

## АҢДАТПА

**«8D07302 – Геоинформатика» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алуға арналған Арыстанов Асет Амирхановичтың «Заманауи геоақпараттық жүйелер негізінде Қазақстанның оңтүстігіндегі күзгі дәнді дақылдардың жерсеріктік мониторингі» тақырыбындағы диссертациялық жұмысы.**

Қазақстан Республикасының оңтүстік өңірлері, соның ішінде Түркістан облысы мен оған іргелес тауалды аймақтар, жоғары аграрлық маңыздылығымен қатар табиғи-климаттық тұрғыдан осал аумақтар қатарына жатады. Күзгі дәнді дақылдар бұл өңірлердегі жер пайдалану құрылымында жетекші орын алып, су ресурстары шектеулі және тәлімі егіншілік басым жағдайларда азық-түлік қауіпсіздігінің негізін қалыптастырады. Күзгі дақылдарды өсіру аридті климат, жауын-шашынның айқын жылдық ауытқуы, температуралық режимнің тұрақсыздығы және агроландшафттардың кеңістіктік әртектілігі жағдайында жүзеге асырылады.

Осындай жағдайда егістік алқаптарының нақты жай-күйі, даму динамикасы және жер пайдаланудың тұрақтылығы туралы кеңістіктік тұрғыдан нақтыланған, жедел және объективті ақпараттың маңызы арта түседі. Алайда ауыл шаруашылығын мониторингтеудің дәстүрлі тәсілдері, негізінен статистикалық есепке алу мен ішінара жерүсті бақылауларға сүйенетіндіктен, аумақтық құрылымды толық қамтымайды, уақытша жиілігі төмен және деректердің кешігіп келуімен сипатталады.

Жерді қашықтан зондтау деректері мен геоақпараттық жүйелерді пайдалану ауыл шаруашылығы алқаптарын мониторингтеуде статистикалық жалпылаулардан кеңістіктік-бағдарланған талдауға көшуге мүмкіндік береді. Sentinel-2 спутниктерінің мультиспектралды деректері жоғары уақыттық айырымдылықты қамтамасыз етіп, күзгі дәнді дақылдардың бүкіл өндірістік циклі бойында — күзгі егістен бастап пісіп-жетілуіне дейін — жүйелі бақылау жүргізуге жағдай жасайды.

### **Зерттеудің өзектілігі**

Тақырып өзектілігін үш негізгі аспектке сүйене отырып баяндауға болады:

Азық-түлік қауіпсіздігі;

Агроөнеркәсіптік кешенге цифрлық технологияларды енгізу;

Қазақстанның оңтүстігінде климаттық тәуекелдер жағдайында ауыл шаруашылығы жерлерін объективті мониторингтеудің қажеттілігі.

Актуалдылық зерттеудің тәлімі жағдайдағы Оңтүстік Қазақстан аумағында күздік дәнді дақылдарды спутниктік мониторингтеудің қайта өндіруге болатын әдістемесіне деген қажеттілікпен айқындалады: бұл әдістеме жылдар және агроклиматтық аймақтар (ГТК) бойынша салыстырмалы түрде егіс алқаптарын бөлуге, егістіктің жай-күйін (арамшөптенуді қоса) бағалауға және Sentinel-2 уақыттық қатарлары негізінде орақ мерзімдерін анықтауға, сондай-ақ нәтижелерді жерүсті бақылауларымен міндетті түрде верификациялауға мүмкіндік береді. Мемлекеттік деңгейдегі басымдық

ретінде Президент Қ.К.Тоқаев ауыл шаруашылығы жерлерін спутниктік мониторингтеудің тиімділігін жасанды интеллект арқылы арттыру, жер сапасын, өнімділікті және ауыл шаруашылығы дақылдарының жай-күйі мен кеңістіктік таралуын терең талдау қажеттігін атап өтті.

Осыған байланысты заманауи геоақпараттық технологиялар негізінде күзгі дәнді дақылдардың спутниктік мониторингінің ғылыми негізделген жүйесін әзірлеу өзекті ғылыми және қолданбалы міндет болып табылады.

