



Ғылыми мақала

## ЦЕЛИНОГРАД АУДАНЫНЫҢ АГРОҚАЛАЛЫҚ АУМАҒЫНДА ЖЕР ПАЙДАЛАНУ ӨЗГЕРІСТЕРІН ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДТАУ ЖӘНЕ ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ДЕРЕКТЕР НЕГІЗІНДЕ ТАЛДАУ

Гаухар Мусайф<sup>1</sup> , Жанат З. Толеубекова<sup>1</sup> т.ғ.к. , Асет А. Ахмадия<sup>1</sup>\*PhD , Хуралай Молдамурат<sup>2</sup> т.ғ.к. 

<sup>1</sup> С. Сейфуллина атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан; mussaif\_gauhar@mail.ru (ГМ), zh.toleubekova@kazatu.edu.kz (ЖЗТ), a.akhmadiya@kazatu.kz (ААА)

<sup>2</sup> Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университеті, Астана, Қазақстан; moldamurat@yandex.kz (ХМ)

\* Автор корреспонденгт: Асет А. Ахмадия, a.akhmadiya@kazatu.kz

### ТҮЙІН СӨЗДЕР

жерді қашықтықтан зондтау,  
жер пайдалану,  
жер жамылғысы,  
геоакпараттық әдістер,  
геодезия,  
өзгерістер

### АБСТРАКТ

Бұл зерттеу Астана мегаполисінің агроқалалық аймағы (АҚА) болып табылатын Целиноград ауданындағы жер пайдалану және жер жамылғысының (ЖПЖЖ) кеңістіктік-уақыттық динамикасына арналған. Агроқалалық аймағы аумағындағы жер жамылғысының (ЖЖ) өзгерістері 15 жылдық аралықтағы (2008, 2018 және 2023) бақылаулы классификация әдісі және геодезиялық деректер негізінде талданды. Зерттеу кезеңінде Жер пайдалану және жер жамылғысы (ЖПЖЖ) құрылымында елеулі өзгерістер байқалды. Қала шекарасында құрылыс салынған аумақтар айтарлықтай ұлғайған. Агроқалалық аймақта жыртылатын жер мен орман алқаптарының ауданы тұрақты түрде артса, жайылымдық жерлер азайып келеді. Бұл зерттеліп отырған аумақта жыртылатын жер үлесінің көбеюіне байланысты жер пайдаланудың қарқынды дамуын көрсетеді. Геодезиялық деректер мен геоакпараттық әдістерді пайдалану жер учаскелерінің шекаралары мен орналасуын дәл бақылауға мүмкіндік беріп, осы аймақтағы жер пайдалану өзгерістерін нақты бағалауға көмектесті. Агроқалалық аймағындағы жер пайдалану және жер жамылғысы (ЖПЖЖ) өзгерістерінің негізгі қозғаушы факторлары — Астана қаласының аумақтық кеңеюі мен халық санының өсуі. Жалпы алғанда, Қазақстан астанасының агроқалалық аймаққа әсері бірқатар экономикалық және заңнамалық шаралардың арқасында салыстырмалы түрде орнықты даму жағдайында жүріп жатыр. Геоакпараттық әдістер мен қашықтықтан зондтау деректерді пайдалану тұрақсыз дамуға әкелуі мүмкін құбылыстар мен процестерді жедел анықтауға тиімді құрал болып табылады.

### Мақала жайында:

Жіберілді: 22.05.2025  
Қайта қаралды: 29.09.2025  
Қабылданды: 29.09.2025  
Жарияланды: 01.10.2025

### 1. КІРІСПЕ

Қаланың шекарасыз және бақылаусыз кеңеюі (urban sprawl) агроқалалық аумақтардың тұрақты және үйлесімді дамуына айтарлықтай тосқауыл болады. [1]. Бұл процестің негізгі қозғаушы күштерінің бірі — қала халқының өсуі және оған байланысты агроқалалық аймағы аумағының кеңеюі немесе жер пайдаланудың қарқындылығының өзгеруі [2...4]. Әдетте, агроқалалық аумағындағы өзгерістерді зерттеу жер жамылғысы мен жерді пайдалану (ЖЖЖП) құрылымындағы өзгерістерді бағалау арқылы жүзеге асырылады, бұл үшін геоакпараттық әдістер (ГИТ) пайдаланылады [5...7]. Осыған орай, геоакпараттық әдістерді қолдана отырып, Жерді пайдалану және жер жамылғысы (ЖПЖЖ) құрылымының өзгерістерін бақылау жүйелері жасалуда [8]. Соңғы жылдары қаланың кеңеюінің агроқалалық аумақтардың ЖПЖЖ құрылымына әсеріне ерекше назар аударылуда, бұл бағыттағы ғылыми зерттеулердің санының артуымен дәлелденеді [9].

**Дәйексөз үшін:**

Мусайф Г., Төлеубекова Ж.,  
Ахмадия А., Молдамурат Х.  
Целиноград ауданының  
агроқалалық аумағында жер  
пайдалану өзгерістерін  
қашықтықтан зондтау және  
геодезиялық деректер  
негізінде талдау // *Гидрометеорология и  
экология*, №3 (118), 2025,  
127-140.

Жерді пайдалану және жер жамылғысы – екі түрлі ұғым, олар әдетте бірге бағаланады, себебі біріншісі (жер бетінің физикалық қасиеттері) мен екіншісі (адамдардың жер жамылғысын пайдалану) бір-бірінен тәуелсіз қарастырылмайды [10]. Сондықтан, жерді пайдалану және жер жамылғысы (ЖПЖЖ) адам мен табиғат арасындағы өзара әрекеттесудің нәтижесі болып табылады, оған әлеуметтік-экономикалық процестердің өзгерістері әсер етеді. Геодезиялық деректер жер пайдалану құрылымындағы өзгерістерді дәлірек анықтауға көмектеседі, өйткені геодезиялық өлшеулер мен картографиялық ақпараттар жер учаскелерінің шекараларын, орналасуын және өзгерістерін нақты бақылауға мүмкіндік береді. Осы тұрғыда геодезия мен геоақпараттық әдістерді біріктіру агроқалалық аймағындағы жер пайдалану өзгерістерін тиімді бағалауға және болашақта тұрақты даму стратегияларын жасауға мүмкіндік береді. ЖПЖЖ құрылымындағы ұзақ мерзімді өзгерістерді бағалап, негізгі процестерге назар аудара отырып, осы құбылыстардың қозғаушы күштерін анықтауға және зерттеліп отырған аймақтың тұрақты дамуы үшін тиімді шаралар қабылдауға болады [11,12].

Астана қаласының (бұрынғы Целиноград, Ақмола, Астана) агроқалалық аумаққа (АҚА) әсері айтарлықтай жоғары, себебі соңғы 15 жыл ішінде (2008...2023 жж.) ол провинциялық шаһардан ірі мегаполиске айналып, еліміздің саяси, экономикалық және мәдени орталығына айналды [13]. Осыған байланысты мегаполистің агроқалалық аумаққа тигізетін әсерін бағалаудың ең тиімді тәсілдерінің бірі – геоақпараттық технологиялар (ГИТ) көмегімен агроқалалық аймақтағы жер жамылғысы мен жерді пайдалану (ЖПЖЖ) құрылымында орын алған ұзақ мерзімді өзгерістерді зерттеу болып табылады.

Қазақстанда геоақпараттық әдістерді қолдана отырып, жер пайдалануды зерттеу 1990-жылдары басталды [14...19]. Зерттеулердің бастапқы кезеңінде негізгі назар кеңестік дәуірдегі тиімсіз жер пайдаланудың салдарын алдын ала бағалауға бағытталды. Бұл өз кезегінде Арал теңізінің тартылуы, бұрынғы Семей ядролық сынақ полигоны, Байқоңыр ғарыш айлағы мен минералды және көмірсутек қорларын игеруге байланысты туындаған елеулі экологиялық апаттарға алып келді [20...23]. Қазіргі уақытта еліміздің жеке аймақтарында ЖПЖЖ құрылымындағы ұзақ мерзімді өзгерістерді зерттеу үшін ГАЖ қолданатын зерттеулер жүргізілуде. Бұл зерттеулер қалалық кеңенің тікелей әсерінен тыс жатқан жер пайдаланудағы өзгерістерді зерттеуге бағытталған [24...27]. Сонымен бірге, Қазақстанның ірі қалаларының айналасындағы ауыл шаруашылығы аймақтарына әсерін ұзақ мерзімді кеңістіктік-уақыттық деректер негізінде жан- жақты бағалау әлі де ашық мәселе болып тұр, бұл қала мен агроқалалық аймақтар үшін тұрақты даму тәсілдерін анықтауға көмектеседі.

