын бақылау, орман алқаптарын бағалау және ағаш кесуді анықтау үшін кеңінен қолданылады. Мысалы, Sentinel-жерсеріктік суреттерінде өсімдіктер жасыл, ал жалаңаш жерлер қоңыр немесе сұр болып көрінеді. NDVI индексі арқылы сау орман бар аймақтарды, өсімдіктердің денсаулығына күмәнданатын көлеңкелі жерлерді, сондай-ақ өсімдіктері жоқ орманды алқаптарды бөліп алуға болады. Көптеген артықшылықтарына қарамастан, NDVI индексінің кейбір кемшіліктері бар, оларды пайдалану кезінде ескеру қажет [20].

Орман екпелерінің спектрлік-шағылыстыру қабілетін ескере отырып, диссертациялық жұмыста олардың жағдайын бағалау үшін ең ақпараттық спектрлік аймақтар - қызыл және жақын инфрақызыл аймақ таңдалды. Осы спектрлік аймақтар үшін ормандарды бақылау міндетін шешу үшін қажетті вегетациялық индекстерді таңдадық.

Кесте 2.1 – кейбір индекстік кескіндерді есептеу мысалы

Индекс атауы	Авторы	Мақсаты
Салыстырмалы вегетациялық индекс (Ratio Vegetation Index - RVI)	Jordan C.F., 1969	Орман өсімдіктерінің жапырақ жамылғысын бағалау
Өзгертілген салыстырмалы вегетациялық индекс (Modified Simple Ratio- MSR)	Chen, J., 1996	Орман өсімдіктерінің жапырақ жамылғысын бағалау
Нормаланған өсімдіктердің айырмашылық индексі (Vegetation Index- NDVI)	Rouse B.J. и др., 1973	Биомассаның жалпы мөлшерін және оның күйін бағалау
Нормаланған салыстырмалы тығыздық индексі (RVI)	Roujean, J., 1995	Биомассаның жалпы мөлшерін және оның күйін бағалау
Кең динамикалық диапазондағы өсімдік индексі (Wide-Dynamic Range Vegetation Index- WDRVI)	Gitelson, 2004	Биомассаның жалпы мөлшерін және оның күйін бағалау
Айырмашылық вегетациялық индексі (Index , DVI)	Tucker, 1979	Өсімдік жағдайын бағалау
Салыстырмалы жасыл вегетациялық индекс (Green Ratio Vegetation Index- GRVI)	Sripada, R., 2006	Фотосинтез көрсеткіштеріне сезімтал орман өсімдіктерін зерттеу
Инфрақызыл вегетациялық индекс (Infrared percentage Vegetation Index, IPVI)	Crippen R.E., 1990	Өсімдік жағдайын бағалау
Трансформацияланған вегетациялық индекс (Index TVI)	Tucker C.J. и др., 1979	Биомассаның жалпы мөлшерін және оның күйін бағалау
Перпендикуляр вегетациялық индекс (Perpendicular Vegetation Index (PVI))	Richardson A.J. и Wiegand C.L., 1977	Өсімдік жағдайын бағалау
Хлорофилл индексі (Green Chlorophyll Index -CIgreen)	Gitelson et al., (2003	Өсімдік жапырақтарындағы хлорофиллді бағалау

Ылғалдылықтың нормаланған айырмашылық индексі (Water Index NDWI)	Gao, 1996	Өсімдіктердегі ылғалдылықты бағалау
Топырақ жасыл вегетациялық индексі (Green Soil Adjusted Vegetation Index-GSAVI)	Sripada, R., 2005	Топырақ жарықтығының әсерін бағалау
Өзгертілген сызықтық емес индексі (modified non-Linear Index-MNLI)	Yang, Z., P. Willis, and R. Mueller., 2008	Топырақ жарықтығының әсерін бағалау

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index - өсімдіктердің нормаланған айырымдық индексі) өсімдіктердің қашықтан зерттеу міндеттерінде кеңінен қолданылатын ең көп таралған ВІ-тердің бірі болып табылады. Бұл индексті пайдаланудың артықшылығы - алым мен бөлгіштегі арналардың әрқайсысында KSI өлшемдерінің болуы, бұл атмосфера мен бақылау геометриясының әсерін айтарлықтай төмендетуге және әртүрлі уақытта жасалған өлшемдерді жақсырақ салыстыруға мүмкіндік береді. NDVI индексі қолданудың негізгі шектеуі - бұл жеткілікті, тығыз орналасқан екпелер үшін жеткілікті дәл нәтижені береді [21].

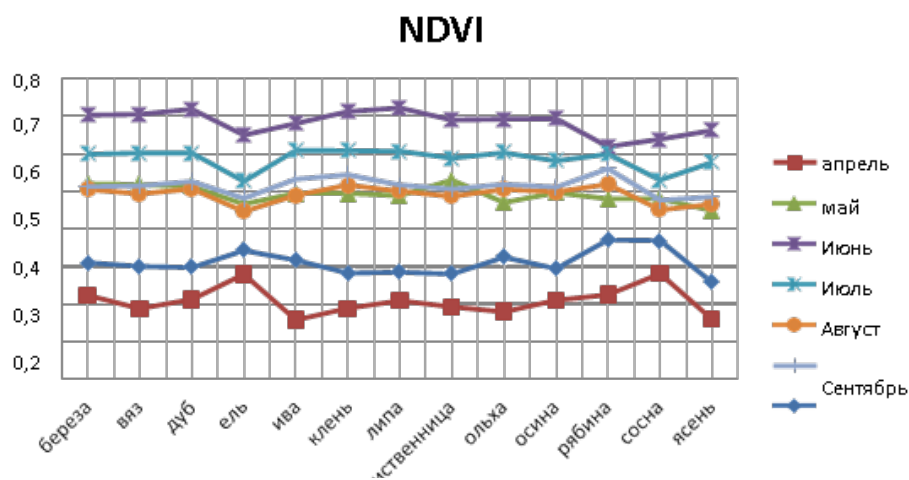
Индекс бөлінген аймақтың фотосинтетикалық белсенділігін анықтау үшін қолданылады. Төменде әртүрлі сенсорлардың спутниктік суреттері үшін NDVI индексі есептеу формуласы берілген (формула 2.1).

$$NDVI = \frac{pnir - pred}{pnir + pred} \quad (2.1)$$

мұндағы $pnir$ - жақын инфрақызыл аймағындағы жарықтық функциясы;
 $pred$ - спектрдің қызыл аймағындағы жарықтық функциясы.

NDVI индексі пайдаланудың басты артықшылығы - оның есептеу қарапайымдылығы және қызыл және инфрақызыл спектрлік арналар болған жағдайда жоғары, орташа немесе төмен ажыратымдылықтағы суреттерді өңдеу үшін индексті пайдалану өте тиімі. NDVI индексі пайдаланудың басты кемшіліктері - радиометриялық түзету (калибрлеу) кезеңінен өтпеген деректерді пайдалану мүмкін еместігі; ауа-райының қолайсыздығы, қатты бұлттылық пен тұман, сондай-ақ олардың NDVI мәндерінің қажетті өзгерістердің NDVI мәндерімен ұқсастығы (кесілген, өртенген учаскелер, орман зиянкестерінің тіршілік ету аймақтары), бұл қолайсыз факторлардың әсерінен болған өзгерістерді анықтау уақытын ұзартады. Сонымен қатар,

алынған нәтижелерді алдын-ала жиналған сынақ учаскелерінің деректерімен салыстыру қажет, онда суреттің өзі де, деректерді жинау кезіндегі сынақ алаңдары да маусымдық экологиялық-климаттық көрсеткіштерді ескеруі керек. Төмендегі 2 – суреттен NDVI мәнінің өсімдіктің әртүрлі түрлері үшін өзгертуін көреміз.



2.2 - сурет – Вегетациялық кезеңнің әртүрлі фазаларында ағаштардың әртүрлі түрлері үшін NDVI мәнінің өзгертуі

NDVI негізінде биомассаның көбірек градацияларын алуға мүмкіндік беретін EVI жаңа буынының индексі (Enhanced Vegetation Index – жақсартылған вегетациялық индекс) әзірленді және топырақ пен атмосфераның EVI мәндеріндегі әсері барынша азайтылғандықтан, өсімдіктерді бақылау үшін артықшылықтары бар. Индексті 1995 жылы Liu және Huete енгізді. Ол төмендегі (2.2) формула бойынша есептеледі:

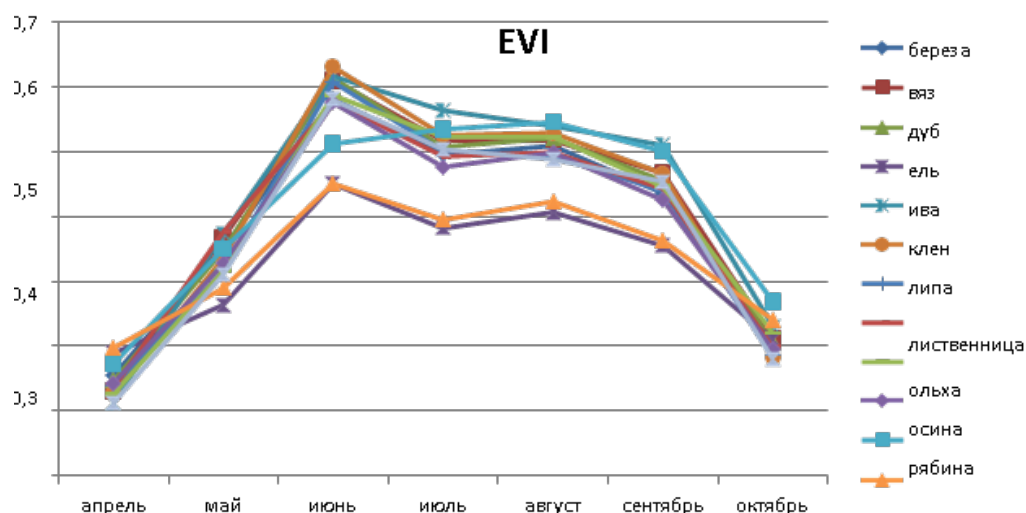
$$EVI = G * \left[\frac{(p_{nir} - p_{red})}{(p_{nir} + C_1 * p_{red} - C_2 * p_{blue} + L)} \right] \quad (2.2)$$

мұндағы L-топырақтың әсерін ескеретін түзету коэффициенті;

C1, C2-атмосфералық аэрозольдердің шашырауы үшін көк аймақтың қызыл түзетуге қосқан үлесін бақылайтын коэффициенттер.

Параметрлер деректер көзіне байланысты жеке анықталады. Landsat деректері жағдайында $G = 2,5$, $L = 1$, $C_1 = 6$, $C_2 = 7,5$. EVI вегетациялық кезеңдегі ауылшаруашылық өсімдіктерінің шағылысу спектріндегі өзгерістерді бақылауға және дақылдардың шифрын ашудың сенімділігін арттыруға мүмкіндік берді [22].

Топырақ фоны вегетациялық индекстерге қатты әсер ететіні атап өтілді. Төмендегі 2- суреттен ай үшін ағаштың әр түрі үшін EVI мәнін өзгертуін көреміз. Егер фон жарқын болса, индекс мәні аз болады, егер қараңғы болса, индекс үлкен болады.



2.3 - сурет – Әр ай үшін ағаштың әр түрі үшін EVI мәнін өзгертуі

Кесте 2.1 – әр түрді сипаттайтын ағаштардың әр түрлі айлардағы EVI мәндерінің өзгеруі

	сәуір	Мамыр	Маусым	Шілде	тамыз	қыркүйек	қараша
Қайың	0,154264	0,350843	0,58116	0,494768	0,508615	0,435732	0,212021
Қарағаш	0,131362	0,366736	0,609494	0,516757	0,517187	0,466937	0,21122
Емен	0,146471	0,347515	0,613241	0,506927	0,520676	0,455049	0,203739
Шырша	0,188844	0,263737	0,450286	0,381675	0,406278	0,354561	0,209865
Тал	0,112243	0,373048	0,615893	0,563567	0,539639	0,509958	0,230764
Үйеңкі	0,127671	0,335573	0,630603	0,524993	0,528797	0,466262	0,183493
Линден	0,138678	0,315371	0,607331	0,500066	0,493267	0,439179	0,184991
балқарағай	0,135395	0,375871	0,576547	0,492582	0,498654	0,442532	0,1973
Алдер	0,12577	0,316623	0,586899	0,522648	0,522806	0,445688	0,219776
Көктерек	0,14286	0,32656	0,575296	0,476233	0,498235	0,425323	0,194239
тау күлі	0,172321	0,349575	0,511662	0,534311	0,545241	0,500312	0,268546
Қарағай	0,197613	0,289277	0,450634	0,394666	0,423306	0,362654	0,240947
Күл	0,111754	0,310719	0,579294	0,503418	0,487886	0,453881	0,179532

SAVI (Soil Adjusted vegetation index) топырақ вегетациялық индексі 1988 жылы Huete енгізген және (2,4) формула бойынша есептеледі:

$$SAVI = \left[\frac{(p_{nir} - p_{red} + L)}{(p_{nir} + p_{red})} \right] * (L + 1) \quad (2,3)$$

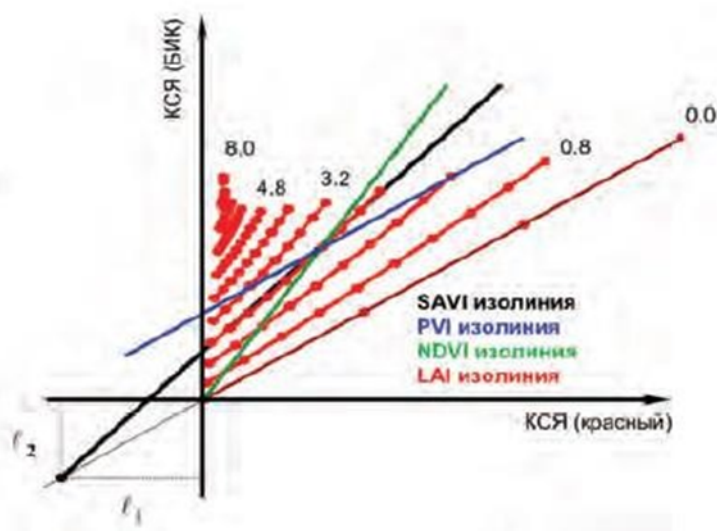
мұндағы L+1 – мәндердің -1-ден 1-ге дейін өзгеруіне әкелетін көбейткіш факторы .

