



ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДТАУ
ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ
REMOTE SENSING

DOI 10.51885/1561-4212_2023_2_74
MFTAA 89.57.35

А.Е. Жакупова¹, Д.С. Турехан¹, Ж.М. Рамазанова², Д.М. Калманова¹, Д.М. Қалибеков¹

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан

E-mail: mira7906@mail.ru

E-mail: Dana_nur012706@mail.ru

E-mail: dinara_kalmanova@mail.ru

E-mail: kalibekov_dm@mail.ru

²С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., Қазақстан

E-mail: zhas2003@mail.ru

**ЖЕРДІ ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДТАУ АРҚЫЛЫ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫНДА
ДӘНДІ-ДАҚЫЛДАРДЫ АНЫҚТАУДА ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН ЖЕРДІҢ ЖАСАНДЫ
СЕРІГІНІҢ КӨМЕГІМЕН БАҒА БЕРУДІ ЗЕРТТЕУ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ СПУТНИКОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ
ДЗЗ**

**ASSESSMENT STUDY USING AN ARTIFICIAL SATELLITE OF THE EARTH,
WHICH IS USED IN THE DETERMINATION OF GRAIN CROPS IN AGRICULTURE BY
REMOTE SENSING OF THE EARTH**

Аңдатпа. Қазіргі уақытта ғарыштық мониторинг ақпараттық әлемде үлкен қарқын алуда, соңғы 70 жылда кеңістіктік ажыратымдылығы өте жоғары түсірілім құрылғылары орнатылған ғарыш аппараттары пайда болды. Бұл дамушы сала – Жерді қашықтықтан зондтау деп аталады. ЖҚЗ өзектілігі ретінде белгілі бір елді мекендерде жерді дұрыс пайдаланумен байланысты проблемаларды шешеді, яғни мемлекеттік, сондай-ақ экономикалық салада жұмысты жеңілдетеді.

Қазақстанда ғарыш қызметі соңғы онжылдықтарда ғарыш аппараттарын жобалау тұрғысынан жақсы дами бастады. Ауыл шаруашылығы өндірісі Қазақстандағы мониторинг қазіргі дамудың басты бағыты болып келеді. Фермерлік шаруашылықты өзектендіру және жерді пайдалануды жүйелеу – агроөнеркәсіптің негізгі өзегі болып табылады. Қазіргі уақытта агроөнеркәсіптік өндіріске үздіксіз бақылау және жерді дұрыс пайдалануды қадағалау қажет. Қазақстан Республикасының солтүстік бөлігінде ірі дәнді дақылдар мен мал шаруашылығы кешені сияқты шаруашылықтар неғұрлым қолайлы болып табылады, ал елдің оңтүстік бөлігіне шағын және орташа шаруашылықтар тән.

Зерттеу нысандары Солтүстік Қазақстанның аудандары (Тереңкөл және Павлодар) болып табылады.

Зерттеудің мақсаты – ГАЖ бағдарламасын қолдана отырып, Павлодар облысының белгілі бір аймағына өсімдік жамылғысының вегетациясына талдау жасау, осы аймақтағы пайдалануға берілген ауылшаруашылық жерлеріне баға беру, сондай-ақ өсімдіктердің даму динамикасын бағалау және 2019 жылдан 2021 жылдар аралығындағы жер жағдайының өзгеруін анықтау.

Түйін сөздер: мониторинг, ЖҚЗ, ГАЖ технологиялары, ғарыштық суреттер.

Аннотация. Сейчас космический мониторинг берет большие обороты в современно-информационном мире, за последние 70 лет появились такие космические аппараты, в котором установили съёмочные устройства со сверхвысоким пространственным разрешением. Эта развивающаяся отрасль называется дистанционное зондирование Земли. Актуальность ДЗЗ является тем, что она решает проблемы, связанные

с правильным использованием земель на определенных населенных пунктах, то есть облегчает работу в государственной, а также экономической сферах.

В Казахстане космическая деятельность начала хорошо развиваться за последние десятилетия в плане проектировки космических аппаратов и вместе с этим развитие по мониторингу не обошла стороной. Сельскохозяйственные производства – это главная из направлений мониторинга в Казахстане. Основное – это актуализация фермерского хозяйства и систематизация землепользования. В настоящее время, в агропроизводстве необходим постоянный контроль и наблюдение по правильному использованию земель. На северной части Республики Казахстан более подходящим являются такие хозяйства как крупные зерновые культуры и животноводческий комплекс, а в южной части страны характерны мелкие и средние производства.

Объектами исследования являются районы северного Казахстана (Теренкольский и Павлодарский).

Цель исследования – это проделать анализ определенной местности Павлодарской области на вегетацию растительного покрова, применяя ГИС программу, сделать оценку на использование земель сельхозугодий в этой местности, а также оценить динамику развития растительности и выявить изменение состояния земель в период от 2019 года по 2021 год.

Ключевые слова: мониторинг, ДЗЗ, ГИС технологии, космические снимки.

Abstract. Nowadays space monitoring is taking great momentum in the modern information world, over the past 70 years, such spacecraft have appeared, in which filming devices with ultra-high spatial resolution have been installed. This developing branch is called remote sensing of the Earth. The relevance of remote sensing is that it deals with an issue of proper use of land in certain localities, that is, it facilitates work in the field of state, as well as economic.

In Kazakhstan, space activities have begun to develop well over the past decades in terms of designing spacecraft, the development of monitoring has not been spared. Monitoring in Kazakhstan is now the main part of all development, one of the country's developments is agricultural production. Enterprises of this type are the actualization of farming and the systematization of land use. Currently, enterprises in agricultural production have the need for constant monitoring and supervision of the proper use of land. In the northern part of the Republic of Kazakhstan, such farms as large grain crops and a livestock complex are more suitable, and in the southern part of the country, small and closer to average production are characteristic.

The regions of northern Kazakhstan (Terenkolsky and Pavlodar) were studied.

Certain areas of the Pavlodar region for vegetation were analyzed, using a GIS program, to make an assessment for the use of farmland in this area, as well as to assess the dynamics of vegetation development and identify changes of the land during the month of July from 2019 to 2021.

Keywords: monitoring, remote sensing, GIS technologies, satellite images.

Кіріспе. Жалпы алғанда, ғарыш аппараттары экономикалық салаларда да, саяси салаларда да басқа да мүдделер жүргізіліп жатқан әртүрлі салаларда ақпарат алудың өте тиімді және қолайлы тәсілі болып табылады. Ғарыш аймағының бағыттарының бірі – Жерді қашықтықтан зондтау жүйелерінің деректерін пайдалану болып табылады. Бұл бағыт Жер бетін бақылау үшін ең оңтайлы болып табылады. Жерді қашықтықтан зерттеу (ЖҚЗ) деректерін ғана емес, сонымен қатар геоақпараттық жүйелер (ГАЖ) технологиясын қолдана отырып, ауыл шаруашылығы бағытындағы жерлерді мониторингтеу болып табылады. Агроөнеркәсіптің даму деңгейін жақсарту үшін деректерді алу және осы ақпаратты өндеуде ең жақсы тәсілдерді қолдану тиімдірек. Осылайша үлкен дәлдікпен қамтамасыз ететін ақпараттық технологиялар құпталады. Ауылшаруашылық дақылдарының нәтижелерін алуға арналған ақпараттық құралдар дақылдарды қалыптастыру, жинау уақыты және сол сияқты операцияларды бақылауға тиімді салалардың бірі ретінде қалыптасқан [1].