Осыған орай, біздің негізгі мақсатымыз – Астана мегаполисімен шектесетін Целиноград ауданында жер пайдалану және жер жамылғысы (ЖЖЖП) өзгерістеріне әсер ететін негізгі факторларды анықтауға болды. Зерттеудің міндеттері:

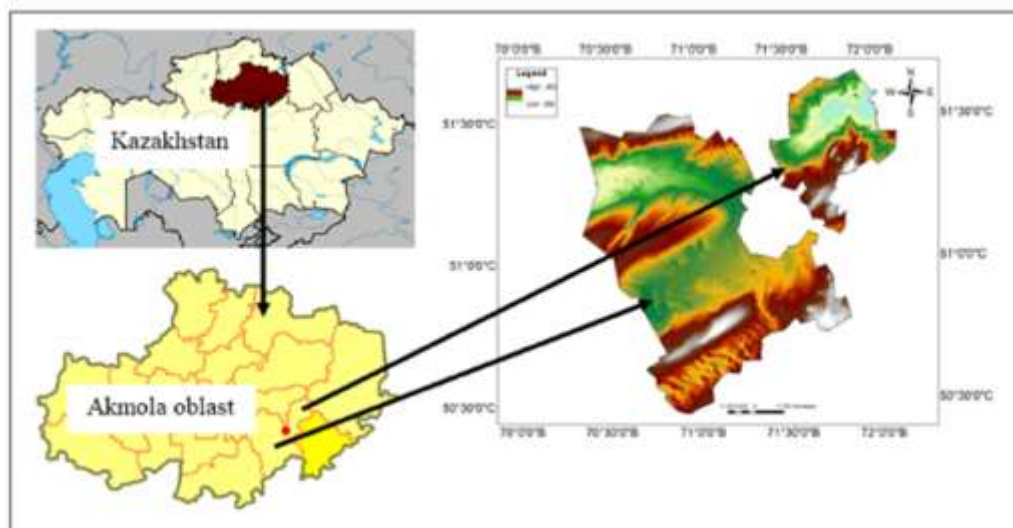
1. 15 жылдық қашықтықтан зондтау деректерін (2008...2023 жылдар арасын) пайдалана отырып, агроқалалық аймақ аумағында ЖПЖЖ құрылымындағы өзгерістерді бағалау;
2. Бұл факторлардың агроқалалық аумағының тұрақты дамуына әсері мен салдарын бағалау.

## **2. МӘЛІМЕТТЕР МЕН ӘДІСТЕР**

Зерттеу үшін таңдалған аумақ –Астана қаласын қоршап жатқан Ақмола облысындағы Целиноград ауданы. Бұл аудан агроқалалық сипатқа ие және урбанизация үдерістеріне ең көп ұшыраған аймақтардың бірі болып табылады. Қазіргі таңда бұл мегаполис өзінің аумақтық кеңеюіне байланысты зерттеу аймағын (ЗА) шартты түрде екі бөлікке бөліп тұр (1-сурет). Аумақтың жер бедерін сипаттау мақсатында цифрлық биіктік моделі (Digital Elevation Model, DEM) пайдаланылды. Бұл модель Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) спутниктік деректері негізінде құрылған және рельефтің

радиолокациялық топографиясына негізделген ерекшеліктерін талдауға мүмкіндік береді[28].

Зерттеу аумағы Қазақтың ұсақ шоқылы аймағында орналасқан, ол төмен таулы рельефтен сәл толқынды жазыққа ауысады. Аумақтың топографиялық ерекшеліктерін дәл сипаттау мақсатында геодезиялық өлшеулер мен картографиялық деректер қолданылды. Геодезиялық деректер жер бедерінің биіктік айырмашылықтарын, өзен арналары мен су айдындарының кеңістіктік орналасуын нақтылауға мүмкіндік берді. Бұл мәліметтер жер пайдалану құрылымын бағалауда маңызды рөл атқарады және қашықтықтан зондтау деректерімен бірге қолданылып, ЖПЖЖ өзгерістерін егжей-тегжейлі талдауға жағдай жасайды. Зерттеу аумағының климаты – құрлықтық, құрғақ дала белдеуіне жатады. Қысы суық және ұзақ, қаңтар айының орташа температурасы 17...18 °С; жазы – біршама жылы, шілде айында орташа температура шамамен 20 °С. Жылдық орташа жауын-шашын мөлшері 300...350 мм. Аудан арқылы жеті өзен ағады. Көптеген шағын өзен салалары жаз мезгілінде тартылып қалады. Сондай-ақ, көптеген ірі және ұсақ көлдер бар, олардың су беті маусымдық өзгерістерге ұшырайды.



**Сурет 1.** Зерттеу нысанының географиялық орналасуы және цифрлық жер бедері картасы

Целиноград ауданы Ақмола облысының негізгі ауыл шаруашылығы аймақтарының бірі болып табылады. Ауданның басты ауыл шаруашылық қызметі – дәнді дақылдарды өндіру. Астана – Қарағанды және Астана – Павлодар темір жол желілері зерттеу аймағы арқылы өтеді. Жол инфрақұрылымы жақсы дамыған. Ресми деректерге сәйкес, Целиноград ауданының аумағы 7,8 мың км<sup>2</sup> құрайды және онда 18 елді мекен орналасқан [29,30].

ЖПЖЖ өзгерістерін зерттеу үшін зерттеу аумағында АҚШ Геологиялық қызметінің (USGS) ресми сайтынан алынған Landsat 5 және Landsat 8 спутниктік мультиспектралды деректері пайдаланылды [31]. Landsat суреттерін қолданудың негізгі себебі – Жерді ұзақ уақыт бойы бақылауға арналған деректердің қолжетімділігі (өткен ғасырдың 1970 жылдарынан бастап) және олардың кеңістіктік дәлдігінің жоғары болуы (30 м) [32]. Осылайша, Landsat спутниктік деректері 2008, 2018 жылдан 2023 жылға дейінгі ЖПЖЖ талдауы үшін өте қолайлы. Мысалы, дәл осындай тегін Sentinel-2 спутниктік деректері Қазақстан аумағы үшін тек осы ғасырдың жиырмамыншы жылдарының ортасынан бастап қолжетімді [33].

Landsat суреттері UTM (эмбебап көлденең меркатор проекциясы) жүйесінің 42-аймағы және WGS-1984 (әлемдік геодезиялық жүйе) координаталар жүйесіне сәйкес геометриялық түзетуден өткізілген. Геодезиялық координаталық жүйелерді қолдану өте

маңызды, өйткені олар зерттеу аймағының нақты орналасуын және географиялық нүктелердің дәлдігін қамтамасыз етеді. Геодезиялық түзету мен кеңістіктік үйлесімділікті қамтамасыз ету үшін жер бедерінің әртүрлі географиялық белгілері мен деректері қолданылады.

## Кесте 1

*Спутниктік суреттер және олардың сипаттамалары*

| Спутник   | Суреттердің мерзімі | Спектралды арналар                                       | Кеңістіктік шешім (дәлдік) | Геодезиялық түзету жүйесі   |
|-----------|---------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Landsat 5 | 2008, 2018, 2023    | Көк (B), Жасыл (G), Қызыл (R),<br>Жақын инфрақызыл (NIR) | 30 м                       | UTM (42-аймақ),<br>WGS-1984 |
| Landsat 8 | 2008, 2018, 2023    | Көк (B), Жасыл (G), Қызыл (R),<br>Жақын инфрақызыл (NIR) | 30 м                       | UTM (42-аймақ),<br>WGS-1984 |

Landsat 5 және 8 спутниктерінен алынған B, G, R және NIR арналары негізінде құрылған жалған түсті кескіндер (False Color Composite — FCC) және аудан шекаралары бойынша қиылған бұлтсыз екі суреттен құрылған түсті теңестірілген мозаикалар қолданылды. Бұл кескіндер 2008 және 2018 жылдар аралығындағы көп уақыттық кезеңде зерттеу аймағындағы ауыл шаруашылығы алқаптары мен құрылыстанған аумақтарды анықтап, жіктеу үшін пайдаланылды.

Геодезияның рөлі тек жер бетінің бейнесін анықтап қана қоймай, сонымен қатар осы карталарды құрастыруда дәлдік деңгейін жоғарылатуда, сондай-ақ уақыт бойынша өзгерістерді бақылауда маңызды. Геодезиялық мәліметтермен бірге Жер бетінің әртүрлі бақылау әдістерін біріктіру арқылы аумақтың физикалық және экологиялық құрылымын тиімді зерттеуге мүмкіндік береді.

Негізгі карталарды құрастыру және қашықтықтан зондтау (ҚЗ) деректерін интерпретациялау үшін Мемлекеттік жер кадастрының Автоматтандырылған ақпараттық жүйесінің тақырыптық карталары қолданылды [34]. Осы карталар негізінде геодеректер базасы (геобазы) құрылды. Геодеректер базасы геодезиялық ақпараттың маңызды бір бөлігі болып табылады, өйткені бұл жүйелер нақты жер пайдаланушыларын анықтауға және оларды басқа зерттеу мәліметтерімен салыстыруға мүмкіндік береді. Геобазы оқу үлгілерін жинау, жергілікті шындықпен салыстыру (ground-truthing), классификацияның дәлдігін бағалау және жер учаскелерінің нақты меншік иелерін анықтау үшін пайдаланылды.

*Классификациялау әдістері және дәлдік бағалауы.*

Классификацияның бірінші деңгейі үшін CORINE жүйесіне сәйкес келесі бес ЖПЖЖ класы пайдаланылды, ол 2-кестеде көрсетілген: егістік жер, жайылымдар, су, орман және құрылыс аймақтары [35].

