






Ғылыми мақала

## ҚАЗАЛЫ АУДАНЫНЫҢ 2000...2025 ЖЖ. АРАЛЫҒЫНДАҒЫ ӨСІМДІК ЖАМЫЛҒЫСЫНЫҢ ДИНАМИКАСЫН ГЕОКЕҢІСТІКТІК ТАЛДАУ

Аяжан Ұ. Шыныбек<sup>1,2\*</sup> , Канат Б. Самарханов<sup>1</sup>  г.ғ.к., PhD., Гульбаршын Е. Азимбаева<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан; [ayazhan\\_shynybek@mail.ru](mailto:ayazhan_shynybek@mail.ru) (АҰШ), [samarkhanov\\_kb@enu.kz](mailto:samarkhanov_kb@enu.kz) (КБС), [azimbayeva\\_gye@enu.kz](mailto:azimbayeva_gye@enu.kz) (ГЕА)

<sup>2</sup>РМК «Казгидромет», г. Астана, Қазақстан; [ayazhan\\_shynybek@mail.ru](mailto:ayazhan_shynybek@mail.ru)

\* Автор корреспонденциясы: Аяжан Ұ. Шыныбек, [ayazhan\\_shynybek@mail.ru](mailto:ayazhan_shynybek@mail.ru)

### ТҮЙІН СӨЗДЕР

Қазалы ауданы, вегетация, NDVI, Google Earth Engine (GEE), Getis-Ord Gi, Mann-Kendall, ЖҚЗ, ГАЖ

### АБСТРАКТ

Мақалада ЖҚЗ деректері негізінде Қазалы ауданының 2000...2025 жж. аралығындағы вегетациялық кезеңіндегі өсімдік жамылғысының кеңістіктік-уақыттық өзгерісі мен деградация ошақтары анықталды. Статистикалық талдау жұмыстары Манн-Кендалл тесті және Getis-Ord Gi әдістері негізінде жүргізілді. Манн-Кендалл тестінің нәтижесі бойынша алынған нәтижелері бойынша жалпы аудан бойынша айқын статистикалық трендтің жоқ болғандығына қарамастан, Getis-Ord Gi әдісі негізінде жасырын жергілікті ошақ көздері анықталды. Жалпы, аудан бойынша деградация аумақтары 99 % сенімділікпен 39,3 % қамтыды. Бұл аумақтар негізінен ауданның оңтүстік, оңтүстік-батыс бөліктерінде табиғи жайылымдық және антропогендік ықпал жоғары аумақтарды алды. Сонымен қатар, алынған өсу және деградация аумақтары аудан бойынша ауыл шаруашылығы өнімділігінің нәтижелерімен салыстырылды. Нәтижесінде 38,9 % өсу аумақтары суармалы егістік алқаптарындағы өнімділіктің арту көрсеткіштерімен толық сәйкестік көрсетті.

### 1. КІРІСПЕ

Жаһандық климаттың өзгеруі, сондай-ақ антропогендік әсерлердің күшеюіне байланысты қазіргі таңда аридті және жартылай аридті аймақтардағы табиғи ландшафттардың деградация үрдістері үдей түсуде. Арал теңізінің тартылуына байланысты, әсіресе бұл жағдай Қазақстанның оңтүстік-батыс өңірлерінде өсімдік жамылғысының жұтаңдануы, ауыл шаруашылығы мен мал жайылым алқаптарының азаюы мен шөлейттену үрдістерінің жеделдеуі арқылы айқын көрінуде [1, 4]. Сырдария өзенінің төменгі ағысында орналасқан Қазалы ауданы ауыл шаруашылығы үшін маңызды аймақ ретінде аталған экологиялық өзгерістердің ықпалында қалып отыр. Сол себепті, аудандағы өсімдік жамылғысының ұзақ мерзімді вегетациялық кезеңнің динамикасын жүйелі бақылау және деградация ошақтарын ерте анықтау өңірдің экологиялық тұрақтылығы мен тұрақты дамуын қамтамасыз ететін ғылыми-практикалық бағыттардың бірі болып табылады.

Вегетациялық кезеңіндегі өсімдік жамылғысының жай-күйін бағалауда жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) әдістері, соның ішінде ландшафттық өзгерістердің сезімтал әрі сенімді индикаторы ретінде кеңінен қолданылатын нормаланған айырмашылық вегетация индексі (NDVI) қолданылды. Соңғы жылдары Google Earth Engine (GEE) бұлтты есептеу платформаларының дамуы Landsat, MODIS сияқты үлкен көпжылдық жерсеріктік деректер қорын ретроспективті талдауға мүмкіндік берді [5, 8]. Уақыттық қатарлардың трендін бағалауда жиі пайдаланылатын Манн-Кендалл тесті кеңістіктік әркелкілікті ескермеу себебінен, жергілікті деңгейдегі маңызды экологиялық ауытқулар

**Мақала жайында:**

Жіберілді: 05.03.2026  
 Қайта қаралды: 16.03.2026  
 Қабылданды: 09.06.2026  
 Жарияланды: 01.07.2026

**Дәйексөз үшін:**

Шыныбек А., Самарханов  
 К., Азимбаева Г.,  
 Қазалы ауданының  
 2000...2025 жж.  
 аралығындағы өсімдік  
 жамылғысының  
 динамикасын геокеңістіктік  
 талдау// Гидрометеорология  
 және экология, 122 (2),  
 2026, 114-124.

жалпыланған статистикалық фон ішінде байқалмай қалуы мүмкін. Сондықтан, аталған мәселені шешу мақсатында кеңістіктік-статистикалық талдау әдістерінің бірі Getis-Ord Gi статистикасына негізделген Hot Spot Analysis қолданылды. Бұл әдіс вегетация көрсеткішінің орташа мәнін ғана емес, сондай-ақ деградация (төмен NDVI) және өсім (жоғары NDVI) аймақтарының кеңістіктік кездейсоқ емес шоғырлануын 90 %, 95 % және 99 % сенімділік деңгейлерінде анықтауға мүмкіндік береді. Бұл әдістер жалпы, жайылымдық және суармалы агроландшафттарды бағалауда осы сияқты кешенді әдістерді қолдану экологиялық мониторингтің нақтылығын арттырады [9, 10].

