ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ
ЖАРАТЫЛЫСТАНУ ҒЫЛЫМДАРЫ
NATURAL SCIENCES

CENTRAL ASIAN SCIENTIFIC JOURNAL
ISSN 3135-3061
2026. №4 (32), 2-том. 379–384 б.
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.24200571
Журнал сайты: https://cajournal.kz

ӘОЖ 528.8

АЛМАТЫ ОБЛЫСЫ ЖАЙЫЛЫМДАРЫНЫҢ ӨСІМДІК ЖАМЫЛҒЫСЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫН ЖЕРДІ ҚАШЫҚТАН ЗОНДТАУ ДЕРЕКТЕРІ НЕГІЗІНДЕ БАҒАЛАУ

А.Қ. Садыкова
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Садыкова Айсулу Қанатқызы — «Ғарыштық техника және технологиялар» білім беру бағдарламасының 2-курс магистранты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан.

Ғылыми жетекші: Рамазанова Жанат Мусановна — химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан.

© А.Қ. Садыкова, 2026

Аңдатпа: Мақалада Алматы облысы жайылымдарының өсімдік жамылғысының жағдайын бағалау үшін Жерді қашықтан зондтау деректерін қолдану мүмкіндіктері қарастырылады. Зерттеудің өзектілігі климаттың өзгеруі мен шаруашылық қызметтің әсеріне ұшырайтын жайылымдық ресурстарды ұтымды пайдалану қажеттілігімен байланысты. Өсімдіктердің кеңістікте таралуын айқындайтын табиғи факторлар және Sentinel-2 көпспектрлі спутниктік суреттерін пайдалану мүмкіндіктері қарастырылған. Ғарыштық түсірілімдерді өңдеу әдістемесі ұсынылған. Ол деректерді алдын ала дайындауды, NDVI нормаланған айырмалық вегетациялық индексін есептеуді, өсімдік жамылғысын жіктеуді және оның даму деңгейі әртүрлі учаскелердің аудандарын анықтауды қамтиды. Кеңістіктік талдау мен нәтижелерді картографиялау үшін ERDAS IMAGINE 2014 және ArcGIS бағдарламаларын пайдаланудың орындылығы негізделген. Ұсынылған тәсіл жайылым алқаптарына мониторинг жүргізу және қосымша зерттеуді әрі өсімдік жамылғысын қалпына келтіру шараларын қажет ететін аумақтарды анықтау үшін қолданылуы мүмкін.

Түйін сөздер: жайылымдар, өсімдік жамылғысы, Жерді қашықтан зондтау, Sentinel-2, NDVI, SAVI, геоақпараттық жүйелер.

1. Кіріспе

Жайылымдық алқаптар Қазақстанның табиғи-ресурстық әлеуетінде маңызды орын алады және мал шаруашылығын дамытудың негізі болып табылады. Олардың экологиялық жағдайы ауыл шаруашылығы жануарларының азықтық базасын және табиғи экожүйелердің тұрақтылығын қамтамасыз ететін табиғи өсімдік жамылғысының сақталуына едәуір дәрежеде байланысты.

Соңғы жылдары климаттық жағдайлардың өзгеруіне, жауын-шашынның біркелкі таралмауына, антропогендік жүктеменің артуына және жердің деградациясы үдерістерінің таралуына байланысты жайылымдарды ұтымды пайдалану мәселесі ерекше өзектілікке ие болуда. Ұзақ уақыт бойы қарқынды мал жаю өсімдік жамылғысының қысқаруына, өсімдіктердің түрлік құрамының өзгеруіне және ашық топырақ беті бар учаскелер ауданының ұлғаюына әкелуі мүмкін.

Алматы облысы табиғи жағдайларының алуан түрлілігімен сипатталады. Оның аумағында жазық, шөлді, шөлейтті, тау бөктеріндегі және таулы ландшафттар кездеседі. Жер бедерінің, температуралық режимнің, ылғалдану деңгейінің және топырақ сипаттамаларының айырмашылықтары жайылым өнімділігінің әркелкі болуын және өсімдік қауымдастықтарының кеңістікте таралуын айқындайды.