### **Зерттеудің мақсаты мен міндеттері**

Диссертациялық зерттеудің мақсаты — Sentinel-2 мультиспектралды деректері мен геоақпараттық жүйелер негізінде Қазақстанның оңтүстік өңірлеріндегі күзгі дәнді дақылдарды спутниктік мониторингтеу әдістерін әзірлеу және ғылыми тұрғыдан негіздеу, соның негізінде егіс құрылымын, вегетациялық дамудың динамикасын, қайта егілу ерекшеліктерін және жер пайдаланудың тұрақтылығын кеңістіктік-уақыттық тұрғыда бағалау.

Аталған мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылып, шешілді:

- күзгі дәнді дақылдардың нақты себілген алқаптарын күзгі спутниктік деректер негізінде анықтау әдістемесін әзірлеу;
- спектралдық индекстерді пайдалана отырып, вегетациялық дамудың кеңістіктік-уақыттық динамикасын талдау;
- тәлімі егіншілік жағдайында ауыл шаруашылығы дақылдарын автоматтандырылған түрде жіктеу әдістерін әзірлеу және сынақтан өткізу;
- күзгі дәнді дақылдардың қайта егілуін анықтау және олардың кеңістіктік таралуын талдау;
- алынған нәтижелерді кешенді мониторингке арналған геоақпараттық ортаға интеграциялау.

### **Зерттеу нысаны, пәні және аумақтық шекаралары**

Зерттеу нысаны — Қазақстан Республикасының оңтүстік өңірлерінде өсірілетін күзгі дәнді дақылдар.

Зерттеу пәні — Sentinel-2 спутниктік деректерін, спектралдық индекстерді және геоақпараттық жүйелерді қолдануға негізделген спутниктік мониторинг әдістері, олар күзгі дәнді дақылдардың жай-күйі мен даму динамикасын бағалауға бағытталған.

Зерттеу аумағы ретінде негізінен Түркістан облысының әртүрлі агроклиматтық жағдайлармен және жер пайдалану құрылымымен сипатталатын жазық және тауалды агроландшафттары қамтылды.

### **Бастапқы деректер мен зерттеу әдістері**

Зерттеудің негізгі дереккөзі ретінде Sentinel-2 спутниктерінің L2A деңгейіндегі мультиспектралды суреттері пайдаланылды. Деректердің кеңістіктік айырымдылығы 10 м, ал түсіру жиілігі 2–5 тәулік аралығын құрайды. Талдау бірнеше вегетациялық маусымды қамтып, табиғи жағдайлардың жылдар бойынша өзгергіштігін ескеруге мүмкіндік берді.

Зерттеу барысында келесі әдістер қолданылды:

- NDVI, GRVI спектралдық индекстерін есептеу және талдау;
- спутниктік деректердің уақыттық қатарларын талдау;
- ауыл шаруашылығы дақылдарын автоматтандырылған жіктеу әдістері;

- ГАЗ ортасында кеңістіктік талдау және картографиялау;
- алынған нәтижелерді сараптамалық бағалау және жерүсті бақылауларымен верификациялау.

Барлық деректерді өңдеу және талдау геоақпараттық жүйелерде жүзеге асырылып, бірыңғай кеңістіктік деректер базасы қалыптастырылды.

### **Негізгі ғылыми нәтижелер**

Диссертациялық зерттеу барысында күзгі дәнді дақылдардың спутниктік мониторингінің әртүрлі аспектілерін қамтитын ғылыми нәтижелер кешені алынды.

Күзгі Sentinel-2 спутниктік деректерін пайдалану арқылы күзгі дәнді дақылдардың нақты себілген алқаптарын анықтау әдістемесі әзірленді. Ұсынылған тәсіл күзгі егіс аяқталғаннан кейін бірден егіс маскасын қалыптастыруға мүмкіндік береді және көктемгі кезеңде NDVI динамикасы негізінде верификацияланады. Бұл әдіс мониторингінің кеңістіктік негізін қалыптастырады.

NDVI уақыттық қатарлары негізінде күзгі дәнді дақылдардың вегетациялық дамуының кеңістіктік-уақыттық ерекшеліктері талданды. Вегетацияның көктемгі фазаларында NDVI мәндері өсу қарқынын және агроценоздардың кеңістіктік әртектілігін сипаттайтыны көрсетілді.

Пісіп-жетілу кезеңінде NDVI төмендеген жағдайда GRVI индексі қолдану негізделді. GRVI жасыл өсімдік жамылғысының сақталған аймақтарын анықтауға мүмкіндік беріп, спутниктік деректерді интерпретациялауды нақтылайды.