Зерттеудің мақсаты – 2000...2025 жж. аралығындағы ЖҚЗ және кеңістіктік-статистикалық әдістер негізінде Қазалы ауданының вегетациялық кезеңіндегі өсімдік жамылғысының динамикасын кешенді бағалап, деградация ошақтарын анықтау. Сонымен қатар, алынған нәтижелерді ауыл шаруашылық өнімділігімен салыстыра отырып, кеңістіктік модельдерің сенімділігі мен қолданбалы дәлдігін негіздеу.

**2. МӘЛІМЕТТЕР МЕН ӘДІСТЕР**

Зерттеу аумағы ретінде Арал теңізінің шығыс бөлігінде орналасқан Қазалы ауданы қарастырылды. Қазалы ауданы шөлейтті белдемде орналасқан және климаты континенталды, жауын-шашын мөлшері аз, температураның маусымдық ауытқуларымен сипатталады. Ауданның басты су артериясы Сырдария өзені, ол ауданның экологиялық тұрақтылығы мен ауыл шаруашылығының дамуына әсер етеді [11, 13].

Зерттеу барысында 2000...2025 жылдар аралығындағы көпжылдық ЖҚЗ деректер жиынтығы қолданылып, оларды алдын-ала өңдеу мен геоақпараттық талдау жұмыстары GEE бұлтты платформасында орындалды. Өңірдің жер жамылғысы типтерінің ерекшеліктеріне байланысты жіктеу үшін 100 м. ажыратылымдықтағы Copernicus Global Land Cover (CGLS-LC 100 Collection 3) деректер базасы қолданылды (1-кесте). 25 жылдық кезеңдегі өсімдік жамылғысының динамикасын зерттеу үшін Landsat түсірілімдерімен қатар, уақыттық рұқсаты жоғары MODIS (MOD13Q1.061 Terra Vegetation Indices) деректер жиынтығы негізінде, жер жамылғысы типтерінің әрбір класына NDVI мәні есептелді. Спутниктік түсірілімдерді алдын ала өңдеу барысында бұлттылығы әсерін жою үшін Quality Assessment (QA) биіктік маскасы қолданылып, бұлттылығы 10 % төмен ғарыштық түсірілімдер іріктелді. Ал вегетациялық кезеңіндегі (сәуір-қыркүйек) барлық түсірілімдердің жиынтығына медианалық сүзгілеу қолданылды [14, 17].

**Кесте 1**

*ЖҚЗ деректерінің техникалық сипаттамасы*

Деректер жиынтығы	Кеңістіктік ажыратылымдық	Ескертпе
Landsat 5,7,8	30 м.	Бұлттылық
MODIS (MOD13Q1.061) Terra	250 м.	<10 %
Copernicus Global Land Cover (CGLS-LC 100)	100 м.	

Алынған мәліметтердің ұзақ мерзімді өзгерістерін статистикалық тұрғыдан бағалау үшін Манн-Кендалл тесті пайдаланылды. Манн-Кендалл әдісі көпжылдық қатарлардың өсу немесе кему трендтерінің статистикалық мәнділігін анықтауға мүмкіндік береді. Трендтің қарқындылығы Sen's slope estimator (1) әдісімен есептелді.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(x_i - x_j) \quad (1)$$

мұндағы

$x_i$  және  $x_j$  – уақыттық қатардағы NDVI мәндері.

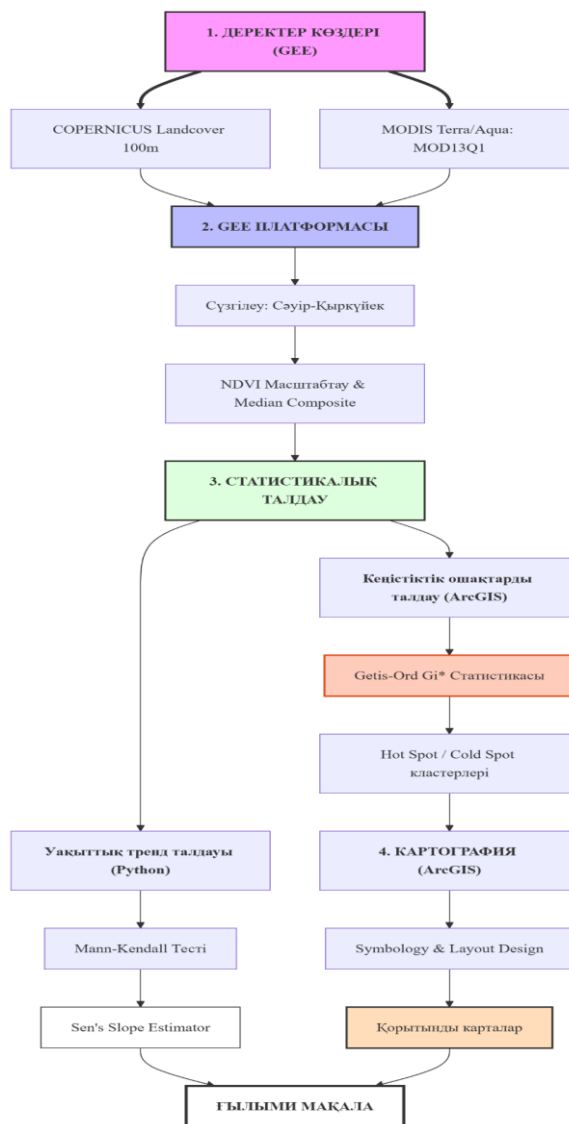
Дегенмен, бұл әдіс нәтижесі бойынша аудан көлемінде статистикалық маңызды трендтердің жоқтығы анықталды. Себебі, Манн-Кендалл тесті жалпы алынған мәндер бойынша орташа көрсеткіштерді есепке алады. Сондықтан, трендтердің болмауына қарамастан жергілікті өзгерістер мен деградациялық ошақ көздерін анықтау мақсатында Getis-Ord  $G_i^*$  (2) әдісіне негізделген Hot Spot Analysis құралы пайдаланылды.

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}x_j - \bar{x} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{s \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2}{n-1}}} \quad (2)$$

мұндағы

$w_{i,j}$  – кеңістіктік салмақ коэффициенттері,  $x_j$  – NDVI мәндері.