Жайылымдарды бағалаудың дәстүрлі әдістері далалық геоботаникалық зерттеулер жүргізуді, түрлік құрамды, проективтік жабындылықты және өсімдік массасының қорын анықтауды көздейді. Алайда ауқымды аумақтарды зерттеу едәуір уақыт пен материалдық шығынды талап етеді.

Экологиялық мониторингтің қосымша құралы ретінде Жерді қашықтан зондтау (ЖҚЗ) технологиялары пайдаланылады. Спутниктік суреттер жер бетінің жай-күйі туралы ақпарат алуға, өсімдік жамылғысының өзгерістерін анықтауға және әртүрлі бақылау кезеңдерін салыстыруға мүмкіндік береді [5].

Мақаланың мақсаты — спутниктік деректер мен геоақпараттық технологиялар негізінде Алматы облысы жайылымдарының өсімдік жамылғысының жағдайын бағалаудың әдістемелік тәсілін негіздеу.

2. Жайылымдардың өсімдік жамылғысының қалыптасуына әсер ететін табиғи факторлар

Алматы облысы жайылымдарының өсімдік жамылғысы табиғи және антропогендік факторлар кешенінің әсерінен қалыптасады. Негізгі табиғи жағдайларға температуралық режим, атмосфералық жауын-шашын мөлшері, жер бедерінің ерекшеліктері, ылғалдану деңгейі және топырақ қасиеттері жатады.

Құаң жазық аудандарда ылғал тапшылығы мен жоғары температураға бейімделген өсімдік қауымдастықтары басым. Тау бөктеріндегі аумақтарға әртүрлі шөптесін және астық тұқымдас өсімдіктердің таралуы тән, ал таулы аудандарда өсімдіктердің түрлік құрамы мен өнімділігінің өзгеруімен сипатталатын биіктік белдеулік байқалады.

Өсімдіктердің дамуына әсер ететін маңызды факторлардың бірі — жауын-шашынның маусымдық таралуы.

Белсенді вегетация кезеңіндегі ылғал тапшылығы жапырақ бетінің қалыптасуын және биомассаның жиналуын шектейді. Жеткілікті ылғал болмаған жағдайда температураның жоғарылауы буланууды күшейтіп, жайылым өнімділігінің төмендеуіне ықпал етуі мүмкін.

Жерді шаруашылық мақсатта пайдалану да айтарлықтай әсер етеді. Елді мекендер мен суаттардың маңында малдың шоғырлануы жайылымдық жүктемесі жоғары жергілікті учаскелердің қалыптасуына әкеледі. Ұзақ уақыт бойы қарқынды мал жаю кезінде проективтік жабындылық азайып, түрлік құрам өзгеруі және өсімдік қауымдастықтарының қалпына келу қабілеті нашарлауы мүмкін.

Осылайша, жайылымдардың жағдайын бағалау кезінде табиғи жағдайлар мен жерді пайдалану ерекшеліктерінің жиынтығын ескеру қажет. Спутниктік деректерді пайдалану өсімдік жамылғысының кеңістіктік айырмашылықтарын анықтауға және неғұрлым егжей-тегжейлі зерттеуді қажет ететін аумақтарды бөліп көрсетуге мүмкіндік береді.

3. Спутниктік деректер және өсімдіктерді бағалау көрсеткіштері

Өсімдік жамылғысын зерттеу үшін Еуропалық Copernicus бағдарламасы аясында жұмыс істейтін Sentinel-2 спутниктік жүйесінің көпспектрлі суреттерін қолдану перспективалы болып табылады.

Sentinel-2 суреттерінде көрінетін, жақын инфрақызыл және қысқа толқынды инфрақызыл диапазондардағы ақпарат қамтылған. Жекелеген арналардың кеңістіктік ажыратымдылығы 10, 20 және 60 м құрайды. Өсімдіктерді бағалау үшін 10 м ажыратымдылығы бар қызыл B4 арнасы мен жақын инфрақызыл B8 арнасының маңызы зор [4, 6].