Sentinel-2 деректері негізінде тәлімі екіншілік жағдайында ауыл шаруашылығы дақылдарын автоматтандырылған жіктеу әдістемесі әзірленіп, сынақтан өткізілді. Алынған нәтижелер өңірлік деңгейде егіс құрылымын мониторингтеуде автоматтандырылған тәсілдердің қолданбалылығын көрсетті.

Көпжылдық спутниктік деректерді талдау негізінде күзгі дәнді дақылдардың қайта егілу аймақтары анықталып, олардың кеңістіктік заңдылықтары зерттелді. Қайта егілу құбылысы жер пайдаланудың тұрақтылығын сипаттайтын көрсеткіш ретінде қарастырылды.

### **Зерттеудің ғылыми жаңалығы**

Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы келесімен айқындалады:

- Алғаш рет Қазақстанның оңтүстігі жағдайына бейімделген PLI жыртылу индексі анықталып, тәжірибеде тексерілді. Бұл индекс нақты егілген күздік дақылдарды жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік береді және күзгі егіс маскасын құру алгоритміне енгізіліп, көктемгі тексерумен толықтырылған;

- Күздік дақылдардың жағдайын спектралды бағалауда әр аймаққа жеке тәсіл қолдану ғылыми түрде негізделді. Бағалау кезінде егістің арамшөппен ластануы, аумақтың ылғал-жылу жағдайы және қайта егу ерекшеліктері ескеріледі. Агроклиматтық айырмашылықтар NDVI көрсеткішінің уақыт бойынша өзгеруіне әсер ететіні анықталды. Бұл егістің

нақты жағдайын дұрыс бағалауға және GRVI индексі арқылы арамшөбі көп учаскелерді анықтауға мүмкіндік береді;

- Sentinel-2 деректері, агрометеорологиялық көрсеткіштер және далалық зерттеу мәліметтерін бір геоақпараттық ортада біріктіретін күздік дақылдарды спутниктік мониторингтеудің кешенді жүйесі әзірленді. Бұл жүйе егіс жұмыстарын және дақылдардың өсуін себуден бастап өнім жинауға дейін толық қашықтан бақылауға мүмкіндік береді.

### **Қорғауға шығарылатын ережелер**

1. Әртүрлі уақыттағы Sentinel-2 деректеріне негізделген, PLI жыртылу индексіні қолдану және көктемде NDVI динамикасы арқылы тексеру тәсілі егіс маскасын дәл анықтауға мүмкіндік береді. Бұл әдіс нақты егілген алқаптарды сенімді түрде айқындап, спутниктік мониторинг жүйесінің кеңістіктік негізін қалыптастырады.

2. Күздік дақылдардың вегетация кезеңіндегі жағдайын спутник арқылы бағалау NDVI көрсеткішінің уақыт бойынша өзгерісін талдауға негізделеді. Бұл талдау аумақты ГТК бойынша агроклиматтық аймақтарға бөлу арқылы жүргізіледі. Климаттық жағдайлар мен өсіру ерекшеліктері (соның ішінде қайта егу) егістің спектралды даму қисықтарына әсер ететіні анықталды. Бұл тәсіл егістің нақты жағдайын дұрыс бағалауға, биомасса жиналу қарқынындағы ауытқуларды анықтауға және GRVI индексі арқылы арамшөбі көп учаскелерді табуға мүмкіндік береді.

3. Спутниктік мониторинг күздік дақылдардың бүкіл өндірістік циклін - себуден бастап өнім жинауға дейін қамтиды. Өнім жинау кезеңі вегетацияның шыңынан кейін (NDVI ең жоғары мәнге жеткен соң) анықталады. Бұл кезде бір алқап шегінде вегетациялық индекстердің күрт және бір мезетте төмендеуі байқалады. Табиғи пісу кезінде индекс біртіндеп төмендесе, ал жинау барысында ол қысқа уақыт ішінде күрт төмендейді. Осы белгі арқылы өнім жинау мерзімі мен оның кеңістіктік динамикасын бірыңғай геоақпараттық жүйеде дәл анықтауға болады

### **Зерттеу нәтижелерінің практикалық маңыздылығы және қолдану салалары**

Диссертациялық зерттеу нәтижелерінің практикалық маңыздылығы әзірленген спутниктік мониторинг әдістерін ауыл шаруашылығы алқаптарын кеңістіктік талдау мен бағалаудың қолданбалы міндеттерінде пайдалану мүмкіндігімен анықталады. Ұсынылған тәсілдер ашық қолжетімді Sentinel-2 деректеріне негізделген және арнайы қымбат дереккөздерді талап етпейді, бұл олардың қайта қолданылуын және ауқымын кеңейтуге мүмкіндік береді.