Осы индексті L 0-ге ұмтылған кезде NDVI түріне дейін төмендету үшін енгізілген. L өте тығыз өсімдік жамылғылары үшін -1-ден, өте сирек

жамылғылар үшін 1-ге дейін және өсімдік жамылғысының аралық тығыздығы үшін 0,5 мәні қолданылады.

S A V I индекс параметрлері:

- Салыстырмалы индекс;
- Изовегетациялық сызықтар теріс Red және Nir мәндерінің квадрантында жинақталады;
- Топырақ сызығы 1 көлбеу және "0" нүктесінен өтеді;
- Мүмкін мәндері [-1 ; 1].



2.4 - сурет – вегетациялық индекстердің изолярларын тасымалдау теңдеуі негізінде есептелген LAI изоляцияларымен салыстыру

2.3 Өсімдік жамылғысын зерттеудегі ЖҚЗ деректерін өндеуге арналған ГАЖ бағдарламалары

Заманауи ГАЖ бағдарламалары арқылы деректерді талдау геология, экология, ауыл шаруашылығы, қала құрылысы және т. б. сияқты әртүрлі салаларда шешім қабылдау үшін кеңістікті деректерді, соның ішінде Жерді қашықтықтан зондтау деректерін жан-жақты талдауға және нақты әлемдегі әртүрлі құбылыстар мен процестерді модельдеуге мүмкіндік береді. Бұл объективті деректер негізінде негізделген шешімдер қабылдауға және адамдардың өмірін жақсартуға мүмкіндік береді. ЖҚЗ деректері негізінде ормандарды кесуді бақылаудың көптеген әдістері бар. Олардың кейбірін қарастырайық.

Қарапайым сараптама әдісі: бұл әдіс ормандарды кесу туралы есеп беретін және оның ауқымы мен орналасқан жері туралы ақпарат беретін жергілікті тұрғындардың сараптамалық білімін пайдалануға негізделген. Бұл әдіс кейбір шектеулерге ие, өйткені ол ормандарды кесу туралы толық және нақты ақпарат бере алмайды.

Мультиспектральды деректерді талдау әдістері: бұл әдіс жерсеріктік сенсорлар арқылы алынған мультиспектральды суреттерді қолдануға негізделген. Мұндай суреттерде ормандарды кесу орнында өсімдік жамылғысының өзгеруіне байланысты орманды кесу жағдайларын табуға болады. Кесудің орны мен масштабын анықтау үшін кескіндерді жіктеудің әртүрлі әдістері қолданылады. Мультиспектральды жіктеу тәсілдерінің бірі-максималды сенімділік әдісі (maximum likelihood classification).

Өзгерістерді анықтау әдістері: бұл әдіс орманды кесуге дейінгі және кейінгі ЖҚЗ суреттерін салыстыруға негізделген. Суреттердегі өзгерістерді дифференциалды жіктеу, объектілерді анықтау және т.б. сияқты әртүрлі әдістер арқылы анықтауға болады.

Радиолокациялық деректерді талдау әдістері: бұл әдіс бұлттар мен басқа атмосфералық кедергілерге ене алатын радиолокациялық суреттерді қолдануға негізделген. Ормандардың кесілуін анықтау үшін дифференциалды интерферометрия, объектілерді анықтау және т.б. сияқты әртүрлі талдау әдістері қолданылады. Лидар деректерін талдау әдістері: бұл әдіс үш өлшемді рельеф үлгілерін жасау және өсімдік жамылғысының биіктігін анықтау үшін пайдаланылуы мүмкін лидар деректерін пайдалануға негізделген. Екі немесе одан да көп суреттерді салыстыру әдісі. Бұл әдіс орманның кесілуін көрсететін орман жамылғысындағы өзгерістерді анықтауға мүмкіндік береді. Суреттерді салыстыру әдістерінің бірі – дифференциалды интерферометрия әдісі. Ол беткі биіктіктегі өзгерістерді анықтау үшін әртүрлі уақытта алынған екі сурет арасындағы фазалық айырмашылықты өлшеуге негізделген. Ормандарды кесуді бақылау үшін бұл әдісті кесуге байланысты орман жамылғысының биіктігіндегі өзгерістерді анықтау үшін пайдалануға болады. Осылайша, ЖҚЗ мәліметтері бойынша ормандарды кесуді бақылаудың көптеген әдістері бар. Белгілі бір әдісті таңдау қолданылатын деректердің сипаттамаларына, тапсырмаға және нәтиженің қажетті дәлдігіне байланысты.

ЖҚЗ деректері негізінде ормандарды кесуді картаға түсіру үшін геоақпараттық жүйелер(ГАЖ) және үш өлшемді модельдер жасауды қоса алғанда,әртүрлі әдістер мен құралдар пайдаланылады. ГАЖ әртүрлі деректер көздерін біріктіруге және кеңістіктік деректерді талдауға мүмкіндік береді, бұл оларды ормандарды кесуді картаға түсірудің пайдалы құралы етеді. ЖҚЗ деректері негізінде ормандарды кесуді картаға түсірудің негізгі әдістерінің бірі – кескіндерді жіктеу. Осы әдіс шеңберінде ЖҚЗ деректерінің суреті әрқайсысы жер бетінің белгілі бір санатына сәйкес келетін сыныптарға бөлінеді. Кескіндерді жіктеу үшін максималды сенімділік әдістері, кластерлеу алгоритмдері және нейрондың желілер сияқты әртүрлі машиналық оқыту алгоритмдері қолданылады. ЖҚЗ деректері негізінде ормандарды кесуді картаға түсірудің тағы бір әдісі – Жер бетінің үш өлшемді модельдерін жасау. Осы әдіс шеңберінде ЖҚЗ деректерінің суреттері туралы ақпаратты, мысалы, лазерлік сканерлеу немесе фотограмметриялық мәліметтер көмегімен алынған жер бетінің биіктігі туралы деректермен салыстыру жүргізіледі. Үш өлшемді модельдерді құру ормандарды кесудің орны мен сипатын дәлірек анықтауға

мүмкіндік береді. Орман ресурстарын бақылау үшін ГАЖ бағдарламаларын пайдаланудың артықшылықтарына мыналар жатады:

Жақсартылған дәлдік пен тиімділік: ГАЖ бағдарламалары әртүрлі деректер түрлерін біріктіру және оларды бірге талдау мүмкіндігінің арқасында орман ресурстары туралы дәлірек және тиімді деректерді алуға мүмкіндік береді.

Пайдалану мүмкіндігі: ГАЖ бағдарламаларында қарапайым және интуитивті пайдаланушы интерфейсі бар, бұл оларды пайдаланушыларға қол жетімді етеді.

Бірлесіп жұмыс істеу мүмкіндігі: ГАЖ бағдарламалары бірнеше пайдаланушыларға бір жобада бір уақытта жұмыс істеуге мүмкіндік береді, бұл жұмысты жақсы үйлестіру мен тиімділікті қамтамасыз етеді.

Процесті автоматтандыру: ГАЖ бағдарламалары деректерді жинауға, өңдеуге және талдауға байланысты көптеген процестерді автоматтандыруға мүмкіндік береді, бұл орман ресурстарын бақылау процесін жылдамдатады.

Болжау мүмкіндігі: ГАЖ бағдарламалары болашақта ықтимал проблемалардың алдын алуға көмектесетін деректерге негізделген орман ресурстарындағы өзгерістерді модельдеуге және болжауға мүмкіндік береді.

Орман ресурстарын бақылау үшін ГАЖ бағдарламаларын пайдаланудың кейбір шектеулері бар, соның ішінде:

Оқытылған персоналдың қажеттілігі: ГАЖ бағдарламаларын пайдалану және орман ресурстарын бақылау нәтижелерін түсіндіру үшін арнайы оқыту мен дағдылар қажет.

Жоғары сапалы деректердің қажеттілігі: орман ресурстарын бақылаудың нақты нәтижелерін алу үшін қымбат және уақытты қажет ететін жоғары сапалы деректерге қол жеткізу қажет.

Кеңістіктік ажыратымдылық шектеулері: орман ресурстарын бақылау талдауларының кейбір түрлері қолданыстағы ГАЖ бағдарламаларының технологиялық шектеулерімен шектелуі мүмкін жоғары кеңістіктік деректер ажыратымдылығын қажет етеді.

Деректерге қол жетімділіктің шектеулері: спутниктік бақылау деректері сияқты кейбір деректер заңнамамен шектелуі мүмкін, бұл оларға қол жеткізуді қиындатуы мүмкін.

Деректерді үнемі жаңартып отыру қажеттілігі: орман ресурстарын бақылау нәтижелерінің өзектілігін қамтамасыз ету үшін деректерді үнемі жаңартып отыру қажет, бұл көп уақытты қажет ететін және қымбат процесс болуы мүмкін. Орман ресурстарын бақылау үшін ГАЖ бағдарламалары мен ғарыштық суреттерді пайдаланудың көптеген артықшылықтарымен қоса кейбір шектеулерді ескеру қажет, мысалы, суреттерді түсіндірудегі қателіктер, ғарыштық суреттердің шектеулі ажыратымдылығы және кейбір ГАЖ бағдарламаларының қымбаттығы. Жалпы, ГАЖ бағдарламалары мен ғарыштық суреттерді пайдалану орман ресурстарын бақылаудың тиімді және перспективалы құралы болып табылады және орманды басқару мен орманды қорғауды жақсартуға көмектеседі.

Спутниктік суреттер негізінде ормандарды кесуді бақылау үшін қолдануға болатын көптеген ГАЖ бағдарламалары бар.

ArcGIS – спутниктік деректерді талдау және өңдеу құралдарының кең ауқымы бар ең кең таралған және кеңінен қолданылатын ГАЖ бағдарламалық платформаларының бірі.

QGIS – спутниктік деректерді өңдеу және ормандардың жойылуын анықтау үшін пайдалануға болатын тегін және ашық ГАЖ платформасы. Google Earth Engine – бұл спутниктік деректерді талдауға арналған бұлтқа негізделген платформа, ол көптеген өңделген спутниктік суреттер деректеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді.

ENVI – деректерді өңдеу және жіктеу құралдарының кең ауқымы бар спутниктік деректерді өңдеу және талдау бағдарламалық құралы. Global Forest Watch – орманды кесу мен орман жамылғысын өзгерту үшін жерсеріктік деректерді пайдаланатын онлайн орман ресурстарын бақылау платформасы.

GRASS GIS – орман ресурстарын бақылау үшін пайдалануға болатын тегін, ашық бастапқы ГАЖ платформасы. Ол ЖҚЗ суреттері мен аэрофотосуреттер сияқты кеңістіктік деректерді талдау және өңдеу құралдарын ұсынады және оны орман экожүйелерін картаға түсіру және модельдеу үшін пайдалануға болады. GRASS GIS сонымен қатар ESRI, GeoJSON және басқаларын қоса алғанда, көптеген деректер форматтарын қолдайды. Ол орман шаруашылығы және экология саласындағы ғылыми зерттеулер мен қолданбалы жобаларда кеңінен қолданылады. Global Mapper – бұл ГАЖ бағдарламасы кеңістіктік деректермен жұмыс істеуге арналған көптеген мүмкіндіктер ұсынады, соның ішінде 25 растрлық және векторлық деректерді өңдеу және талдау мүмкіндіктері орман жамылғысының өзгеруін бақылау үшін пайдалы болуы мүмкін [18]. Бұл бағдарламалардың әрқайсысының артықшылықтары мен кемшіліктері бар және бағдарламаны таңдау зерттеушінің нақты қажеттіліктері мен мүмкіндіктеріне байланысты. Бөлімді қорытындылай келе, қазіргі заманғы ГАЖ бағдарламалары (геоақпараттық жүйелер) көптеген артықшылықтарға ие, бұл оларды көптеген қызмет салаларында таптырмас құралға айналдырады. Қазіргі заманғы ГАЖ бағдарламаларының кейбір негізгі артықшылықтары:

- Жоғары дәлдік: қазіргі заманғы ГАЖ бағдарламалары дәлірек қорытынды жасауға мүмкіндік беретін жоғары дәлдіктегі картаға түсіру және кеңістіктік деректерді талдау үшін қолданылады.

- Деректердің үлкен көлемі: заманауи ГАЖ бағдарламалары географиялық деректерді, статистикалық деректерді және қосымша көздерден алынған деректерді қоса алғанда, үлкен көлемдегі деректерді өңдей алады.

- Нақты уақыттағы жұмыс: заманауи ГАЖ бағдарламалары нақты уақыт режимінде деректерді өңдей алады, бұл өзгерістерге тез жауап беруге мүмкіндік береді.

- Басқа бағдарламалармен интеграция: қазіргі заманғы ГАЖ бағдарламаларын CAD, мәліметтер базасы, статистикалық бағдарламалар

және геоанализ бағдарламалары сияқты басқа бағдарламалармен біріктіруге болады.

- Пайдалану мүмкіндігі: заманауи ГАЖ бағдарламалары интуитивті интерфейске ие және оларды пайдалану оңай, бұл пайдаланушыларға жаңа мүмкіндіктерді тез үйренуге және бастауға мүмкіндік береді.

- Визуализация жасау мүмкіндігі: заманауи ГАЖ бағдарламалары деректерді визуализациялау үшін динамикалық карталар мен графиктерді жасауға мүмкіндік береді, бұл пайдаланушыға деректерді толық түсінуге және талдауға көмектеседі.

