

**«Жер серігінің технологиясы қолдануымен табиғи және
техногендік объектілерді геодезиялық әдістерімен зерттеу»
тақырыбына жазылған «6D071100 – Геодезия» мамандығы бойынша
философия докторы (Ph.D.) дәрежесін алуға ұсынылған
Сатбергенова Асель Қуандықовнаның
диссертациялық жұмысына**

АНДАТПА

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Қазақстан Республикасының аумағында жер қойнауын қарқынды игеру, ірі инфрақұрылымдарды дамыту және техногендік пен табиғи апаттардың жоғары қаупі жағдайында табиғи және техногендік нысандардың жай-күйіне үздіксіз және жоғары дәлдікпен мониторинг жүргізуді қамтамасыз ету аса маңызды мәселеге айналады. Зерттеудің өзектілігі жер бетінің жылжуын, ірі өнеркәсіптік кешендердің, тау-кен өндіру объектілері мен инфрақұрылымдық желілердің деформацияларын жедел анықтау және болжау үшін кешенді спутниктік технологияларға көшу қажеттілігіне байланысты, бұл «Индустрияландыру, инновациялар және инфрақұрылым» №9 Орнықты даму мақсаттарына (ОДМ) сәйкес келеді. Спутниктік технологиялар негізінде геокеңістіктік деректерді жинау және өңдеу әдістерін жетілдіру тәуекелдерді азайту, өнеркәсіптік және экологиялық қауіпсіздікті арттыру, сондай-ақ өңірлердің орнықты дамуын қамтамасыз ету үшін негізгі фактор болып табылады, бұл «Қалалар мен елді мекендердің ашықтығын, қауіпсіздігін, өміршеңдігін және экологиялық тұрақтылығын қамтамасыз ету» №11 ОДМ-ге тікелей сәйкес келеді.

Бұл зерттеудің тақырыбы Қазақстан Республикасының ғылымын дамытудың басым бағыттарына, атап айтқанда, минералдық ресурстарды ұтымды пайдалану және өнеркәсіптік объектілердің қауіпсіздігі саласындағы бағыттарға сәйкес келеді. Жұмыс цифрлық деректерді жинау мен өңдеудің жоғары технологиялық әдістеріне көшуді көздейтін "Индустрия 4.0" тұжырымдамасы шеңберінде тау-кен өндіру саласын қазіргі заманғы цифрландыру талаптарына жауап береді.

Жұмыстың мақсаты спутниктік деректерді пайдалана отырып, Қазақстан Республикасы аумағындағы табиғи және техногендік нысандардың жай-күйіне мониторинг жүргізудің ғылыми-әдістемелік негіздерін және кешенді геодезиялық технологиясын әзірлеу. Бұл деформацияларды анықтау мен болжаудың дәлдігі мен жеделдігін арттыруға және өңірлердің геодинамикалық қауіпсіздігін қамтамасыз етуге бағытталған.

Жұмыстың негізгі идеясы заманауи сандық геодезиялық түсірілім әдістері мен спутниктік технологияларды қолдану негізінде табиғи және техногендік нысандарға кешенді мониторинг жүргізу әдістемесін әзірлеу.

Қойылған мақсатқа жету үшін келесі міндеттер айқындалды:

- техногендік және табиғи деформацияларға мониторинг жүргізу үшін интеграцияланған спутниктік технологияларды (ЖНСЖ, DInSAR) қолданудың әлемдік тәжірибесіне сын тұрғысынан теориялық талдау жасау және жүйелеу;

- тау-кен жұмыстарының әсеріне ұшыраған жер бетінің жай-күйін бақылау нәтижелерінің жоғары дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз ету үшін әртүрлі спутниктік және жерүсті геодезиялық жүйелерден алынатын геокеңістіктік деректерді жинаудың, өңдеудің және бірлесіп талдаудың интеграцияланған әдістемесін әзірлеу;

- деформациялардың кеңістіктік-уақыттық модельдерін құру үшін негізгі полигондарда (Атасу темір кен орны, Қарағанды көмір бассейні және Баден-Вюртемберг ауыл шаруашылығы алқаптары) тәжірибелік-өнеркәсіптік геодезиялық жұмыстарды орындау;

- рельефтің 0,5 метр қимасы кезінде 1:500-1:2000 масштабтағы топографиялық түсірілімдердің өнімділігі мен дәлдігін арттыру үшін пилотсыз ұшу аппараттарын пайдалана отырып, аэрофотограмметриялық жұмыстарды жоспарлау бойынша ұсыныстарды әзірлеу және қолдану әдістемесін негіздеу.

