

Б.С. Керімбай , К.М. Баймырзаев , Н.Н. Керімбай* 

І. Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Талдықорған, Қазақстан

*e-mail: n.kerimbay@mail.ru

ШӨЛЕЙТ ЗОНАСЫНЫҢ ҚҰРҒАҚШЫЛЫҒЫ ДИНАМИКАСЫН КӨП СПЕКТРАЛ КЕСКІНДЕРДІ КЛАСТЕРЛЕУ ӘДІСІН ҚОЛДАНЫП ТАЛДАУ

Құрғақшылық қоршаған ортаға айтарлықтай зиян келтіретін үлкен табиғи қауіп болып табылады. Соңғы онжылдықтарда дүние жүзі бойынша адамзат ауыр әлеуметтік-экономикалық және экологиялық салдары бар құрғақшылықты бастан өткерді. Құрғақшылық мәселесін зерттеген авторлардың еңбектерінің нәтижелеріне сүйенсек, ғасырдың аяғында құрғақшылықтың ауырлығы мен жиілігі артады деп күтілуде. Жұмыстың мақсаты метеорологиялық мәліметтер және ғарыштық мониторинг деректері негізінде Қазақстанның Алматы облысы Ұйғыр ауданының аумағындағы 2015 және 2023 жылдардағы құрғақшылықтың динамикасын анықтау болып табылады. Мониторинг нысаны – қоңыржай климаттық белдеудің шөлейт зонасының құрғақшылығы ықтимал осал аймағының физикалық-географиялық жағдайына шолу жасалды. Sentinel-2 спутниктік суреттерінің көмегімен оптикалық спектрдің әртүрлі диапазондарында алынған Жерді қашықтықтан зондау деректері тақырыптық өңделіп, көп спектрлі кескіндерін кластерлеу тәсілі қолданылды. Спутниктік суреттерді қабаттаспайтын кеңістіктік аумақтарға бөліп кластерлеу параметрі ретінде NDVI мәндері алынды. Өсімдік жамылғысының NDVI мәндерінің кеңістіктік-уақыттық динамикасына талдау жасалды. NDVI мәндері <https://crop-monitoring.eos> сандық платформасындағы Sentinel-2 спутнигі арқылы түсірілген ғарыштық суреттердің 2015–2023 жж. аралығындағы мәліметтері негізінде сарапталды.

Түйін сөздер: Жерді қашықтықтан зондылау, кластерлеу, NDVI мәндері, құрғақшылық қаупі, кеңістіктік-уақыттық динамика.

B.S. Kerimbay, K.M. Baimyrzaev, N.N. Kerimbay*

I. Zhansugurov Zhetysu University, Taldykorgan, Kazakhstan

*e-mail: n.kerimbay@mail.ru

Analysis of the dynamics of drought in a semi-desert zone using the clustering method of multispectral images

Drought is a serious natural threat that causes significant damage to the environment. In recent decades, humanity around the world has experienced a drought with serious socio-economic and environmental consequences. According to the results of the work of the authors who studied the problem of drought, it is expected that by the end of the century the severity and frequency of droughts will increase. The purpose of this work is to identify the dynamics of drought from 2015 to 2023 in the territory of the Uyghur district of the Almaty region of Kazakhstan, based on meteorological indices and space monitoring data. A review of the physical and geographical location of the monitoring object, a potentially vulnerable drought zone of the semi-desert zone of the temperate climate zone, was conducted. The Earth remote sensing data obtained in various ranges of the optical spectrum using Sentinel-2 satellite images were thematically processed and the multispectral image clustering method was applied. The NDVI values were taken as parameters for clustering satellite images by differentiation into non-overlapping spatial territories. The spatial and temporal dynamics of the NDVI values of vegetation cover are analyzed. The NDVI values were analyzed based on satellite imagery data obtained from the Sentinel-2 satellite on the EOS digital platform, <https://crop-monitoring.eos> for 2015–2023 years.

Key words: remote sensing of the Earth, clustering, NDVI values, drought risk, spatial and temporal dynamics.

Б.С. Керімбай, Қ.М. Баймырзаев, Н.Н. Керімбай*
Жетысуский университет им. И. Жансугурова, Талдықорған, Казахстан
*e-mail: n.kerimbay@mail.ru

Анализ динамики засухи полупустынной зоны с использованием метода кластеризации многоспектральных изображений

Засуха представляет собой серьезную природную угрозу, наносящую значительный ущерб окружающей среде. В последние десятилетия человечество во всем мире пережило засуху с серьезными социально-экономическими и экологическими последствиями. Согласно результатам работ авторов, изучавших проблему засухи, ожидается, что к концу века тяжесть и частота засух возрастут. Цель данной работы состоит в выявлении динамики засухи с 2015 по 2023 гг. на территории Уйгурского района Алматинской области Казахстана, определяемых по метеорологическим индексам и по данным космического мониторинга. Был проведен обзор физико-географического положения объекта мониторинга – потенциально уязвимой зоны засухи полупустынной зоны умеренного климатического пояса. Данные дистанционного зондирования Земли, полученные в различных диапазонах оптического спектра с помощью спутниковых изображений Sentinel-2, были тематически обработаны и применен метод кластеризации многоспектральных изображений. Параметрами кластеризации спутниковых изображений по дифференциации на неперекрывающиеся пространственные территории были взяты значения NDVI. Проведен анализ пространственно-временной динамики значений NDVI растительного покрова. Значения NDVI были проанализированы на основе данных космических снимков полученных со спутника Sentinel-2 на цифровой платформе EOS, <https://crop-monitoring.eos> за 2015–2023 гг.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, кластеризация, значения NDVI, риск засухи, пространственно-временная динамика.