Өсімдіктердің спектрлік сипаттамалары күн сәулесінің хлорофиллмен және жапырақтардың ішкі құрылымымен әрекеттесу ерекшеліктеріне байланысты. Спектрдің қызыл аймағында сәуле қарқынды жұтылады, ал жақын инфрақызыл диапазонда сау өсімдіктердің шағылыстыруы едәуір жоғары болады. NDVI вегетациялық индексін есептеу осы айырмашылыққа негізделген [1, 3].

Нормаланған айырмалық вегетациялық индекс мына формула бойынша есептеледі [1]:

NDVI = (NIR − RED) / (NIR + RED).

мұндағы NIR — жақын инфрақызыл диапазондағы жер бетінің шағылыстыру қабілеті; RED — қызыл диапазондағы шағылыстыру қабілеті.

NDVI мәндері −1 мен +1 аралығында болады. Теріс мәндер әдетте су объектілеріне және кейбір өсімдік жамылғысы жоқ беттерге сәйкес келеді. Төмен оң мәндер ашық топырақ пен сирек өсімдіктерді, ал жоғары мәндер өсімдік жамылғысы жақсы дамыған учаскелерді сипаттауы мүмкін.

Қуаң жайылымдар үшін топырақ фонының әсерін азайтатын SAVI индексін қосымша қолдануға болады:

SAVI = ((NIR − RED) / (NIR + RED + L)) × (1 + L).

мұндағы L — ашық топырақтың әсер ету дәрежесін ескеретін түзету коэффициенті.

SAVI индексін қолдану өсімдіктер тығыздығы төмен учаскелер үшін ерекше өзекті. Сонымен қатар NDVI өсімдік жамылғысының кеңістіктік құрылымын бастапқы бағалау және оның көпжылдық өзгерістерін талдау үшін негізгі көрсеткіш болып қала береді [2].

4. Спутниктік деректерді өңдеу және жайылымдардың жағдайын бағалау әдістемесі

Өсімдік жамылғысының жағдайын анықтау үшін Sentinel-2 спутниктік суреттерін кезең-кезеңімен өңдеп, кейін ERDAS IMAGINE 2014 және ArcGIS бағдарламаларында кеңістіктік талдау жүргізу ұсынылады.

Зерттеу әдістемесінің кезеңдері:



1-сурет – Жайылымдардың өсімдік жамылғысын бағалау әдістемесінің кезеңдері

Бірінші кезең — бастапқы спутниктік деректерді алу.

Sentinel-2 спутниктік суреттері Copernicus Data Space Ecosystem ашық мұрағатынан жүктеледі. Нәтижелердің салыстырмалылығын қамтамасыз ету үшін зерттелетін жылдар бойынша бір маусымда түсірілген суреттерді таңдаған жөн. Нақты табиғи аймақтағы өсімдіктердің даму мерзімдерін ескере отырып, маусым–тамыз айларындағы суреттерді пайдалану оңтайлы нұсқа болып табылады.

Атмосфералық түзетуден кейінгі деректерді қамтитын Sentinel-2 Level-2A өнімдерін пайдаланған дұрыс. Суреттерді таңдау кезінде бұлттылықты ескеру қажет: жалпы бұлттылығы 5%-дан аспайтын суреттерге басымдық беріп, зерттелетін жайылымдардың үстінде бұлттар мен көлеңкелердің жоқтығын қосымша тексеру ұсынылады.

Екінші кезең — суреттерді алдын ала өңдеу.

Жүктелген спутниктік деректер ERDAS IMAGINE 2014 бағдарламасында ашылады. Кеңістіктік ажыратымдылық пен координаттар жүйесі тексеріледі, бұлттар мен көлеңкелер маскаланады, сондай-ақ зерттелетін аумақтың шекаралары бөлінеді.

Қажет болған жағдайда бірнеше учаскенің суреттері мозайка құру құралдарының көмегімен бірыңғай жабынға біріктіріледі. Содан кейін кеңістіктік масканы (AOI) пайдалана отырып, сурет зерттелетін аумақтың шекаралары бойынша қиылады.

Әртүрлі жылдардағы суреттерді салыстыру кезінде бірдей координаттар жүйесін, кеңістіктік ажыратымдылықты және талдау шекараларын қамтамасыз ету қажет.

Үшінші кезең — спектрлік арналарды таңдау.