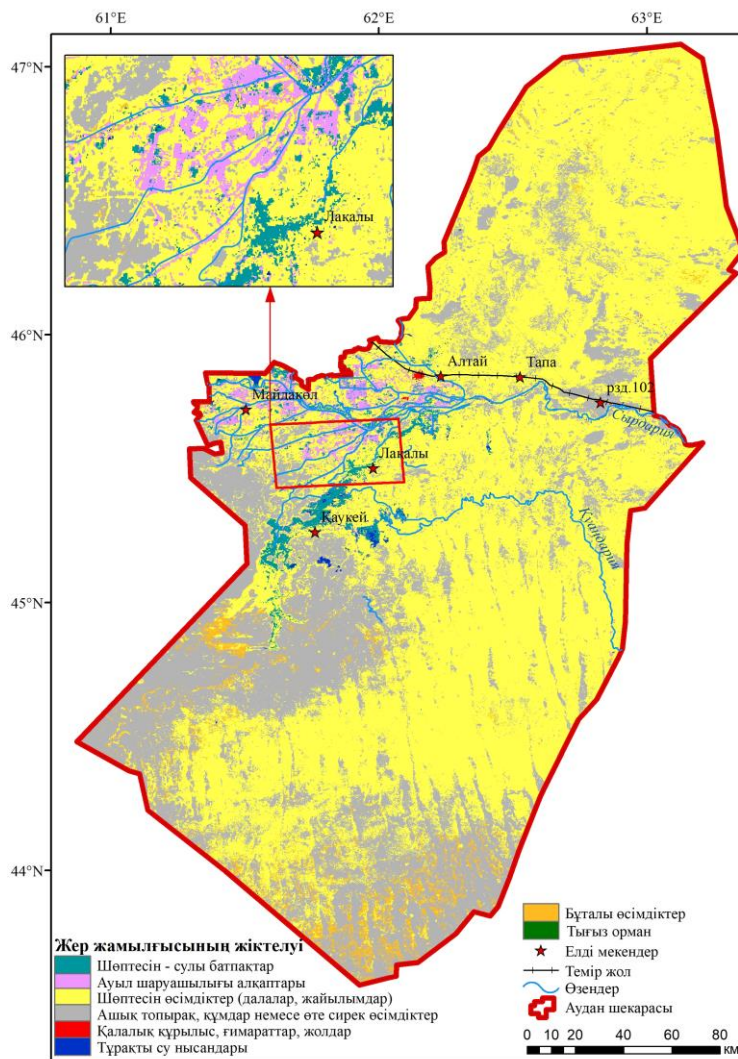
Бұл әдісте 5000 метрлік бекітілген қашықтық радиусы мен евклидтік арақашықтық өлшемін пайдалана отырып, NDVI көрсеткіші мәндерінің төмен және жоғары шоғырлану ошақтары мен сенімділік деңгейлерін анықтауға мүмкіндік берді. Шоғырлану ошақтары анықталған нүктелік деректер негізінде Spatial Join → Summary Statistic құралы арқылы ауданның деградациялық үрдістерінің пайыздық үлесі есептелді. Getis-Ord  $G_i^*$  әдісі Манн-Кендалл тесті бойынша жалпы тренд анықталмаған жағдайда, жергілікті деңгейдегі экологиялық ошақтарды айқындаудың тиімді құралы екенін көрсетті [18, 20]. Зерттеу барысында қолданылған мәліметтер мен әдістердің құрылымдық блок схемасы төменде 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1. Мәліметтер мен зерттеу әдістерінің блок схемасы

### 3. НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

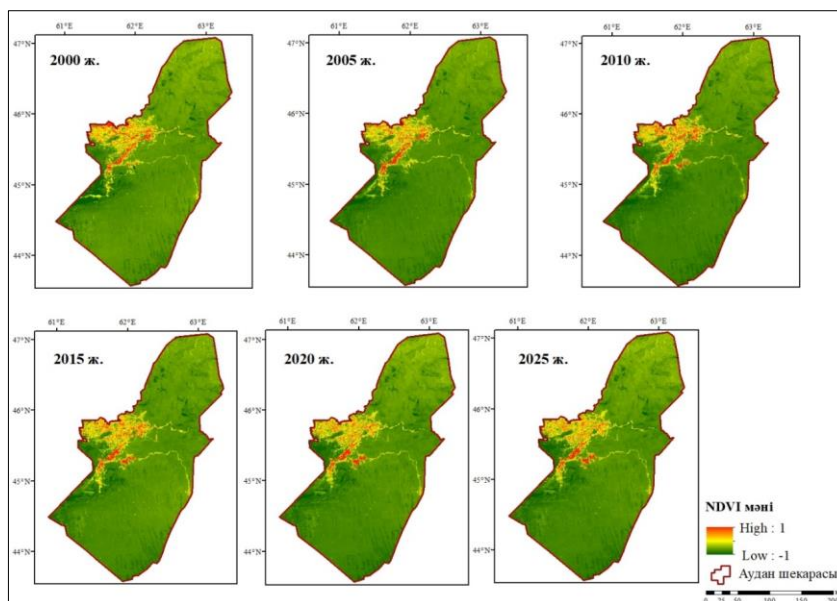
Зерттеу барысында әртүрлі уақыт кезеңдерін қамтитын көпжылдық спутниктік түсірілімдер қолданылды. Атап айтқанда, 2000...2025 жж. аралығындағы жер жамылғысының түрлерін анықтау үшін MODIS және Copernicus Global Land Cover (CGLS-LC 100 Collection 3) деректер базасы қолданылды. Мультиспектралды оптикалық түсірілімдері негізінде 100 және 250 метрлік ажыратымдылықпен алынған түсірілімдер алдын-ала өңдеуден өтіп бір проекция мен кеңістіктік ажыратылымдылықтары сәйкестендірілді. Халықаралық жіктеу жүйесіне сәйкес Қазалы ауданы бойынша жер жамылғысы мен жер пайдалану құрылымының 8 негізгі класы анықталды (2-сурет).