Жүргізілетін зерттеулер әдістемесіне келесі кіреді:

- заманауи геодезиялық аспаптар мен түсірілім әдістері бойынша әдебиет көздерін талдау және жалпылау;

- жаһандық навигациялық спутниктік жүйелердің ғарыштық және пайдаланушы сегменттері антенналарының фазалық орталығын өлшеу қателіктерін зертханалық зерттеу;

- зерттеу нәтижелерін Қарағанды көмір бассейні, Атасу темір кен орны, Баден-Вюртемберг (Германия) аймағының орман және ауыл шаруашылығы учаскелерінде тәжірибелік-өнеркәсіптік тексеруден өткізу;

- техногендік нысандарды ұшқышсыз ұшу аппаратымен бақылау және басқару үшін спутниктік геодезиялық желілерді жобалау бойынша ұсыныстарды негіздеу.

Зерттеу нысаны: Атасу темір кен орны мен Қарағанды көмір бассейнінің тау-кен жұмыстары жүргізілген жер беті, сондай-ақ Баден-Вюртемберг (Германия) аймағының ауыл шаруашылығы алқаптары.

Зерттеу әдістері: спутниктік радарлық интерферометрия, спутниктік ГНСС өлшеулері, қашықтықтан аэрофототүсірілім және жоғары дәлдікті геометриялық нивелирлеу, математикалық өңдеу және статистика, Python ортасында бағдарламалау.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы:

- пайдалы қазбаларды өндіру процесінде жер бетінің деформациялану механизмінің заңдылықтарын және вегетациялық кезеңде егістік ландшафтының өзгеруін анықтау үшін жоғары дәлдікті геометриялық нивелирлеумен бірге радарлық интерферометрия мен спутниктік ЖНСЖ өлшеулеріне негізделген геодезиядағы прогрессивті технологиялық шешімдерді қолдану;

- қауіпті аймақтардағы өлшеудің ең ақпараттық әдісі ретінде спутниктік радарлық интерферометрия әдістерімен кернеулі-деформацияланған күйдегі аумақтардағы жылжу шамаларын анықтау, бұл байқалуы қиын деформациялық процестерді анықтауға мүмкіндік береді.

Жұмыстың ғылыми маңызы: деформациялану механизмін анықтау, маусымдық өзгерістер кезінде егістік алқаптары ландшафтының өзгеруін бақылау және өлшеу дәлдігін арттыру мақсатында цифрлық өлшеу технологиялары мен жерді қашықтықтан зондтауды енгізу негізінде кен орындарын жерасты тәсілімен игеру кезінде жер бетінің жай-күйін болжау болып табылады.

Қорғауға ұсынылатын ғылыми қағидалар:

- есептелген спутниктік индекстер мен жер беті табиғи бақылаулар арасындағы корреляциялық тәуелділікті белгілей отырып, өсімдік жамылғысының әртүрлі типтері бар нысандардың Sentinel-1A спутниктік деректерінен вегетациялық параметрлерді алу әдістемесін әзірлеу;

– антенналардың фазалық орталығының вариациялары математикалық модель параметрлеріне функционалдық тәуелділікте болады және Python ортасында бағдарламалық түрде іске асырылады, бұл геомеханикалық процестердің дамуының ерте кезеңдерінде сыртқы калибрлеу деректерін пайдаланбай-ақ жүйелі аспаптық қателіктерді жоюды қамтамасыз етеді;

– техногендік бедердің қауіпті (критикалық) тік ығысуларын анықтау жоғары ажыратымдылықтағы спутниктік радарлық деректерді, жергілікті аэрофототүсірілімді және жоғары дәлдікті цифрлық нивелирлеуді кешенді пайдалануға байланысты, бұл дискретті жергілікті бақылаудан тұтас аудандық талдауға көшуді және қауіпті учаскелердің шекараларын негіздеуді қамтамасыз етеді.