Кіріспе

Табиғи ортаның климаттың ғаламдық өзгерісі тұсындағы құрғақшылық мәселесі ең ауыр экологиялық қауіптердің бірі болып табылады (Blanka V., Mezösi G., B.Meyer., 2013: 219–237). Құрғақшылық халық шаруашылығының көптеген салаларына: денсаулық сақтауға, табиғатты қорғауға, ауыл, орман, туризм шаруашылықтарына және т.б. салаларға әсер етеді. Әлеуметтік-экономикалық жүйенің үздіксіз дамуы азық-түлік өндірісінің ауыртпалығын өзгертеді, сондықтан тұтынушылар мен өндірушілер құрғақшылық қаупінің ауырлығы мен кеңістіктік таралуы туралы жоғары кеңістіктік тұжырымдағы сенімді ақпаратқа ие болуы керек. Осы жұмыста құрғақшылық мәселесіне байланысты елімізде қабылданып жатқан іс-шаралар да қарастырылды. Қазақстан Республикасының экология, геология және табиғи ресурстар министрлігі 2021 жылғы 2 маусымдағы № 170 бұйрығына сәйкес, «Климаттың өзгеруіне бейімделу процесін ұйымдастыру және іске асыру» қағидасы бекітілді (Климаттың өзгеруіне бейімделу процесін ұйымдастыру және іске асыру қағидаларын бекіту туралы., 2021: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/>).

Қазіргі уақытта аймақтардың жергілікті деңгейдегі нақты уақыт режиміндегі құрғақшылық мониторингі бүкіл әлемде маңызды тақырып

болып табылады. Құрғақшылықтың пайда болуы, оның жиілігі, әртүрлі аймақтар үшін болашақтағы қаупі, индекстеу тәсілдері және ерте ескерту жүйелерін дамыту мәселелері зерттелуде (Mezosi G., Blanka V., Ladanyi Z., Bata T., Urdea P., Frank A., Meyer B., 2016: 355 – 366).

Құрғақшылықты қолдану салаларына байланысты метеорологиялық, гидрологиялық, ауылшаруашылық, өсімдік жамылғысы және т.б. әртүрлі тұрғыдан бағалауға болады (Hisdal H., Tallaksen L.M., 2003: 230–247). Жыл сайын жаңа құрғақшылық индекстері жарияланады; қазіргі уақытта құрғақшылық деңгейі 100-ден астам индекс бойынша анықталады (А.Н.Золотокрылин, Т.Б.Титкова, Е.А.Черенкова, В.В.Виноградова., 2013:246–253). Құрғақшылық құбылысының үздіксіз мониторингі континентальды масштабтағы Еуропалық құрғақшылық обсерваториясы арқылы әртүрлі деректер көздерінен алынған көрсеткіштер карталарын (мысалы, жауын-шашынды өлшеу, спутниктік деректер және топырақтағы ылғалдың үлгіленген мөлшері) пайдалана отырып қолданылады (Horion S., Fensholt R., Tagesson T., Ehammer A., 2014: 2493–2515). Құрғақшылықтың көпжылдық және жылдық циклының ырғақтары NDVI (қалыпты жағдайдағы салыстырмалы вегетациялық индексі) мәндерінің кеңістіктік-уақыттық қатарларын құру арқылы да зерттеледі. NDVI – өсімдік жамыл-

ғысының тығыздығын, жай-күйін көрсететін салыстырмалы көрсеткіш.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Соңғы онжылдықта Жерді қашықтықтан зондаудың (ЖҚЗ) ғарыштық мониторингтік әдістері атмосфера мен жер бетінің параметрлерін зерттеудің маңызды тәсілдерінің бірі болып табылады (Бондур В.Г., 2014: 4–16). Табиғи нысандарды, және олардың динамикасын зерттеуге мүмкіндік беретін зерттеу бағыттары ерекше маңызға ие. Экологиялық жағдайды бақылау, өндірістік және ғылыми мәселелерді шешу және т.б. мәселелерді шешудегі үлкен мүмкіндік – ЖҚЗ мониторингінің деректері. Алынған спутниктік деректер бірнеше кезеңдерден өтеді: алдын ала өңдеу, тақырыптық өңдеу және талдау (Керімбай Н.Н., Керімбай Б.С., 2023: 310).

Алдын ала өңдеу кезеңінде әр спутникке бөлек байланған көптеген әдістер орбита мен өлшеу құралының жеке сипаттамаларын ескереді. Тақырыптық өңдеу әдістері өлшемдеріне байланысты (кеңістік, уақыт, спектрлік канал) топтарына бөлінеді. Ең дамыған тақырыптық өңдеу тәсілдердің бірі пиксельдік кескіндерді қалыптастыру болып табылады, мұнда әр сурет спектрлік каналдардың сипаттамаларына және олардың бірлескен талдауына байланысты. Талдауды әр кескін үшін немесе олардың функционалдық түрлендірулері (индекстері) үшін дербес жүргізуге болады (Li M., Zang S.Y., Zhang B., Li S.S., Wu C.S., 2014: 389–411).