NDVI есептеу үшін келесі спектрлік арналар пайдаланылады:

- B4 — қызыл диапазон (RED);
- B8 — жақын инфрақызыл диапазон (NIR).

Төртінші кезең — NDVI вегетациялық индексін есептеу.

Индексті есептеу ERDAS IMAGINE 2014 бағдарламасында Model Maker құралы немесе растрлық деректерді математикалық модельдеу арқылы орындалады.

Бастапқы параметрлер ретінде B8 және B4 арналары беріледі. Модель өрнегіне NDVI формуласы енгізіледі:

NDVI = (B8 − B4) / (B8 + B4).

Нәтижесінде әрбір пиксельге индекстің белгілі бір мәні сәйкес келетін растрлық сурет қалыптасады. Алынған қабат өсімдік жамылғысының кеңістіктік біркелкі еместігін бағалауға және өсімдіктердің даму қарқындылығы әртүрлі учаскелерді анықтауға мүмкіндік береді.

Бесінші кезең — өсімдік жамылғысын жіктеу.

Нәтижелерді түсіндіру үшін NDVI мәндері шартты санаттарға бөлінеді:

1-кесте – NDVI мәндері бойынша өсімдік жамылғысының жіктелуі

NDVI мәні	Өсімдік жамылғысының сипаттамасы
0,10-нан төмен	Өсімдіктердің болмауы немесе өте төмен тығыздығы
0,10–0,20	Өте сирек өсімдіктер
0,20–0,40	Орташа дамыған өсімдік жамылғысы
0,40–0,60	Жақсы дамыған өсімдіктер
0,60-тан жоғары	Өсімдік жамылғысының жоғары тығыздығы

Көрсетілген аралықтар алдын ала белгіленген және табиғи аймақты, түсірілім маусымын және жерүсті зерттеулерінің нәтижелерін ескере отырып түзетуді қажет етеді. Атап айтқанда, шөлді жайылымдардағы NDVI мәндерінің төмен болуы міндетті түрде деградацияны білдірмейді, өйткені ол өсімдік қауымдастықтарының табиғи ерекшеліктеріне сәйкес келуі мүмкін.

Алтыншы кезең — жекелеген санаттардың аудандарын анықтау.

Жіктелген растрлық суреттер кеңістіктік талдау жүргізу үшін ArcGIS бағдарламасына көшіріледі. Растрлық деректермен және атрибуттық кестелермен жұмыс істеу құралдарының көмегімен NDVI әрбір санатына жататын пиксельдер саны анықталады.

Әрбір кластың ауданы мына формула бойынша есептеледі:

S = N × 100 м², мұндағы N — осы санатқа жататын пиксельдер саны; S — санаттың жалпы ауданы. Гектармен көрсету үшін S(га) = N × 0,01.

10 м ажыратымдылығы бар Sentinel-2 арналары пайдаланылған кезде бір пиксельдің ауданы 100 м² құрайды.

Жетінші кезең — көпжылдық салыстыру және картографиялау.

Өсімдік жамылғысының динамикасын анықтау үшін әртүрлі жылдары алынған NDVI карталары салыстырылады. Индекстің өзгеруі мына формула бойынша анықталады:

$\Delta NDVI = NDVI_2 - NDVI_1$, мұндағы $NDVI_1$ — бастапқы кезеңнің индексі, $NDVI_2$ — салыстырылатын кезеңнің индексі.

Көрсеткіштің төмендеуі өсімдік жамылғысы жағдайының нашарлауын білдіруі мүмкін, алайда оны температуралық режимді, жауын-шашын мөлшерін және вегетацияның маусымдық ерекшеліктерін ескере отырып қарастыру қажет.

Қорытынды кезеңде өсімдік жамылғысы санаттарының кеңістікте таралуын және олардың өзгеру сипатын көрсететін тақырыптық карталар жасалады. Алынған материалдарды қосымша геоботаникалық зерттеуді қажет ететін аумақтарды анықтау үшін пайдалануға болады.