## Кесте 2

*Зерттеу аймағындағы жер пайдалану және жер жамылғысы кластары*

| Деңгей 1       | Деңгей 2                                                                         |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Егістік жер    | Бидай, арпа, күнбағыс, жоңышқа, әртүрлі түрдегі шөлдер                           |
| Жайылымдар     | Жайылымдар, шабындықтар, шөп шабу, қоймалар                                      |
| Су             | Көлдер, су қоймалары, өзендер                                                    |
| Орман          | Жапырақты, қылқан жапырақты, аралас ормандар, орман питомниктері, орман егістері |
| Құрылыс аймағы | Елді мекендер, өнеркәсіптік аймақтар                                             |

Бұл зерттеуде жергілікті жер пайдалану және жер жамылғысы кластары арқылы классификациялаудың нақты мәліметтерін қашықтықтан зондтау арқылы кодтау бойынша атқарды. Алынған мәліметтер арнайы санаттар бойынша талқыланды.

Жер бетінің нақты морфологиялық жағдайын дәл сипаттауда маңызды әдістемелік негіз болып табылады, әсіресе цифрлық биіктік модельдері мен координаттық жүйелерді қолдану барысында. Зерттеу шеңберінде қашықтықтан зондтау арқылы алынған суреттердің координаттарын салыстыру және оларды нақтылау үдерісінде геодезиялық мәліметтер кеңінен пайдаланылды. ArcGIS бағдарламалық жасақтамасында кеңістіктік

деректердің дәлдігі мен сәйкестігін арттыру мақсатында Universal Transverse Mercator (UTM) проекциясы және World Geodetic System 1984 (WGS-1984) геодезиялық жүйесі қолданылды. Бұл тәсіл зерттеу аумағы бойынша жоғары дәлдіктегі координаттық сәйкестендіруді қамтамасыз етуге мүмкіндік берді.

Бұл зерттеуде бақылаулы классификация үшін максималды ықтималдық классификаторы алгоритмдік оқыту (ML) қолданылды. Алгоритмдік оқыту классификаторы – ең көп қолданылатын, өте қарапайым әрі іске асыруы жеңіл алгоритмдердің бірі. Сонымен қатар, алгоритмдік оқыту (АО) жақсы белгілі және қашықтықтан зондтау мәселелерінің кең спектрінде сәтті қолданылған [36,37]. Сондықтан, осы зерттеуде жерді пайдалану және жер жамылғысы (ЖПЖЖ) классификациясы үшін ArcGIS бейнесін өңдеу бағдарламасы (нұсқасы 10.6.1) қолданылды [38].

Алғашқы бақылаулы классификациядан кейін ЖПЖЖ картасы күмәнді аймақтардың жергілікті тексерісі негізінде өңделді және кейбір кластар өздеріне тиісті кластарға қайта кодталды. Жергілікті шындықты тексеру/тексеру тек классификацияда анық емес болған аймақтарда жүргізілді. Бұл процесс барысында жер пайдалану және жер жамылғысы карталары бастапқыда дайындалды, ал шатасқан жерлер анықталды. Әрбір класс үшін, яғни егістік жер, жайылымдар, су, орман және құрылыс аймақтары үшін кемінде он екі нүкте белгіленді. Зерттеу аймағында жан-жақты жергілікті шындықты тексеру жүргізілді және кейінірек кейбір түзетулер енгізілді. Сурет классификациясына арналған жергілікті деректер кейінірек дәлдік бағалауында қолданылды.

Жергілікті шындықты тексеруден кейін дәлдік бағалауы жүргізілді, бұл картаның сенімділігін бағалаудың ең маңызды әдісі болып табылады. Қандай да бір сурет классификациясы оның дәлдігі бағаланбағанша толық деп есептелмейді. Классификацияның дәлдігін анықтау үшін, классификацияланған суретте пикселдердің үлгісі таңдалып, олардың класс сәйкестіктері жергілікті деректермен салыстырылды. Бұл зерттеуде классификация қатесі матрицасы (немесе шатасу матрицасы) қолданылды, ол классификацияның дәлдігін білдірудің кең таралған әдісі болып табылады. Қате матрицасында жалпы классификация сенімділігінің көрсеткіші диагональ бойындағы дұрыс классификацияланған нүктелердің саны ретінде анықталады (пайызбен). Бұл сан кездейсоқ болуы мүмкін. Нәтижелерді қорытындылау кезінде осы фактіге назар аудару үшін кездейсоқтықты түзететін коэффициент немесе K (Карра) индексі жиі қолданылады.

Карра талдауы — бұл көпөлшемді дискретті техника, ол өнім берушінің және пайдаланушының жалпы дәлдігін, сондай-ақ Карра дәлдік деңгейін есептейді.

Карра индексі келесі формула бойынша есептеледі [39]:

$$K = (d-q)/(N-q) \quad (1)$$

мұндағы:  $d$  — дұрыс алынған нәтижелердің саны (қате матрицасының диагоналындағы мәндердің сомасы);  $q$  — кездейсоқ нәтижелердің саны, ол сәйкестік матрицасының жолдарындағы  $n$  кездейсоқ нәтижелері мен бағандарындағы  $n$  нақты нәтижелерінің саны бойынша есептеледі, ол келесі түрде есептеледі:

$$q = \sum (n_i n_i / N) \quad (2)$$

мұндағы  $N$  — барлық нүктелердің жалпы саны.

Тамаша дәл нәтиже үшін (барлық  $N$  нүктелер диагональда болғанда), Карра мәні 1-ге тең болады, ал кездейсоқ нәтиже үшін Карра мәні 0-ге тең болады. Дәлдік бағалауы мен түзетуден кейін 2008, 2018 және 2023 жылдардағы класстар бойынша аймақтар есептелді. Жерді пайдалану және жер жамылғысы классификациясында өзгерісті

анықтау өте маңызды процесс болып табылады, ол 2008, 2018, және 2023 жылдардағы жер пайдалану және жер жамылғысы класстарының есебін және талдауын аяқтағаннан кейін жүзеге асырылды. ArcGIS бағдарламасында өзгеріс анықтау мүмкіндігін пайдалану арқылы Целиноград ауданындағы үш мозаиканың арасындағы айырмашылықтар барлық бес жерді пайдалану және жер жамылғысы Жерді пайдалану және жер жамылғысы класы үшін есептелді. Біз қолданған әдістемелік тәсілдердің интегралды құрылымы блок-схема түрінде 2-суретте көрсетілген. Осылайша, біз қолданған жер пайдалану және жер жамылғысы (LULC) классификациялау және оның дәлдігін бағалау әдістемелік тәсілдері бірнеше рет тексеріліп, осы процестерді автоматтандыру үшін жеткілікті сенімді деп табылды.



**Сурет 2.** Жерді пайдалану және жер жамылғысы (ЖПЖЖ) картасын жасау әдістемесі

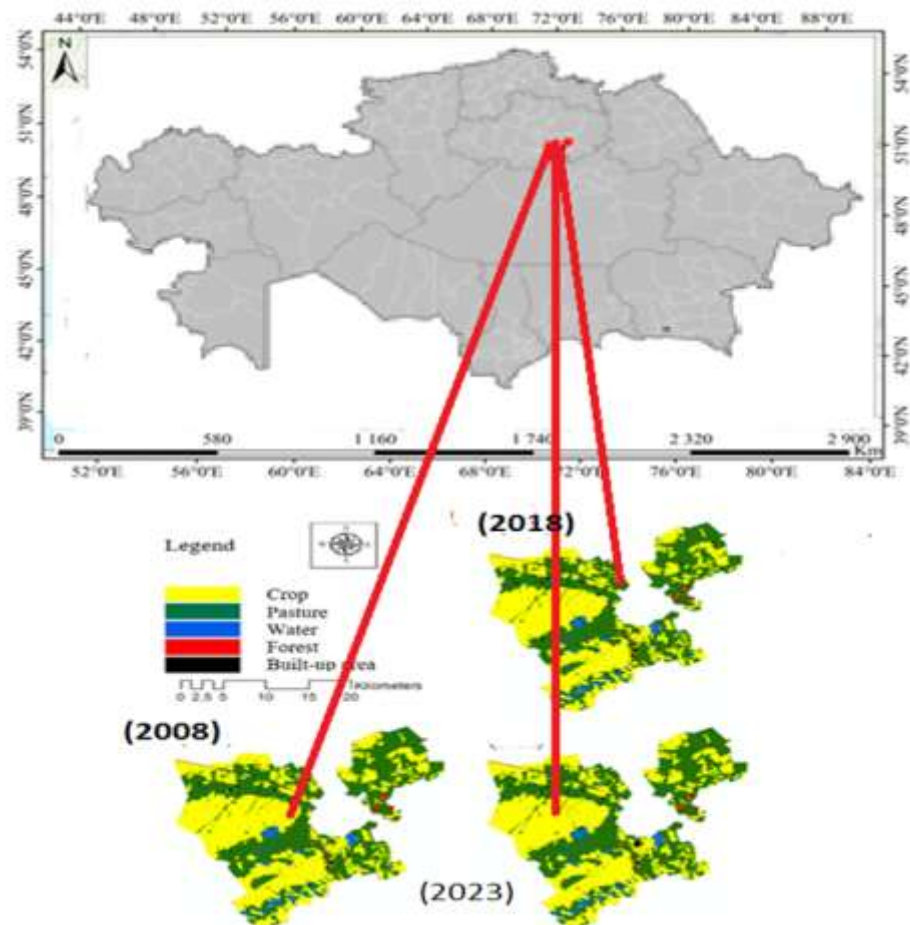
### 3. НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Жер пайдалану және жер жамылғысы өзгерістерін классификациялау нәтижелері көрсеткендей, ауыл шаруашылығы жерінің (егістік жер, жайылымдар), сондай-ақ су көздерінің, ормандардың және құрылыс аумақтарының аудандары зерттеу жылдары бойы салыстырмалы өзгерістерге ұшырады, бұл 2008, 2018 және 2023 жылдардағы жер пайдалану және жер жамылғысы (ЖПЖЖ) карталарында (Сурет 3) көрсетілген.