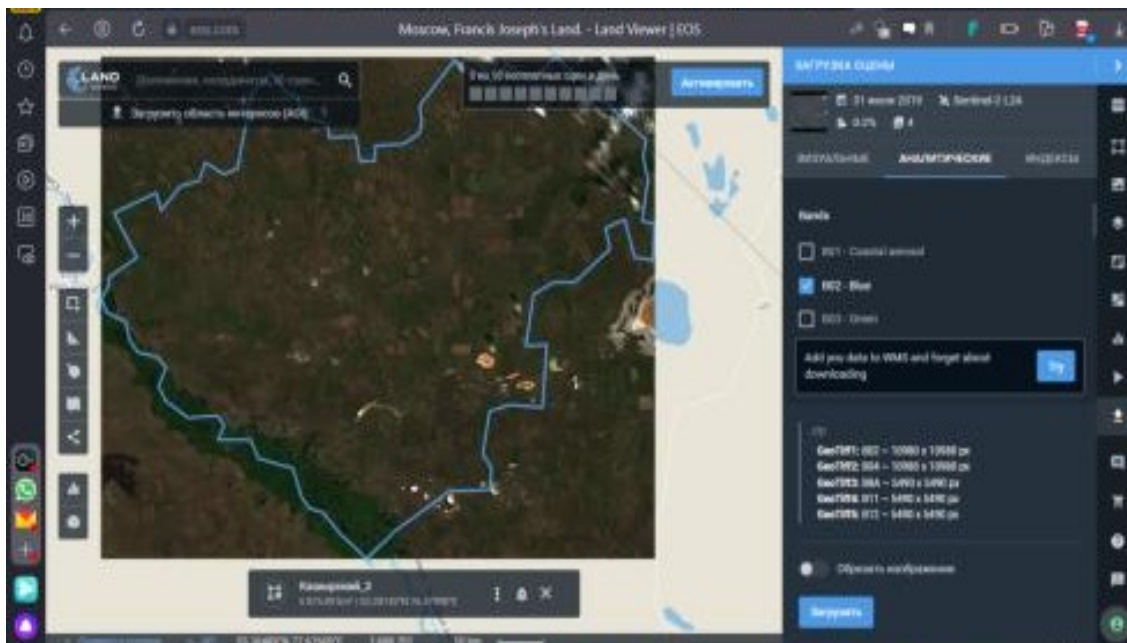
Бұл мақалада Павлодар облысындағы (Тереңкөл және Павлодар аудандары) қашықтықтан зондтау және ГАЖ жүйелерінің деректерін пайдалана отырып, жердің деградациясы процесінде әртүрлі дақылдар үшін ауыл шаруашылығы алқаптарының жерлерін бақылау және бағалау мониторинг тәсілдерінің бірі талданды. Жалпы, жерді жақсы бақылау үшін кеңістіктік ажыратымдылықтағы аэроғарыштық суреттер ең жақсы әдіс болып табылады, олар, мысалы, арнайы ЖҚЗ аппаратурасы бар төмен Жер орбитасындағы спутниктермен қамтамасыз етіледі.

Жерді қашықтықтан зондтау – бұл жерді алыс қашықтықтан бағалау, яғни жер бетін ғарыштан немесе жерден белгілі бір биіктіктен авиациялық аппараттардың көмектерімен талдау жасау. Қашықтықтан зондтау деректерінің технологияларының арқасында ландшафттар мен ғимараттарды картаға түсіру жұмыстары, сондай-ақ табиғатты пайдалануды бақылау және жалпы әлемнің өзара әрекеттесуінің өзгеруі дамып келеді. ЖҚЗ деректері 2 негізгі әдістер арқылы алынады – бұл пассивті және активті әдістер. Осы екі түрдің айырмашылығы – пассивті түрі табиғи шағылысуды қолданады немесе басқаша айтқанда, зондтау күн радиациясынан туындайды. Ал зондтаудың активті түрі жасанды сәулеленуден алынады, өйткені кейбір деректерді табиғи сәулелену арқылы алу мүмкін емес, атмосфералық шудың әртүрлі түрлері қабылданған деректерге әсер етуі мүмкін. Ғарыш аппараттарының шығарылатын түсірілім жүйесінің толқын ұзындығының диапазоны көрінетін оптикалық толқындардан, дәлірек айтқанда микрометрлерден метрмен өлшенетін үлкен радиотолқындарға дейін алынады. Жоғарыда айтылғандай, зондтау әдістері атмосфералық шудың әсерінен сипатталады, алынған зондтау деректерін жақсарту үшін ұшатын аппараттар (ҰА) жүйелерін пассивті және белсенді қолданудың әртүрлі диапазондарында электромагниттік толқындардың көп арналы спектрлері қолданылады [2].

Жер ресурстарын зерттеудегі жұмыстар үшін және жерді пайдалануды талдау үшін ҰА-дағы радиолокациялық және оптикалық жүйелер негізделеді. Бұл жұмыста таңдалған аймақтың жер пайдалануын бағалау және талдау үшін орташа ажыратымдылықтағы оптикалық бағыттағы аппараттар қолданылды [3].

Қашықтықтан зондтаудың артықшылықтарын тізімдей отырып, деректерді қабылдау мүмкіндігі бар екенін қосуға болады, сонымен қатар, бұл деректерді электромагниттік спектрдің әртүрлі диапазондарында жіберуге болады [4-5]. Белгілі бір ауылшаруашылық бағыттары бойынша дақылдармен айналысатын кейбір аудандар топырақ пен өсімдік жамылғысының проблемаларына тап болады. Қазіргі уақытта мұндай проблемалар белгілі бір уақыт аралығында өсімдік жамылғысының өсу динамикасын бақылау негізінде шешіледі. Жер бетінің белгілі бір беттерінің өткен деректерінде осы уақытта қойылған міндеттерді талдау бойынша, жер жамылғысы мен өсімдік жамылғысының жай-күйі бойынша деректер ұсынылмаған [6]. Мониторингте анықталған міндеттердің оң нәтижелерін алу үшін Коперникус тобының «Sentinel 2A» ғарыштық спутнигінің оптикалық түсірілім жүйелерін Жерді бақылау үшін қолданылды. Спутник 2015 жылы 23 маусымда ұшырылды. Жер заңнамасының деректерін ұсынуға арналған «Sentinel 2» еуропалық аппаратының жерсеріктік жүйесі өз параметрлері бойынша қолайлы. Біріншіден, спутниктер күн синхронды орбитада орналасқандықтан, бұл ауылшаруашылық жерлерін зерттеуге ыңғайлы орналасу арқылы түсірілім әрекетіне жақсы әсер етеді. Бұл ғарыш кемесі жоғары кеңістіктік ажыратымдылықтағы қашықтықтан зондтау жүйесі, сондай-ақ көп спектрлі түсіру жүйесі сияқты пайдалы жүктеме технологияларымен жабдықталған. «Sentinel 2» әсіресе ауыл шаруашылығын зерттеу, сондай-ақ жерді жіктеу және Антарктиданың беттерін қоспағанда, құрғақ аралдарды зерттеуде өте көрнекі. Мұндай миссия, әдетте, ең жақсы жағдайда орындалады, мысалы, жабдықталған ЖҚЗ жүйелері сияқты екі аппаратты 5 күнде қайта қараумен топтастыру қажет болады. Салыстырмалы талдау үшін мен «Landsat 8» және SPOT спутнигін ескердім. Біреуі суреттерді 16 күндік қайта қарауда, екіншісі 26 күндік қайта қарауда ұсынылады. «Sentinel 2» спутнигін зерттеу үшін таңдалған үлкен артықшылық Landsat немесе SPOT миссияларына қарағанда жердің толық бетін қамту қолжетімді екендігіне негізделген. Жалпы, Sentinel спутниктері осы спутниктерге қосымша болып табылады [7-8]. Оптикалық түсірілімдердің негізгі жүйесі сканерлік жабдықтар болғандықтан,

атмосфералық газдар, озон және кейбір аэрозольдер сияқты ауа-райы жағдайлары жоғары сапалы кадрларды алуға кедергі келтіреді. Жұмыс үшін қол жетімді eos.landviewer.com дереккөзі және жерсеріктік кескіндерді талдау үшін «Sentinel 2-L2a» спутнигінен алынған кескіндер қолданылады (1-сурет).