Сурет 2. Қазалы ауданының жер жамылғысының құрылымы

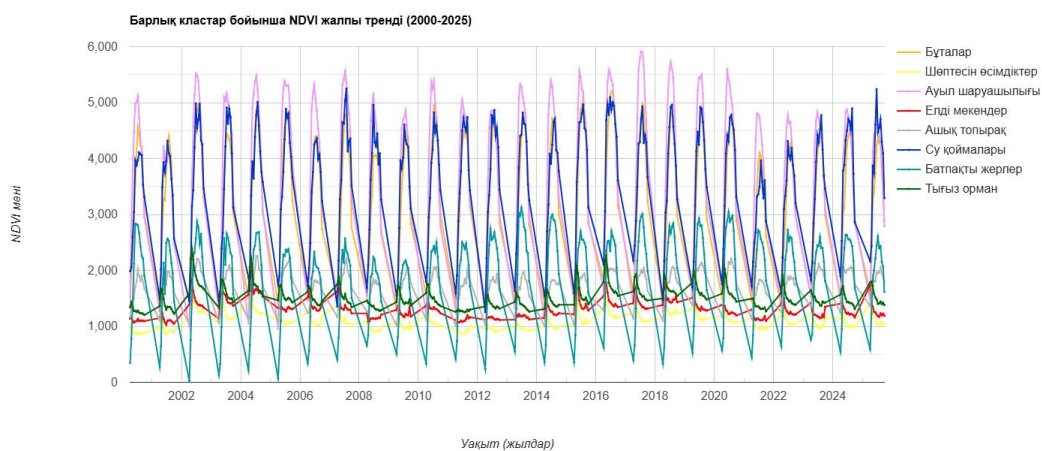
Сырдария өзені және оның салалары мен каналдар бойында ауыл шаруашылығы алқаптары шоғырланған. Бұл ауданның негізгі экономикалық және аграрлық орталығы болып саналады. Сонымен қатар бұталар мен шөптесін өсімдіктер, яғни табиғи жайылымдық жерлер ауданда басым бөлікті алады. Өңірдің оңтүстік және оңтүстік-батыс бөліктерінде ашық топырақ пен құмдар кеңінен таралған және бұл шөлейттену үрдісінің белгілері болып саналады.

NDVI көрсеткіші мәндерінің 2000...2025 жж. аралығындағы кеңістіктік таралуына тоқталатын болсақ, оның салыстырмалы түрде тұрақты екенін көрсетеді. NDVI көрсеткішінің жоғары мәндері суармалы егістік және мәдени ауыл шаруашылық алқаптарында байқалады. Ал, төмен мәндері ауданның шөлейтті оңтүстік-батыс бөліктерінде байқалды (3-сурет).



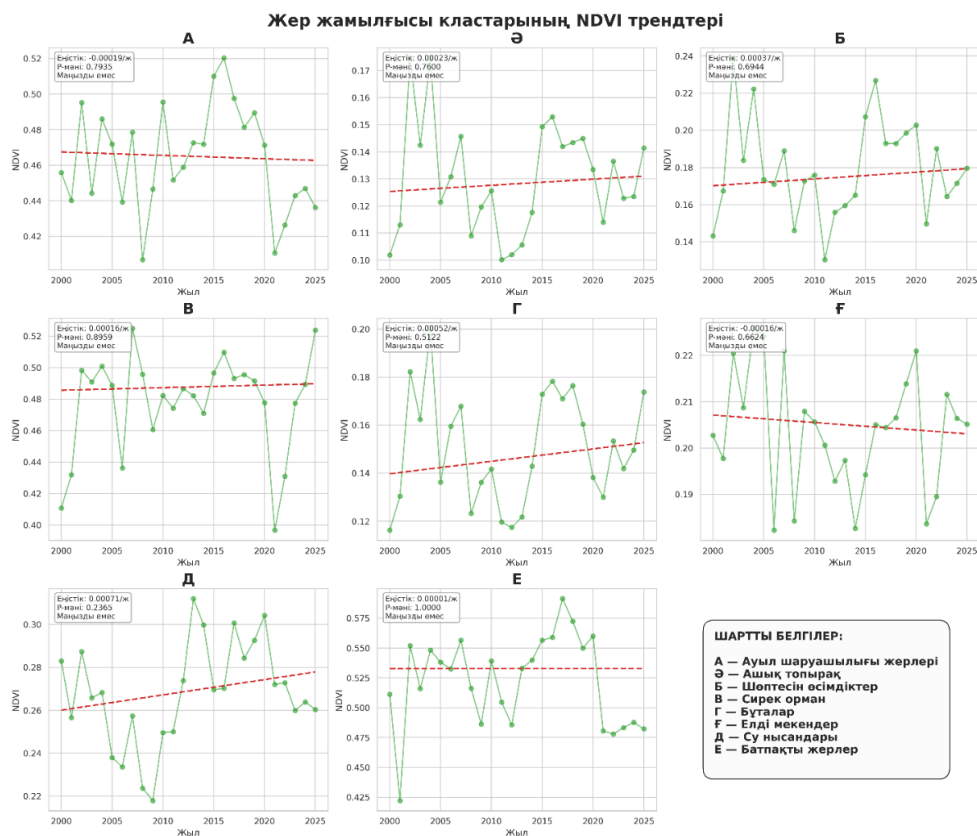
Сурет 3. 2000...2025 жж. аралығындағы NDVI көрсеткішінің өзгеріс динамикасы

Сонымен қатар GEE бұлтты платформасында барлық кластар бойынша NDVI көрсеткішінің 2000...2025жж. арналған жалпы уақыттық тренді тұрғызылды (4-сурет). Графикке сәйкес жер пайдаланудың барлық кластарында NDVI көрсеткішінің көпжылдық жалпы тренді салыстырмалы түрде тұрақты сақталғанын байқауға болады және ең жоғары вегетациялық мәндер мен айқын динамикалық тренд сызығы ауыл шаруашылығы алқаптарына тән.



Сурет 4. 2000...2025 жж. аралығындағы NDVI көрсеткішінің жалпы тренді

Қазалы ауданының 2000...2025 жылдардағы жер жамылғысы кластарының NDVI мәндеріне сәйкес анықталған Манн-Кендалл тесті бойынша Р мәндерінің 0,05 деңгейінен жоғары болуын және бұл сәйкесінше статистикалық тұрғыдан трендтің жоқтығын көрсетті (5-сурет). Бұл жағдай өңірдегі өсімдік жамылғысының өзгерістері деградация және тұрақты көгалдандыру үрдістерімен емес, климаттық өзгерістермен және Сырдария өзенінің сулылық режиміне тәуелділігімен сипатталатынын көрсетеді.