- Икемділік: заманауи ГАЖ бағдарламалары жоғары икемділікке ие, бұл пайдаланушыға өз міндеттері үшін арнайы шешімдер жасауға және әртүрлі форматтағы деректермен жұмыс істеуге мүмкіндік береді[19].

Тұтастай алғанда, заманауи ГАЖ бағдарламалары пайдаланушыға географиялық деректермен жұмыс істеудің және кеңістіктік ақпаратты талдаудың қуатты құралын ұсынады, бұл оларды көптеген қызмет салаларында таптырмас етеді.

2.4 Орман шаруашылығындағы ГАЖ

Геоақпараттық жүйе немесе геоақпараттық жүйе (ГАЖ) - кеңістіктік және байланыссыз деректерді жинауды, сақтауды, өңдеуді, талдауды және картаға түсіруді, сондай-ақ олардың негізінде географиялық орналасу туралы ақпарат пен білім алуды қамтамасыз ететін ақпараттық жүйе. Орман шаруашылығы - ормандарды сақтау, пайдалану, өсіру және қалпына келтіру процестерімен айналысатын ұлттық экономиканың бір саласы. Негізгі міндеттері: ағаш пен басқа да орман өнімдеріне мемлекеттік қажеттіліктерді толық қанағаттандыра отырып, ормандарды ұтымды пайдалану, ормандардың қорғаныш қасиеттерін, олардың өнімділігін күшейту, өрттен қорғау, аурулар мен жәндіктер зиянкестерінен қорғау, орман ресурстарын молайту және көбейту. Ауыл шаруашылығының дамуымен көбірек ормандар тұрақты түрде жойылып, олардың аумақтары ауылшаруашылық дақылдарына берілді. Құрылыс үшін ағашқа сұраныстың артуы, орман шаруашылығының кеңеюі және ағаш саудасы жеке өңдеу саласы ретінде орман шаруашылығының пайда болуының алғышарттарын жасады. Орман тақырыбындағы карталар орманды басқарудың барлық деңгейлерінде бұрыннан қолданылады. Олар орман геоақпараттық жүйелерінің (ГАЖ) әлеуетті тапсырыс берушілері болып табылады және орман шаруашылығындағы ГАЖ рөлі оның тікелей өндірістік қызметін қолдау болып табылады: орман учаскелерін жобалау, бөлу, орындалған жұмыстарды геодезиялық түсіру және орман карталарына өзгерістер енгізу [30].

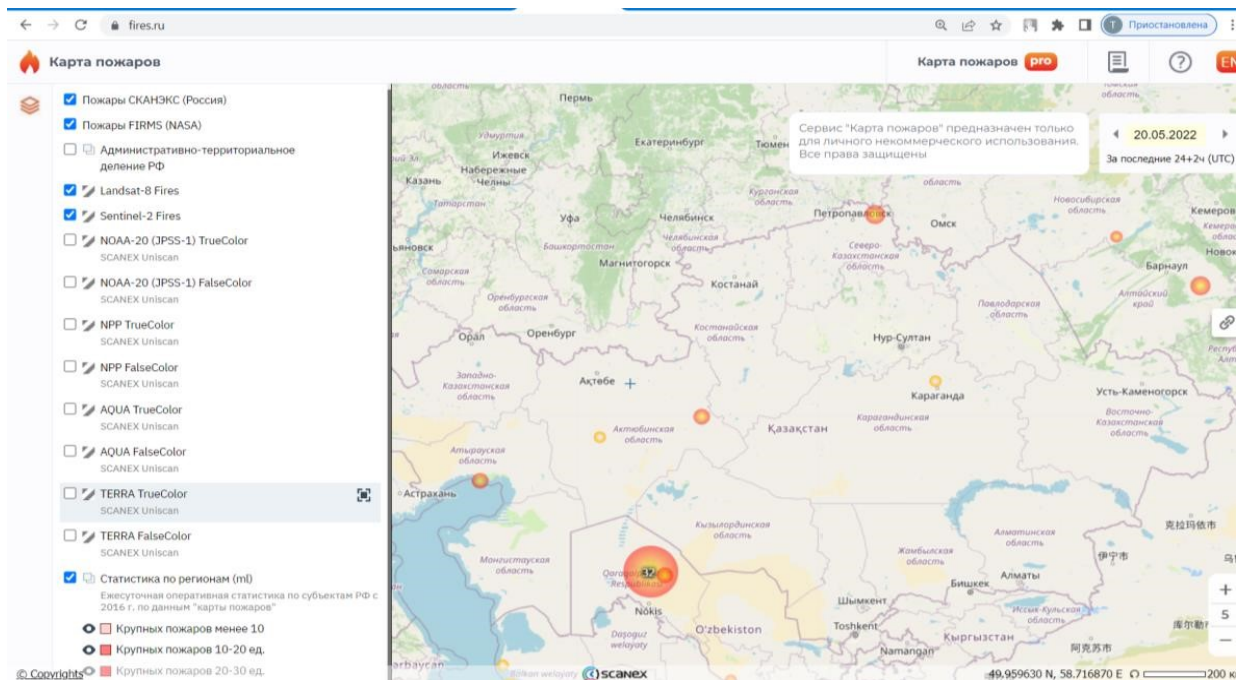
Сканэкс жедел мониторинг жүйесі, "өрт картасы" сервисі. Орман өрттерінің жұмыс істеуін бақылау жүйесін ресейлік skanex компаниясы әзірледі және спутниктік ақпаратты талдау технологияларына негізделген.

Сервистің негізгі мақсаты барлық мүдделі пайдаланушыларға өрт мониторингінің нәтижелерін ұсыну болып табылады. Жоба кең интернет-аудиторияға да, мамандарға да бағытталған.

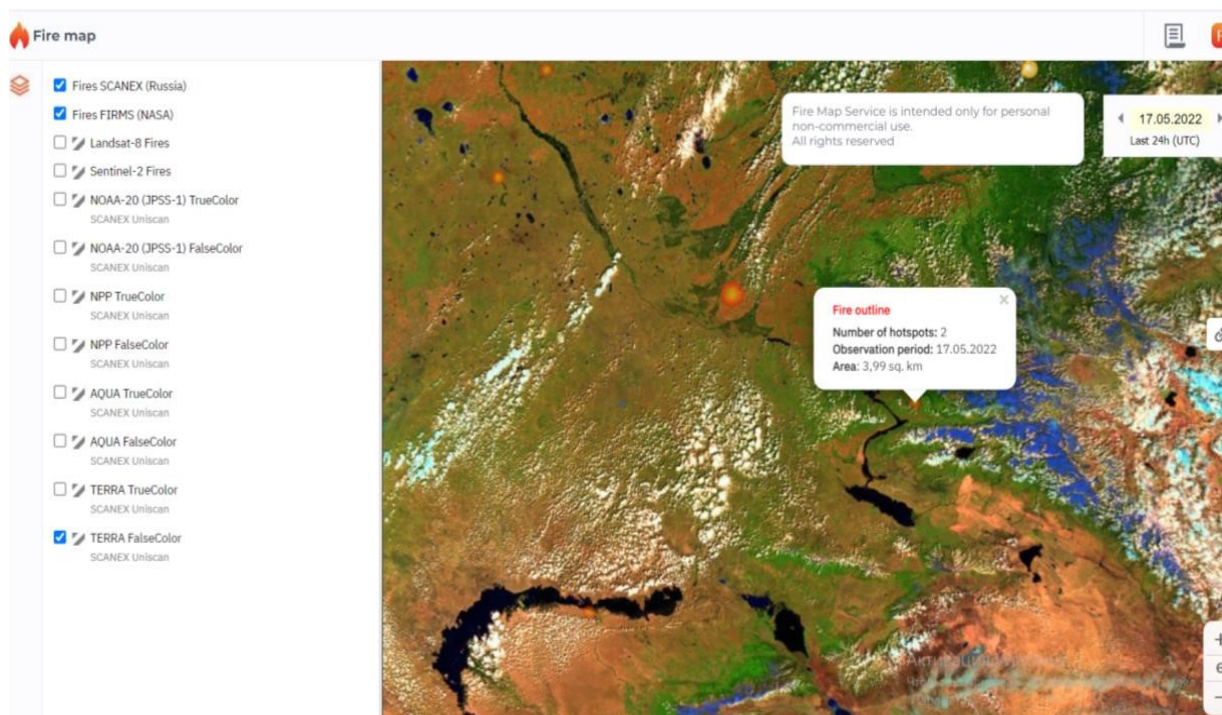
Қызметтің негізгі элементтері ретінде Жерді қашықтықтан зондтау құрылғыларынан спутниктік суреттердің "жылу" арналары арқылы өрттерді автоматты түрде анықтау үшін алгоритмдерге негізделген технология қолданылады. Мониторинг саласы өртті анықтау үшін қажетті спутниктік деректерді жедел қабылдау қамтамасыз етілетін Ресейдің бүкіл аумағын және көршілес өңірлерді қамтиды. Жаһандық қамту NASA ұйымдарының жүйелік деректеріне негізделген. Өрт туралы ақпарат қажетті бақылау және навигация құралдарымен интерактивті картада жарияланады.

"Өрт картасы" қызметінің бастапқы беті-интерактивті картада әдепкі бойынша соңғы 24 сағат + ағымдағы күн (+ секундпен сағат) ішінде анықталған өрттер туралы ақпарат көрсетілетін кең аудитория үшін ашық ресурс. Кірістірілген күнтізбені пайдаланып, сіз соңғы бірнеше күндегі өрт жағдайын көре аласыз [31].

Қызмет ұсынатын өрт деректері Terra, Aqua, NPP, NOAA-20 спутниктерінің спутниктік суреттері болып табылады, олар Жерді қашықтықтан зондтау деректерінің івтоматты тақырыптық жіктелуінің нәтижесі болып табылады. Деректерді жаңарту кезеңі мен уақыты спутниктің белгілі бір аумақтың үстінен өтуіне байланысты. Орташа алғанда, жиілік күніне 2-4 рет: спутниктердің орбиталары тәулігіне екі рет (бір күн және бір түн) бір аумақта болатындай етіп орналастырылған. Белгілі бір аумақты бақылау жиілігі көлеміне, ендігіне және географиялық орналасуына байланысты.



2.5 - сурет – Өрт картасы



2.6 - сурет – Өрт аумағы туралы ақпарат алу

Алынған мәліметтер деректерді бастапқы өңдеу кезеңін, жоғары деңгейдегі тақырыптық өнімдерді (мұз бен қар жамылғысының маскалары, бұлт жамылғысының маскасы, беткі температура, өрт және жылу ауытқулары) қалыптастыруды қамтитын өнімдерді өңдеу мен дайындаудың автоматтандырылған тізбегіне түседі. және т. б. спутниктік суреттердің түпнұсқа өнімдері негізінде Интернетке кіру және оларды жариялау үшін өнімдерді дайындау жүзеге асырылады. Өрт картасында көрсетілген спутниктік ақпарат ықтимал тұтану көздерін табу және спутниктік суреттерді қолдана отырып, күнделікті шолу үшін жабынды дайындау үшін қолданылады.

3 Шығыс Қазақстан ормандарының көпжылдық мониторингі

3.1 Зерттеу объектісіне жалпы сипаттама

Қазақстан Республикасындағы ормандар, орман өсімдіктерімен көмкерілмеген, бірақ орман шаруашылығының қажеттіліктерін өтеуге арналған орман қоры жерлері Қазақстан Республикасының орман қоры санатындағы жерлерді құрайды. Орман қорына жер, Орман ресурстары және орман қорының пайдалы орман меншігі кіреді [32].

Зерттеу жүргізуге алынған аумақ Шығыс Қазақстан облысының қарағайлы орманды алқаптары болып табылады. Шығыс Қазақстан облысы әкімдігіне ведомстволық бағынысты мемлекеттік орман қоры жерлерінің жалпы ауданы 2153,2 мың га, құрайды.

Шығыс Қазақстан облысы – Қазақстанның шығысында орналасқан және Ресеймен және Қытаймен шектесіп жатыр. Жалпы облыс аумағы 283 226 кв.км құрайды. Табағатына тоқталатын болсақ, оның таулар, жазықтар, төбелер мен көлдерді қамтитын әртүрлі рельефі бар. Алтай тау жотасы облыстың Солтүстік-шығысында, Саян жотасы оңтүстік-батысында орналасқан. Шығыс Қазақстан облысының бай табиғи ортасы бар, оның ішінде көмір, алтын, күміс, мыс, қорғасын, мырыш және басқа да пайдалы қазбалардың қомақты қоры бар. Шығыс Қазақстан құрғақ континентальды климат аймағында орналасқан, қысы суық және жазы ыстық. Облыста орташа жылдық жауын-шашын мөлшері аз және шамамен 300-400 мм[20]. Мұндай климаттық жағдай орманның денсаулығына теріс әсер етіп, ағаштардың азаюына әкелуі мүмкін.