1-сурет. LandViewer.com сервисінде жұмыс істеу процесі

«Sentinel 2» ЖҚЗ спутниктік жүйесі арқылы берілетін есептерді шешу үшін деректерді пайдаланған кезде бұлттылық параметрлері көрсетіледі, бұлттылықтың аз көрсеткішін таңдаймыз. Алға қойылған мақсат бойынша, біз таңдаған жергілікті аймақ – Солтүстік Қазақстанның аудандары, Теренкөл және Павлодар аудандары, деректер көзінің негізі eos.landviewer.com. суреттерді іздеу KML форматының шекаралары бойынша жүреді [9-10]. Жер асты суреттерін өңдеу үшін жер жамылғысы мен өсімдік жамылғысын талдаудың бірқатар міндеттерін шешу үшін геоақпараттық жүйелер әдісі таңдалды. Жалпы түсіну үшін геоақпараттық жүйелер аймақты пайдалануды зерттеуде және топографиялық карталарды құруда, сондай-ақ навигациялық жүйелер үшін және көптеген салаларда осындай қажеттіліктер үшін қол жетімді және жеңіл механизм ретінде танымал болды. Қазіргі уақытта, ГАЖ күнделікті өмірде де қолданылады, мысалы, кез-келген объектілердің орналасқан жері немесе адам орналасқан жері көрсетілген ең көп таралған ақпараттық стенд [11]. ГАЖ-бұл сандық форматта түрлендірілген деректерді білдіретін кеңістіктік деректерге арналған бағдарламалық жасақтама. Кеңістіктік немесе басқаша айтқанда, географиялық деректерде ендік пен бойлық түріндегі объектілер туралы ақпарат бар. Осылайша, векторлық және растрлық деректер құрылады, олар кейіннен жер кадастрының оң нәтижелерін алу мақсатында ГАЖ бағдарламаларында қолданылады. Векторлық деректер мен растрлық деректер арасындағы айырмашылық векторлық ақпаратта деректер нүктелерді, сызықтарды немесе белгілі бір көпбұрыштарды білдіретін координаттарға (x, y) негізделеді. Растрлық деректерде векторлау жүрмейді, яғни растрлық деректер жерсеріктік түсірілім жүйелерін ұсынады. Қашықтықтан зондау жүйелерінің ғарыш аппараттары ғарыштық суреттерді

шығарады. Нәтижесінде, бұл кескіндер тор түрінде сақталады және бұл растрлық кескіндер деп аталады. Спутниктік кескіндер тек арнайы бағдарламаларда қарастырылады, көрнекі мысал үшін ГАЖ жүйелерінің бағдарламалық жасақтамасын алуға болады. Қашықтықтан зондтаумен жабдықталған спутниктерде 1-2 метрлік жоғары ажыратымдылықтағы пикселдерде де, 10-20 метрлік орташа ажыратымдылықта да әртүрлі кеңістіктік ажыратымдылықтағы жүйелер бар [12]. Ауыл шаруашылығы агрокешеніндегі ГАЖ технологиясы барлық мәселелер мен міндеттерді шешудің тиімді бөлігі ретінде негізделеді. Осылайша, агроөнеркәсіптегі ГАЖ жүйелерінің сипаттамасы «Радикс-Тулс» ЖШС бағалауы бойынша бірнеше айналымға бөлінеді:

1. Ақпараттық құралдарды қолдау
2. Жерді пайдалануды одан әрі жоспарлау
3. Егіс және операция жағдайын бақылау
4. Болашақ егін мен дақылдардың шығынын бағалау
5. Жүргізілген операциялар мониторингі және атқарылған жұмыстарды талдау.

Осындай бірқатар бағыттар QGIS, ARCGIS, ERDAS IMAGINE және ұқсас бағдарламалық қамтамасыз ету сияқты геоақпараттық жүйелердің бағдарламалық жасақтамасын оң нәтижелермен қамтамасыз етеді [13-14].

Жоғарыда айтылғандай, әлемде ГАЖ технологиялары қазір үлкен тенденцияға ие және осы салада көптеген бағдарламалар бар, сондықтан ауылшаруашылық кәсіпорнының жер мәселелерін шешу үшін ArcGIS таңдалды. Жалпы, барлық ГАЖ бағдарламаларының бір-бірінен ерекшеленетін белгілері бар. Бүкіл әлем бойынша бір бағыттағы ГАЖ бағдарламасын пайдалану қате болады, өйткені барлық бағдарламаларда нақты ақпарат жоқ. Көрнекі мысал үшін біз ауылшаруашылық өндірісінің жақсартылған деңгейін жүзеге асыру үшін тыңайтқыштардың мөлшерін бақылауды қажет ететін дақылдарға арналған жер пайдаланушыларының мәселелерін қарастыра аламыз. Агрохимияда жұмыс істейтін адамдар үшін ГАЖ деректерді талдауға, сол арқылы өңдеуге, соның ішінде жұмыс туралы есеп беруге мүмкіндік береді.

Әрі қарай, ГАЖ артықшылықтарына келесі міндеттерді жатқызуға болады, мысалы, жерді мақсатты пайдалануды бақылау, дақылдарды өнімділікке болжау, егін мен өсімдік жамылғысына операцияны тексеру және сол сияқты параметрлер [15]. Бағдарламаны ESRI компаниясы құрған, Python бағдарламалау тілінде. ArcGIS геоақпараттық платформасы фермерлік шаруашылықтың да, агрохолдингтің де ГАЖ іске қосуға мүмкіндік береді. ArcGIS келесі факторларды көрсетеді:

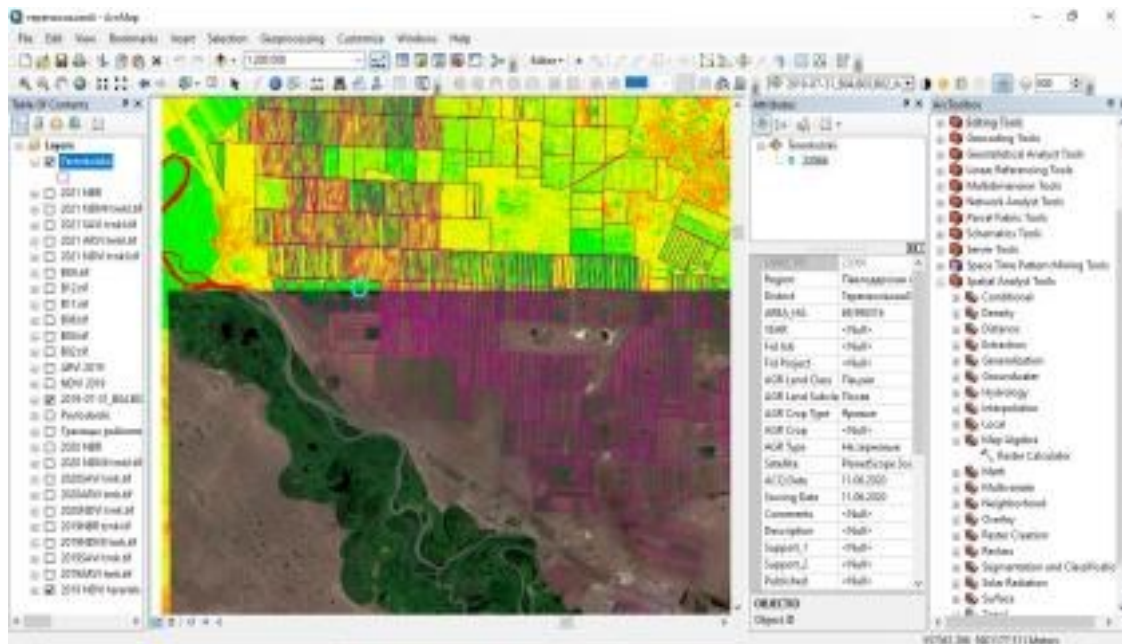
- Карталар жасаңыз және карталарды географиялық мақсатта пайдалану
- Географиялық деректерді құрастыру
- Спутниктік деректерді талдаудың белгілі бір міндеттерін жүзеге асыру
- Онлайн карталарды жобалау
- Геодеректер базасын басқару
- БҚ-да ақпаратпен алмасу