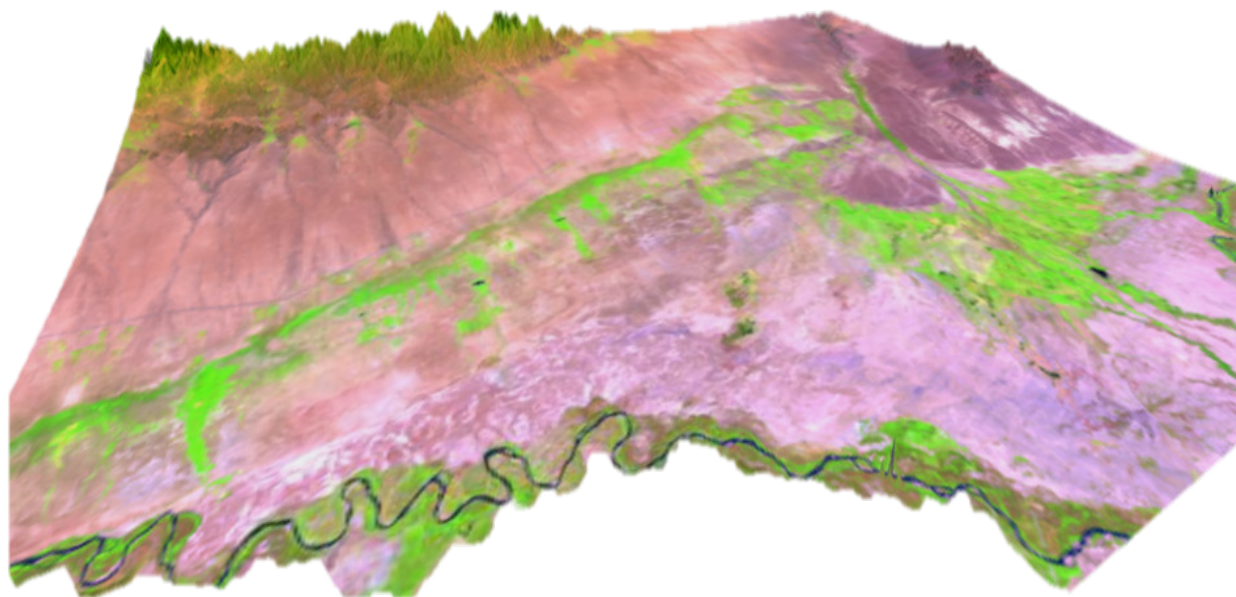
Зерттеудің маңызды бағыты – спутниктік суреттегі беттік типтерді айқындау және арнайы класстардың қасиеттерін зерттеу. Кеңістіктік рұқсаттың жоғарылауы бет түрлерінің кеңістіктік-уақыттық өзгерістерін зерттеу кезінде қосымша мүмкіндіктер береді. Спутниктік суреттерді кластерлеу – кескінді олардың спектрлік, индекстік (мысалы, өсімдік жамылғысы, сулы қабаты және т.б.), кеңістіктік немесе кеңістіктік-уақыттық сипаттамаларының (мысалы, текстураның) жақындығы бойынша қабаттаспайтын кеңістіктік аймақтарға бөлуден тұрады (Катаев М.Ю., Богомоллов А.В., 2018: 54–59). Кластерлеу мақсатында, мәні әрбір пикселден олардың сәйкес кластер орталықтарына дейінгі қашықтықтардың қосын-

дысын барынша азайтатындай барлық пикселдерді кластерлерге бөлумен байланысты k-means алгоритмі қолданылады (Magnussen S., Boudewyn P., Wulder M., 2004: 2421–2440; Chen G., 2012: 4434–4457).

Осы жұмыста құрғақшылық динамикасын кластерлеу параметрі ретінде NDVI (қалыпты жағдайдағы салыстырмалы вегетациялық индексі) мәндері қарастырылды. NDVI – фотосинтетикалық белсенді биомасса мөлшерінің қарапайым көрсеткіші. Бұл индекс өсімдіктердің спектрдің қызыл және жақын инфрақызыл сәулелерін сіңіруі және шағылыстыруы арқылы есептеледі. Өсімдіктерге арналған индекс мәндері 0,2-ден 0,9-ға дейін. Вегетациялық кезеңде өсімдіктер неғұрлым жақсы дамыған болса, NDVI мәні соғұрлым жоғары болады. Осылайша, NDVI-вегетациялық кезеңде өсімдіктердің жасыл массасының тығыздығын, жай-күйін бағалауға болатын индекс. Бұл индекс ауыл шаруашылығында көптеген мәселелерді шешу үшін белсенді қолданылады, құрғақшылықты үлгілеу үшін қажетті параметр (Катаев М.Ю., Бекеров А.А., Шалда П.В., 2017: 81-84).

NDVI индекстерінің шкаласы -1-ден 1-ге дейін өзгереді (кесте 2). Теріс мәндерді ғимараттар, жолдар, бұлттар және т.б. береді; 0,1-0,2 индексі ашық топырақ әдетте тау жыныстары, құм т.б. сәйкес келеді; 0,2-ден 1-ге дейінгі оң мәндер бұл әрқашанда өсімдік жамылғысы. Әдетте, 0,2-ден 0,4-ке дейінгі NDVI шамалары сирек өсімдік жамылғысына сәйкес келеді; жай-күйі жақсы, сау өсімдік жамылғысының индексі 0,5-тен жоғары; қоңыржай өсімдік жамылғысының индикаторы 0,4-тен 0,6-ға дейін; 0,6-дан 0,8-ге дейін тығыз өсімдік жамылғысын, ал 0,8-ден жоғары барлық сандар жасыл өсімдіктің максималды тығыздығын көрсетеді (Gu Y., Brown J.F., Verdin J.P., 2007:1-6).

Зерттеу нысаны Ұйғыр ауданы – Қазақстан Республикасы Алматы облысының оңтүстік-шығысындағы әкімшілік бірлік. Тянь-Шань тау жүйесінің солтүстік беткейіндегі Кетмен жотасы мен Іле ойпаты жазығы аралығында орналасқан. Осы жазықта Кетмен жотасының солтүстік беткейінің тауалдынан Іле өзенінің аңғарына дейінгі аралықта радонды әлсіз минералданған, емдік қасиеті бар артезиан ыстық суларының көздері бар. Ауданның жер бедерінің 3D моделі жасалды (1-сурет).



1-сурет – Ұйғыр ауданы жер бедерінің 3D моделі

Бұл суретте ауданның оңтүстік және оңтүстік-батыс бөліктерінің теңіз деңгейінен (1000 м жоғары) орталық және батыс бөліктеріне (400-600 м) қарағанда әлдеқайда жоғары орналасқаны көрінеді. Жер бедеріне сәйкес Ұйғыр ауданы биік таулы, таулы және тау аралық, тау бөктеріндегі және далалық табиғи-шаруашылық аумақтарға бөлінеді. Тау бөктеріндегі жерді жырту қиынға соғады, бұл жер бедері мен топырақ құрайтын тау жыныстарының (гранит, әктас және т.б.) әртүрлілігімен байланысты. Сондықтан бұл аумақтар көп жағдайда жайылым ретінде және жеміс ағаштарын өсіруге қолайлы.