ЖПЖЖ классификациясының нәтижелері көрсеткендей, зерттеу аумағының негізгі бөлігін ауыл шаруашылығы жерлері (егістік жерлер, жайылымдар) алып жатыр (~94%), су айдындары ~3.7%, ормандар ~0.7%, және құрылыс аумақтары ~0.5...0.9% құрайды.

2008 жылдан 2023 жылға дейінгі жер жамылғысы (ЖПЖЖ) кластарындағы өзгерістердің мысалдары 3-кестеде көрсетілген. 2008...2023 жылдар аралығындағы жер пайдалану және жер жамылғысы классификациясының нәтижелері 3-кестеде көрсетілген, онда бақылау жылдары ішінде зерттеу аумағының шамамен 95%-ы егістік жерлер мен жайылымдармен қамтылғаны көрсетілген. Мысалы, 2008 жылдары бұл көрсеткіш 95.3% болса, 2023 жылы 95.0% болды. Егістік жерлердің ауданының тұрақты түрде ұлғаю тенденциясы байқалды, негізінен жайылымдардың жырттылуы және құрылыс аумақтарының ұлғаюы есебінен. Егістік жерлердің үлесі 2008 жылдан 2023 жылға дейін айтарлықтай өсті. Егістік жерлермен қамтылған аумақ жылдар бойы 2008 жылдан 2023 жылға дейін егістік жерлердің дамуының қарқыны төмендеп, тек 0.1%-ға немесе 11.0 км<sup>2</sup>-ге жетті. Бақылау кезеңі ішінде, яғни 2008 жылдан 2023 жылға дейін, егістік жерлердің жалпы ауданы 0.4%-ға немесе 30.9 км<sup>2</sup>-ге ұлғайды. Осы уақытта, аймақтың жайылымдары 2008 жылдан 2023 жылға дейін 0.4%-ға немесе 29.6 км<sup>2</sup>-ге азайды. Бақылау кезеңі ішінде жайылымдардың ауданы 0.7%-ға немесе 52.7 км<sup>2</sup>-ге қысқарды, оның 30.9 км<sup>2</sup>-і егістік жерлерге айналдырылды. Жайылымдардың жырттылуы есебінен егістік жерлердің ұлғаюының типтік мысалы диаграммада көрсетілген. Су айдындарының ауданы, көптеген шағын және орташа таяз көлдер мен өзендерді біріктіре отырып, 3.6%-ды құрайды. Бұл су қоймаларындағы су деңгейінің төмендеуі жаздың аяғы мен күздің басында байқалды, бұл диаграммада көрінеді. Алайда, кейін олар бұрынғы

деңгейіне қайта оралды, сондықтан зерттеу жылдары ішінде су айдындарының жалпы ауданы тұрақты қалды. Ауданның орман алқаптары 1%-дан азды құрады (0.6%).

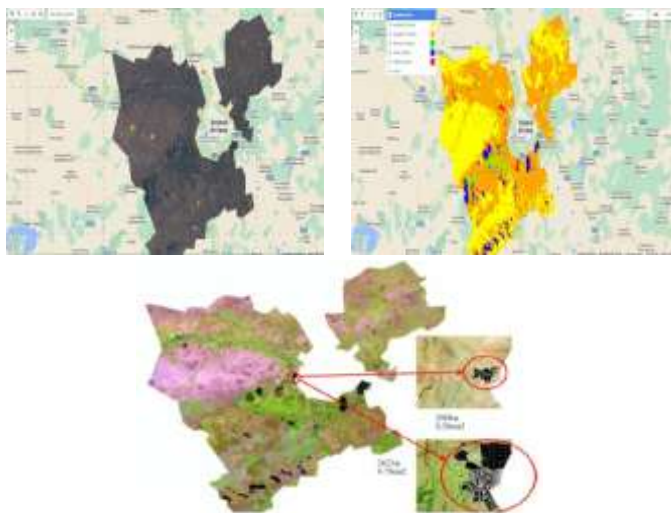


**Сурет 3.** ЖІЖЖ картасы – 2008, 2018 және 2023 жылдардағы-классификация нәтижесі

Сонымен қатар, ағаш өсіру үшін пайдаланылатын аумақтың айтарлықтай ұлғаюы байқалды, негізінен бұрын жайылым ретінде пайдаланылған бұрынғы орман алқаптарының кеңеюі есебінен. Мысалы, 2008 жылы орманмен қамтылған аумақтың көлемі едәуір болса, 2023 жылға дейін бұл көрсеткіш одан әрі ұлғайып, орман алқаптары кеңейе түсті. Орман алқаптарының ұлғаюының мысалын 4-суреттен алынған. 2023 жылға қарай орман алқаптарының жалпы ауданы 2008 жылмен салыстырғанда 5.8%-ға немесе 2.8 км<sup>2</sup>-ге артты. Қалалық аумақтар барлық зерттеу аймағының тек 0.5%...0.6%-ын ғана алып жатыр. Алайда, республиканың астанасының жақындығы қалалық аумақтардың өзгеруіне айтарлықтай әсер етті. Ең үлкен өзгерістер Астанамен шекаралас аймақта, агроқалалық аумағындағы қалаларда маңында болды. 2008 жылдан 2023 жылға дейін қалалық аумақтардың ауданы сәл ғана өсті – олар 3%-ға немесе 1.1 км<sup>2</sup>-ге ұлғайды. 2008 жылдан 2023 жылға дейін қала аумағында қарқынды өзгерістер орын алып, елді мекендердің жалпы ауданы 52,6%-ға немесе 19.0 км<sup>2</sup>-ге артты. Бұл өзгерістер негізінен ауыл шаруашылығы жерлерінің, дәлірек айтқанда жайылымдардың жыртылуы есебінен болды.

#### *Классификация дәлдігі.*

Жалпы дәлдік пен Каппа коэффициенті классификация нәтижелерінің жеткілікті сенімді екенін көрсетеді (Кесте 3). Осылайша, жалпы классификация дәлдігі 94% пен 94.4% аралығында болды. 2008 жылғы классификация үшін Каппа коэффициенті 0.87, ал 2023 жылғысы 0.90 болды.



**Сурет 4.** 2008 жылдан 2023 жылға дейінгі жер пайдалану және жер жамылғысы санаттарының өзгерістер

мысалдары: 1 – Егістік жерлер, 2- жайылым, 3– Су айдыны, 4 – Құрылыстар

### Кесте 3

*Жер пайдалану және жер жамылғысы аумақ айырмашылығы, классификация дәлдігі және Каппа статистикасы*

| ЖПЖЖ класы             | 2008                   | 2023                   |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| Егістік жерлер         | 1134.4 км <sup>2</sup> | 1156.0 км <sup>2</sup> |
| Жайылымдар             | 770.3 км <sup>2</sup>  | 740.8 км <sup>2</sup>  |
| Су көздері             | 70.2 км <sup>2</sup>   | 73.5 км <sup>2</sup>   |
| Ормандар               | 13.6 км <sup>2</sup>   | 15.3 км <sup>2</sup>   |
| Құрылыс аймақтары      | 8.1 км <sup>2</sup>    | 24.7 км <sup>2</sup>   |
| Аумақ айырмашылығы (%) | +0.8%                  | +0.4%                  |
| Дәлдік (%)             | 94.1%                  | 94.4%                  |
| Каппа                  | 0.87                   | 0.90                   |

Зерттеу аймағының жер пайдалану және жер жамылғысын жіктелуіне қатысты өндіруші мен пайдаланушы дәлдігі, сондай-ақ қосу (Commission) және қалдыру (Omission) қателері болады. Мысалы, егістік жер үшін өнім берушінің дәлдігі 93.1%-дан 94.9%-ға дейін өзгерді; жайылымдар үшін 93.8%-дан 95.6%-ға дейін; су үшін 99.5%-дан 99.5%-ға дейін; орман үшін 95.4%-дан 95.5%-ға дейін; және құрылыстар үшін 94.8%-дан 96.7%-ға дейін болды. Пайдаланушының дәлдігі одан да кішірек аралықтарда табылды, және барлық классификацияланған топтар үшін 91.2%-дан 99.5%-ға дейін өзгерді. Жиынтық дәлдік 90%-дан асқандықтан, зерттеу нәтижелері өнім беруші мен пайдаланушы үшін де өте қабылдауға болатын деңгейде деп есептелуі мүмкін. 4-сурет классификациясының сенімділігін тағы да бір растайтын фактор — жіберілген қателіктер (комиссия) мен өшірілген қателіктердің (жіберілген) төмен мәндері (Кесте 4). Мысалы, 2008 жылғы сурет үшін жіберілген қателіктер әртүрлі ЖПЖЖ кластарында 0.6-тен 7.9-ге дейін болды және 2018 жылғы сурет үшін - 0.6-дан 6.2-ге дейін болды. Жіберілген қателіктердің мәндері шамамен сол шектерде өзгерді: 2008 жылы - 0.6-дан 8.8-ге дейін; және 2018 жылы - 0.6-дан 7.7-ге дейін. Бұл дегеніміз, классификацияның дәлдігін бағалау нәтижелері мен оның қателіктері біз жүргізген жұмыстың сенімділігін айқын көрсетті және жер пайдалану және жер жамылғысын классификация нәтижелері үшін тақырыптық карталарды автоматтандыру процестеріне жол ашты.