ArcGIS көмегімен дайындалған карталар ақпаратты көрсету арқылы және оның сұрауларды қолдау, талдау, жоспарлау және басқару үшін жұмыста пайдаланады. Бұл ArcGIS бағдарламасындағы басты мәселе: карталар ГАЖ жұмысының соңғы өнімі және осындай жұмыстың құралы болып табылады. ArcGIS жұмыс үстелі және сервер болып бөлінеді. Жұмыс үшін қолданылатын дақылдарды зерттеу серверлік бағыт болып табылады. Ауылшаруашылық дақылдарының көптеген компаниялары, мысалы, АгроТерра, Агро-Инвест және т.б., сондай-ақ фермерлер жерінің осы бағдарламалық жасақтаманы пайдаланады. Бұл ГАЖ жүйесінде кемшіліктерге қарағанда көптеген артықшылықтар бар, мысалы, ArcGIS-те дақылдардың өсімдік жамылғысын талдауға және бағалауға

арналған компоненттер бар. Бұл компоненттер өсімдік жамылғысының вегетациялық кезеңін бақылауға көмектеседі [16]:

- Мониторинг кезінде ЖҚЗ күнделікті деректері
- Ғарыштық суреттерді өңдеуге арналған құралдар жиынтығы
- Математикалық алгоритм бойынша әртүрлі құралдар
- Ақпаратты көруге ыңғайлы интерфейс

2-суретте кеңістіктік деректермен жұмыс істеу процесінде осы бағдарламалық жасақтаманың интерфейсі көрсетілген.



2-сурет. Бағдарламалық жасақтамадағы спектрлік деректер қабаттарымен жұмыс істеу процесі

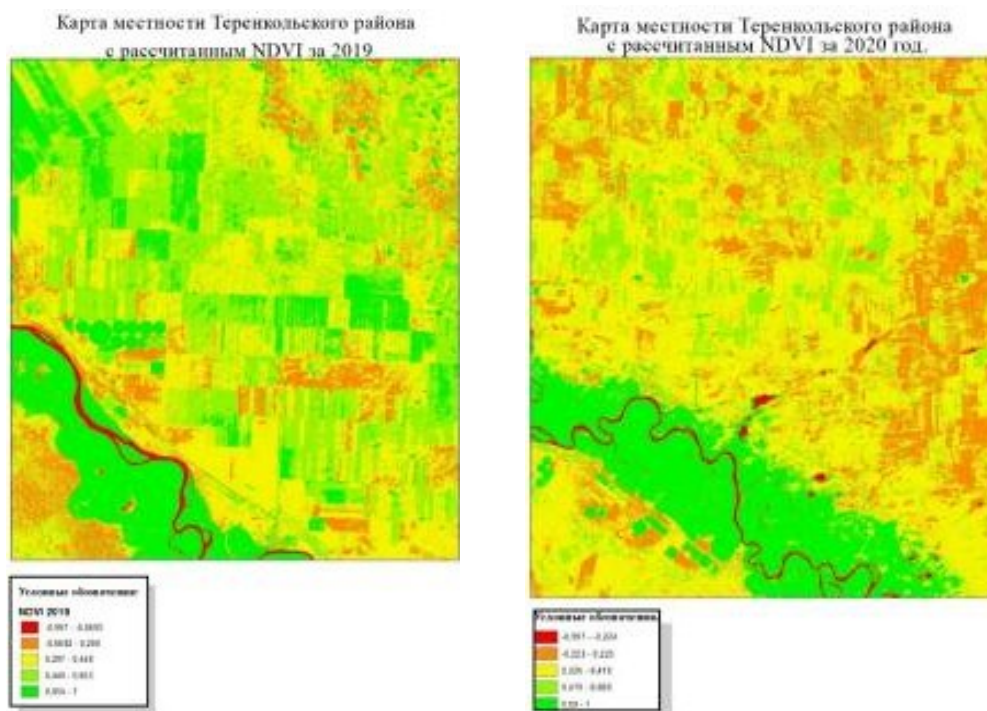
«Sentinel 2 L2A» спутнигінің ЖҚЗ деректері бойынша объектілердің өнімділік динамикасын салыстырмалы талдау үшін мен 5 вегетациялық индексті таңдадым: нормаланған вегетациялық индекс – NDVI, атмосфераға төзімді вегетациялық индекс – ARVI, топырақты түзететін өсімдік индексі – SAVI, ылғалдылық айырмашылығының стандартталған индексі – NDMI, күйдіру коэффициентінің стандартталған индексі – NBR [17-18].

Бұл жұмыста бірнеше индекстік көрсеткіштер қолданылды [11], мысалы, NDVI вегетативті өсімдіктерді зерттеу үшін қолданылатын ең кең таралған және кең таралған әдіс. Бұл индекстің тұжырымдамасы қызыл және жақын инфрақызыл спектрдің қосындысы мен айырмашылығын білдіреді.

$$NDVI = \frac{B08 - B04}{B08 + B04} \quad (1)$$

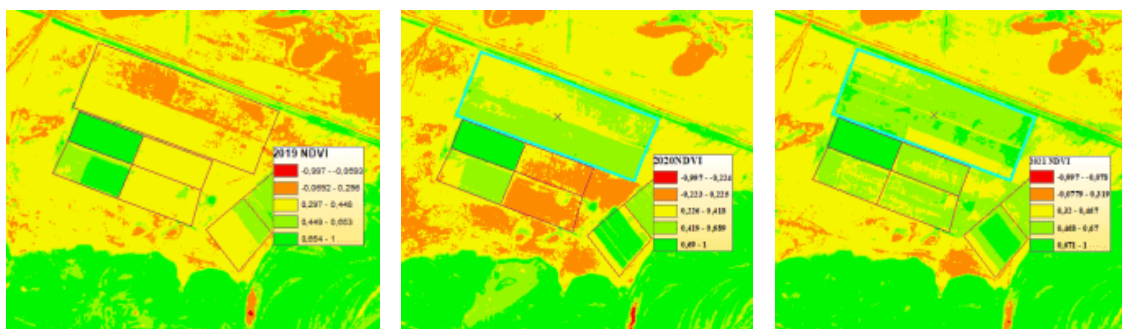
мұндағы B08 – NIR жақын инфрақызыл спектр аймағындағы шағылысу; B04-қызыл спектр аймағындағы шағылысу.