Аудан қоңыржай белдеудің шөлейт зонасында орналасқан, климаты айқын континенттілікпен сипатталады. Қыста ауа температура -35 градусқа дейін төмендейді, ал жазда +40 градусқа жетуі мүмкін. Климаттық жағдайы қатал, құрғақ – ыстық жаз және қарсыз суық қыспен сипатталады (Kerimbay B.S., Sadvakassova S.R., Dunets A.N., 2022: 355-376).

Бедер пішінінің күрделілігі температура мен ылғалдың дәрежесінде айтарлықтай қарама-қайшылықтар тудырады. Жақын маңдағы шөлді аймақтардың әсері тау етегіндегі климатқа және аласа таулы аумақтарға көбірек әсер етеді. Топырақтың ылғалдылығы температураның төмендеуі мен буланудың төмендеуіне және жауын-шашынның көбеюіне байланысты, тұтастай алғанда, теңіз деңгейінен жоғары ор-

татаулы және биіктаулы аумақтар жақсы ылғалданған.

Төмендегі құрылған климат бойынша кестелердегі (1,2-кестелер) Подгорное (1999 ж. бері қаз. Қырғызсай) (1273 м), метеостанциясынан алынған мәліметтер, «Қазгидромет» Қазақстанның Ұлттық гидрометеорологиялық қызметі РМК-нің анықтамалығының материалдарынан алынған (Гидрометеорологическая информация по горным рекам // <https://www.kazhydromet.kz/gu>).

Зерттеу нәтижелері және талқылау

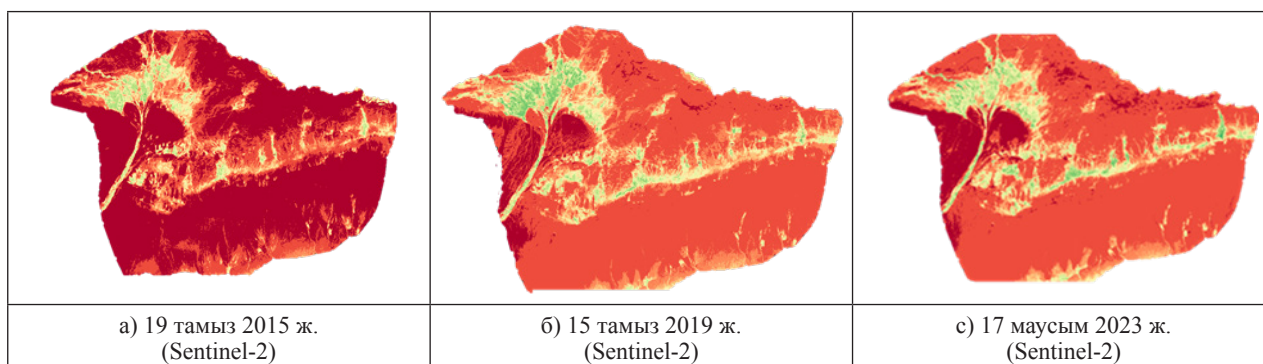
Соңғы 20 жылда антропогендік факторлардың әсерінен Ұйғыр ауданының жер жамылғысы айтарлықтай өзгерістерге ұшыраған. Ауыл шаруашылығын дамытудың экстенсивті (жаңа жерлерді игеру есебінен егістік жерлерді ұлғайту) жолын тандауымен байланысты жаңа жерлерді жырту белсенді түрде жүргізілген (Керімбай Б.С., 2023:296). Мониторинг ауданның егіншілік мақсатында белсенді түрде пайдаланып отырған, көлемі 4263 км², жерінің 50% астамын құрайтын аумағында жүргізілді (US EOS / Exploring Geospatial Solutions // <https://eos.com/landviewer/cropmonitoring>). <https://crop-monitoring.eos> сандық платформасында Sentinel-2 спутнигі арқылы 2015, 2019 және 2023 жж. түсірілген NDVI ға-рыштық суреттері өңделді (2-сурет).

1-кесте – Ұйғыр ауданының ауаның орташа айлық және жылдық температурасы, °C

Станция	Айлар												Жыл
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Қырғызсай	-5,6	-4,5	1,3	9,4	14,5	18,8	21,6	20,9	15,7	8,2	0,5	-3,6	8,1

2-кесте – Ұйғыр ауданының орташа айлық, маусымдық және жылдық жауын-шашын мөлшері, мм.

Станция	Айлар												Жыл	Маусым	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		XI-III	IV-X
Қырғызсай	16	16	31	49	55	51	44	27	28	34	27	20	398	110	288



2-сурет а), б), в) – Ұйғыр ауданының NDVI вегетациялық индексі динамикасының ғарыштық суреттері, 2015-2023 жж. (Sentinel-2)

Ғарыштық мониторинг деректерін өңдеу негізінде де Ұйғыр ауданының жер пайдалану жүйесінде өзгерістер болғаны байқалады. Өсімдік жамылғысының жекелеген түрлері алып жатқан аумақты есептей отырып, егістік алқаптарының қаншалықты өзгергені, сондай-ақ өсімдік жамылғысының динамикасын бақылауға болады. ArcGIS-те NDVI есептеу және жамылғы аумағының ауданын анықтау, растрлық калькуляторын қолдану арқылы жүзеге асырылады. Есептеу деректері сыртқы көздерден жүктеледі немесе қолмен енгізіледі. EOS LandViewer және Crop Monitoring деректерді қолдан енгізуді, немесе жүктеуді, немесе жұмыс үстелінің бағдарламалық жасақтама-сын орнатуды қажет етпейді. Бағдарламаға анализге қажетті барлық ЖҚЗ деректері автоматты түрде енгізілген. Ғарыштық суреттердің (Sentinel-2) спектралды талдауын жасау негізінде, аталған модульдерде өңдеуден өткізілген. NDVI мәндерін талдауға Gu Y., Brown J.F., Verdin J.P. еңбектері негіз болды (Gu Y., Brown J.F., Verdin J.P., 2007:1-6).