Зерттеу нәтижелерінің сенімділігі мен негізділігі: әдебиеттерге ауқымды шолу жасаумен, нысандарда тікелей далалық өлшеулер жүргізумен, жоғары ажыратымдылықтағы спутниктік радарлық деректерді өңдеумен дәлелденеді. Нәтижелер геодезия, жерді қашықтықтан зондтау және геомеханика саласындағы жетістіктерге сүйенеді және ғарыштық радарлық интерферометрия, жоғары дәлдікті цифрлық нивелирлеу, ҰҰА-дан аэрофототүсірілім деректерінің сәйкестігімен расталады.

Жұмыстың теориялық маңыздылығы келесідей:

– тау-кен массивінің қазылу дәрежесіне байланысты жер бетінің өзгеру заңдылықтарын анықтауға негізделген, тау-кен жұмыстары жүргізілген аумақтардағы жер бетінің деформациялану процестерін зерттеуге бағытталған кешенді тәсілде. Бұл деформацияларды дәлірек болжауға және қоршаған орта мен инфрақұрылым үшін жағымсыз салдардың алдын алуға мүмкіндік береді;

– кернеулі күй жағдайындағы жер бетінің жылжу шамаларын спутниктік радарлық интерферометрия әдісі арқылы анықтауда. Бұл әдіс жер бетінің деформациялану процесі, оның ішінде байқалуы қиын өзгерістер туралы кеңістіктік-көлемдік ақпарат алу мүмкіндігін

камтамасыз етеді. Интерферометрияның артықшылығы оның жоғары дәлдігінде және басқа әдістерді қолдану қиындық тудыратын қауіпті аймақтарда өлшеулер жүргізу мүмкіндігінде;

– сандық лазерлік аспаптарды қолдана отырып, жоғары дәлдікті геометриялық нивелирлеуді пайдалануда. Бұл тау-кен жұмыстары жүргізілген аумақтардағы жер бетінің жылжу шамаларын ерте кезеңде анықтауға, өзгерістерге дер кезінде жауап қатуға және апаттық жағдайлардың алдын алуға мүмкіндік береді;

– тәуекелдерді басқаруды жақсарту мақсатында рекультивациялау жұмыстарын жоспарлау және қауіпсіз жүргізу үшін жергілікті жердің цифрлық модельдерін жасауға мүмкіндік беретін ұшқышсыз ұшу аппараттарының көмегімен аэрофотограмметриялық түсірілім әдісін негізді қолдануда.

Жұмыстың практикалық құндылығы.

Әзірленген кешенді тәсіл аясында Қарағанды көмір бассейні мен Атасу кен орнының маңызды нысандарын мониторингілеу үшін InSAR әдісі белсенді деформация аймақтарын алғашқы анықтау үшін қолданылады. Одан әрі DJI Mavic 2 Pro ҰҰА көмегімен аэрофотограмметриялық әдіс нәтижелерді нақты калибрлеу және валидациялау үшін пайдаланылады. Аэрофототүсірілім үшін негіздеме Leica GS14 жоғары дәлдікті ГНСС-қабылдағыштарымен жасалады. Қарама-қарсы шеңберлер түріндегі сәйкестендіру белгілері аэрофотосуреттерді жер бетіне байланыстыру және 1:500-1:2000 масштабты топографиялық түсірілімге қажетті дәлдікті қамтамасыз ету арқылы қалдық қателерді азайту үшін қолданылады.

Нәтижелерді енгізу: Зерттеу нәтижелері Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында іске асырылды, "Өркен-Атасу" өкілдігінің "Өркен" ЖШС қызметіне енгізілді, диссертациялық жұмыстың жекелеген ережелері Баден-Вюртемберг (Германия) ауылшаруашылық учаскелерін бақылау кезінде қолданылды, сондай-ақ «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының дәріс оқу процесінде және студенттердің ғылыми зерттеулерді жүргізу кезінде қолданылады.