Спектрдің қызыл аймағында күн радиациясының максималды сіңуі көрсетілген. Осылайша, ArcGIS бағдарламалық жасақтамасында осы формуланы өңдеуде растрлық калькуляторда қолданды және NDVI нәтижелерін алды (3-сурет):



3-сурет. Теренкөл ауданының 2019 жылғы және 2020 жылғы шілдедегі есептелген нормаланған вегетациялық индексі

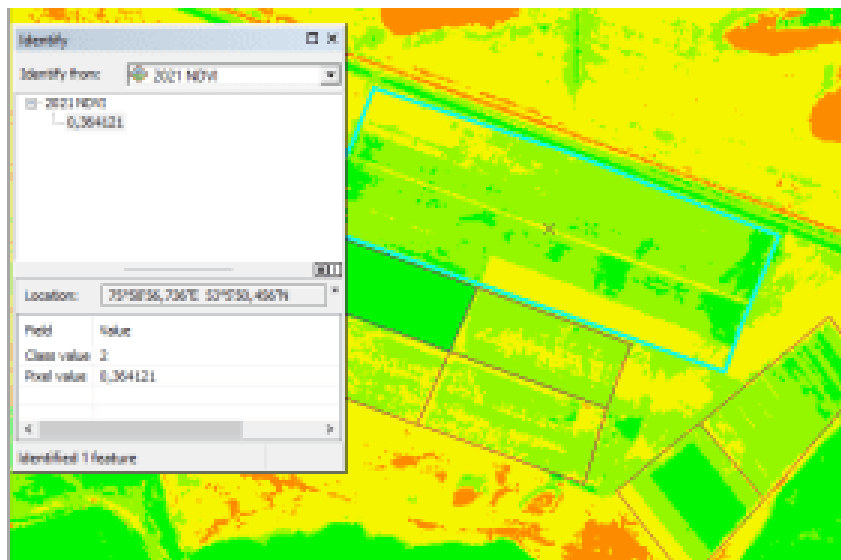
Мұнда өсімдік жамылғысы 2019 жылдың шілдесінде белсенді болғанын және келесі жылы өсімдік жамылғысы нашарлағанын көруге болады. 2019 жылғы NDVI орташа көрсеткіші белгілі бір дақылдар алқаптарында шамамен 0,45-0,78 құрайды, ал 2020 жылдың шілдесінде бұл алқаптарда индекс көрсеткіші шамамен -0,35 – 0,56 болды. Вегетациялық индексі бар өсімдік динамикасын бағалауға толығырақ салыстырмалы талдау жүргізейік, Теренкөл ауданының күнбағыс дақылы бар бір полигонын таңдадық, объектінің координаты 75°58 '736"E 53°5' 456 " N. 4-суретте 2019-2021 жылдар кезеңінде вегетациялық индекс деңгейін көруге болады.



4-сурет. Вегетациялық индекс динамикасы

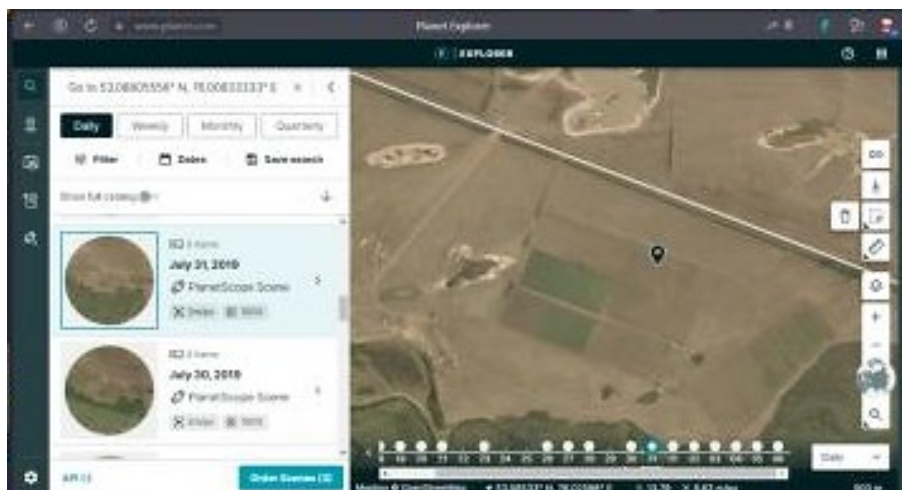
Келесі 5-суретте белгілі бір қабаттың нүктелік координаттарын анықтайтын identify құралы көрсетілген, сонымен қатар жоғарыда көрсетілген формула бойынша есептелген индекстің пиксель мәнін білдіреді. 2019 жылдың шілдесінде бұл полигондағы NDVI

көрсеткіші шамамен 0,3 мәнінен аспайды, яғни бұл уақытта өсімдіктің өсуі орташадан төмен болды, ал 2020 жылы шілдеде өсімдік жамылғысы жоғары деңгейде, индекс мәні 0,4-тен төмен емес. 2020 жылы өсімдік деңгейі жақсарды, 2021 жылы спутниктік деректермен өңделген индекс 0,6-дан жоғары екенін байқауға болады.



5-сурет. ArcGIS бағдарламалық жасақтамағындағы индикатор құралының мысалы

Осылайша, вегетативті өсімдіктің ақпаратымен сіз егін жинау процестерін бақылай аласыз немесе өсімдік жамылғысын бақылай аласыз. Келесідей нәтижелердің дұрыстығы үшін мен planet.com платформасында мониторинг жүргізіп, вегетациялық индекс деректерімен суретті талдау 2019 жылы шілде айында қаралды (6-сурет).



6-сурет. Planet.com сервисі

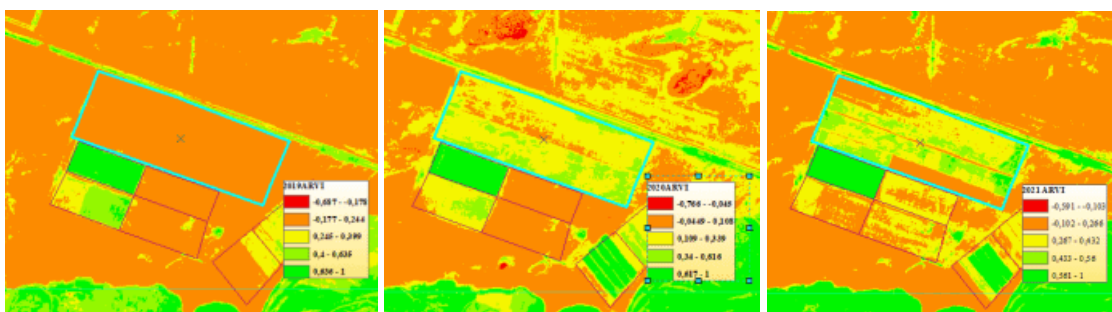
Өсімдік мәдениетінің динамикасының келесі салыстырмалы индексі ARVI болып табылады. Бұл көрсеткіш алдыңғы индекспен ерекше байланысқа ие, яғни ол қалыпқа келтірілген вегетациялық индекске қосымша ретінде жүреді. Тандалған әдіс атмосфе-

ралық шудың тұрақтылығына жақсарады, яғни шаң немесе тұман сияқты факторлар және өңдеуде мәндермен айқынырақ көрінеді. Формула бойынша салыстырмалы түрде NDVI күрделі түрде ие:

$$ARVI = \frac{B08 - (2 * B04) + B02}{B08 + (2 * B04) + B02} \quad (2)$$

мұндағы B02-спектрдің көк диапазонында, электртолқын ұзындығы 380 нм-ден 500нм-ге дейін.

Келесі экрандарда (7-сурет) Sentinel 2 спутнигінің ЖҚЗ деректері үшін ARVI формуласы бойынша өңделген деректер көрсетілген. Зерттеу үшін күнбағыспен бірдей полигон бар, кейінгі талдау үшін бірдей координаталық сипаттамасы бар. Мұнда өңделген суреттер айқын және дәл анықталды, сонымен қатар, бұл индекс өсімдік жамылғысын егжей-тегжейлі және қарама-қарсы сипаттайды, осылайша мәндер төмендейді. Талдау 2019 және 2020 жылдармен салыстырғанда 2019 жылы өсімдік жамылғысы өте төмен, шамамен 0,1 көрсеткіші бар екенін көрсетеді. Бірте-бірте атмосфераға төзімді индекс мәнінің деңгейі 2021 жылға дейін артады. Осы нәтижемен өсімдіктердің бұл көрсеткішін тек жылдарға ғана емес, сонымен қатар кейбір мәдени операцияларды жоспарлау үшін айлардың ұзақтығына да қолдануға болады.