Есептеу нәтижелері түсінікті болу үшін пайызбен де берілді және кестеге енгізілді (3-кесте).

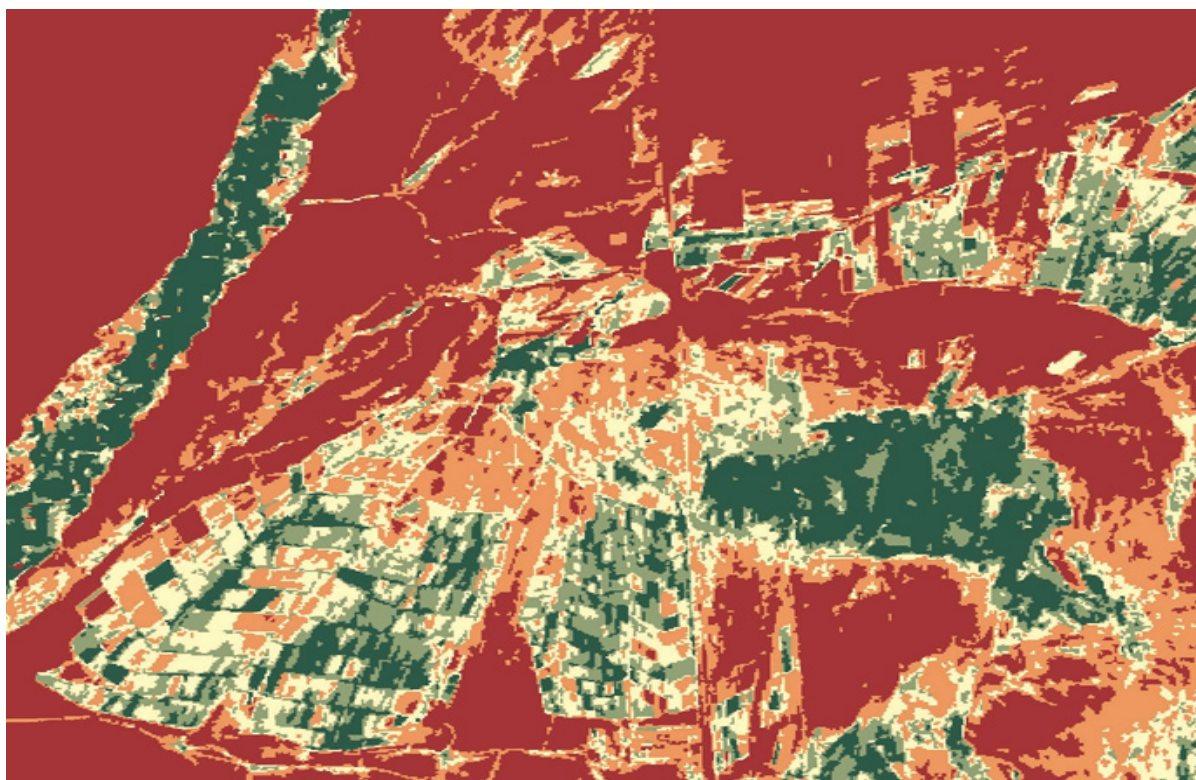
Мониторинг нысанының 15x15 пиксельді өлшейтін аумағы және спектрлік шағылысу коэффициенттерінің мәндері таңдалды. Барлық пикселдер үшін спектрлік қисықтардың мәндерінің вариациялары айтарлықтай деңгейде, ал таңдалған нысанның бетінің әртүрлі типтері анық көрінеді. Бұл кейбір пикселдерде көлемі әртүрлі аумақтары бар беттердің бірнеше түрі бар екенін көрсетеді, бұл белгілі бір бет түрі үшін мәндердің әдеттегі таралуын өзгертеді.

Мониторингтік нысанның аумағы үшін синтезделген спутниктік суретті ($R = 4$, Sentinel-2 каналы, $G = 3$, $B = 2$) кластерлеу нәтижесі төмендегі суреттерде көрсетілді. Анықталған кластардың саны 5. Олар қабаттаспайтын кеңістіктік біртекті аумақтар:

- орман алқаптары;
- егіншілік алқаптары;
- қоңыржай өсімдік жамылғысы;
- сирек өсімдік жамылғысы;
- ашық топырақ (3,4-суреттер).

3-кесте – Ұйғыр ауданының өсімдік жамылғысы типі бойынша NDVI динамикасы, 2015-2023 жж.

NDVI мәні	19 тамыз 2015 ж.		15 тамыз 2019 ж.		17 маусым 2023 ж.	
	көлемі, га	көлемі, %	көлемі, га	көлемі, %	көлемі, га	көлемі, %
0.8-1	0	0	86 га	0.02	368 га	0.09
0.7-0.8	623 га	0.15	6858 га	1.61	6965 га	1.63
0.6-0.7	7647 га	1.79	12500 га	2.93	12990 га	3.05
0.5-0.6	11524 га	2.7	14915 га	3.5	15461 га	3.63
0.4-0.5	14670 га	3.44	19259 га	4.52	18380 га	4.31
0.3-0.4	19565 га	4.59	27170 га	6.37	23997 га	5.63
0.2-0.3	29627 га	6.96	55997 га	13.13	43315 га	10.16
-1-0.2	342733 га	80.37	289551 га	67.92	304959 га	71.52