Диссертациялық жұмыс «Оркен-Атасу» ЖШС Өкілдігі» карьерін рекультивациялау процесін бақылау және жарылыс жұмыстарының әсер ету аймағындағы күндізгі бетті зерттеу» тақырыбындағы №23.11.04 шаруашылық шартын іске асыру контекстінде орындалды. Ұсынылған зерттеу әдістері AP09058619, 0213K01341 ғылыми жобаларын іске асыру кезінде қолданылды, бұл жарияланымдар тізімімен расталды. Диссертациялық зерттеу Германиядағы Берлин жоғары техникалық мектебінің (Берлин университеті) базасында, шетелдік ғылыми кеңесшінің жетекшілігімен, DAAD 57558719 «Құрылыс және геодезия саласындағы пәнаралық ортадағы ынтымақтастық» неміс академиялық алмасу қызметімен ғылыми-техникалық серіктестік аясында жүргізілді. Жұмыс TerraSAR-X спутнигінің радарлық деректерінің мұрағаттық массивіне (126

түсірілім) қол жеткізуді қамтамасыз ету бөлігінде Германия аэроғарыштық орталығы (DLR) қолдау көрсеткен GEO3889 халықаралық ғылыми-зерттеу жобасы шеңберінде орындалды. Әзірленген әдістеме мен зерттеу әдістері AP09058619 және 0213RK01341 ғылыми жобаларын іске асыру кезінде қолданылды.

Автордың жеке үлесі: зерттеу мәселелері мен міндеттерін қою; әдістемелерді, модельдерді әзірлеу және аналитикалық, эксперименттік зерттеулер мен далалық бақылаулар жүргізу.

Жарияланымдар: Диссертация тақырыбы бойынша Scopus және Web of Science базасына кіретін журналдарда 3 мақала: «InSAR-Based Assessment of Land Subsidence Induced by Coal Mining in Karaganda, Kazakhstan» «Geomatics» журналы, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI) баспасы, Q2, Швейцария; «Analysis of Undermined Ground Surface Movements at the Atasu Iron Ore Deposit», Journal of Mining Science, Springer баспасы, Q3, АҚШ; «The research study in the convergence of the results of processing radar images Sentinel-1A with field observations of agricultural sites» «Геодезия және картография» журналы, «Роскадастр» ҚҚК баспасы, Q3, Ресей Федерациясы; Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдарда 6 мақала, Халықаралық конференцияларда 8 тезис жарияланды. Пайдалы модельге 3 патент және авторлық құқықпен қорғалатын 3 куәлік алынды.

Авторлық құқықпен қорғалатын пайдалы модельдердің мемлекеттік тізіліміне мәліметтерді енгізу туралы патенттер бар (бірлескен авторлықта):

- №7006 «Геодезиялық байланыстыру тірегі» пайдалы модельге патент, өтінімнің регистрациялық нөмірі 2022/0073.2, 03.02.2022 ж.;
- №8814 «Нивелирдің табаның конструкциясы» пайдалы модельге патент, өтінімнің регистрациялық нөмірі 2023/1129.2, 15.11.2023 ж.;
- №37751 «Әмбебап геодезиялық пилон» өнертабысқа патент, 16.01.2026 ж.

Авторлық құқық объектілеріне құқықтарды мемлекеттік тіркеу туралы куәліктер бар (бірлескен авторлықта):

- №33846 «Ұшқышсыз ұшу аппараттар көмегімен орман қорын талдау, қорғау және жоспарлау», тіркелген күні 27.03.2023 ж.;
- №41902 «Қарағанды қаласының көмір шахталары ауданындағы жер бетінің мониторингі», тіркелген күні 10.01.2024 ж.
- № 59974 «Ұшқышсыз ұшу аппараттардың (ҰҰА) көмегімен топографиялық жоспарларды құру», тіркелген күні 10.06.2025 ж.

Жұмыстың құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан, пайдаланылған дереккөздер тізімінен және қосымшалардан тұрады. Диссертация көлемі 135 бет құрайды, 17 кестеден мен 87 суреттен тұрады.