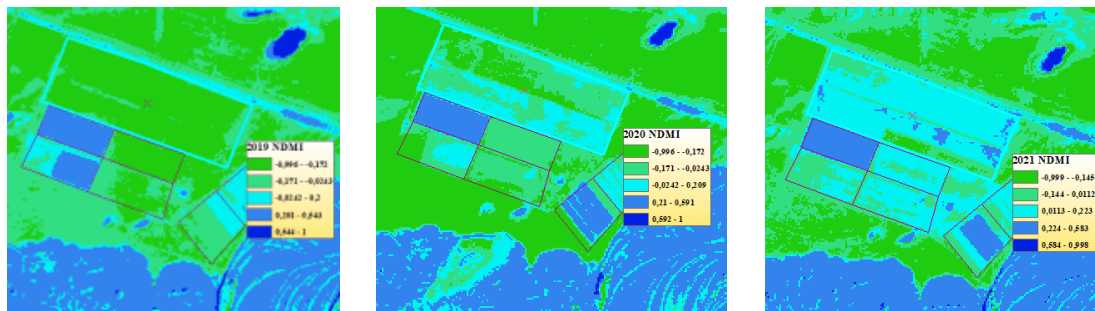
7-сурет. Вегетациялық индекс динамикасы

Келесі кезекте, осы зерттеу жұмысында ndmi қысқаша атауындағы ылғалдылық индексі қолданылды, онда көрсеткіш жер жамылғысының ылғалдылық деңгейі болып табылады. Мәдениеттің жай-күйін бақылаудың бұл әдісі құрғақшылық пен ылғалданған өсімдіктердің айырмашылықтарын бақылау шешімдерінде қолданылады. Осылайша, спектрлік толқынның орта инфрақызыл арнасының ЖҚЗ деректерін пайдалана отырып, өсімдік пен жер жамылғысының ылғал дәрежесі анықталады. Ылғалдылық көрсеткішін өңдеу үшін растрлық кескіндер үшін формула қолданылады:

$$NDMI = \frac{B08 - B11}{B08 + B11} \quad (3)$$

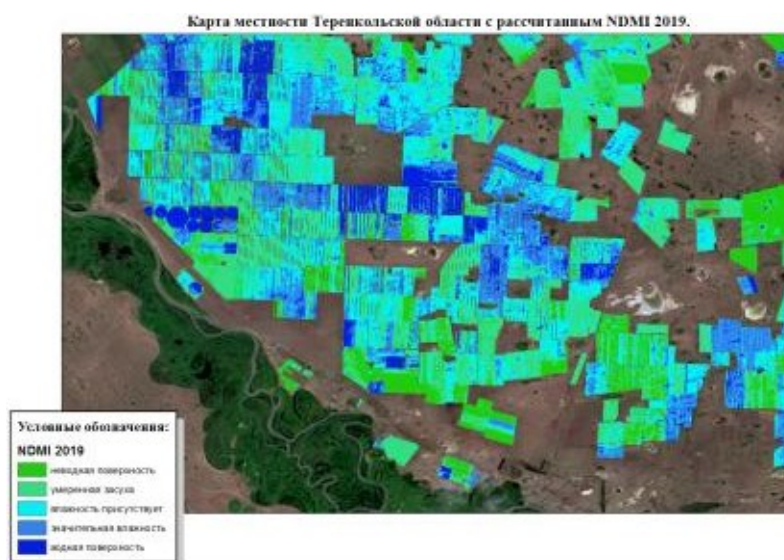
мұндағы B11-ұзындығы шамамен 1600 нм болатын swir1 қысқа толқынды инфрақызыл спектр диапазоны.

Ауыл шаруашылығы дақылдары саласында 8-суретте 2019 жылғы ылғалдылық көрсеткіші шамамен -0,1 мәнін білдіреді, осы кезеңде осы полигонда өсімдік ылғалдылығы болжанғаннан төмен, бірақ 2020 және 2021 жылдары өсімдік құрамындағы су деңгейі орташадан жоғары. Осылайша, ылғалдылық индексімен өңдеу өсімдіктердегі сенімділік пен ылғалды бақылау мәселелерін шешеді.



8-сурет. Ылғалдылық индексінің динамикасы

ArcGIS бағдарламалық жүйесі сонымен қатар Тереңкөл ауданының стандартталған ылғалдылық индексінің орналасу картасы жасалды. Есептелген индекс индексінің индикаторының карталары мамандардың өз дақылдары туралы есеп беруі үшін немесе білім беру мақсаттары үшін қолданылады (9-сурет).

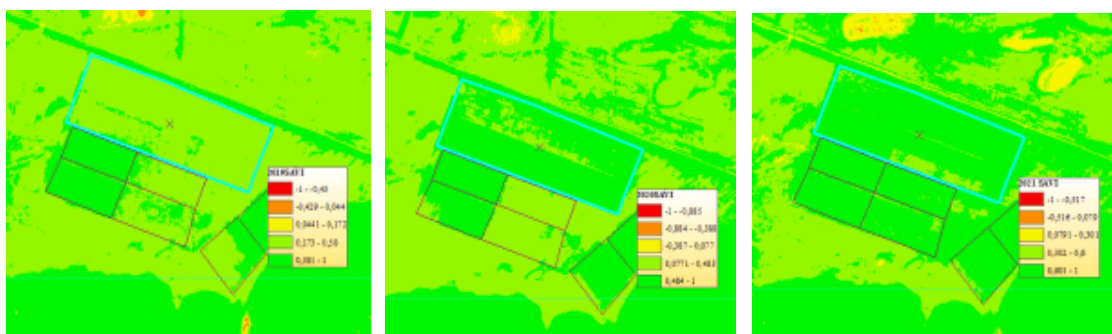


9-сурет. Компания картасы

Болашақта өсімдіктерді вегетациялық индекс бойынша талдау үшін топыраққа сезімталдығы төмен индекстің SAVI әдісі қолданылды. Формула өсімдіктердің тығыздығына негізделген және әдетте Savі индексіні қолданатын көптеген зерттеулерде тығыздықтың мәні 0,5 құрайды. Сондай-ақ, көптеген вегетациялық индекстер сияқты -1-ден бастап 1-ге дейінгі аралықта анықталады.

$$SAVI = \frac{B08 - B04}{B08 + B04 + 0,5} * 1,5 \tag{4}$$

Осы индексті тұжырымдау үшін ГАЖ бағдарламасында оптикалық бағыттағы ЖҚЗ жүйесі бар спутник жасаған қызыл және инфрақызыл спектрлі арналары бар суреттер пайдаланылды. 10-суретте көрсетілгендей, өсімдік жамылғысын бақылау және бақылау үшін кескінді өңдеудің бұл әдісі берілген тапсырмалар үшін объективті емес. Бірақ сіз осы уақытта тазалау процестерін анықтай аласыз және индексті өңдеудің жарқын контрастын талдап, осы өрістердің мәндерін қолдана отырып, осы операция туралы шешім қабылдай аласыз.