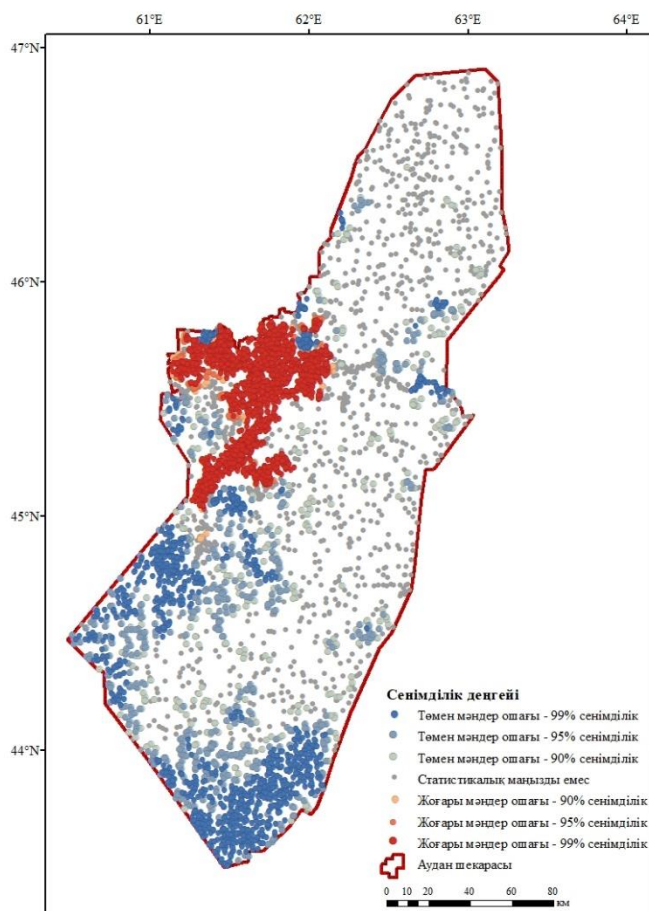


**Сурет 5.** Жер жамылғысының кластарының NDVI мәндері бойынша Манн-Кендалл тестінің трендтері

Ауыл шаруашылығы алқабы бойынша еңістік коэффициентінің (Sen's slope) - 0,00019 мәні бұл алқаптардағы өнімділіктің баяу төмендеу үрдісімен, ал  $P = 0,7935$  мәні үрдістің статистикалық тұрғыдан маңыздылығы жоқ екендігін, яғни шаруашылық алқаптарының көпжылдық фондық көрініс жағдайы сақталып келгенін айқындайды. Осы трендтердің статистикалық тұрғыдан маңызды болмауының негізгі себептерінің бірі ауданның аридті климат белдемінде орналасқандығында, сондай-ақ NDVI мәндерінің гидрометеорологиялық факторларға сезімталдығымен байланысты. Яғни, бұл нәтиже ауыл шаруашылық жүйесінің тұрақтылығын қалыптастыру үшін тек қана NDVI индексімен шектелмей, басқада индекстерді қолдану қажеттігін NDWI (ылғалдылық индексі) немесе NDMI сияқты басқа да көрсеткіштерді интеграциялау, су ресурстарының тиімділігі мен топырақтың екінші реттік тұздану процестері сияқты, сондай-ақ антропогендік факторларды кешенді түрде бақылау қажеттігін дәлелдейді. Сонымен, бұл тесттің қорытындысы бойынша аудан бойынша маңызды трендтің болмауы соңғы 25 жыл ішінде аймақтың айтарлықтай деградациялық өзгерістерге ұшырамағандығын және экожүйенің салыстырмалы түрде сақталғандығын растайды.

Келесі, Манн-Кендалл тесті бойынша аудан бойынша статистикалық трендтің болмауы себепті жергілікті деңгейдегі өзгерістерді айқындау үшін Getis-Ord  $G_i^*$  (Hot Spot Analysis) кеңістіктік талдау жүргізілді. Алынған нәтижелер бойынша (6281 нүктелік іріктеме) ауданның 39,3 %-ы статистикалық тұрғыдан маңызды төмен мәндердің шоғырлануымен, ал оның ішінде 26,1 % (1640 нүкте) 99 % сенімділік деңгейінде өте күшті деградациялық ошақтары айқындалып, бұл аудандарда вегетациялық көрсеткіштердің тұрақты түрде төмен үрдісінің бар екендігін сипаттайды және ауданның оңтүстік, оңтүстік-батыс бөліктерінде жайылымдық жерлердің шамадан тыс мал жаудан тозуымен, сондай-ақ антропогендік қысымның артуымен байланысты. Өңір бойынша 21,8 % аумақта экологиялық тепе-теңдік сақталған, статистикалық тұрғыдан айқын ауытқулар болмаған тұрақты аймақтар анықталды. Ауданның 38,9 % өте жоғары өнімділік ошақтары (Hot Spots) ретінде сипатталды, бұл көрсеткіштер Сырдария өзенінің аңғарындағы суармалы

егіншілік алқаптарында шоғырланған. Getis-Ord  $G_i^*$  нәтижелері ауданның 2000...2024жж. аралығындағы ресми өнімділік көрсеткіштерімен сәйкестік көрсетті. Өңірдегі дәнді дақылдардың жалпы жиынтығы 196,7-ден 478,6 мың тоннаға дейін өсуі 6 суреттегі өсу аймақтарына (қызыл нүкте) сәйкес келеді.



**Сурет 6.** Қазалы ауданының NDVI көрсеткіші негізінде деградация және өсім аумақтары

Манн-Кендалл және Getis-Ord  $G_i^*$  әдістерінің нәтижелерін ұштастыра талдау көрсеткендей, аудан бойынша жалпы трендтің болмауы – деградацияға ұшыраған аймақтар (39,3 %) мен вегетация деңгейі артқан суармалы аймақтардың (38,9 %) арасындағы кеңістіктік тепе-теңдіктің сақталуымен түсіндіріледі, яғни Getis-Ord  $G_i^*$  әдісі Манн-Кендалл тестілуінде байқалмаған «жасырын» деградация ошақтарын кеңістіктік тұрғыдан айқындауға мүмкіндік берді.