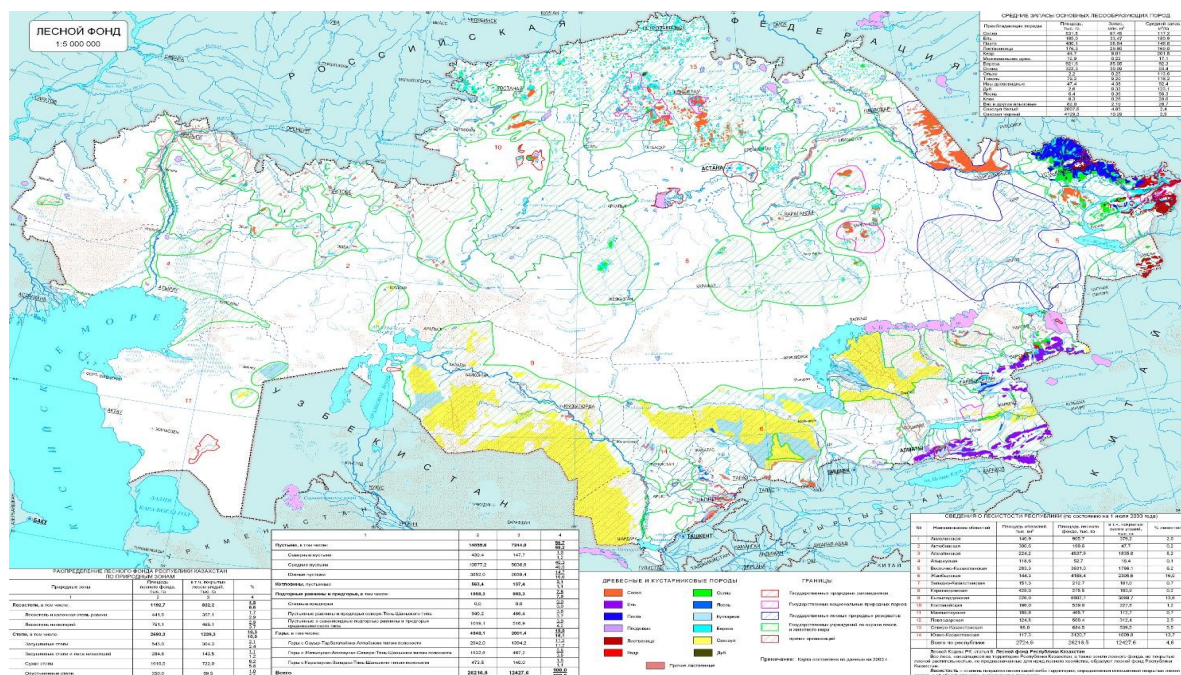
Шығыс Қазақстан облысының ағаш дайындау өнеркәсібіне және ормандардың жай-күйіне әсер ететін бірнеше экономикалық секторлар бар. Облыста орман жамылғысына қысым жасайтын тау-кен, энергетика және ауыл шаруашылығы салалары дамыған. Сондықтан, Шығыс Қазақстандағы ормандарды кесу мәселесі ағаш дайындайтын компаниялардың заңсыз әрекеттерімен ғана емес, сонымен қатар, әлеуметтік-экономикалық факторлардың кең ауқымымен де байланысты болуы мүмкін. Облыстағы орман жамылғысы аумақтың шамамен 20 пайызын алып жатқан тайгамен қамтылған. Облыстың орман қоры шамамен 3,8 млн гектарды құрайды. Бұл аймақта балқарағай, қарағай, шырша, қайың, көктерек басым өседі. Сондай-ақ, шөлейт және шөлді аймақтар кең таралған. Орман шаруашылығында қарағай ағаштарын кесу басым, бұл жалпы кесу көлемінің 70%-ын құрайды. Қазіргі уақытта аймақтың орман жамылғысына әсер ететін мәселелердің бірі – ормандарды заңсыз кесудің жоғары деңгейі. Ресми деректер заңсыз кесу көлемі жалпы ормандағы кесу жағдайының 30%-на дейін болуы мүмкін екенін көрсетеді. Бұл орман қорының сақталып қалуына қауіп төндіреді және биоәртүрліліктің төмендеуі және су ресурстарының сапасының нашарлауы сияқты аймақтағы экологиялық жағдайға теріс әсер етеді. ЖҚЗ деректері орман жамылғысындағы өзгерістерді тиімді бақылауға және өңірдің экологиялық жағдайына әсер ететін ормандарды кесу жағдайын анықтауға

мүмкіндік береді. Орман қорының жерлері мемлекеттік және жеке орман қорының жерлеріне бөлінеді.

Ормандардың пайдалы қасиеттеріне олардың өсу жағдайларына тән маңызды экологиялық және әлеуметтік функциялар жатады (оттегінің бөлінуі, көмірқышқыл газын сіңіру, топырақты су мен жел эрозиясынан қорғау, субстраттың сипаттамалары, жер үсті суларының ағынын ауыстыру үшін тепе-теңдік және климаттық реттеу). Төмендегі 1- суреттен және 2-суреттен көрсетілген геопортал арқылы ормандардың статистикалық мәліметтерін ала аламыз.



3.1 – сурет – Шығыс Қазақстан және Абай облысының геопорталы



3.2 – сурет – Қазақстанның орман қоры картасы



3.3 – сурет – Ормандар және өзге де орман көмкерген жерлер (ҚР стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігі Ұлттық статистика бюросының мәліметтері бойынша)

Қордың басым бөлігін қылқанды ағаштар құрайды 61,9 % (255,23 млн м3), карағай 42,3% (108,03 млн м3) сонымен қатар, ұсақ жапырақтылар 33,7 % (138,76 млн м3), негізгі орманқы құрайтын түрлері қорының 21,4%-ын (91,11 млн м3) жұмсақ жапырақты қайыңдар құрайды.

Жерді қашықтықтан зондтау әдісін қолдану арқылы жер беті, ондағы объектілер немесе жер қойнауы туралы ақпарат алу тиімді болып табылады. Жерді қашықтықтан зондтау әдісін қолданудың өзектілігі жоғары ақпараттылықпен анықталады және спектрдің әртүрлі бөліктерінде алынған ғарыштық суреттер айтарлықтай шығынды талап етпейді. Сонымен қатар, ғарыштық суреттер бір уақытта және бірдей физикалық жағдайларда, соның ішінде қол жетімді емес аумақтарды да қамтиды. Экология саласындағы жерді қашықтықтан зондтау технологиясын қолданудың ең дамыған бағыттарының бірі ол – өсімдік жамылғысының, атап айтқанда орман жамылғысының жай-күйін бағалау. Қашықтан зондтау технологияларын қолдана отырып анықтауға болатын орман мониторингі мәселелері:

- Орман экожүйесінің бұзылу дәрежесі;
- Орман өсімдіктерінің толымдылығы; (ағаштардың тығыздығы, ағаштың қабаттасу дәрежесі)
- Ағаштардың жасы;
- Ағаштардың тұқымдық құрамы; (қалыпты белдеудің ормандары үшін)
- Жекелеген ағаштардың, ағаш қабаттарының биіктігі;
- Жеке ағаштардың диаметрі;
- Орман шекарасы;
- Нақты уақыт режимінде орман өрттерінің ошақтары;
- Орман өсімдіктерінің ауруларына бақылау;
- Әр түрлі ағаш кесу қылмыстарын бақылау.

Осылардың арасында әсіресе орман өрттерінің ошағын анықтауда маңызы мол. Елімізде 2020 жылы ірі орман өрті 5 өңірде тіркелді. Дәлірек айтқанда, Шығыс Қазақстан облысында 4 346 гектар аумақ, оның ішінде «Семей орманы» аумағына қатысты 3 785 гектар жер өрттің ортасында қалған. Соған қоса Түркістанда 4 681 га, Павлодар облысында 2 мың га аумақ, Батыс Қазақстанда 1 316 га және Алматы облысында 7 836 га аумақ өртенген. Осы кезде ғарыштық мониторингтің көмегімен қызыл жалынның таралу ауқымы анықталып, өртті тежеу жұмыстарына маңызды ақпарат болған. Тұтастай алғанда, ғарыш технологияларының экологиялық мәселелерді шешуде игілігі есепсіз [22].

Кесте 3.1 – Облыстар бойынша Қазақстан Республикасының орман қоры (2020 жылғы 1 қаңтардағы жағдай бойынша)

№№	Облыс	Облыс ауданы	Орман қоры		Республика облысының ормандылық пайызы
			жалпы	Орманмен көмкерілген	
1	2	3	4	5	6
1	Ақмола	14692.9	954.7	375.1	2.6
2	Ақтөбе	30062.9	972.6	47.5	0.2
3	Алматы	22424.3	4987.3	1801.8	8.0
4	Атырау	11863.1	53.3	15.7	0.1

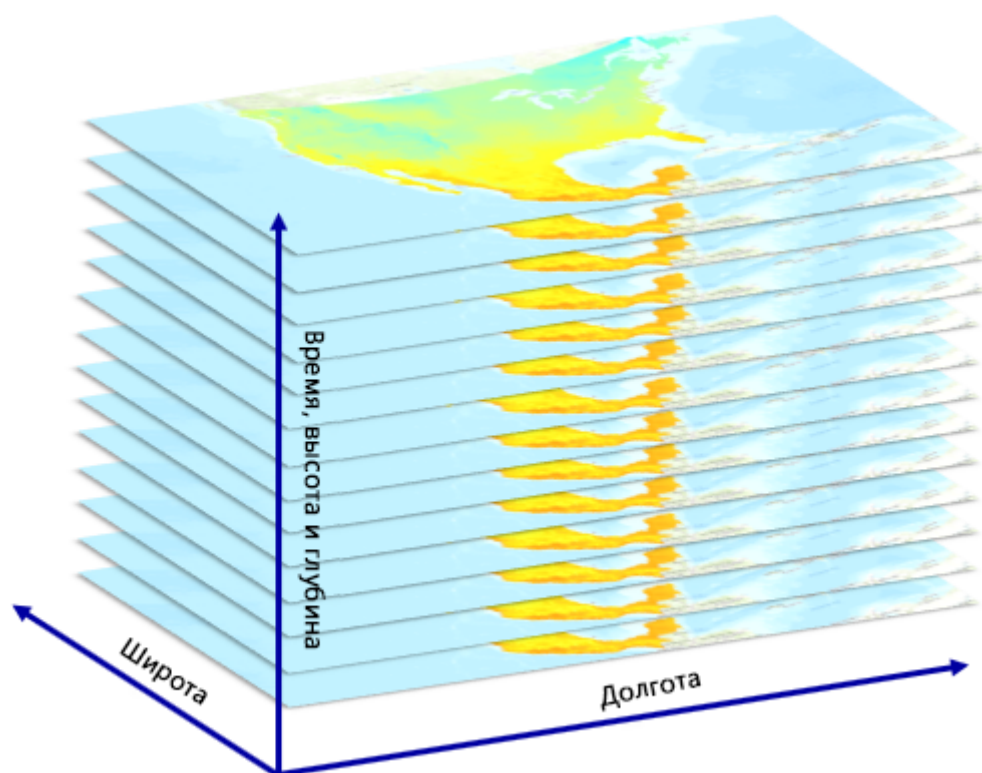
5	Шығыс Қазақстан	28322.6	3637.8	1799.2	6.4
6	Жамбыл	14426.4	4266.4	2209.1	15.3
7	Батыс Қазақстан	15133.9	209.3	98.7	0.7
8	Қарағанды	42798.2	320.8	145.1	0.3
9	Қызылорда	22601.9	6680.1	3078.6	13.6
10	Қостанай	19600.1	643.3	214.5	1.1
11	Маңғыстау	16564.2	465.7	122.7	0.7
12	Павлодар	12475.5	461.0	243.4	2.0
13	Солтүстік Қазақстан	9799.3	686.4	525.2	5.4
14	Оңтүстік Қазақстан	11724.9	3438.8	1597.6	13.6
Жалпы		272490.2	27777.5	12274.2	4.5

3.2 Уақыт қатарларының пикселдік өзгерістерін интерактивті зерттеу

Ландсат сияқты спутниктік түсірілімдер үлкен аумақтар үстіндегі өсімдіктер жамылғысы мен құрлық бетінің ерекшеліктері туралы ақпаратты түсіреді. Кескіндеме аймақтың жан-жақты көрінісін қамтамасыз етеді және ерекшеліктердің орналасуын, таралуын және кеңістіктік қатынастарын анықтау және бағалау үшін пайдаланылуы мүмкін. Атап айтқанда, Landsat-TM түсірілімдері 16 жылдан бастап әрбір 1984 күн сайын жер бетін үздіксіз қамтуды қамтамасыз етті. Бұл осы ұзақ уақыт аралығында жер пайдаланудағы өзгерістерді анықтауға, талдауға және қадағалауға мүмкіндік береді.

Суреттердің уақыт қатары - бір жерде әр түрлі уақытта түсірілген суреттер жинағы. Уақыт өте келе өзгерістерді түсіну үшін сурет уақыты қатарын пайдалануға болады. Мысалы, ағаштардың қалай кесілгенін, содан кейін қайта өскенін, не өрттің қай жерде болғанын немесе зиянкестердің таралып кеткенін көруге болады. Мұндай бұзылыстар, әдетте, пиксель мәндерінің кенеттен өзгеруі арқылы суреттерде көрініс табады. Сурет уақыты сериясын талдау пиксель мәндеріндегі осы өзгерістерді анықтау үшін алгоритмдерді пайдаланады. ArcGIS сурет талдаушысының кеңейтімі кескіндемеге арналған уақыт қатарының өзгерістерін анықтаудың екі алгоритмін ұсынады. Солардың бірі - Landstrendr алгоритмі, ол Landsat кескіндемесін пайдаланады және әдетте ормандармен жұмыс істеу үшін қолданылады.

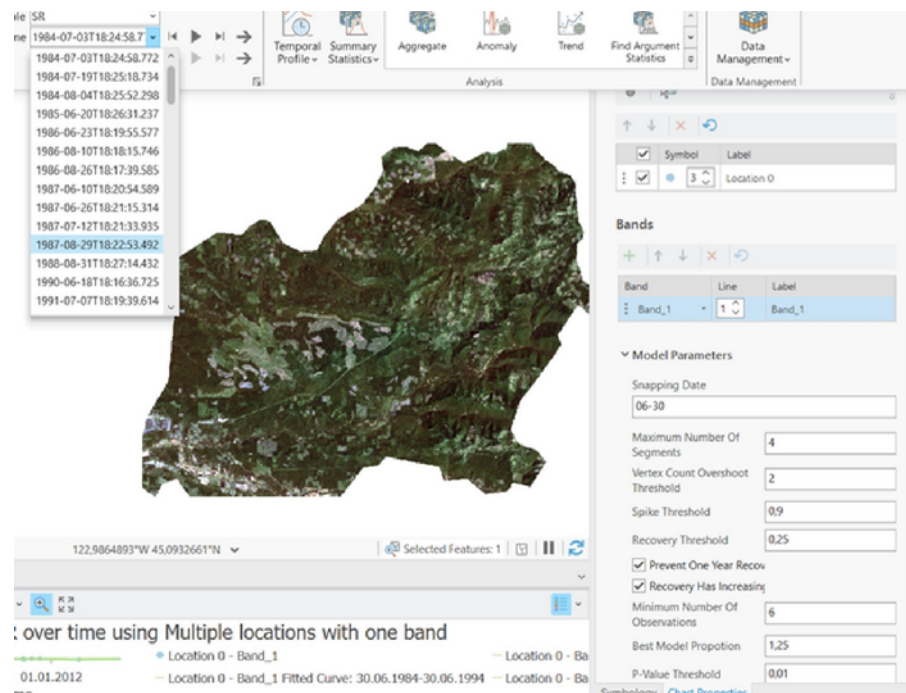
Алдымен ArcGIS Pro-ды орнатып, көп өлшемді растрлармен, кескіндеменің уақыт сериясын көрсету үшін қолданылатын деректер жиынтығы моделімен танысасыз. Әрі қарай талдау үшін суреттердің уақыт қатарын дайындап, оны интерактивті түрде зерттейміз. Төмендегі 4- суреттен көп өлшемді растрды орналастыру моделін көреміз.