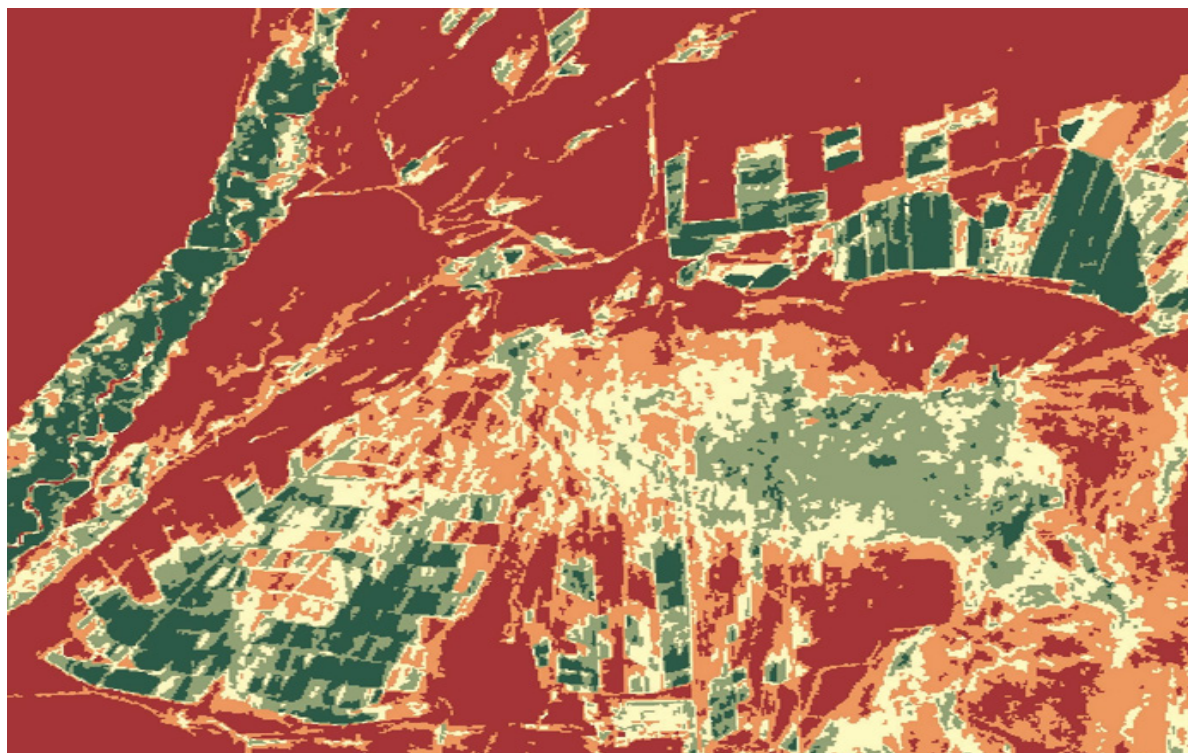


3-сурет – Ұйғыр ауданының мониторингтік нысанының спектрлік сипаттамаларға негізделген кластерленген суреті, 19 тамыз 2023 ж., *Sentinel-2*

4-кестеде кластерлік жіктелген мониторингтік нысанның 2015 және 2023 жылдардағы NDVI мәндерінің динамикасы және Ұйғыр ауданының жерді пайдалану жүйесінің өзгеруінің жалпы тенденциясы көрсетілген.

Ұйғыр ауданының мониторингтік нысанының құрғақшылығына шолу жасау, қабаттаспайтын кеңістіктік аймақтарға бөліп кластерлеудің параметрі ретінде алынған NDVI мәндерінің вегетация кезеңіндегі көп жыл ара-

лығындағы кеңістіктік-уақыттық динамикасын жіктеу арқылы іске асырылды. Мониторинг нәтижесінде зерттеу аумағының орман алқаптары мен егіншілік алқаптарының көлемі ұлғайғаны, ал қоңыржай және сирек өсімдік жамылғысы мен ашық топырақ жамылғысының көлемі қысқарғаны бақыланады. Жалпы алғанда, Ұйғыр ауданының өсімдік жамылғысының беттік таралуы негізінен ауданның жерді пайдалану схемасына сәйкес келеді.



4-сурет – Ұйғыр ауданы, мониторингтік нысанның спектрлік сипаттамаларға негізделген кластерленген суреті, 17 маусым 2015 ж., *Sentinel-2*

4-кесте – Ұйғыр ауданының кластерлік жіктелген мониторингтік нысанының өсімдік жамылғысының NDVI мәндері бойынша динамикасы, 2015-2023 жж.

№	Анықталған класстар	2023 жыл	2015 жыл
1	Орман алқаптары	201 га	156 га
2	Егіншілік алқаптары	790 га	610 га
3	Қоңыржай өсімдік жамылғысы	2504 га	2957 га
4	Сирек өсімдік жамылғысы	2027 га	2127 га
5	Ашық топырақ	4076 га	3877 га

Зерттеу нәтижесінде, шөлейт зонасында орналасқан Ұйғыр ауданының құрғақшылық үдерісінің мониторингі негізінде, 2015 жылдан 2023 жылға дейінгі NDVI мәндеріне талдау жасалды. Ұйғыр ауданының аумағындағы орташа жылдық температура бақылаулар басталған күннен бастап тұрақты өсіп келеді және осы кезеңде бұл шама $10,3^{\circ}$ -тан $11,4^{\circ}$ -қа дейін өсті, яғни бұл аумақ орташа температураның жоғарылауы бойынша жалпы әлемдік тенденцияны айналып өтпеді деп айтуға болады, бірақ сонымен бірге бақылау кезеңінде мұндай күрт өзгеріске нақты не себеп болғанын айту мүмкін емес.

Зерттеу аумағында жауын-шашынның орташа жылдық мөлшері, керісінше, белсенді түрде азаяды, яғни осы аймақтың климатының қалыптасуына белсенді әсер ететін осы факторлардың кері байланысы бар. Антропогендік фактордың парниктік эффектiге әсерінің артуына байланысты жер бетіндегі ылғал белсенді түрде буланып кетеді. Мұның салдары-күн энергиясы атмосфераны жер бетінен қыздырмайды, бірақ ауаны ылғалдандыру үшін қолданылады. Қыста Солтүстік континенттердің үстінде жауын-шашынның көп болуы температураның жоғарылауымен байланысты, өйткені жылы жағдайда атмосфераның су ұстау қабілеті артады.