Мысалы, егістік жер үшін өнім берушінің дәлдігі 93.1%-дан 94.9%-ға дейін өзгерді; жайылымдар үшін 93.8%-дан 95.6%-ға дейін; су үшін 99.5%-дан 99.5%-ға дейін; орман үшін 95.4%-дан 95.5%-ға дейін; және құрылыстар үшін 94.8%-дан 96.7%-ға дейін болды. Пайдаланушының дәлдігі одан да кішірек аралықтарда табылды, және барлық классификацияланған топтар үшін 91.2%-дан 99.5%-ға дейін өзгерді. Жиынтық дәлдіктің 90%-дан жоғары болуы зерттеу нәтижелерін өнім беруші мен пайдаланушы үшін де

қолайлы және сенімді деп бағалауға мүмкіндік береді. 4-суреттегі классификация нәтижесінің сенімділігін растайтын қосымша фактор – комиссиялық және жіберіп алу қателіктерінің төмен деңгейде болуы (Кесте 4). Мысалы, 2008 жылғы сурет үшін жіберілген қателіктер әртүрлі ЖПЖЖ кластарында 0.6-тен 7.9-ге дейін болды; және 2018 жылғы сурет үшін - 0.6-дан 6.2-ге дейін болды. Жіберілген қателіктердің мәндері шамамен сол шектерде өзгерді: 2008 жылы - 0.6-дан 8.8-ге дейін; және 2018 жылы - 0.6-дан 7.7-ге дейін. Бұл дегеніміз, классификацияның дәлдігін бағалау нәтижелері мен оның қателіктері біз жүргізген жұмыстың сенімділігін айқын көрсетті және жер пайдалану және жер жамылғысын классификация нәтижелері үшін тақырыптық карталарды автоматтандыру процестеріне жол ашты.

#### Кесте 4

ЖПЖЖ классификациясының дәлдік бағасы

| ЖПЖЖ класы | Өндіруші мен пайдаланушы дәлдігі % |      |        |      | Қателіктер |     |        |     |
|------------|------------------------------------|------|--------|------|------------|-----|--------|-----|
|            | 2008 ж                             |      | 2023 ж |      | 2008 ж     |     | 2023 ж |     |
|            | Ө                                  | П    | Ө      | П    | С          | О   | С      | О   |
| 1          | 93,1                               | 93,5 | 94,9   | 95,3 | 7,9        | 6,5 | 6,2    | 7,7 |
| 2          | 93,8                               | 91,2 | 95,6   | 93,0 | 7,3        | 8,8 | 5,4    | 7,0 |
| 3          | 99,5                               | 99,5 | 99,5   | 99,5 | 0,6        | 0,6 | 0,6    | 0,6 |
| 4          | 95,4                               | 93,9 | 95,5   | 95,4 | 4,7        | 6,2 | 4,6    | 4,6 |
| 5          | 94,8                               | 91,8 | 96,7   | 95,8 | 6,3        | 8,2 | 4,2    | 4,2 |

Қосымша: 1 – Егістік жер, 2 – Жайылым, 3 – Су, 4 – Орман, 5 – Құрылыстар. \*\*Ө - Өнім беруші, П - Пайдаланушы, \*\*\*С – Commission, О – Omission (жіберілген қателіктер).

Қалалану, ең алдымен, қала тұрғындарының санының өсуімен байланысты [40], және әдетте бұл ауыл шаруашылығы жерлерінің есебінен қаланың кеңеюімен бірге жүреді [41,42]. Қазақстан да бұл үрдістен тыс қалмайды [43,44]. 1996...2015 жылдар аралығында қала халқы 16,6%-ға артты. Миграцияның негізгі бағыттарының бірі Астана қаласы болды. Астана ретінде ол елдің кеңістіктік инфрақұрылымын құрып, елді мекендердің орталығына айналады, бұл қаланың кеңеюімен бірге жүреді. Мысалы, ГАЖ қолдану нәтижесінде Астана қаласының 1990 жылдан 2016 жылға дейінгі уақыт аралығындағы үлкен жер кеңеюі көрсетілді [45]. 2008 жылдан 2023 жылға дейінгі кезеңде бұл мегаполис жер аумағы өте жоғары деңгейде артты — 258 км<sup>2</sup>-ден 797,3 км<sup>2</sup>-ге дейін және бұл өзгеріс негізінен ауыл шаруашылығы мақсатында пайдаланылған жерлерді басып алу нәтижесінде орын алды. Жердің кеңеюімен қатар, елорда тұрғындарының саны да бірнеше есеге артты [46].

Экономикалық серпін, қаланың аумағын кеңейтуге ықпал ететін негізгі факторлардың бірі. Мысалы, қаланың шекараларын кеңейту аймағында қолжетімді жер жаңа иммигранттарды тартады. Қаланың шекараларын кеңейту аймағында жер кеңеюі өте тиімді, себебі ауыл шаруашылығына арналған жердің бағасы сол жерге салыстырғанда бірнеше есе жоғары болады. Сонымен қатар, қаланың дамуы үшін жоспарланған аумақтағы барлық ауыл шаруашылық жерлері нарықтық мәмілелерге қолжетімді, сондықтан ауыл шаруашылығы жерлерін сатып алу және сату салыстырмалы түрде оңай [47]. Осы себептермен жер спекуляциясы осы аймақтарда өте жиі кездеседі. Зерттеу аумағы үшін де бұл жағдай дәл осындай [48].

Екінші жағынан, ауыл шаруашылығы жерлеріне қалалардың кеңеюі ресми түрде шектелгендіктен [49], республика үкіметі қаланың кеңеюін басқаруға арналған жоспарлау процедураларын жылдамдату мүмкіндігіне ие емес. Сонымен қатар, ел үкіметі тарапынан қалалық агломерацияларды, оның ішінде Акмола обысы ауданын да дамыту үшін орнықты даму мақсатында шаралар қабылданған. Бұл шаралар қаланың өсуін тежеуге және қоршаған ортаны жақсартуға бағытталған, соның ішінде қалалық агломерациялар айналасында жасыл алаңдарды құру, яғни орман алқаптарын қалыптастыру, бұл зерттеу аймағы аумағында орманды жерлердің ұлғаюын түсіндіреді. Мұндағы геодезияны қосу арқылы, қалалық аумақтардың кеңеюі, ауыл шаруашылығы жерлерінің өзгеруі және орман алқаптарының өсуі секілді зерттеу нәтижелерін дәл

анықтау үшін геодезиялық өлшеулер мен кеңістіктік деректерді қолдану маңызды. Мысалы, геодезиялық құралдар мен кеңістіктік талдау әдістері арқылы жердің нақты шекаралары мен топографиялық өзгерістерін бақылап, жер пайдалануды басқару мен картографиялау процестерін дәл әрі тиімді жүзеге асыруға болады. Бұл геодезияның маңызды рөлін атап өтіп, картографиялық зерттеулерді толықтыра отырып, жердің кеңеюі мен пайдаланылуын тиімді қадағалауға мүмкіндік береді.

#### 4. ҚОРЫТЫНДЫ

Біз тез өсіп келе жатқан агроқалалық аумағында, мегаполисінің қаланың шекараларын кеңейту аймағы (қала маңы аумағы) аймағында орналасқан ауданының жерді пайдалану мен жер жамылғысы (ЖПЖЖ) құрылымындағы кеңістіктік және уақыттық өзгерістерді зерттедік. 2008 және 2023 жылдарға арналған көпұақытты Landsat спутниктік суреттерін қолдану арқылы бес санаттағы жер түрлері (егістік жерлер, жайылымдар, су объектілері, ормандар және құрылыс аймақтары) жіктелді. Зерттеу нәтижесінде ауыл шаруашылық аудандардағы ЖПЖЖ құрылымының қала әсерінен өзгеруінің негізгі үрдістері анықталды.