10-сурет. Спутниктік деректер бойынша нәтижелер Savi индексі

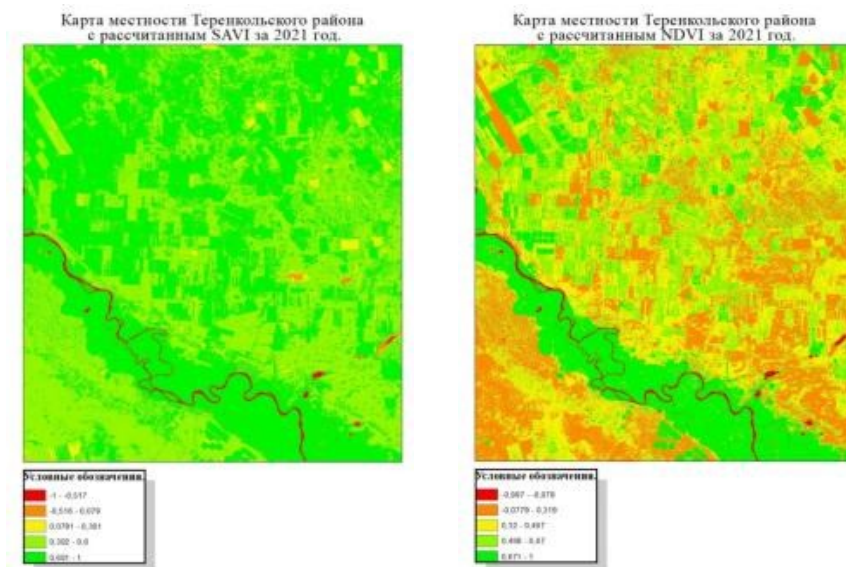
Қарастырылған индексті толық шолу үшін карта жасалды, онда жасыл реңктің контрасты ұсынылған, бұл ГАЗ жүйесінде растрлық калькуляторды қолдану нәтижесінде пайда болады. Егер NDVI индексімен салыстыратын болсақ, онда топырақты түзету индексі агроөнеркәсіп мүшелері үшін онша пайдалы емес екені анық (11-сурет).

Мәдениеттің өсімдік жамылғысын бағалау үшін SAVI индексі талдау кезінде белгілі болғандай, егер таңдалған полигонда тығыз өсімдіктер болса, тіпті тығыздығы 0-ге жақындаса да, индекс NDVI-ге ұқсас болады.

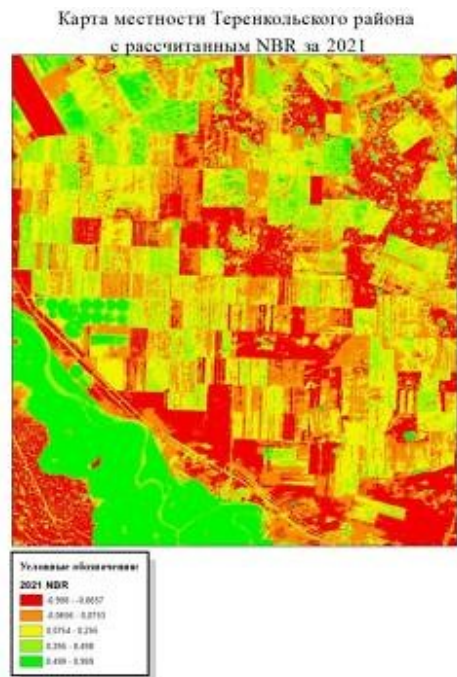
Білгалдылық пен өсімдік жамылғысы деңгейіндегі вегетациямен бірге өртке байланысты проблемаларда қажет болатын жану индексі де зерттелді. Гари индексі екеуін қолданады спектрлік арналар, мысалы, жақын инфрақызыл red edge 8 және қысқа толқынды инфрақызыл SWIR2 спектрлік диапазон.

$$NBR = \frac{B8A - B12}{B8A + B12} \tag{5}$$

Бұл жұмыста өрт кезеңдеріндегі ЖҚЗ деректерінің суреттері немесе өрт әсерінен кейінгі ауыл шаруашылығы дақылдарының жай-күйі қолданылмаған. Бірақ нәтижелер бойынша (12-сурет) бұл индексті қызыл реңктегі егіс учаскелерінсіз жер бедерінің көрсеткіші ретінде талдауға болады.

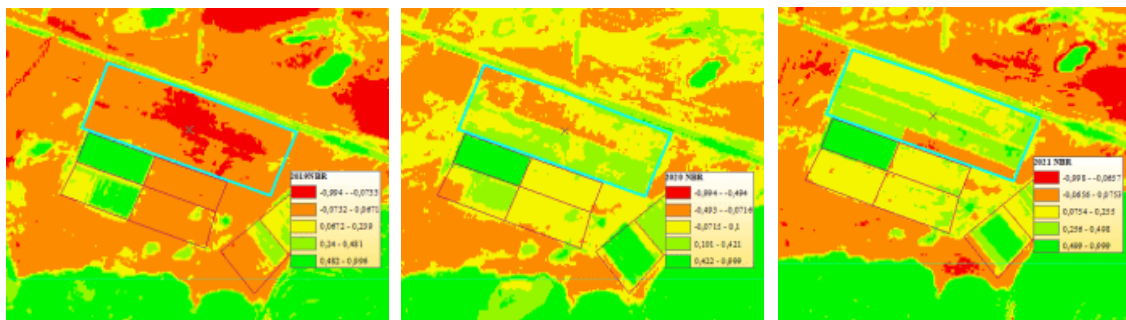


11-сурет. 2021 жылға арналған SAVI және NDVI



12-сурет. 2021 жылға арналған жану индексі

Бұл 12-суретте индекстің қолданатындығын түсіндіруге болады. Инфракызыл және қысқа толқынды спектрлер бұл дақылдардың жасыл жамылғысының сезімталдығына немқұрайлы қарайды, осылайша жасыл өсімдіктер жоқ жерде нәтижесінде ашық қызыл реңк пайда болады, осы көрсеткіштен өрттің индексі негізделеді өрттің әсерінен рельефтің зақымдану түрі. Осы индексті нақты бағалау және зерттеу үшін Теренкөл ауданының алдыңғы полигоны алынды (13-сурет). 2019 жылғы индекс индексінің бірінші фрагментінде қызыл реңк өсімдік жамылғысы жоқ рельефке ие, содан кейін келесі фрагменттерде индикатор мәнді арттырады, осылайша өсімдік жамылғысының өсіп келе жатқанын түсіндіреді.



13-сурет. 2019-2022 жылдардағы полигонының NBR индексі

Вегетациялық индекстердің басты артықшылығы – оларды алудың қарапайымдылығы және олардың көмегімен шешілетін міндеттердің кең ауқымы. Барлық осы ерекшеліктердің арқасында вегетациялық индекс карталары көбінесе ауқымды талдау жасайды [19].

Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері Жер ресурстарын басқару міндеттерін шешуде қашықтықтан зондтау әдістері мен ГАЖ технологияларының маңыздылығын анықтауға, дәлірек айтқанда, ауыл шаруашылығы өндірісінде ауыл шаруашылығы алқаптарын шаруашылық пайдалануды жоспарлауда шешімдер қабылдауды қолдау үшін мониторинг жүйесін оңтайландыруға қатысты теориялық және қолданбалы сипаттағы бірқатар жаңа заңдылықтарды анықтауға мүмкіндік берді.