Қорытынды

2015 жылдан 2023 жылға дейін NDVI талдауына сәйкес шөлейт зонасында орналасқан Ұйғыр ауданының құрғақшылық үдерісіне мониторинг жасалды. Зерттеу нысанындағы орташа жылдық температура бақылаулар басталған күннен бастап тұрақты өсіп келе жатқаны байқалады, яғни бұл аумақ орташа температураның жоғарылауы бойынша жалпы әлемдік тенденцияны айналып өтпеді деп айтуға болады.

Жалпы алғанда, негізгі дамыған елдер құрғақшылықтың пайда болуына қарсы түру және олардың әсерін азайту мақсатында, ауыл шаруашылығы өндірушілерінің материалдық-техникалық және әр елдің нормативтік-құқықтық базасын құру сияқты шараларды қолданады. Біздің зерттеу жұмысымыздың нәтижесінде шөл және шөлейт зонасындағы құрғақшылық қаупінің алдын-алу шараларының оңтайлы ұсыныстары жасалды:

- ормандарды (орман белдеулерін) отырғызу және құмды аймақтарды бекіту;

- аудандастырылған құрғақшылыққа төзімді дақылдарды егу;

- ауыл шаруашылығы дақылдарының аумақ бойынша экологиялық таралуы (әр мәдениеттің орналасқан жерін таңдау-сараланған жерді пайдалану);

- жинақтаушы және дренажды көлдерді (оазистерді) құру;

- өндіріс үдерістеріне халықаралық қаржы тарту және азық-түлік сату;

- техниканы, тұқымдарды, тыңайтқыштарды сатып алуға субсидиялар мен жеңілдіктер беру және суды үнемдеу жүйелері;

- өңір аумағындағы климаттық ауытқуларды болжау.

Зерттеу жұмысы климаттық тәуекелдер мен осалдықтарды әрі қарайғы іс-әрекеттің негізі ретінде бағалауға, тәуекелдерді есепке алу үшін негіз құруға, сондай-ақ өзгеріске бейімделу туралы шешім қабылдау процесінде қолданылатын ақпараттың сапасын арттыру үшін тиімді әдістерді, құралдарды және ақпараттық жүйелерді енгізуге көмектеседі. Құрғақшылық қаупінің кеңістіктік – уақыттық динамикасын талдау әдістерін қауіптілігі жоғары аймақтарды бөліп көрсете отырып, құрғақшылық қаупін жою үшін жер мен суды оңтайлы басқаруды аумақтық жоспарлауда қолдануға болады.

Әдебиеттер

Бондур В.Г. Современные подходы к обработке больших потоков гиперспектральной и многоспектральной аэрокосмической информации//Исследование Земли из космоса. – Москва, 2014. – № 1. – С. 4–16.

Blanka V., Mezösi G., Meyer B. Projected changes in the drought hazard in Hungary due to climate change//Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service. V. 117, No. 2, 2013, pp. 219–237.

Гидрометеорологическая информация по горным пекам // <https://www.kazhydromet.kz/ru>. 03.04.2024.

Gu Y., Brown J.F., Verdin J.P. et al. A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States//Geophysical Research Letters. – 2007. – V. 34. p. 1–6.

Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б., Черенкова Е.А., Виноградова В.В. Сравнительные исследования засух 2010 и 2012 гг. на Европейской территории по метеорологическим и MODIS данным//Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 1. С. 246–253.

Chen G. Object-based change detection// International Journal of Remote Sensing. – 2012. – V. 33, No. 14. pp. 4434–4457.

Crop monitoring.EOS // <https://crop-monitoring.eos> 01.02.2024.

Hisdal H., Tallaksen L.M. Estimation of regional meteorological and hydrological drought characteristics: A case study for Denmark// Journal of Hydrology (2003) V.281(3): p. 230–247.

Horion S., Fensholt R., Tagesson T., Ehammer A. Using earth observation-based dry season NDVI trends for assessment of changes in tree cover in the Sahel//International Journal of Remote Sensing, 2014 V. 35, No. 7, pp. 2493–2515

Катаев М.Ю., Богомолов А.В. Особенности кластеризации многоспектральных изображений спутникового прибора Landsat//Доклады ТУСУРа, 2018, том 21, №2, с. 54–59

Катаев М.Ю., Бекеров А.А., Шалда П.В. Анализ трендов временных рядов вегетационного индекса NDVI // Докл. ТУСУРа. – 2017. – Т. 20, №3. –С. 81–84.

Керімбай Н.Н., Керімбай Б.С. Жерді қашықтықтан зондылауды геоақпараттық технологиялар әдістерімен талдау. Алматы: Дарын, 2023. – 310 б.

Керімбай Б.С. Шарын өзені алабы геожүйелерінің дамуының динамикалық тенденциялары. – Алматы: Дарын, 2023. – 296 б.

Kerimbay B.S., Sadvakassova S.R., Dunets A.N., Influence of the hydrological regime on the state of floodplain geosystems of the Charyn river// Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, Vol. 14, №3, Part 2, 2022. pp.355-376.

Климаттың өзгеруіне бейімделу процесін ұйымдастыру және іске асыру қағидаларын бекіту туралы., 2021: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/> 03.04.2024.

Li M. A review of remote sensing image classification techniques: The role of spatio-contextual information /M. Li, S.Y. Zang, B. Zhang, S.S. Li, C.S. Wu // Eur. J. Remote Sens. – 2014. – No. 47. pp. 389–411.

Magnussen S., Boudewyn P., Wulder M. Contextual classification of Landsat TM images to forest inventory cover types. // Int. J. Remote Sens. – 2004. – No. 25. pp. 2421–2440.