2008...2023 жылдар аралығында мынадай бақылаулар жүргізілді: Егістік жерлер айтарлықтай ұлғайып, жайылымдар азайды; Су объектілерінің ауданы маусымдық түрде өзгерді, бірақ жалпы көбею немесе азаю үрдісі байқалмады; Орман алқаптарының ауданы тұрақты түрде ұлғайды; Ең белсенді құрылыс аумақтарының өсуі (зерттеу аймағы) мен республикалық астана шекарасында байқалды. Жүргізілген классификация нәтижелері жоғары дәлдікпен сипатталып, сенімді болды.

Қаланың дамуы үшін жоспарланған аумақ-ның орнықты дамуына әсер ететін факторларды талдау нәтижесінде астана мегаполисінің Ақмола обылысының ауданына әсер етуші басты себептері анықталды:

- ауыл шаруашылық жерлердің кеңеюі;
- қала халқының өсуі;
- урбанизацияны бақылауға бағытталған экономикалық және заңнамалық шаралар жүйесі.

Екінші жағынан, зерттеу аумағындағы егістік жерлердің ұлғаюы КСРО ыдырағаннан кейінгі экономикалық құлдырау салдарынан уақытша пайдаланусыз қалған жерлердің қайта өңделуімен байланысты болды. Жалпы, мемлекет деңгейінде қабылданған шаралар жүйесі агроқалалық аумағындағы ауданының орнықты дамуына бағытталған. Сонымен қатар, спутниктік геодезия мен қашықтан зондау деректері ауыл шаруашылығы жерлерінің кейінгі жылдары қайта өңделуін, яғни бос жатқан жерлердің егіншілікке қайта тартылуын растады. Мемлекеттік деңгейде қабылданған шаралар агроқалалық аумағында ауданының орнықты дамуына бағытталған.

Бұл зерттеу геоақпараттық және геодезиялық әдістерге сүйене отырып жүргізіліп, жер пайдалану және жер жамылғысын өзгерістерін жартылай автоматтандырылған түрде анықтап, зерттеу аймағындағы тұрақты даму талаптарына сай келмейтін құбылыстарды тиімді бағалауға мүмкіндік береді..

#### ДЕРЕКТЕРДІҢ ҚОЛ ЖЕТІМДІЛІГІ

Осы зерттеуде пайдаланылған Landsat 5,7 жерді қашықтықтан зондау түсірілімдерін авторлар USGS сайтының ашық дереккөздерінен алды.

#### АВТОРЛАРДЫҢ ҚОСҚАН ҮЛЕСІ

Тұжырымдамалау – ГМ, ЖЗТ; деректерді басқару - ААА; ресми талдау – ГМ, ЖЗТ; әдістеме – ГМ, ЖЗТ; бағдарламалық қамтамасыз ету - ААА; қадағалау - ХМ; визуализация – ГМ, ААА; бастапқы жобаны жазу – ГМ; шолу жазу және редакциялау – ГМ, ХМ.

#### ҚАРЖЫЛАНДЫРУ

Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің тапсырысы бойынша 2024-2026 жылдарға арналған ғылыми және (немесе)

ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ ЖОБАЛАР БОЙЫНША ГРАНТТЫҚ ҚАРЖЫЛАНДЫРУЫМЕН ОРЫНДАЛҒАН (ЖТН: АР23486167).

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. K. Nilsson, S. Pauleit and et al, Peri-urban Futures Scenarios and Models for Land Use Change in Europe, 36 (Publisher Springer Heidelberg New York Dordrecht, London, 2013)
2. F. M. Adedire, Peri-urban Expansion in Ikorodu Lagos Extent Causes Effects and Policy Response, Urban Forum, 29, 259-275 (2018)
3. J. L. Barros, A. O. Tavares, M. Monteiro, P. P. Santos, Peri-Urbanization and Rurbanization in Leiria City, the Importance of a Planning Framework Sustainability, 10, 2501(2018)
4. A. Wandl, M. Magoni, Sustainable Planning of PeriUrban Areas, Introduction to the Special Issue Planning Practice & Research, 32 (1), 1-3(2017)
5. O. Appiah, D. Schröder, E. K. Forkuo, J. T. Bugri, Application of Geo-Information Techniques in Land Use and Land Cover Change Analysis in a Peri-Urban District of Ghana, Int. J. of Geo-Information, 4, 1265-1289(2015)
6. T. E. Parece, J. B. Campbell, Land Use/Land Cover Monitoring and Geospatial Technologies, An Overview In book, Advances in Watershed Science and Assessment, The Handbook of Environmental Chemistry, Chapter 1 Eds, T. Younos, T. E. Parece, 33 (Publisher: Springer, 2015)
7. C. Liping, S. Yujun, S. Saeed, Monitoring and predicting land use and land cover changes using remote sensing and GIS techniques -A case study of a hilly area, Jiangling, PLoS ONE, 13 (China, 2018)
8. GISGEOGRAPHY, 10, Best Free Land Cover/Land Use Data (2022)
9. Y. Wu, H. Wang, Z. Wang, B. Zhang, C. Burghard, B. C. Meyre, Knowledge Mapping Analysis of Rural Landscape Using Cite Space, Sustainability, 12, (66) (2020)
10. M. Juliev, A. Pulatov, S. Fuchs, J. Hübl, Analysis of Land Use Land Cover Change Detection of Bostanlik District, Uzbekistan, Pol. J. Environ. Stud., 28 (5), 3235-3242 (2019)
11. P. Christiansen, and T. Loftsgarden, Drivers behind urban sprawl in Europe, 2011.
12. J. Wang, S. Qu, K. Peng, Y. Feng, Quantifying Urban Sprawl and Its Driving Forces 11 E3S Web of Conferences 386, 05013 (2023) GISCA 2022 and GI 2022 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338605013> in China, Discrete Dynamics in Nature and Society, 5, 1-14 (2019)
13. Astana City Akimat, <http://astana.gov.kz/en/>
14. Sultangazin Umirzak Makhmutovich, Selected Works 1996-2006, 420 (Space Research Institute, Almaty, in Russia, 2006)
15. E. A. Zakarin, B. M. Mirkarimova, T. V. Dedova, Geoinformation models of atmospheric pollution of the Aral-Caspian region of Kazakhstan., 108 ("CaTa", Almaty, 2007)
16. T. Musabaev, Space research and experiments of the Republic of Kazakhstan (2005- 2007), Kazakhstan space research, National Space Agency 2, 240 (LLP "Dyke-Press, Almaty, 2008)
17. T. Musabaev, Zh. Zhantayev, Applied space research in Kazakhstan, Kazakhstan space research, 6, 368 (LLP "Dyke-Press", Almaty, 2010)
18. D. Sh. Akhmedov, Zh. Sh. Zhantaev, M. M. Moldabekov, N. R. Muratova, T. A. Musabaev, L. F. Spivak, U. M. Sultangazin, Fundamental and applied research on the development and implementation of modern space technologies in the interests of socio-economic development of the Republic of Kazakhstan for 1994-2009, 160 (Triumph "T", Almaty, 2011)
19. O. Alipbeki, G. Kabzhanova, G. Kurmanova, Ch Alipbekova, Application of GIS technology to monitor the secondary radioactive contamination of the Degelen mountain massif, 8th IGRSM Int. Conf. and Exhibition on Geospatial and Remote Sensing Kuala Lumpur Malaysia (2016)
20. O. Alipbeki, G. Kabzhanova, Ch Alipbekova, Carrying out space monitoring of agricultural production in North Kazakhstan, Eurasian Union of Scientists, 23 (2), 153-156 (2016)
21. G. Kabzhanova, K. Baktybekov, A. Aimbetov, A. Kurmasheva, G. Kabdulova, Remote monitoring of the main types of soil in Northern Kazakhstan, Seventh Int. Conf. on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment, 27 (2019)
22. G. Kabdulova, G. Kabzhanova, K. Baktybekov, A. Aimbetov, L. Aligazhiyeva, Satellite remote sensing for monitoring of the forest resources of Kazakhstan, Seventh Int. Conf. on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment, 27 (2019)
23. A. Hamidov, K. Helming, D. Balla, Impact of agricultural land use in CentralAsia: a review Agronomy for Sustainable Development, 36 (6) ( 2016)
24. K. Samarkhanov, J. Abuduwaili, A. Samat, G. Issanova, The Spatial and Temporal Land Cover Patterns of the Qazaly Irrigation Zone in 2003–2018: The Case of Syrdarya River's Lower Reaches, Sustainability, 11, 4035 (Kazakhstan, 2019)
25. R. Kraemer, A. V. Prishchepov, D. Müller, T. Kuemmerle, V. C. Radelof, A. Dara, A. Terekhov, M. Frühauf, Long-term agricultural land-cover change and potential for cropland expansion in the former Virgin Lands area of Kazakhstan, Environmental Research Letters, 10 (5), 054012 (2015)
26. Ch. Eisefelder, M. Markus, Niklaus, C. Kuenzer, Net primary productivity in Kazakhstan, its spatio-temporal patterns and relation to meteorological variables, Journal of Arid Environments, 103, 17-30 (2014)
27. Zh. Taibassarova, Nazarbayev, Detection of the vegetation change cover using Landsat TM5 in the Burabay State National Natural Park Kazakhstan, Nazarbayev University (Astana, 2018)
28. E3S Web of Conferences 386, 05013 (2023) GISCA 2022 and GI 2022 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20233860501328>. SRTM DATA Available online: <http://srtm.csi.cgiar.org/>
29. Official internet resource of Tselinograd district: <http://selinograd.akmo.gov.kz/content/4791-29-05-18-09-50-07kartacelinogradskogo-rayona>
30. Agroclimatic resources of the Akmola region: a scientific-applied reference book Ed. C. C. Baysholanova, 133 (Astana, 2017)
31. United States Geological Survey <https://earthexplorer.usgs.gov/>
32. <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/landsat>
33. <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/sentinel>
34. Automated information system of the state land cadastre of the Republic of Kazakhstan and technical support (2024)
35. M. Bossard, J. Feranec, J. Otahel, CORINE Land Cover Technical Guide – Addendum 2000 Technical report No. 40/2000. (Copenhagen, 2000)