3.4 - сурет – Көп өлшемді растр

Көп өлшемді деректер уақыттың бірнеше нүктесінде немесе әр түрлі тереңдікте немесе биіктікте жиналған деректерді көрсетеді. Деректердің бұл түрлері атмосфералық құбылыстар мен Жерді зерттеуге байланысты ғылымдарда, сондай-ақ океанографияда жиі қолданылады. Көп өлшемді растрлық деректер спутниктік бақылаулардан алынуы мүмкін, оларда деректер тұрақты интервалмен жиналады немесе деректер біріктірілген болып келеді.

Берілген растрлық деректер құрамында 1985-2022 жылдар аралығындағы Landsat Analysis Ready Imagery (ARD) спутниктік суреттері бар. әр сурет көк, жасыл, қызыл, инфрақызыл және қысқа толқынды инфрақызыл спектрлік арналарды қамтитын көп арналы растр түрінде ұсынылған. Бұл растрлардың барлығы CRF форматында сақталған көп өлшемді растрға жинақталған. Төмендегі 5- суреттен CRF форматында сақталған солтүстік-шығыс Қазақстанның көп өлшемді растрын көреміз.

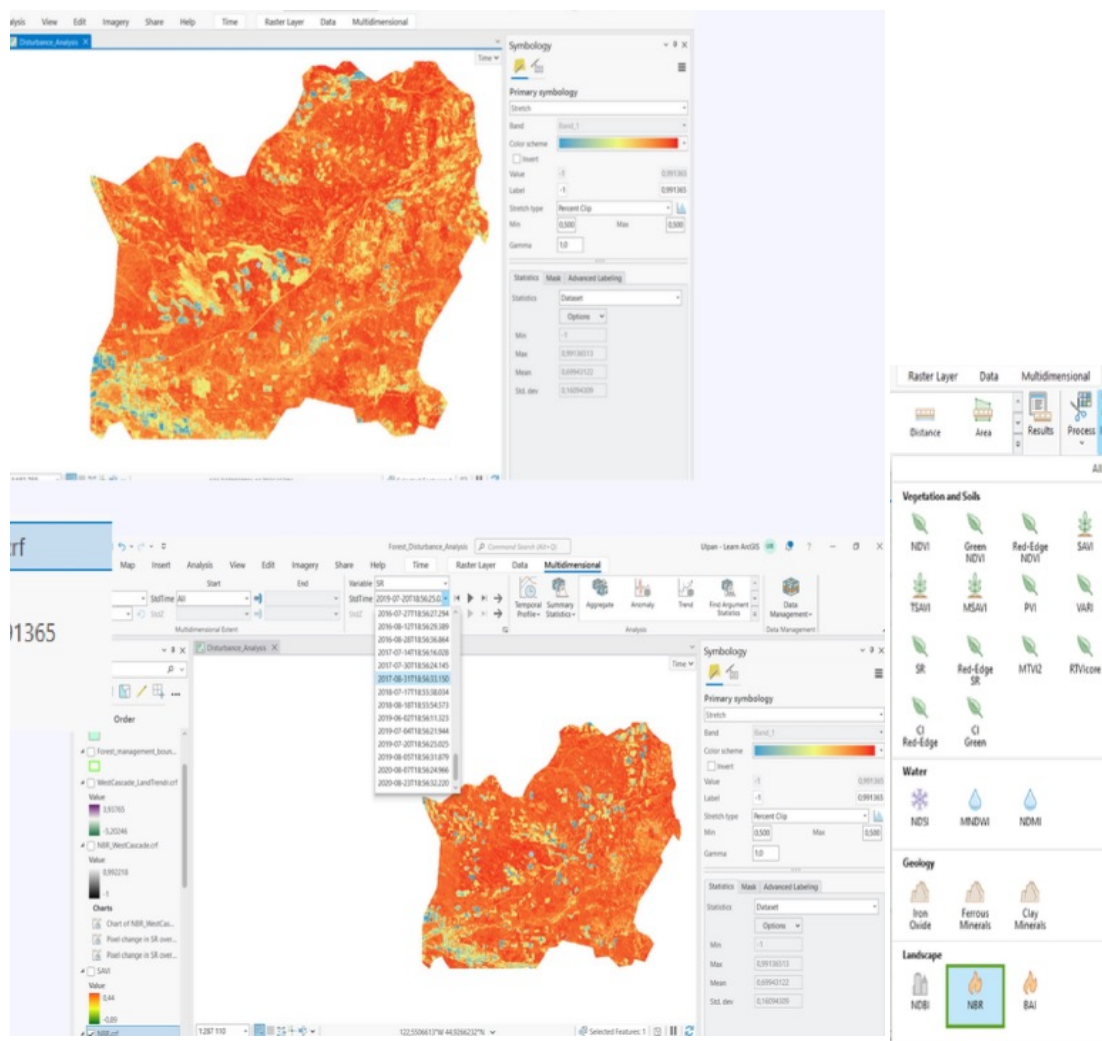


3.5 - сурет – CRF форматында сақталған көп өлшемді растр

LandTrendr алгоритмі көп өлшемді растрмен жұмыс істеген кезде, онда әр жолы кесінді бір жолақты растр болып есептеледі. Әр уақыт кесіндісінен бір жолақпен растр алу үшін уақыт қатарына индекс формуласын қолданамыз. Табиғи апаттардан кейін, немесе өрттерден кейін күйік шалған жерлерді анықтау үшін жиі қолданылады. Күйіктің қалыпқа келтірілген индексі (NBR) жалпы орман жамылғысындағы тәртіпсіздіктерден сау орманды ажыратуда өте жақсы жұмыс істейді, сондықтан оны өз жұмысымызда пайдаланамыз.

NDVI индексін пайдаланудың басты артықшылығы - оның есептеу қарапайымдылығы және қызыл және инфрақызыл спектрлік арналар болған жағдайда жоғары, орташа немесе төмен ажыратымдылықтағы суреттерді өңдеу үшін индексті пайдалану өте тиімі. NDVI индексін пайдаланудың басты кемшіліктері - радиометриялық түзету (калибрлеу) кезеңінен өтпеген деректерді пайдалану мүмкін еместігі; ауа-райының қолайсыздығы, қатты бұлттылық пен тұман, сондай-ақ олардың NDVI мәндерінің қажетті өзгерістердің NDVI мәндерімен ұқсастығы (кесу, өртенген учаскелер, орман зиянкестерінің тіршілік ету аймақтары), бұл қолайсыз факторлардың әсерінен болған өзгерістерді анықтау уақытын арттырады.

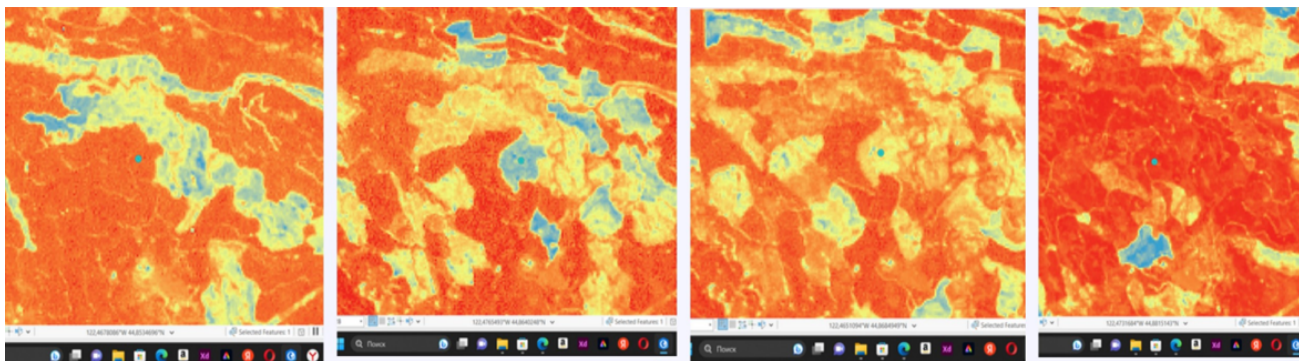
NDVI индексі өсімдік денсаулығын бақылау, орман алқаптарын бағалау және ағаш кесуді анықтау үшін кеңінен қолданылады. Мысалы, Sentinel-жерсеріктік суреттерінде өсімдіктер жасыл, ал жалаңаш жерлер қоңыр немесе сұр болып көрінеді. NDVI индексі арқылы сау орман бар аймақтарды, өсімдіктердің денсаулығына күмәнданатын көлеңкелі жерлерді, сондай-ақ өсімдіктері жоқ орманды алқаптарды бөліп алуға болады.



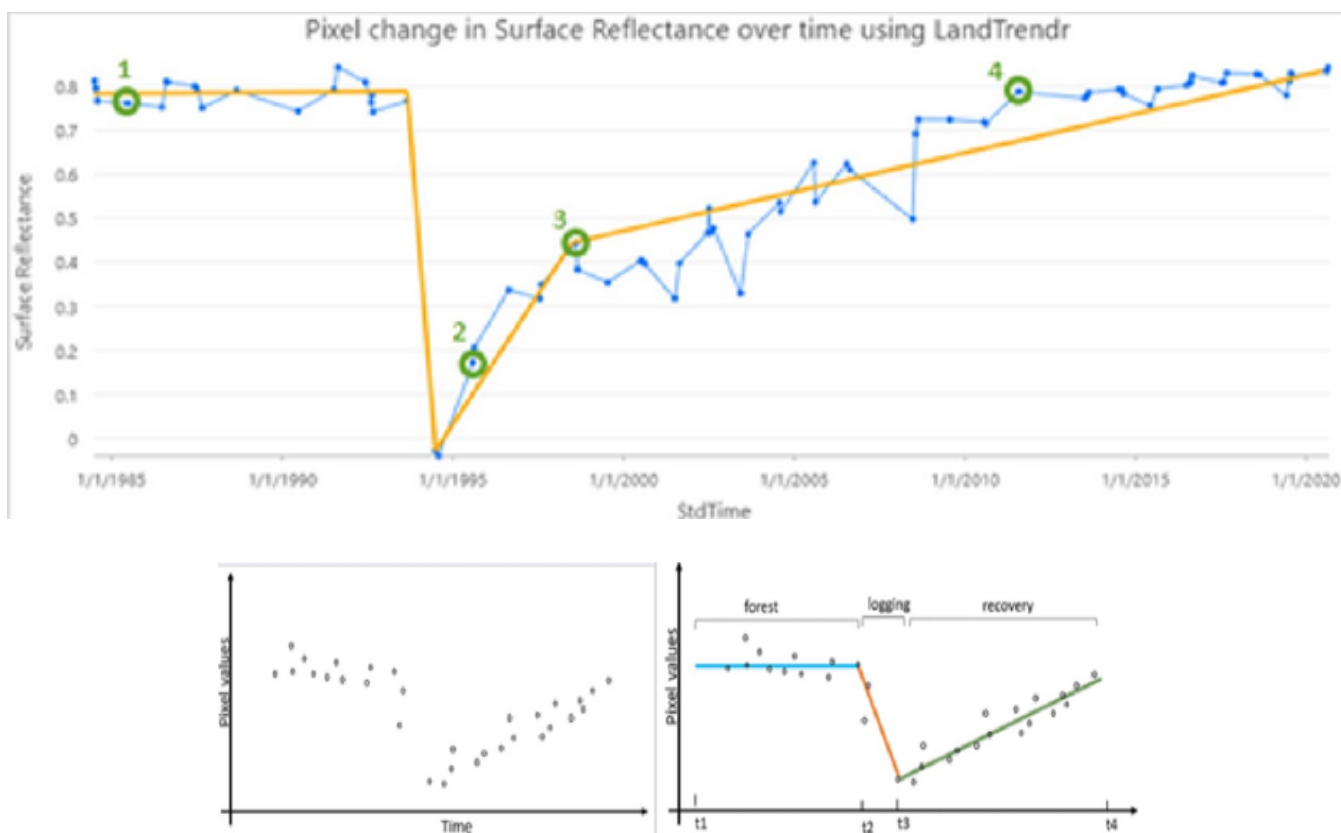
3.6 - сурет – NBR индексін қолдану

NBR пикселдерінің ең үлкен мәндері сау орманды білдіреді және қазір қызғылт түспен көрсетіледі. NBR пикселдерінің ең төменгі мәндері орманның бұзылған жерлерін білдіреді (яғни сау өсімдіктердің болмауы) және көк түспен көрсетіледі. Орташа мәндері бар NBR пиксельдері ақ немесе ашық сары түстермен ұсынылған.