Әдебиеттер тізімі

1. Савин И.Ю., Симакова М.С. Спутниковые технологии для инвентаризации и мониторинга почв в России // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.—2012. – С. 104-115.
2. Хабаров Д.А., Адиев Т.С., Попова О.О., Чугунов В.А., Кожевников В.А., Анализ современных технологий дистанционного зондирования Земли, Московский экономический журнал № 1 2019. – С. 182-183.
3. Болсуновский М.А., первый зам. генерального директора Компании «Совзонд», Россия, Перспективы развития мировой группировки и использования данных ДЗЗ 2018.
4. Токараева О.С. Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли – 2010 г.– 148 с.
5. Белоруцева Е.В. Мониторинг состояния сельскохозяйственных угодий Нечерноземной зоны Российской Федерации // сборник статей «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». – 2012. – Т. 9. – № 1. – С. 57-64.
6. Ципинова Б.С. Мониторинг земель. Учебно-методическое пособие. – Майкоп, 2016 Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 21.03.02 - «Землеустройство и кадастры».
7. Wu M., Wu C., Huang W., Niu Z. An improved high spatial and temporal data fusion approach for combining Landsat and MODIS data to generate daily synthetic Landsat imagery. - ELSEVIER SCIENCE BV, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, 2016. – P. 14-25
8. Bastiaanssen W.G.M., Noordman E.J.M., Pelgrum H., Davids G., Thoreson B.P., Allen R.G. SEBAL model with remotely sensed data to improve water resources management under actual field conditions //Journal of Irrigation and Drainage Engineering. – 2005. – 85-93
9. Сельское, лесное и рыбное хозяйство Павлодарской области, 2008 – 2012. Стат. сб. Павлодар, 2013. – 86 с.
10. Ведешин Л.А., Белоруцева Е.В. Исследования Земли из космоса на пилотируемых космических кораблях (ПКК) и долгосрочных орбитальных станциях (ДОС) // Научный журнал «Авиакосмическое приборостроение». – 2011. – № 7. – С. 27-34.
11. Пасько О.А., Захарченко А.В. Кадастровые и геоэкологические характеристики особо ценных продуктивных сельскохозяйственных, Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – № 11. С. 7-19.
12. Белоруцева Е.В. Оценка динамики и прогноз деградации сельскохозяйственных угодий Калужской области на основе данных дистанционного зондирования // Сборник научных трудов по результатам VI Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Землеустройство, кадастр и геопространственные технологии». – Москва, 2010. – С. 24-30.
13. Андрианов В.Д. ГИС в сельском хозяйстве // ARCREVIEW. Современные геоинформационные технологии. – 2004. – № 2(29). – С. 1-2.
14. Лютых Ю.А. Инновационные подходы к организации использования сельскохозяйственных земель // Вестн. КрасГАУ. – Красноярск, 2011. – № 7. – С. 90-93.
15. Сидиков, Ф. У. Геоинформационная система: перспективы, рациональное использование программного обеспечения ArcGIS // Молодой ученый. – 2012. – № 4 (39). – С. 86.
16. Scott Crosier, Bob Booth, Katy Dalton, Andy Mitchel, Kristin Clark. ArcGIS/ Начало работы в ArcGIS. Russian Translation by DATA+,Ltd 1999-2004 ESRI.
16. Komarov, A.A., Muntyan, A.N. and Suhanov, P.A. (2018). «Selection of informative indicators for remote sensing of the state of vegetation cover», Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University, vol. 52, no 3. – Pp. 64-70.
17. Губина М. В. Основы градостроительного менеджмента и мониторинга: Учеб. пособие для вузов / Губина, Мария Владимировна. – Киев: ВИРА-Р, 2013. – 247-301 с.
18. Белоруцева Е.В. Исследование динамики зарастания сельскохозяйственных угодий на основе данных дистанционного зондирования. Сборник научных трудов. Государственного университета по

землеустройству «Проблемы управления земельными ресурсами страны на современном этапе». – Алматы, 2010.

References

1. Savin I.YU., Simakova M.S. Sputnikovye tekhnologii dlya inventarizatsii i monitoringa pochv v Rossii // *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. – 2012. – P. 104-115.
2. Habarov D.A., Adiev T.S., Popova O.O., CHugunov V.A., Kozhevnikov V.A., *Analiz sovremennykh tekhnologiy distantsionnogo zondirovaniya Zemli, Moskovskij ekonomicheskij zhurnal №1 2019g*, str 182-183.
3. Bolsunovskij M.A., pervyj zam. general'nogo direktora Kompanii «Sovzond», Rossiya, *Perspektivy razvitiya mirovoj gruppirovki i ispol'zovaniya dannyh DZZ 2018*.
4. Tokaraeva O.S. Obrabotka i interpretatsiya dannyh distantsionnogo zondirovaniya Zemli – 2010g. – 148 s.
5. Belorusceva E.V. Monitoring sostoyaniya sel'skohozyajstvennykh ugodij Nechernozemnoj zony Rossijskoj Federatsii // *sbornik statej «Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa» - 2012. – T. 9. – № 1. – S. 57-64.*
6. Cipinova B.S. *Monitoring zemel'. Uchebno-metodicheskoe posobie. – Majkop, 2016 Prednaznachenno dlya studentov, obuchayushchihsya po napravleniyu podgotovki 21.03.02 - «Zemleustrojstvo i kadastry».*
7. Wu M., Wu C., Huang W., Niu Z. An improved high spatial and temporal data fusion approach for combining Landsat and MODIS data to generate daily synthetic Landsat imagery. – *ELSEVIER SCIENCE BV, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, 2016. – P. 14-25.*
8. Bastiaanssen W.G.M., Noordman E.J.M., Pelgrum H., Davids G., Thoreson B.P., Allen R.G. SEBAL model with remotely sensed data to improve water resources management under actual field conditions // *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. – 2005. – 85-93.
9. *Sel'skoe, lesnoe i rybnoe hozyajstvo Pavlodarskoj oblasti, 2008. – 2012. Stat. sb. Pavlodar, 2013. 86 s.*
10. Vedeshin L.A., Belorusceva E.V. Issledovaniya Zemli iz kosmosa na pilotiruemykh kosmicheskikh korablyah (PKK) i dolgosrochnykh orbital'nykh stanciyah (DOS) // *Nauchnyj zhurnal «Aviakosmicheskoe priborostroenie»*. – 2011. – № 7. – S. 27-34.
11. Pas'ko O.A., Zaharchenko A.V. Kadastruvye i geoekologicheskie harakteristiki osobo cennykh produktivnykh sel'skohozyajstvennykh, *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov*. – 2020. – T. 331. – № 11. – 7-19
12. Belorusceva E.V. Ocenka dinamiki i prognoz degradatsii sel'skohozyajstvennykh ugodij Kaluzhskoj oblasti na osnove dannyh distantsionnogo zondirovaniya // *Sbornik nauchnykh trudov po rezul'tatam VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodykh uchenykh i specialistov «Zemleustrojstvo, kadastr i geoprostranstvennyye tekhnologii» - Moskva, 2010. – S. 24-30*
13. Andrianov V.D. GIS v sel'skom hozyajstve // *ARCREVIEW. Sovremennyye geoinformatsionnyye tekhnologii*. – 2004. – № 2(29). – S. 1-2.
14. Lyutyh Yu.A. Innovatsionnyye podhody k organizatsii ispol'zovaniya sel'skohozyajstvennykh zemel' // *Vestn. KrasGAU. – Krasnoyarsk, 2011. – № 7. – S. 90-93.*
15. Sidikov, F.U. Geoinformatsionnaya sistema: perspektivy, racional'noe ispol'zovanie programmnoho obespecheniya ArcGIS // *Molodoj uchenyj*. – 2012. – № 4 (39). – S. 86.
16. Scott Crosier, Bob Booth, Katy Dalton, Andy Mitchel, Kristin Clark. ArcGIS/ *Начало работы в ArcGIS. Russian Translation by DATA+, Ltd 1999-2004 ESRI.*
17. Komarov, A.A., Muntyan, A.N. and Suhanov, P.A. (2018). «Selection of informative indicators for remote sensing of the state of vegetation cover», *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. – Vol. 52. – No 3. – Pp. 64-70.
18. Gubina M. V. *Osnovy gradostroitelnogo menedzhmenta i monitoringa: Ucheb. posobie dlya vuzov / Gubina, Mariya Vladimirovna. – Kiev : VIRA-R, 2013. – 247-301 s.*
19. Belorusceva E.V. Issledovanie dinamiki zarastaniya sel'skohozyajstvennykh ugodij na osnove dannyh distantsionnogo zondirovaniya. *Sbornik nauchnykh trudov. Gosudarstvennogo universiteta po zemleustrojstvu «Problemy upravleniya zemel'nymi resursami strany na sovremennom etape» - Almaty, 2010.*