36. H. A. Kaul, I. T. Sopan, Land Use Land Cover Classification and Change Detection Using High-Resolution Temporal Satellite Data, *Journal of Environment*. 1 (4), 146- 152 (2012)
37. T. B. P. Nguyen, X. Zhang, W. Wu, H. Liu, Land Use/Land Cover Changes from 1995 to 2017 in Trang Bang, Southern Vietnam, *J. Agricultural Sciences*, 10, 413- 422 (2019)
38. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.6/tools/spatial-analyst-toolbox/maximum-likelihood-classification.htm>
39. I. K. Lurie, A. G. Kosikov, Theory and practice of digital image processing, 168 (Scientific World, Moscow, 2003)
40. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision United Nations, Department of Economic and Social Affairs Population Division New York, 126 (2019)
41. G. Worku, Assessing the effects of urban expansion on farmland The case of Tefki town, Academic Paper, 16 (2019)
42. M. Lasisi, A. Popoola, A. Adediji, A. Oluwatola, K. Babalola, City Expansion and Agricultural Land Loss within the Peri-Urban Area of Osun State, Nigeria, Ghana, *Journal of Geography*, 9 (3), 132-163 (2017)
43. National report of the Republic of Kazakhstan on housing and sustainable urban development. Habitat III, 45 (Astana, 2016)
44. The dynamics of the development of Astana for 18 years <https://www.inform.kz/ru/dinamika-razvitiya-astany-za-18-let>
45. A. Ilyassova, N. L. Kantakumar, D Boyd, Urban growth analysis and simulations using cellular automata and geo-informatics: comparison between Almaty and Astana in Kazakhstan, *Geocarto International Correction*, 36 (5) (2021)
46. The population of Astana (Wikipedia) <https://en.wikipedia.org/wiki/Astana?ysclid=mb0ot655y7809445182>
47. World Bank Group, A new growth model for building a secure middle-class Kazakhstan Systematic Country Diagnostic Report No. 125611-KZ, 154 (2018) <https://documents.vsemirnyjbank.org/ru/publication/documents-reports/documentdetail/801771549867544115>
48. A. S. Kulmaganbetova, K. K. Abuov, N. Z. Akhmetova, Development of the Land Market in the Republic of Kazakhstan, *European Research Studies Journal*, 21 (4), 545-556 (2018)
49. The land code of the Republic of Kazakhstan (as amended and supplemented as of 10.01 (2022) 13 E3S Web of Conferences 386, 05013 (2023) GISCA 2022 and GI 2022 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20233860501350>

## REFERENCES

1. K. Nilsson, S. Pauleit and et al, Peri-urban Futures Scenarios and Models for Land Use Change in Europe, 36 (Publisher Springer Heidelberg New York Dordrecht, London, 2013)
2. F. M. Adedire, Peri-urban Expansion in Ikorodu Lagos Extent Causes Effects and Policy Response, *Urban Forum*, 29, 259-275 (2018)
3. J. L. Barros, A. O. Tavares, M. Monteiro, P. P. Santos, Peri-Urbanization and Rurbanization in Leiria City, the Importance of a Planning Framework Sustainability, 10, 2501(2018)
4. A. Wandl, M. Magoni, Sustainable Planning of PeriUrban Areas, Introduction to the Special Issue Planning Practice & Research, 32 (1), 1-3(2017)
5. O. Appiah, D. Schröder, E. K. Forkuo, J. T. Bugri, Application of Geo-Information Techniques in Land Use and Land Cover Change Analysis in a Peri-Urban District of Ghana, *Int. J. of Geo-Information*, 4, 1265-1289(2015)
6. T. E. Parece, J. B. Campbell, Land Use/Land Cover Monitoring and Geospatial Technologies, An Overview In book, *Advances in Watershed Science and Assessment, The Handbook of Environmental Chemistry*, Chapter 1 Eds, T. Younos, T. E. Parece, 33 (Publisher: Springer, 2015)
7. C. Liping, S. Yujun, S. Saeed, Monitoring and predicting land use and land cover changes using remote sensing and GIS techniques -A case study of a hilly area, *Jiangle, PLoS ONE*, 13 (China, 2018)
8. GISGEOGRAPHY, 10, Best Free Land Cover/Land Use Data (2022)
9. Y. Wu, H. Wang, Z. Wang, B. Zhang, C. Burghard, B. C. Mey, Knowledge Mapping Analysis of Rural Landscape Using Cite Space, *Sustainability*, 12, (66) (2020)
10. M. Juliev, A. Pulatov, S. Fuchs, J. Hübl, Analysis of Land Use Land Cover Change Detection of Bostanlik District, Uzbekistan, *Pol. J. Environ. Stud.*, 28 (5), 3235-3242 (2019)
11. P. Christiansen, and T. Loftsgarden, Drivers behind urban sprawl in Europe, 2011.
12. J. Wang, S. Qu, K. Peng, Y. Feng, Quantifying Urban Sprawl and Its Driving Forces 11 E3S Web of Conferences 386, 05013 (2023) GISCA 2022 and GI 2022 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338605013> in China, *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 5, 1-14 (2019)
13. Astana City Akimat, <http://astana.gov.kz/en/>
14. Sultangazin Umirzak Makhmutovich, Selected Works 1996-2006, 420 (Space Research Institute, Almaty, in Russia, 2006)
15. E. A. Zakarin, B. M. Mirkarimova, T. V. Dedova, Geoinformation models of atmospheric pollution of the Aral-Caspian region of Kazakhstan, 108 ("CaTa", Almaty, 2007)
16. T. Musabaev, Space research and experiments of the Republic of Kazakhstan (2005- 2007), *Kazakhstan space research, National Space Agency 2*, 240 (LLP "Dyke-Press, Almaty, 2008)
17. T. Musabaev, Zh. Zhantayev, Applied space research in Kazakhstan, *Kazakhstan space research*, 6, 368 (LLP "Dyke-Press", Almaty, 2010)
18. D. Sh. Akhmedov, Zh. Sh. Zhantayev, M. M. Moldabekov, N. R. Muratova, T. A. Musabaev, L. F. Spivak, U. M. Sultangazin, Fundamental and applied research on the development and implementation of modern space technologies in the interests of socio-economic development of the Republic of Kazakhstan for 1994-2009, 160 (Triumph "T", Almaty, 2011)
19. O. Alipbeki, G. Kabzhanova, G. Kurmanova, Ch Alipbekova, Application of GIS technology to monitor the secondary radioactive contamination of the Degelen mountain massif, 8th IGRSM Int. Conf. and Exhibition on Geospatial and Remote Sensing Kuala Lumpur Malaysia (2016)
20. O. Alipbeki, G. Kabzhanova, Ch Alipbekova, Carrying out space monitoring of agricultural production in North Kazakhstan, *Eurasian Union of Scientists*, 23 (2), 153-156 (2016)
21. G. Kabzhanova, K. Baktybekov, A. Aimbetov, A. Kurmasheva, G. Kabdulova, Remote monitoring of the main types of soil in Northern Kazakhstan, *Seventh Int. Conf. on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment*, 27 (2019)
22. G. Kabdulova, G. Kabzhanova, K. Baktybekov, A. Aimbetov, L. Aligazhiyeva, Satellite remote sensing for monitoring of the forest resources of Kazakhstan, *Seventh Int. Conf. on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment*, 27 (2019)
23. A. Hamidov, K. Helming, D. Balla, Impact of agricultural land use in CentralAsia: a review *Agronomy for Sustainable Development*, 36 (6) (2016)