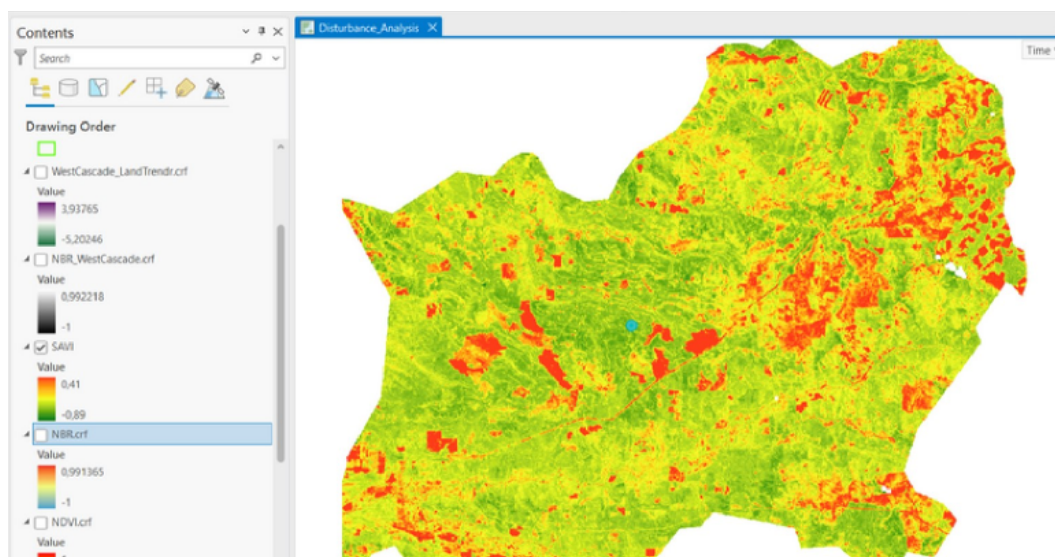
Уақыт бойынша пикселдің өзгеруін көрсетеміз. Әрі қарай, уақыт өте келе орманның өзгеруін зерттеуді бастау үшін NBR уақыт қатарының қабатын қолданамыз. Қазіргі уақытта біздің картамызда 1985 жылдың 3 шілдесіндегі NBR растры көрсетілген. осы растрда бір пиксельді таңдап, оның мәндері 1990 жылдан 2022 жылға дейін барлық уақыт бөлімде қалай өзгергенін көреміз. Соның нәтижесінде мынандай төрт сурет алынады, бұл осы пиксель орнында болған өзгерістерді жақсы суреттейді. Мұнда, жетілген орманнан ағаш кесу орнына, сосын жас ағаштарға, ал қайтадан жетілген орманға дейін өзгереді.



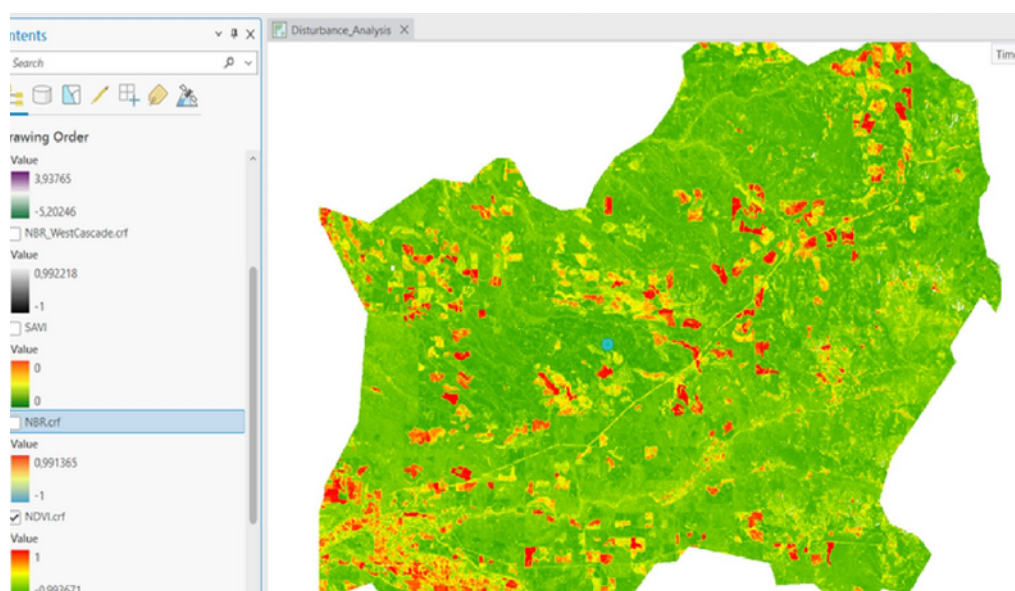
3.7 - сурет – Пиксель мәндері 1985 жылдан 2022 жылға дейін барлық уақыт бөлімдегі өзгеріс



3.8 - сурет – Бөлектелген төрт уақыт аралығындағы өзгеріс



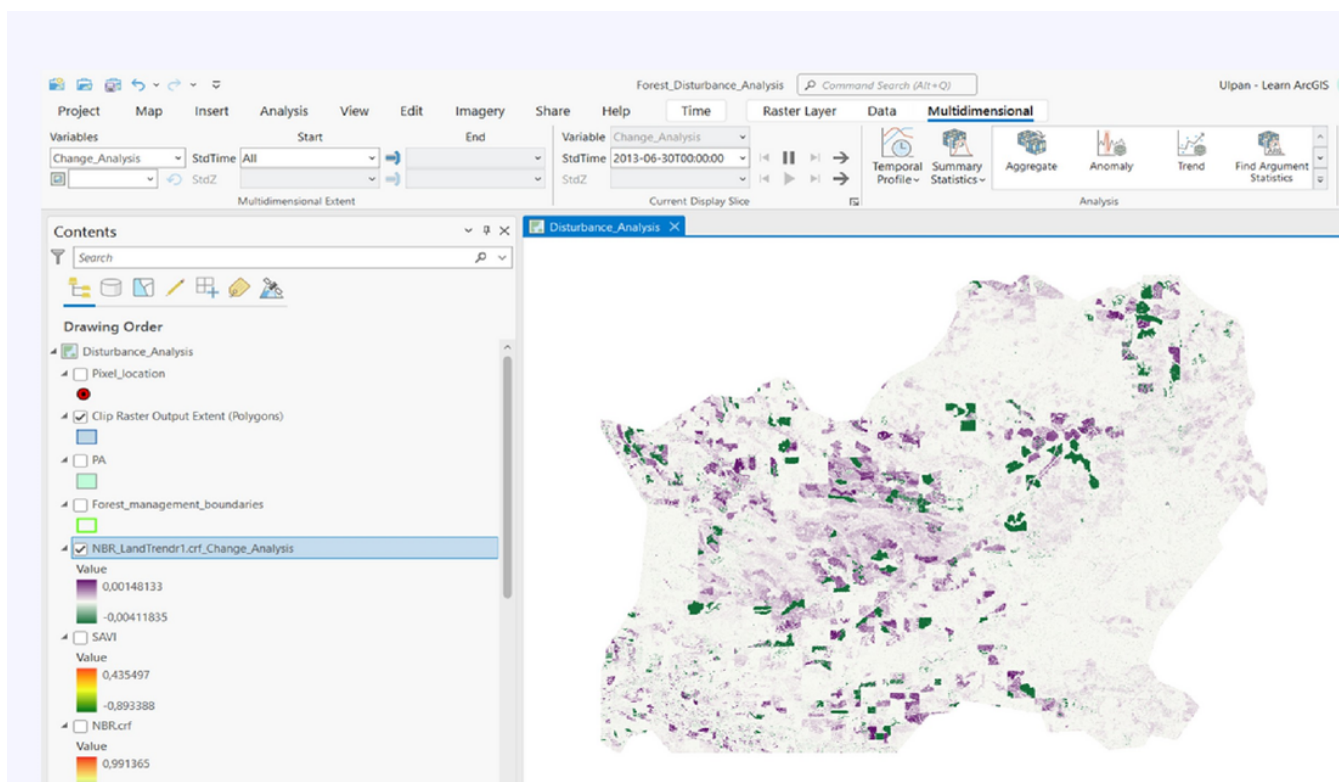
3.9 - сурет – SAVI индексін қолдану



3.10 - сурет – NDVI индексін қолдану

3.3 Ормандардың бұзылуы және қалпына келтірілу жағдайы

Орман өзгерістерін белгілі бір пиксель орналасқан жерде интерактивті түрде зерттедік. Әрі қарай суреттегі барлық пикселдердің өзгерісін талдаймыз. Алдымен растрдағы өзгерістерге талдау жасаймыз. Бұдан әрі орманды зерттеудің барлық кезеңінде ағаш кесу және өрт сияқты оқиғаларды анықтау үшін орман бұзылыстарының картасын жасаймыз. Соңында бұзылған учаскелердің жетілген орман жағдайына оралуына қанша уақыт кеткенін бағалау үшін орманды қалпына келтіру картасын жасаймыз.



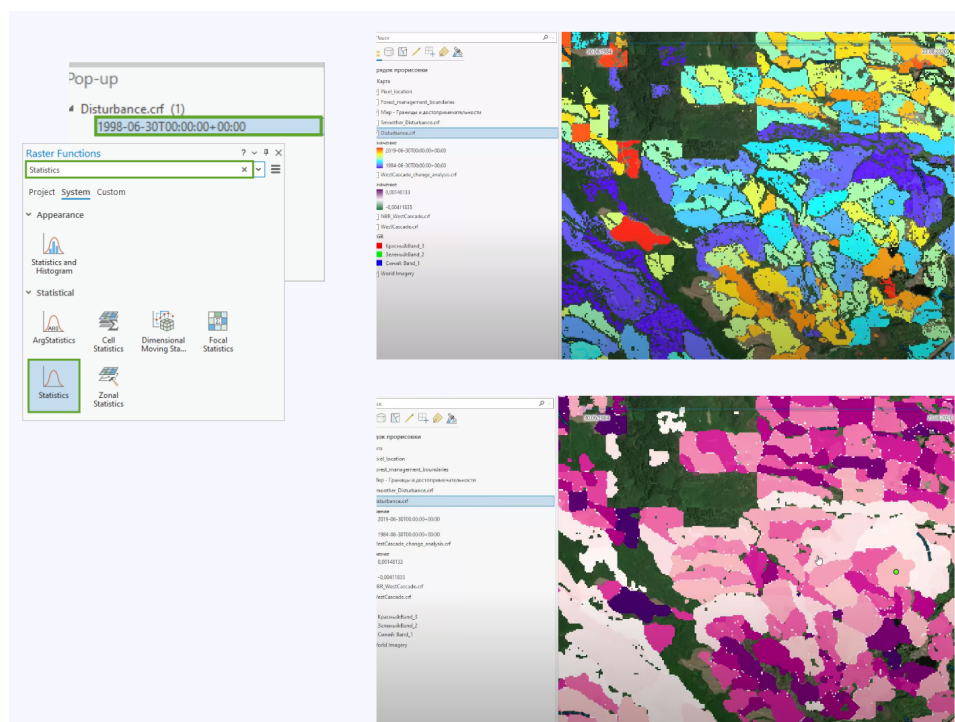
3.11 - сурет – NDVI индексін қолдану

Өзгерістерді талдау растрын жасайық. Бұл бөлімде өзгерістерді талдау растрын жасау үшін LandTrendr құралын пайдаланып өзгертуді талдау құралын пайдаланамыз. Бұл құрал алдыңғы модульде қолданған Time Series Pixel Change Analysis құралы сияқты LandTrendr алгоритмін пайдаланады, бірақ оны бір пиксельдің орнына көп өлшемді растрдағы барлық пикселдерге қолданады. Нәтижесі әрбір пиксель үшін қиыстырылған қисық сызықтар туралы барлық ақпаратты түсіретін өзгерісті талдау растры болады.

Осы өзгерістерді талдау растрын пайдалана отырып, өзгеріс күні, өзгерістің ұзақтығы, сондай-ақ өзгеріс шамасы сияқты өзгерістер туралы ақпаратты шығарып алуға болады. Өзгерістерді анықтау бойынша әртүрлі тапсырмаларды орындау үшін осы көп өлшемді растрды кіріс ретінде пайдаланамыз.

Күңгірт жасыл аймақтар NBR-дің ең төмен жабдықталған мәндерін білдіреді, ал қара күлгін аймақтар NBR-дің ең жоғары жабдықталған мәндерін білдіреді.

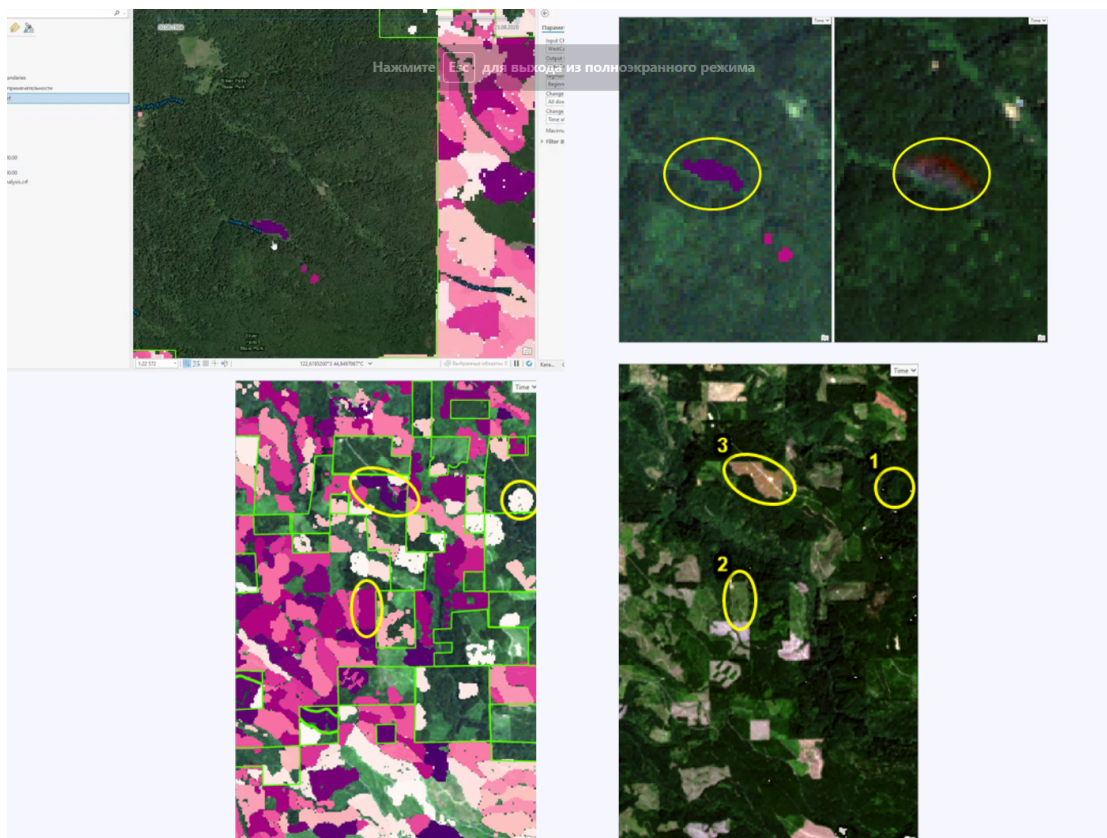
Ормандардың бұзылуының картасын жасаймыз. Енді бізде өзгерістерді талдау растры бар болғандықтан, оны көптеген қызықты карталар жасау үшін пайдалануға болады. Біріншіден, өзгерістерді талдау растрын пайдалана отырып, өзгерістерді анықтау арқылы уақыт өте келе ормандағы тәртіпсіздіктерді картаға енгіземіз. NBR қиыстырылған мәндерінің түбегейлі төмендеуінің инстанцияларын анықтау үшін белгіленген параметрлермен құралды іске қосуға болады, бұл орманның ағаш кесу немесе өрт салдарынан орманның сау орманнан ағаштардың болмауына кенеттен өзгеруін білдіреді.