Mezosi G., Blanka V., Ladanyi Z., Bata T., Urdea P., Frank A., Meyer B. Expected mid- and long-term changes in drought hazard for the south-eastern Carpathian Basin. //Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 2016, V. 11, No 2, pp. 355 – 366.

US Earts Observing System/Exploring Geospatial Solutions // <https://eos.com/landviewer/cropmonitoring>. 27.01.2024.

References

Bondur V.G. Modern approaches to processing large streams of hyperspectral and multispectral aerospace information// Exploring the Earth from space. – Moscow, – No. 1. pp. 4-16. (2014): (In Russian)

Blanka V., Mezösi G., Meyer B. Projected changes in the drought hazard in Hungary due to climate change//Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service Vol. 117, No. 2, pp. 219–237. (2013)

Hydrometeorological information on mountain rivers//<https://www.kazhydromet.kz/ru>. 03.04.2024. (In Russian)

Gu Y., Brown J.F., Verdin J.P. et al. A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States//Geophysical Research Letters. – V. 34. pp. 1-6. (2007)

Zolotokrylin A.N., Titkova T.B., Cherenkova E.A., Vinogradova V.V. Comparative studies of droughts in 2010 and 2012 in the European territory based on meteorological and MODIS data//Modern problems of remote sensing of the Earth from space. V. 10. No.1, pp. 246–253. (2013): (In Russian)

Chen G. Object-based change detection.// International Journal of Remote Sensing. – 2012. – Vol. 33, No. 14. pp. 4434–4457.

Crop monitoring.EOS // <https://crop-monitoring.eos> 01.02.2024.

Hisdal H., Tallaksen L.M. Estimation of regional meteorological and hydrological drought characteristics: A case study for Denmark// Journal of Hydrology. No. 281(3): p. 230-247. (2003)

Horion S., Fensholt R., Tagesson T., Ehammer A. Using earth observation-based dry season NDVI trends for assessment of changes in tree cover in the Sahel//International Journal of Remote Sensing, 2014 Vol. 35, No. 7, 2493–2515

Kataev M.Yu., Bogomolov A.V. Features of clustering of multispectral images of the Landsat satellite instrument//Reports of TUSUR, V. 21, No.2, pp. 54-59. (2018): (In Russian)

Kataev M.Yu., Bekirov A.A., Shal'da P.V. Analysis of trends in time series of the NDVI vegetation index // Dokl. TUSURa. V. 20, No. 3. pp. 81-84. (2017): (In Russian)

Kerimbay N. N., Kerimbay B. S. “Analysis of remote sensing of the Earth by methods of Geoinformation technologies”. [Almaty, Daryn]. – 310 p. (2023): (In Kazakh)

Kerimbay B. S. “Dynamic trends in the development of Geosystems of the Charyn River Basin”. [Almaty, Daryn]. –296 pp. (2023): (In Kazakh)

Kerimbay B.S., Sadvakassova S.R., Dunets A.N., Influence of the hydrological regime on the state of floodplain geosystems of the Charyn river//Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, V. 14, No.3, Part 2, pp.355–376. (2022)

On approval of the rules for organizing and implementing the process of adaptation to climate change., 2021: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/> 03.04.2024.

Li M. A review of remote sensing image classification techniques: The role of spatio-contextual information /M. Li, S.Y. Zang, B. Zhang, S.S. Li, C.S. Wu // Eur. J. Remote Sens, No. 47, pp. 389–411. (2014)

Magnussen S., Boudewyn P., Wulder M. Contextual classification of Landsat TM images to forest inventory cover types. // Int. J. Remote Sens. No. 25. pp. 2421–2440. (2004)

Mezosi G., Blanka V., Ladanyi Z., Bata T., Urdea P., Frank A., Meyer B. Expected mid- and long-term changes in drought hazard for the south-eastern Carpathian Basin. //Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, V.11, No. 2, pp. 355 – 366. (2016)

US Earts Observing System/Exploring Geospatial Solutions // <https://eos.com/landviewer/cropmonitoring>. 27.01.2024.

Авторы туралы мәлімет:

Керімбай Баян Сүлейменқызы – PhD, «І.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті» КЕ АҚ Жаратылыстану жоғары мектебінің оқытушы-дәріскері (Талдықорған қ., Қазақстан, эл.почта: bayan.kerimbay.65@mail.ru);

Баймырзаев Қуат Маратұлы – география ғылымдарының докторы, профессор, «І.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті» КЕ АҚ, Биотехнология және Экология Ғылыми зерттеу институтының директоры (Талдықорған қ., Қазақстан, эл.почта: baimyrzaev_km@zhgu.kz);

Керімбай Нұржан Нұрбергелұлы (корреспонденттік автор) – география ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «І.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті» КЕ АҚ, Биотехнология және Экология Ғылыми зерттеу институтының экология зертханасының меңгерушісі (Талдықорған қ., Қазақстан, эл.почта: n.kerimbay@mail.ru);

Information about the authors:

Kerimbay Bayan – PhD, Senior Lecturer of the Higher School of Natural Sciences of the NAO “Zhetysu University named after I. Zhansugurov” (Taldykorgan, Kazakhstan, e-mail: bayan.kerimbay.65@mail.ru);

Baimyrzaev Kuat – director of Biotechnology and Ecology of the Research Institute of NAO “Zhetysu University named after I. Zhansugurov” (Taldykorgan, Kazakhstan, e-mail: baimyrzaev_km@zhgu.kz);

Kerimbay Nurzhan (corresponding author) – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Head of the Ecology Laboratory of the Research Institute of Biotechnology and Ecology NAO “Zhetysu University named after I. Zhansugurov” (Taldykorgan, Kazakhstan, e-mail: n.kerimbay@mail.ru)

Келін түсті: 07 тамыз 2024 жыл

Қайта жіберілді: 16 қыркүйек 2024 жыл

Қабылданды: 25 ақпан 2025 жыл