24. K. Samarkhanov, J. Abuduwaili, A. Samat, G. Issanova, The Spatial and Temporal Land Cover Patterns of the Qazaly Irrigation Zone in 2003–2018: The Case of Syrdarya River's Lower Reaches, Sustainability, 11, 4035 (Kazakhstan, 2019)
25. R. Kraemer, A. V. Prishchepov, D. Müller, T. Kuemmerle, V. C. Radelof, A. Dara, A. Terekhov, M. Frühauf, Long-term agricultural land-cover change and potential for cropland expansion in the former Virgin Lands area of Kazakhstan, Environmental Research Letters, 10 (5), 054012 (2015)
26. Ch. Eisfelder, M. Markus, Niklaus, C. Kuenzer, Net primary productivity in Kazakhstan, its spatio-temporal patterns and relation to meteorological variables, Journal of Arid Environments, 103, 17-30 (2014)
27. Zh. Taibassarova, Nazarbayev, Detection of the vegetation change cover using Landsat TM5 in the Burabay State National Natural Park Kazakhstan, Nazarbayev University (Astana, 2018)
28. E3S Web of Conferences 386, 05013 (2023) GISCA 2022 and GI 2022 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20233860501328>. SRTM DATA Available online: <http://srtm.csi.cgiar.org/>
29. Official internet resource of Tselinograd district: <http://selinograd.akmo.gov.kz/content/4791-29-05-18-09-50-07kartacelinogradskogo-rayona>
30. Agroclimatic resources of the Akmola region: a scientific-applied reference book Ed. C. C. Baysholanova, 133 (Astana, 2017)
31. United States Geological Survey <https://earthexplorer.usgs.gov/>
32. <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/landsat>
33. <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/sentinel>
34. Automated information system of the state land cadastre of the Republic of Kazakhstan and technical support (2024)
35. M. Bossard, J. Feranec, J. Otahel, CORINE Land Cover Technical Guide – Addendum 2000 Technical report No. 40/2000. (Copenhagen, 2000)
36. H. A. Kaul, I. T. Sopan, Land Use Land Cover Classification and Change Detection Using High-Resolution Temporal Satellite Data, Journal of Environment. 1 (4), 146- 152 (2012)
37. T. B. P. Nguyen, X. Zhang, W. Wu, H. Liu, Land Use/Land Cover Changes from 1995 to 2017 in Trang Bang, Southern Vietnam, J. Agricultural Sciences, 10, 413- 422 (2019)
38. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.6/tools/spatial-analyst-toolbox/maximum-likelihood-classification.htm>
39. I. K. Lurie, A. G. Kosikov, Theory and practice of digital image processing, 168 (Scientific World, Moscow, 2003)
40. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision United Nations, Department of Economic and Social Affairs Population Division New York, 126 (2019)
41. G. Worku, Assessing the effects of urban expansion on farmland The case of Tefki town, Academic Paper, 16 (2019)
42. M. Lasisi, A. Popoola, A. Adediji, A. Oluwatola, K. Babalola, City Expansion and Agricultural Land Loss within the Peri-Urban Area of Osun State, Nigeria, Ghana, Journal of Geography, 9 (3), 132-163 (2017)
43. National report of the Republic of Kazakhstan on housing and sustainable urban development. Habitat III, 45 (Astana, 2016)
44. The dynamics of the development of Astana for 18 years <https://www.inform.kz/ru/dinamika-razvitiya-astany-za-18-let>
45. A. Ilyassova, N. L. Kantakumar, D. Boyd, Urban growth analysis and simulations using cellular automata and geo-informatics: comparison between Almaty and Astana in Kazakhstan, Geocarto International Correction, 36 (5) (2021)
46. The population of Astana (Wikipedia) <https://en.wikipedia.org/wiki/Astana?ysclid=mb0ot655y7809445182>
47. World Bank Group, A new growth model for building a secure middle-class Kazakhstan Systematic Country Diagnostic Report No. 125611-KZ, 154 (2018) <https://documents.vsemirnyjbank.org/ru/publication/documents-reports/documentdetail/801771549867544115>
48. A. S. Kulmaganbetova, K. K. Abuov, N. Z. Akhmetova, Development of the Land Market in the Republic of Kazakhstan, European Research Studies Journal, 21 (4), 545-556 (2018)
49. The land code of the Republic of Kazakhstan (as amended and supplemented as of 10.01 (2022) 13 E3S Web of Conferences 386, 05013 (2023) GISCA 2022 and GI 2022 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20233860501350>

## АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА АГРОУРБАНОЙ ТЕРРИТОРИИ ЦЕЛИНОГРАДСКОГО РАЙОНА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГЕОДЕЗИИ

Гаухар Мусайф<sup>1</sup>, Жанат З. Толеубекова<sup>1</sup> к.т.н., Асет А. Ахмадия<sup>1\*</sup> Ph.D., Хуралай Молдамурат<sup>2</sup> к.т.н.

<sup>1</sup> Казахский Агротехнический Исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан; [mussaif\\_gauhar@mail.ru](mailto:mussaif_gauhar@mail.ru), [zh.toleubekova@kazatu.edu.kz](mailto:zh.toleubekova@kazatu.edu.kz), [a.akhmadiya@kazatu.kz](mailto:a.akhmadiya@kazatu.kz)

<sup>2</sup> Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан; [moldamurat@yandex.kz](mailto:moldamurat@yandex.kz) (ХМ)

\*Автор корреспонденции: Асет А. Ахмадия, [a.akhmadiya@kazatu.kz](mailto:a.akhmadiya@kazatu.kz)

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

дистанционное зондирование  
земли  
землепользование  
земная поверхность  
геоинформационные методы  
геодезия  
изменения

### АБСТРАКТ

Данное исследование посвящено пространственно-временной динамике землепользования и земной поверхности (ЗЗП) на агроурбанной территории (АУТ) Целиноградского района, который является частью мегаполиса Астана. Изменения земной поверхности (ЗЗП) в агроурбанной зоне анализировались за 15-летний период (2008, 2018 и 2023 годы) с использованием метода контролируемой классификации и на основе геодезических данных. В ходе исследования были зафиксированы существенные изменения в структуре землепользования и земной поверхности (ЗЗП). Площади застроенных территорий в границах города значительно увеличились. В агроурбанной зоне

**По статье:**

Получено: 22.05.2025

Пересмотрено: 29.09.2025

Принято: 29.09.2025

Опубликовано: 01.10.2025

наблюдается стабильный рост пахотных земель и лесных массивов, при этом пастбища уменьшаются. Это свидетельствует о интенсивном развитии землепользования в связи с увеличением доли пахотных земель в исследуемой зоне. Использование геодезических данных и геоинформационных методов позволило точно отслеживать границы и расположение земельных участков, что способствовало объективной оценке изменений землепользования в данной зоне. Основными факторами, вызывающими изменения землепользования и земной поверхности (ЗПЗ) в агроурбанной зоне, являются территориальное расширение города Астана и рост численности населения. В целом влияние столицы Казахстана на агроурбанную территорию происходит в условиях относительно устойчивого развития благодаря ряду экономических и законодательных мер. Использование геоинформационных методов и данных дистанционного зондирования является эффективным инструментом для оперативного выявления явлений и процессов, которые могут привести к неустойчивому развитию.

## ANALYSIS OF LAND USE CHANGES IN THE AGRO-URBAN TERRITORY OF TSELINOGRAD DISTRICT BASED ON REMOTE SENSING AND GEODETIC DATA

Gaukhar Mussaif<sup>1</sup>, Zhanat Toleubekova<sup>1</sup> Candidate of Technical Science, Asset Akhmadiya<sup>1\*</sup> Ph.D.,  
Khuralai Moldamurat<sup>2</sup> Candidate of Technical Science

<sup>1</sup> S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Kazakhstan; [mussaif\\_gauhar@mail.ru](mailto:mussaif_gauhar@mail.ru), [zh.toleubekova@kazatu.edu.kz](mailto:zh.toleubekova@kazatu.edu.kz), [a.akhmadiya@kazatu.kz](mailto:a.akhmadiya@kazatu.kz)

<sup>2</sup> Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; [moldamurat@yandex.kz](mailto:moldamurat@yandex.kz)

\* Corresponding author: Asset Akhmadiya, [a.akhmadiya@kazatu.kz](mailto:a.akhmadiya@kazatu.kz)

**KEY WORDS**

remote sensing  
land use  
land cover  
geoinformation methods  
geodesy  
changes

**ABSTRACT**

This study focuses on the spatio-temporal dynamics of land use and land cover (LULC) within the agro-urban territory (AUT) of the Tselinograd district, which forms part of the Astana metropolitan area. Changes in LULC within the agro-urban zone were analyzed over a 15-year period (2008, 2018, and 2023) using supervised classification methods and based on geodetic data. Significant changes in the structure of land use and land cover were observed during the study period. The areas of built-up land within the city boundaries have expanded significantly. In the agro-urban zone, a steady increase in arable land and forested areas was noted, while pasture lands have been declining. This indicates an intensification of land use driven by the increasing proportion of arable land in the studied area. The use of geodetic data and geoinformation methods allowed for precise monitoring of land parcel boundaries and locations, contributing to an accurate assessment of land use changes in the area. The main driving forces behind the LULC changes in the agro-urban zone are the territorial expansion of Astana and population growth. Overall, the impact of Kazakhstan's capital on the agro-urban territory is occurring under conditions of relatively sustainable development due to a number of economic and legislative measures. The application of geoinformation methods and remote sensing data is an effective tool for promptly identifying phenomena and processes that may lead to unsustainable development.

**About article:**

Received: 22.05.2025

Revised: 29.09.2025

Accepted: 29.09.2025

Published: 01.10.2025

**Баспагердің ескертпесі:** барлық жарияланымдардағы мәлімдемелер, пікірлер мен деректер «Гидрометеорология и экология» журналына және/немесе редакторға(ларға) емес, тек авторға(ларға) тиесілі.