5. Қашықтан мониторинг нәтижелерін қолдану мүмкіндіктері

Спутниктік суреттерді пайдалану жайылымдарды жекелеген тексерулерден өсімдік жамылғысының жағдайын жүйелі бақылауға көшуге мүмкіндік береді. Алынған тақырыптық карталар өсімдік жамылғысының тығыздығы әртүрлі учаскелерді анықтауға және оның сипаттамаларының кеңістіктік өзгерістерін айқындауға жағдай жасайды.

NDVI көрсеткіштерін климаттық деректермен және жерді пайдалану туралы мәліметтермен салыстыру ерекше маңызды. Мұндай тәсіл өсімдік жамылғысының өзгеруінің ықтимал себептерін анықтауға және табиғи әрі антропогендік факторлардың рөлін бағалауға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар NDVI өсімдік жамылғысының спектрлік қасиеттерін сипаттайтынын, бірақ оның азықтық құндылығын, түрлік құрамын және нақты биомассасын тікелей анықтамайтынын ескеру қажет. Нәтижелердің сенімділігін арттыру үшін проективтік жабындылықты, түрлік құрамды және азықтық масса қорын анықтай отырып, жерүсті зерттеулерін жүргізу ұсынылады.

Спутниктік ақпарат пен ГАЖ-технологияларын біріктіру жайылымдық жүктемені реттеу, мал жаюды маусым бойынша бөлу және бұзылған учаскелерді қалпына келтіру жөніндегі іс-шараларды әзірлеу кезінде пайдаланылуы мүмкін.

6. Қорытынды

Жерді қашықтан зондтау деректерін қолдану Алматы облысы жайылымдарының өсімдік жамылғысының жағдайын бағалаудың перспективалы бағыты болып табылады. Sentinel-2 спутниктерін пайдалану өсімдіктер туралы кеңістіктік тұрғыдан егжей-тегжейлі ақпарат алуға және олардың әртүрлі бақылау кезеңдеріндегі өзгерістерін талдауға мүмкіндік береді.

Ұсынылған суреттерді өңдеу әдістемесі спутниктік деректерді алуды, арналарды алдын ала дайындауды, NDVI индексін есептеуді, өсімдік жамылғысын жіктеуді, жекелеген санаттардың аудандарын анықтауды және көпжылдық нәтижелерді салыстыруды көздейді.

ERDAS IMAGINE 2014 және ArcGIS бағдарламаларын пайдалану қашықтан зондтау мен геоақпараттық талдаудың негізгі операцияларын орындауға мүмкіндік береді. Спутниктік көрсеткіштерді, климаттық сипаттамаларды және жерүсті зерттеулерін кешенді қолдану жайылымдық ресурстарды бағалаудың сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Осылайша, ұсынылған тәсіл жайылымдарға өңірлік мониторинг жүргізуді ұйымдастыруға, ықтимал деградацияға ұшыраған аумақтарды анықтауға және Алматы облысының жерлерін ұтымды пайдалану жөнінде ұсынымдар әзірлеуге негіз бола алады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Tucker C. J. Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation // Remote Sensing of Environment. – 1979. – Vol. 8, no. 2. – P. 127–150. – DOI: 10.1016/0034-4257(79)90013-0.

2. Huete A. R. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) // Remote Sensing of Environment. – 1988. – Vol. 25, no. 3. – P. 295–309. – DOI: 10.1016/0034-4257(88)90106-X.

3. Huete A. et al. Overview of the Radiometric and Biophysical Performance of the MODIS Vegetation Indices // Remote Sensing of Environment. – 2002. – Vol. 83. – P. 195–213. – DOI: 10.1016/S0034-4257(02)00096-2.

4. Drusch M. et al. Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services // Remote Sensing of Environment. – 2012. – Vol. 120. – P. 25–36. – DOI: 10.1016/j.rse.2011.11.026.

5. Dubovyk O. The Role of Remote Sensing in Land Degradation Assessments: Opportunities and Challenges // European Journal of Remote Sensing. – 2017. – Vol. 50, no. 1. – P. 601–613. – DOI: 10.1080/22797254.2017.1378926.

6. European Space Agency. Sentinel-2 User Handbook. – 2015. – Issue 1, Rev. 2. – 64 p. – URL: https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook (дата обращения: 13.11.2026).