Күзгі дәнді дақылдардың нақты себілген алқаптарын анықтау әдістемесі өңірлік агроөнеркәсіптік кешенді басқару органдарының қызметінде егіс құрылымын талдау, жер пайдаланудың өзгеруін бағалау және статистикалық деректермен салыстыру үшін қолданылуы мүмкін. Кеңістіктік тұрғыдан нақтыланған картографиялық материалдар әкімшілік аудандар мен ауыл шаруашылығы массивтері деңгейінде күзгі дақылдардың таралуын нақтылауға мүмкіндік береді.

NDVI және GRVI негізіндегі вегетациялық талдау әдістері егістіктердің даму жағдайын әртүрлі вегетациялық фазаларда бақылауға, даму қарқыны баяулаған аймақтарды және агроценоздардың кеңістіктік әртектілігін анықтауға мүмкіндік береді. Бұл тәсілдер өнімділікті тікелей бағалауға көшпей-ақ, агроклиматтық тәуекелдерді талдауға негіз қалыптастырады.

Автоматтандырылған жіктеу нәтижелері жер пайдалану жөніндегі геоақпараттық деректер базасын қалыптастыру және жанарту барысында, сондай-ақ ауыл шаруашылығы аумақтарын спутниктік мониторингтеуге арналған ғылыми-талдамалық жұмыстарда қолданылуы мүмкін.

Зерттеу материалдары «Геоинформатика», «Картография», «Жерді қашықтан зондтау» бағыттары бойынша мамандар даярлау барысында оқу процесінде, сондай-ақ магистрлік және докторлық зерттеулерде пайдалануға жарамды.

### **Зерттеу нәтижелерінің апробациясы**

Диссертациялық зерттеудің негізгі нәтижелері ғылыми жарияланымдар, ғылыми семинарлар және халықаралық ғылыми ынтымақтастық аясында апробациядан өтті. Зерттеудің басты әдістемелік қағидалары мен нәтижелері ауыл шаруашылығы аумақтарын спутниктік мониторингтеу мәселелеріне арналған ғылыми-зерттеу жұмыстарын орындау барысында сынақтан өткізілді.

Зерттеу нәтижелері Web of Science Core Collection және Scopus дерекқорларына индекстелетін халықаралық рецензияланатын ғылыми журналдарда жарияланды:

1. Arystanov, A., Karabkina, N., Sagin, J., Nurguzhin, M., King, R., & Bekseitova, R. (2024). Use of Indices Applied to Remote Sensing for Establishing Winter–Spring Cropping Areas in the Republic of Kazakhstan. *Sustainability*, 16(17), 7548. <https://doi.org/10.3390/su16177548>.

2. Arystanov, A., Sagin, J., Karabkina, N., Arystanova, R., Yermekov, F., Kabzhanova, G., Bekseitova, R., Aktymbayeva, A., & Kutymova, N. (2025). Automatic Classification of Agricultural Crops Using Sentinel-2 Data in the Rainfed Zone of Southern Kazakhstan. *Agronomy*, 15(9), 2040. <https://doi.org/10.3390/agronomy15092040>.

3. Arystanov, A., Sagin, J., Kabzhanova, G., Sarsekova, D., Bekseitova, R., Molzhigitova, D., Balkozha, M., Yeleuova, E., & Satvaldiyev, B. (2026). Winter Cereal Re-Sowing and Land-Use Sustainability in the Foothill Zones of Southern Kazakhstan Based on Sentinel-2 Data. *Sustainability*, 18(2), 1053. <https://doi.org/10.3390/su18021053>.

Бұл жарияланымдар тәуелсіз рецензиялау рәсімінен өтіп, қолданылған әдістердің дұрыстығы мен алынған қорытындылардың негізділігін растады.

Сонымен қатар зерттеудің жекелеген нәтижелері картография және геоинформатика кафедрасының ғылыми семинарларында талқыланып, геоинформатика және жерді қашықтан зондтау саласындағы мамандар тарапынан оң бағасын алды. Талқылау барысында кеңістіктік-уақыттық талдаудың әдістемелік аспектілері нақтыланды.