#### 4. ҚОРЫТЫНДЫ

Қазалы ауданының 2000...2025 жж. өсімдік жамылғысына көпжылдық ЖҚЗ деректері мен Манн-Кендалл, Getis-Ord  $G_i^*$  әдістері негізінде жүргізілген геокеңістіктік талдау қорытындылары аймақтағы ауыл шаруашылығының дамуы мен ауданның шеткі аймақтарындағы деградация үрдістері арасындағы күрделі тепе-теңдікті сипаттайды. Қазалы ауданының өсімдік жамылғысы аридті климат пен топырақтың тұздану жағдайларына бейімделген ксерофитті және галофитті қауымдастықтардан тұрады. Ауданының өсімдік жамылғысының құрылымы мен вегетациялық өнімділігі тікелей Сырдария өзенінің арнасы мен магистральды каналдар жүйесіне тәуелді екені дәлелденді. NDVI мәндерінің жоғарғы көрсеткіштері өзен аңғарындағы мәдени суармалы агроландшафттарда шоғырланған, ал төменгі мәндері шөлейтті-сорлы ландшафттарға тән.

Манн-Кендалл тесті Қазалы ауданы вегетациясының статистикалық тұрғыдан жалпы трендтің жоқтығын айқындағанмен, Getis-Ord  $G_i^*$  әдісі ауданда маңызды деградация ошақтарының бар екенін көрсетті. Аудан аумағының 39,3 %-ын тұрақты деградация ошақтары (Cold Spots) қамтыған, бұл негізінен су ресурстарынан шалғай орналасқан табиғи жайылымдық алқаптарының антропогендік әсердің артуы салдарынан құнарсызданумен түсіндіріледі. Ал ауданның 38,9 %-ы вегетациялық өсім ошақтары ретінде анықталды, бұл Сырдария өзенінің аңғарындағы суармалы егістік алқаптарының тиімді игерілуіне сәйкес келеді.

Сонымен қатар, вегетациялық өсім ошақтары Қазалы ауданы бойынша ауыл шаруашылығы өнімділігінің (дәнді дақылдардың) 196,7 мың тоннадан 478,6 мың тоннаға дейін өсуі туралы нақты статистикалық деректермен үйлесімділік тапты. Алайда бұл осы үрдістің тек суармалы егіншілік алқаптарымен шектеліп отырғандығын және ауданның дамуы тек ауыл және суармалы егіншілікпен шектелгендігін көрсетті. Ал, деградация аумақтарының су ресурстарынан алыс орналасқан табиғи жайылымдық алқаптармен сәйкес келуі, антропогендік әсердің артуы мен табиғи алқаптар құнарлығының төмендеуі мал шаруашылығының дамуына кері әсер ететіндігін сипаттайды. Жалпы алғанда, өңірдің ауыл шаруашылығы тұрақты түрде дамығанымен экологиялық тұрғыдан теңсіздік бар екендігі байқалады. Осыған байланысты, анықталған деградация аумақтарында жерді ұтымды пайдалану және қалпына келтіру шараларын күшейту, сондай-ақ қайта тұздандуды алдыг алу мақсатында мелиоративтік және фитомелиоративтік бақылауларды жетілдіру ұсынылады.

#### ДЕРЕКТЕРДІҢ ҚОЛ ЖЕТІМДІЛІГІ

Мақалада пайдаланылған деректерді авторлар ҚР стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігі «Ұлттық статистика бюросы» [21] дереккөздерінен алды.

#### АВТОРЛАРДЫҢ ҚОСҚАН ҮЛЕСІ

Тұжырымдамалау - АҰШ; деректерді басқару - АҰШ; Ресми талдау - АҰШ, КБС; Әдістеме - КБС; Қадағалау - КБС; Визуализация - АҰШ; Бастапқы жобаны жазу - АҰШ; Шолу жазу және редакциялау - АҰШ, ГЕА.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Косарев А.В., Иванов Д.Е., Микеров А.Н., Савина К.А., Валеев Т.К., Сулейманов Р.А. Применение геоинформационных технологий и дистанционного зондирования Земли для оценки влияния аридности территории на качество воды малых рек // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100. – № 10. – С. 1052–1059.
2. Керімбай Б.С., Баймырзаев А.С., Керімбай Н.Н., Бахыт М.Б., Таженова С.Қ. Агрландшафттардың кеңістіктік-уақыттық өзгерістерін геожүйелік тұрғыдан талдау // ҚазҰУ Хабаршысы. География сериясы. – 2025. – № 3 (78). – Б. 39–48.
3. Conrad C., Dech S., Dubovyk O., Remote sensing-based assessments of land use, soil and vegetation in the Aral Sea Basin // Water Security. – 2020. – Article 100078. – DOI: [10.1016/j.wasec.2020.100078](https://doi.org/10.1016/j.wasec.2020.100078).
4. Муталипова Қ.Қ. Қазақстан Республикасындағы жайылымдық жерлердің тозуы: себептері мен салдары // Аграрлық нарық проблемалары. – 2024. – № 4. – Б. 245–254.
5. Аралова М.Қ. Геоақпараттық технологиялар арқылы табиғи ландшафттарды зерттеу әдістері // ҚР ҰҒА Хабаршысы. География сериясы. – 2016. – № 4. – Б. 44–50.
6. Gantulga N., Lima T., Batmunkh M., Surenjav U., Tserennadmin E., Turmunkh T., Dorjsuren B. Impacts of natural and anthropogenic factors on soil erosion // Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences. – 2023. – Vol. 63. – № 2 (246). – P. 3–18.
7. Choudhary K., Shi W., Boori M.S., Corgne S. Agricultural phenology monitoring using NDVI time series based on remote sensing satellites: a case study of Guangdong, China // Optical Memory and Neural Networks. – 2019. – Vol. 28. – P. 204–214. DOI: [10.3103/S1060992X19030093](https://doi.org/10.3103/S1060992X19030093)
8. Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R. Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone // Remote Sensing of Environment. – 2017. – Vol. 202. – P. 18–27.
9. Liepa A., et al. Harmonized NDVI time-series from Landsat and Sentinel-2: capturing phenological patterns // Remote Sensing Applications: Society and Environment. – 2024. – Vol. 29. – P. 100–115.
10. Segarra J., Buchailot M.L., Araus J.L., Kefauver S.C. Remote sensing for precision agriculture: Sentinel-2 improved features and applications // Agronomy. – 2020. – Vol. 10. – № 5. – Article 641. – P. 2–18.
11. Асқарова М.А., Сарсенова И.Б. Арал өңірінің экологиялық жағдайын ГАЖ-технологиялар негізінде картографиялау // ҚазҰУ Хабаршысы. География сериясы. – 2020. – № 3 (58). – Б. 12–21.