3.12 - сурет – NDVI индексін қолдану

Бұзылған орман алқаптарын зерттейміз. Енді қаралып жатқан жылдар ішінде солтүстік батыс Семей орманында қандай ағаш кесілген жерлер мен өрттер болғанын жақсы түсіну үшін орманның бұзылуы картасын қарап шығамыз.

Қою күлгін аймақтар соңғы жылдары болған бұзылуларды, ал ақ немесе ашық қызғылт аймақтар бұрынғы кезеңдерде болған бұзылуларды білдіреді. Олардың көпшілігі аймақтың орталығында басталып, уақыт өте келе Солтүстік және оңтүстік бағытта кеңейген ағаш кесу жұмыстарынан туындады. Бұл аймақтың шығысы мен батысындағы үлкен аумақтарда ағаш кесу жүргізілмеген.

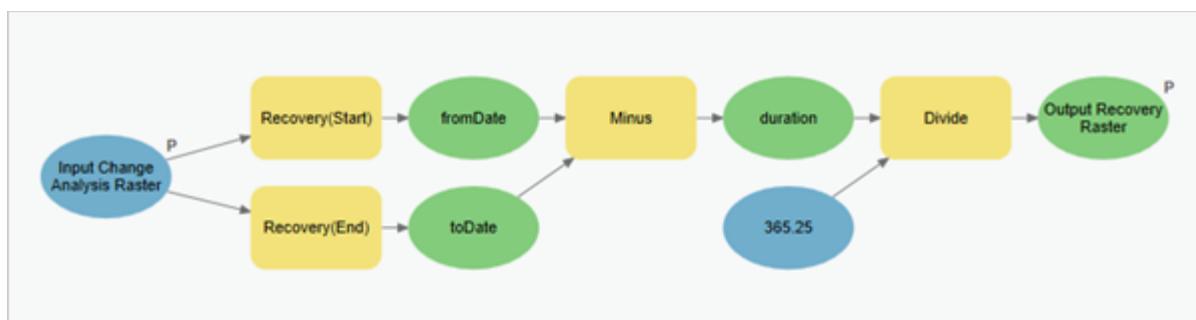


3.13 - сурет – NDVI индексін қолдану

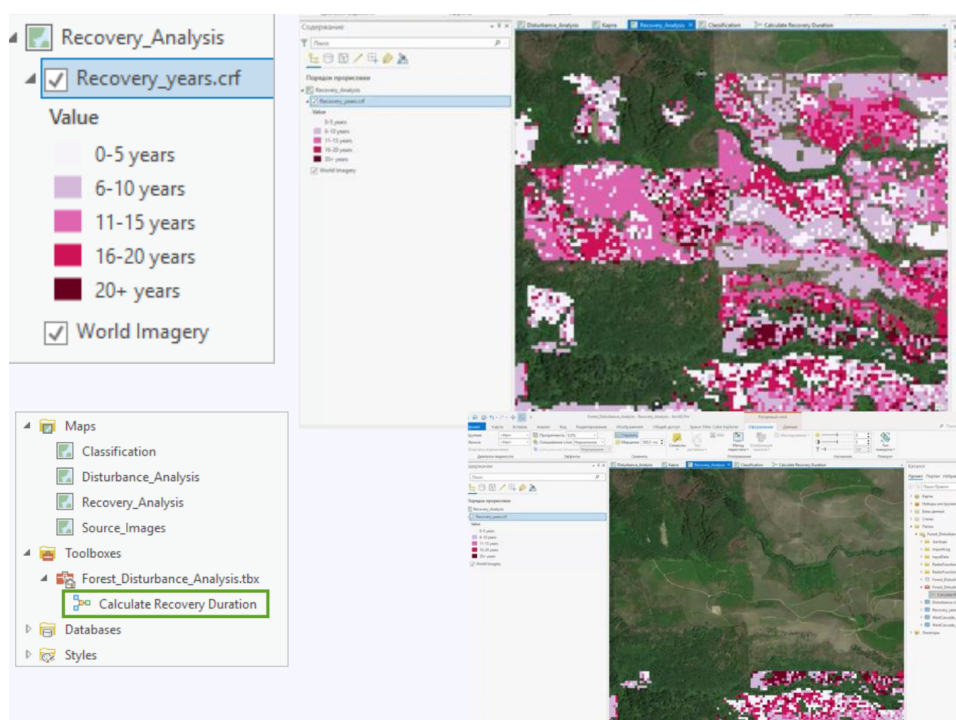
1-мен белгіленген жерде ең көне бұзылу аймақтары (ақ немесе ашық қызғылт) қазір толық өскен ағаштарға толы, өйткені орман толығымен қалпына келді. 2-мен белгіленген жерде бірнеше жыл бұрын бұзушылықтар болған жерде (орташа күлгін) жас ағаштар тек өсетінін көруге болады. 3-пен белгіленген жерде ең соңғы бұзушылықтар үшін (қою күлгін) суреттерде әлі де тақыр жер көрінеді.

3.4 Ормандарды қалпына келтіру картасын жасаудың принциптері.

Орман – бұл бұзылу және қалпына келтіру процестерінің циклдарын қамтитын динамикалық жүйе. Мысалы, ағаш жинау үшін ағаштар кесіліп, жаңа ағаштар отырғызылады. Қалпына келтіру процесі әдетте бұзылу оқиғасына қарағанда әлдеқайда баяу жүреді. Қайта отырғызылған ағаштар жетілген кезде қалпына келтіру процесінің ұзақтығын бағалау үшін өзгерістерді талдау арқылы өзгерістерді анықтау құралын қайта пайдалануға болады. Бұл жолы біз NBR мәндері жоғарылаған өзгеру кезеңдерінің басталу және аяқталу күндерін шығарамыз. Содан кейін басталу және аяқталу күндері арасындағы жылдар санын есептейміз. Оны төмендегі 13- суретке сәйкес қадамдарды автоматтандырудың схемасын көреміз.



3.14 - сурет – Сіз осы қадамдардың геоөңдеу моделі ретінде іске қосу схемасы



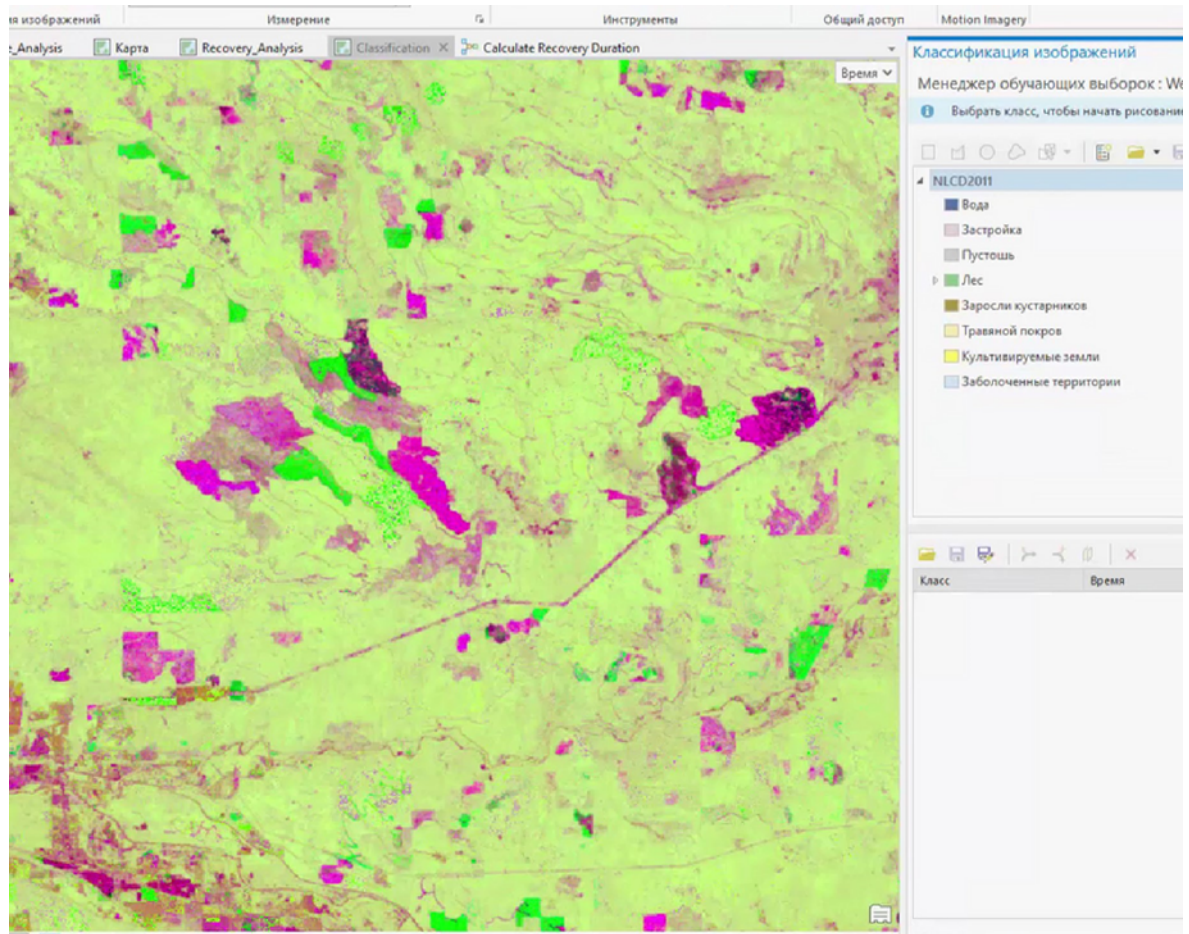
3.15 - сурет – Кесілген аумақтардың қалпына келу уақытының қартасы

Көріп отырғанымыздай, көптеген кесілген аумақтарды қалпына келтіру үшін 11-15 жыл қажет болған. Бұл модульде сіз өзгерістерді талдау растрын жасадыңыз. Содан кейін біз орманды зерттеу кезеңінде ағаш кесу және өрт сияқты оқиғаларды анықтау үшін ормандардағы өзгеріс картасын жасадық. Ақырында, біз орманды қалпына келтіру картасын жасадыңыз, бұл бұзылған жерлердің жетілген орман жағдайына оралуына қанша уақыт кеткенін бағалау үшін қажет.

Орман жамылғысының өзгеруінің жіктейміз. Солтүстік-шығыс Қазақстан аймағының орман жамылғысы қалай өзгергені туралы толық түсінік алу үшін әр уақытша кесу үшін ормандарды жіктеу картасын жасаймыз. Жіктеу процесінде әр пиксельге келесі үш сыныптың бірі беріледі:

- Сау орман;

- Бұзылған;
- Қалпына келтірілген.



3.16 - сурет – Орман жамылғысының өзгеруінің жіктеу

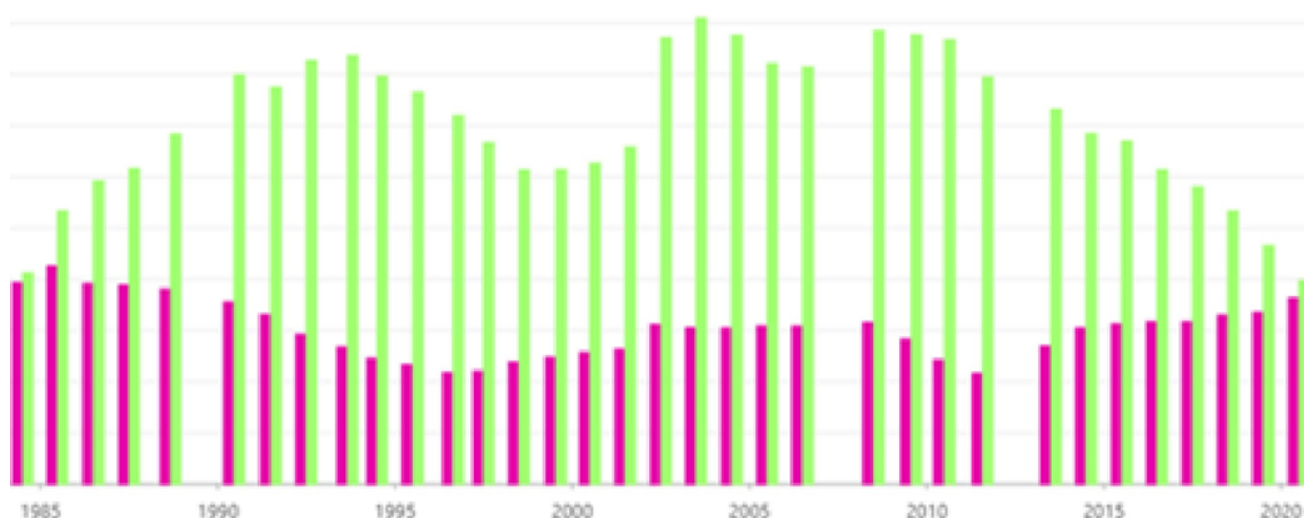
Сау, жетілген орман — ашық жасыл түспен көрсетілген. бұзылған-қою жасыл немесе дерлік қара ол Fitted_Value мәні орташа және өте төмен және үлкен теріс Slope мәні екендігін, яғни бұл ағаштар кесу процесінде бұзылған аймақ екенін білдіреді. Бұзылған бірақ жақын арада қалпына келетін ормандар ашық қызғылт түспен боялып Fitted_Value мәні өте төмен және Slope-тің үлкен оң мәні оның бұзылған аймақ ретінде көрсетілген. Ол кейінірек ағаштармен отырғызылып, келесі уақыт кесінділерінде қалпына келе бастайды. Қалпына келтірілген ормандар ашық қызғылт түспен көрсетіліп, Fitted_Value орташа мәні және Slope оң мәні бұл қазіргі уақытта жас ағаштар жетілген болып өсетін аймақ екенін білдіреді. Төмендегі 16- суреттен классификация жасау барысында алынған нәтижені көреміз.