12. Әбдірахымов Н.Ә., Қалдыбаев С., Ержанова К., Рустемов Б., Бектаев Н. Қазақстанның құрғақ дала аймағының ашық қара-қоңыр топырақтарының деградацияланған жайылымдарын бағалау // *Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты.* – 2021. – № 2 (90). – Б. 99–111.
13. Löw F. Mapping abandoned agricultural land in Kyzylorda, southern Kazakhstan // *Land Use Policy.* – 2015. – Vol. 48. – P. 377–390. – DOI: 10.1016/j.landusepol.2015.05.009.
14. Табылдина А.Т., Какимжанов Е.Х., Уваров В.Н., Мақаш К.К. Основы алгоритма расчета индекса растительности NDVI // *Вестник КазНУ.* – 2019. – С. 68–78.
15. Петрушин А.Ф., Митрофанов Е.П. Оценка состояния дренажных систем сельскохозяйственного поля с помощью данных дистанционного зондирования // *Вестник российской сельскохозяйственной науки.* – 2017. – № 4. – С. 17–20.
16. Козубенко И.С., Бегляров Р.Р., Вандышева Н.М. и др. Использование материалов дистанционного зондирования Земли в Единой федеральной информационной системе о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН) // *Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве: материалы II Всероссийской научной конференции.* – Санкт-Петербург, 2018. – С. 19–25.
17. Баширова Ч.Ф. Индекс NDVI для дистанционного мониторинга растительности // *Молодой ученый.* – 2019. – № 31 (269). – С. 30–31.
18. Xu H., Croot P., Zhang C. Discovering hidden spatial patterns and their associations with controlling factors for potentially toxic elements in topsoil using hot spot analysis and K-means clustering analysis // *Environment International.* – 2021. – Vol. 151. – Article 106456. – DOI: 10.1016/j.envint.2021.106456.
19. Then Y.J., Abdul Halim S. Modified Mann–Kendall with higher-order statistics for trend analysis // *Scientific Reports.* – 2025. – Vol. 16. – Article 500.
20. Liu W., Ma L., Smanov Z., Samarkhanov K., Abuduwaili J. Clarifying soil texture and salinity using local spatial statistics (Getis-Ord  $G_i^*$  and Moran's I) in Kazakh–Uzbekistan border area, Central Asia // *Agronomy.* – 2022. – Vol. 12. – № 2. – Article 332. – DOI: 10.3390/agronomy12020332.
21. Бюро национальной статистики Республики Казахстан. Статистика регионов Казахстана (Кызылординская область) [Электронный ресурс]. – URL: <https://stat.gov.kz/ru/region/kyzylorda/> (дата обращения: 07.01.2025.)

## REFERENCES

1. Kosarev, A. V., Ivanov, D. E., Mikerov, A. N., Savina, K. A., Valeev, T. K., & Suleymanov, R. A. (2021). *Primenenie geoinformatsionnykh tekhnologii i distantsionnogo zondirovaniya Zemli dlya otsenki vliyaniya aridnosti territorii na kachestvo vody malyykh rek. Gigiena i Sanitariya, 100(10), 1052–1059.* [In Russian].
2. Kerimbai, B. S., Baimyrzaev, A. S., Kerimbai, N. N., Bakht, M. B., & Tazhenova, S. Q. (2025). *Agrolandshaftardyn kenistik-uakyttyk ozgeristerin geozhuyelik turgydan taldau. QazUU Habarshysy. Geografiya Seriyasy, 78(3), 39–48.* [In Kazakh].
3. Conrad, C., Dech, S., Dubovyk, O., & others. (2020). Remote sensing-based assessments of land use, soil and vegetation in the Aral Sea Basin. *Water Security, 11*, Article 100078. <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2020.100078>
4. Mutalipova, K. K. (2024). *Qazaqstan Respublikasyndagy zhailymdyk zherlerdin tozuu: sebepteri men saldary. Agrarlyk Naryk Problemalary, 4, 245–254.* [In Kazakh].
5. Aralova, M. K. (2016). *Geoaparattyk tekhnologiyalar arkyly tabigi landshaftardy zertteu adisteri. QR UGA Habarshysy. Geografiya Seriyasy, 4, 44–50.* [In Kazakh].
6. Gantulga, N., Limaa, T., Batmunkh, M., Surenjav, U., Tserennadmin, E., Turmunkh, T., & Dorjsuren, B. (2023). Impacts of natural and anthropogenic factors on soil erosion. *Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences, 63(2), 3–18.*
7. Choudhary, K., Shi, W., Boori, M. S., & Corgne, S. (2019). Agricultural phenology monitoring using NDVI time series based on remote sensing satellites: A case study of Guangdong, China. *Optical Memory and Neural Networks, 28*, 204–214. <https://doi.org/10.3103/S1060992X19030093>
8. Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment, 202*, 18–27.
9. Liepa, A., et al. (2024). Harmonized NDVI time-series from Landsat and Sentinel-2: Capturing phenological patterns. *Remote Sensing Applications: Society and Environment, 29*, 100–115.
10. Segarra, J., Buchailot, M. L., Araus, J. L., & Kefauver, S. C. (2020). Remote sensing for precision agriculture: Sentinel-2 improved features and applications. *Agronomy, 10(5), Article 641.* 2-18. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050641>
11. Askarova, M. A., & Sarsenova, I. B. (2020). *Aral onirinin ekologiyalyk zhagdayyn GAJ-tekhnologiyalar negizinde kartografiyalau. QazUU Habarshysy. Geografiya Seriyasy, 58(3), 12–21.* [In Kazakh].
12. Abdirahymov, N. A., Qaldybaev, S., Erzhanova, K., Rustemov, B., & Bektaev, N. (2021). *Qazaqstannyn qurak dala aymagynyn ashyq qara-qonnyr topyraqtarynyn degradaciyalangan zhailymdaryn baqalau. Izdenister, Natizheler – Issledovaniya, Rezultaty, 90(2), 99–111.* [In Kazakh].
13. Löw, F. (2015). Mapping abandoned agricultural land in Kyzylorda, southern Kazakhstan. *Land Use Policy, 48*, 377–390. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.05.009>
14. Tabyldina, A. T., Kakimzhanov, E. Kh., Uvarov, V. N., & Maqash, K. K. (2019). *Osnovy algoritma rascheta indeksa rastitelnosti NDVI. Vestnik KazNU, 68–78.* [In Russian].