3.17 - сурет – Классификация жасау барысы



3.18- сурет – Орман жамылғысының қалпына келу картасы



3.20 - сурет – 1985 жылдан 2022 жылға дейінгі орман динамикасының тенденциялары

Бұл диаграмма 35 жылдағы орман динамикасының тенденцияларын көрсетеді. Ол орман экожүйесін бұзу мен қалпына келтіру арасындағы тепе-теңдік туралы түсінік береді. Айқын тенденция - орман динамикасының бірін-бірі толықтыратын сипаты. Соған сәйкес ормандарды қалпына келтіру жоғары болған кезде, ормандардағы бұзылушылық аз болады және керісінше. Мысалы, 1992-2002 жылдар аралығындағы 10 жылдық аралықта график ормандарды қалпына келтіру жоғары болған және орманның бұзылуы салыстырмалы түрде аз болған кері байланысты көрсетеді. 1985-1990 және 2014-2020 жылдар аралығында бұзушылықтар ағаш жинауға байланысты қалпына келтірумен салыстырғанда өсті, бұл жылдар бойы түсірілген суреттермен расталды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Үлкен аумақтарда қажетті ақпарат алу мүмкіндігін қамтамасыз ететін спутниктік кескіндер негізінде ормандардың құрамын бағалаудың, оларды түгендеудің және сапалық және сандық сипаттамалардың мониторингінің тиімді әдістемелерін әзірлеу өзекті міндет болып табылады. Диссертациялық жұмыста орман жағдайын бақылау және тану мәселелерін шешуде қолданылатын әр түрлі индекстік кескіндерді қолдануды зерттеу нәтижелері бар.

Жерді қашықтықтан зондтау мәліметтерін пайдалана орманды бұзу жағдайларын дешифрлеу және картаға түсіру жұмыстары жүргізілді. Жұмыс Шығыс Қазақстан облысының аумағында орындалды. Бірінші бөлімде жалпы орман ресурстарын зерттеу жұмыстары туралы айтылды. Мониторинг жұмыстары үшін ЖҚЗ деректерін пайдаланудың әдіс-тәсілдері мен тиімділігі талқыланды. Қазақстан Республикасында қолданылатын орман ресурстарына мониторинг жұмыстарының әдістеріне талдау жүргізілді.

Екінші бөлім барынша деректерді өңдеуге арналған бағдарламалық құралдарға арналды. Ормандарды зерттеу үшін ғарыштық кескіндерді қолданудың тиімділігі көрсетілді.

Үшінші бөлім – практикалық кезең. Бұл бөлімде зерттеу тақырыбы және жұмыс жүргізіліп жатқан ArcGIS, ArcGIS PRO , бағдарламаларын тиімді пайдалану жайында да айталып өтілді. ЖҚЗ деректері бойынша Шығыс Қазақстан аумағында ормандарды кесу жағдайын декодтау және картаға түсіру бойынша жұмыстарды орындау кезеңдері көрсетілген. Шығыс Қазақстан аумағында ғарыштық суреттерді іздеу жүргізілді. Алынған нәтижелер орман алқаптары мен өзгерістер болған аймақтарды анықтады. Ол сондай-ақ кесу өрісі, олардың орналасқан жері және өзгертілген пішіні туралы ақпаратты сипаттады. Жұмысты қорытындылай келе, іске асыру барысында Шығыс Қазақстан мысалында орман ресурстарын мониторингтеу үшін қашықтықтан зондтау деректерін пайдалануды зерттеу жүргізілді. 37 жыл аралығындағы кезеңнің (1985-2022) спутниктік суреттері қолданылды, оларды салыстыру ормандардың жойылуын анықтады. Алынған нәтижелерді талдау және салыстыру үшін ArcGIS PRO бағдарламасы қолданылды. Зерттеу көрсеткендей, қашықтықтан зондтау деректерін пайдалану орман ресурстарын тиімді бақылауға, сондай-ақ ормандарды кесу жағдайында экологиялық заңнаманың бұзылуын анықтауға мүмкіндік береді. ArcGIS PRO бағдарламалық құралы алынған деректерді жылдам және ыңғайлы өңдеуге және талдауға, сондай-ақ сапалы карталарды жасауға мүмкіндік береді..

Мониторинг схемасындағы бірінші кезең тапсырмасымен кескіндерді өңдеудің тақырыптық нәтижелері алынды. Келесі кезеңде кескіндерді одан әрі өңдеу және ормандардың жай-күйін объективті бағалау үшін зерттеу жүргізіледі. Кескінді бағалау мыналарды қамтиды: спектрлік арнаның оңтайлы таңдауы, ғарыштық суреттердің ажыратымдылығы, түсіру

маусымының оңтайлылығы. Келесі кезең бастапқы кескіндерді калибрлеуді және атмосфералық түзетуді қамтыды. Мәселені шешу үшін оңтайлы вегетациялық индексті қолдана отырып, әр түрлі индекстік кескіндер жасалады.

Диссертацияда ұсынылған әр түрлі индекстік және мультиспектрлік кескіндерді синтездеу әдісі ағаш түрлерін және олардың сапалық жағдайын анықтауға мүмкіндік береді.

Жүргізілген зерттеулерді талдау негізінде нәтижелердің дұрыстығын арттыру мақсатында ағаш түрлерін тану үшін әртүрлі маусымдық индекстік және мультиспектрлік кескіндерді синтездеуді қолдануды ұсынуға болады. Ұсынылып отырған әдістеме өзекті деректерді алудың уақыт және қаржылық шығындарын қысқартуға мүмкіндік береді.

ҚАБЫЛДАНҒАН ҚЫСҚАРТУЛАР ТЕРМИНДЕРІ ТІЗІМІ

Магистрлік диссертацияда келесі терминдер тиісті анықтамаларымен қолданылды:

- ҚР – Қазақстан Республикасы
- ГАЖ – Геоақпараттық жүйе
- ЖҚЗ – Жерді қашықтықтан зондтау
- ҚР ЭТРМ – Қазақстан Республикасы Экология және табиғи ресурстар министрлігі
- МОҚ – Мемлекеттік орман қоры
- NDVI – Нормаланған Дифференциалды Вегетациялық Индекс
- NBR – Normalized Burn Ratio – Нормаланған Жану Индексі
- Геоақпараттық жүйелер – бұл географиялық деректерді жинауға, сақтауға, талдауға және ұсынуға арналған бағдарламалық жасақтама.
- Жерді қашықтықтан зондтау – жер бетіне тікелей жанасуды қажет етпейтін жерсеріктер немесе ұшақтардағы детекторлар арқылы Жер беті туралы ақпарат алу әдісі.
- ArcGIS – ESRI компаниясы әзірлеген геоақпараттық жүйе (ГАЖ), ол географиялық деректер мен карталарды әртүрлі мақсаттарда жасауға, өңдеуге, талдауға және жариялауға мүмкіндік береді.
- ArcGIS Online – пайдаланушыларға геодеректер мен карталарды желіде жасауға, сақтауға, талдауға және жариялауға мүмкіндік беретін бұлтқа негізделген геоақпараттық жүйе.
- Орман ресурстары – орман өсімдіктерінің барлық түрлері және ағаш, дәрілік өсімдіктер және т.б. сияқты әртүрлі мақсаттарда пайдалануға болатын табиғи ресурстар.
- Ормандарды кесуді дешифрлеу – орман кесілген жерлерді анықтау мақсатында жерсеріктік деректерді пайдаланып зерттеу процесі.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Қазақстан Республикасы Экология және табиғи ресурстар министрлігі Орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің ресми сайты
- 2 Kabdulova, G.; Kabzhanova, G.; Baktybekov, K.; Aimbetov, A.; Aligazhiyeva, L. Satellite Remote Sensing for Monitoring of the Forest Resources of Kazakhstan. Seventh International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment. 27 June 2019.
- 3 Бычков, Д. В. (2013). Анализ каналов спутниковых снимков для определения площадей вырубок леса. Вестник Красноярского государственного аграрного университета, 6(99), 148-152.
- 4 Lu, D., & Chen, Q. (2016). A comparative study of different methods for detecting forest change using Landsat imagery. Remote Sensing of Environment, 175, 29-41.
- 5 Кулаева, О. Н., Масленников, П. В., & Киреев, М. Н. (2013). Применение дистанционного зондирования в мониторинге лесных ресурсов. Лесной журнал, 1, 27-33.
- 6 Шепелев, А. А., & Ханенко, Н. Ф. (2019). Мониторинг лесных ресурсов на основе обработки аэрофотоснимков. Лесоведение и лесное хозяйство, 1, 80- 88
- 7 "Создание системы мониторинга использования лесов на основе ДЗЗ в Республике Казахстан" (2016) А. А. Токбай, А. К. Сабыров, Н. Б. Байжанова, М. М. Байбосынова, Д. Ж. Нурахметова, К. С. Кундыкова, Н. Ж. Кожемякова
- 8 Зверева С.В., Романов Д.А. Применение геоинформационных систем для мониторинга лесных ресурсов // Лесное хозяйство. 2013. № 5. С. 41-45.
- 9 Муравьев И.А., Гуляева А.Н., Семенов А.В. Использование геоинформационных технологий для мониторинга лесов на примере Центральной России // Научный вестник Лесного инженерного университета. 2019. Т. 34. № 2. С. 143-151.
- 10 ESRI. ArcGIS Desktop Help 10.1. Redlands, California: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2013.
- 11 «Қазақстан Ғарыш Сапары» Ұлттық компаниясы» Акционерлік қоғамының ресми сайты
- 12 Едигерев А.Н., Жунисбекова А.М., Борисов А.Н. и др. Мониторинг лесов Казахстана с использованием данных дистанционного зондирования. // Лесоведение и лесовое хозяйство. - 2017. - № 3. - С. 21-32.
- 13 Абдуллин, А. Ш., & Абдуллина, Д. А. (2015). Применение геоинформационных систем и дистанционного зондирования для мониторинга лесов и природных ресурсов Казахстана. Научный журнал КубГАУ, (109), 1-15.
- 14 Verburg, P. H., & Veldkamp, A. (2015). Methods and approaches to modelling the Anthropocene. Regional Environmental Change, 15(4), 527-531. 54
- 15 Singh, A. (2016). Digital change detection techniques using remotely-sensed data. International Journal of Remote Sensing, 37(1), 198-221.
- 16 Коротков, В. А. (2016). Программное обеспечение геоинформационных систем и технологий. Учебник для вузов. М.: Издательство Юрайт.

- 17 Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18-27.
- 18 Голуб, В. В., & Сальников, А. И. (2016). Геоинформационные системы: учебное пособие. СПб.: Издательство Питер.
- 19 Иванов, В. В. (2014). Мониторинг экологического состояния территории на основе использования геоинформационных систем. *Вестник НГТУ*, 1(49), 110-117.
- 20 Шығыс Қазақстан облысының веб-порталы
- 21 European Space Agency. Sentinel-2 User Handbook. Version 3.1. June 2020.
- 22 Рузаева, Л. М., & Мухутдинов, Х. Р. (2015). Мониторинг зеленой массы растительности методом NDVI на примере г. Казани. *Вестник Казанского технологического университета*, 18(16), 93-95.
- 23 Голубев, В. (2013). ГИС-технологии в геоэкологии и экологическом мониторинге. *Техносфера*, (4), 14-18.
- 24 ГеоМатика. (2015). ГИС-технологии и дистанционное зондирование для решения задач лесопользования.
- 25 "Using ArcGIS for Environmental Impact Assessment" by Keith B. Anderson and Bradley A. Shellito (CRC Press, 2013)
- 26 "Introduction to GIS with ArcGIS Pro" by Kelleher, G. and Tierney, J. (CRC Press, 2019)
- 27 Шумилова, Т.В. Программа ArcGIS как инструмент пространственного анализа ландшафтов / Т.В. Шумилова, Н.Н. Максимова // *Известия Томского политехнического университета. Геология. Геофизика.* – 2013. – Т. 324, № 9. – С. 95-101.
- 28 ArcGIS бағдарламасының ресми сайты
- 29 ArcGIS Desktop Help 10.8 бағдарламаның құжатнамасы
- 30 Planet.com сайтының ресми сайты
- 31 ArcGIS online ресми сайты
- 32 "ArcGIS by Example" by Hussein Nasser (2013)

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Бекіш Ұлпан

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Орман шаруашылығы міндеттерінде Жерді қашықтықтан зондтау деректерін пайдалану

Научный руководитель: Канай Рысбеков

Коэффициент Подобия 1: 8

Коэффициент Подобия 2: 4

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 1

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



Заведующий кафедрой