15. Petrushin, A. F., & Mitrofanov, E. P. (2017). Otsenka sostoyaniya drenaznykh sistem selskokhozyaystvennogo polya s pomoshchyu dannykh distantsionnogo zondirovaniya. *Vestnik Rossiyskoy Selskokhozyaystvennoy Nauki*, 4, 17–20. [In Russian].
16. Kozubenko, I. S., Beglyarov, R. R., Vandysheva, N. M., et al. (2018). Ispolzovanie materialov distantsionnogo zondirovaniya Zemli v Edinoy federalnoy informatsionnoy sisteme o zemlyakh selskokhozyaystvennogo naznacheniya (EFIS ZSN). In *Primenenie sredstv distantsionnogo zondirovaniya Zemli v selskom khozyaystve: Materialy II Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii* (pp. 19–25). Saint Petersburg. [In Russian].
17. Bashirova, C. F. (2019). Indeks NDVI dlya distantsionnogo monitoringa rastitelnosti. *Molodoy Uchenyy*, 31(269), 30–31. [In Russian].
18. Xu, H., Croot, P., & Zhang, C. (2021). Discovering hidden spatial patterns and their associations with controlling factors for potentially toxic elements in topsoil using hot spot analysis and K-means clustering analysis. *Environment International*, 151, Article 106456. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106456>
19. Then, Y. J., & Abdul Halim, S. (2025). Modified Mann–Kendall with higher-order statistics for trend analysis. *Scientific Reports*, 16, Article 500.
20. Liu, W., Ma, L., Smanov, Z., Samarkhanov, K., & Abuduwaili, J. (2022). Clarifying soil texture and salinity using local spatial statistics (Getis-Ord Gi\* and Moran's I) in the Kazakh–Uzbekistan border area, Central Asia. *Agronomy*, 12(2), Article 332. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020332>
21. Bureau of National Statistics of the Republic of Kazakhstan. (2026). *Statistika regionov Kazakhstan (Kyzylordinskaya oblast)*. <https://stat.gov.kz/ru/region/kyzylorda/>

## ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА КАЗАЛИНСКОГО РАЙОНА ЗА ПЕРИОД 2000...2025 ГГ.

Аязжан Ұ. Шыныбек<sup>1,2\*</sup>, Канат Б. Самарханов<sup>1</sup> к.ғ.н., PhD., Гульбаршын Е. Азимбаева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казакстан; [ayazhan\\_shynybek@mail.ru](mailto:ayazhan_shynybek@mail.ru), [samarkhanov\\_kb@enu.kz](mailto:samarkhanov_kb@enu.kz), [azimbayeva\\_gye@enu.kz](mailto:azimbayeva_gye@enu.kz).

<sup>2</sup>РГП «Қазгидромет», Астана қ., Қазақстан; [ayazhan\\_shynybek@mail.ru](mailto:ayazhan_shynybek@mail.ru)

\*Автор корреспонденции: Аязжан Ұ.Шыныбек, e-mail: [ayazhan\\_shynybek@mail.ru](mailto:ayazhan_shynybek@mail.ru)

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Казалинский район, вегетация, NDVI, Google Earth Engine (GEE), Getis-Ord Gi, Mann-Kendall, ДЗЗ, ГИС

### По статье:

Получено: 05.03.2026

Пересмотрено: 16.03.2026

Принято: 09.06.2026

Опубликовано: 01.07.2026

### АБСТРАКТ

На основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) выявлены пространственно-временные изменения растительного покрова и очаги деградации в Казалинском районе в период вегетации за 2000...2025 гг. Статистический анализ проводился с применением теста Манна - Кендалла и метода локальной ассоциации Getis-Ord Gi. Согласно результатам теста Манна - Кендалла, несмотря на отсутствие выраженного общего тренда по всему району, использование метода Getis-Ord Gi позволило выявить скрытые локальные очаги изменений. В целом, зоны деградации с уровнем значимости 99 % охватили 39,3 % территории района. Данные участки преимущественно сосредоточены в южной и юго-западной частях региона, охватывая естественные пастбища и территории с высокой антропогенной нагрузкой. Кроме того, полученные ареалы роста и деградации были сопоставлены с показателями продуктивности по району. В результате установлено, что 38,9 % территорий с положительной динамикой роста соответствуют участкам повышения продуктивности на орошаемых пашнях.

## GEOSPATIAL ANALYSIS OF VEGETATION COVER DYNAMICS IN THE KAZALY DISTRICT FOR THE PERIOD 2000–2025

Ayazhan Shynybek<sup>1,2\*</sup>, Kanat Samarkhanov<sup>1</sup>, Candidate of Geographical Sciences, PhD., Gulbarshyn Azimbayeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; [ayazhan\\_shynybek@mail.ru](mailto:ayazhan_shynybek@mail.ru), [samarkhanov\\_kb@enu.kz](mailto:samarkhanov_kb@enu.kz), [azimbayeva\\_gye@enu.kz](mailto:azimbayeva_gye@enu.kz).

<sup>2</sup>RSE «Kazhydromet», Astana, Kazakhstan; [ayazhan\\_shynybek@mail.ru](mailto:ayazhan_shynybek@mail.ru)

\*Corresponding author: Ayazhan U. Shynybek, [ayazhan\\_shynybek@mail.ru](mailto:ayazhan_shynybek@mail.ru)

---

## KEY WORDS

Kazaly district, vegetation, NDVI, Google Earth Engine (GEE), Getis-Ord Gi, Mann-Kendall, RS, GIS

### About article:

Received: 05.03.2026

Revised: 16.03.2026

Accepted: 09.06.2026

Published: 01.07.2026

---

## ABSTRACT

Based on remote sensing (RS) data, spatiotemporal changes in vegetation cover and degradation hotspots in the Kazaly district were identified for the growing seasons between 2000 and 2025. Statistical analysis was conducted using the Mann-Kendall test and the Getis-Ord Gi local association method. According to the Mann-Kendall test results, despite the absence of a pronounced general trend across the entire district, the application of the Getis-Ord Gi method revealed hidden local hotspots of change. Overall, degradation zones with a 99 % confidence level covered 39,3 % of the district's territory. These areas are predominantly concentrated in the southern and southwestern parts of the region, encompassing natural pastures and territories characterized by high anthropogenic pressure. Furthermore, the identified areas of growth and degradation were correlated with regional productivity indicators. The results established that 38,9 % of the areas showing positive growth dynamics correspond to sections of increased productivity within irrigated croplands.

---

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