

УДК 528.8.04

**ТАУ-КЕН ӨНДІРІСІ ТЕРРИТОРИЯСЫНДАҒЫ ДЕФОРМАЦИЯЛАРДЫ
РАДАРДЫ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ ӘДІСІМЕН АНЫҚТАУ**

Мусағалиева Батима Ерлановна

tima.meb@mail.ru

Л.Н. Гумилёв атындағы ЕҰУ «Геодезия және картография» кафедрасының
оқытушысы,
Нур-Султан, Қазақстан

Жер бетінің жылжуын, карьер шұңқырының деформациясын, пайдалы қазбаларды өндіру территорияларына жақын орналасқан ғимараттардың деформациясын зерттеу мақсатында Жерді қашықтықтан зондтау мәліметтерін өңдеу әдісі бар. Жоғарыда айтылған мәселелерді радиолокациялық бейнелер тізбегіне интерферометриялық өңдеу әдістемесін қолдану арқылы шешу туралы мақалада айтылған.

Түйін сөздер: Жерді қашықтықтан зондтау, радарды интерферометрия, радиолокатор, тау-кен өндірісі.

Способ обработки данных дистанционного зондирования Земли позволяет исследовать смещения земной поверхности, деформации карьеров, а также, деформации зданий около территории выработки полезных ископаемых. В статье описан метод

интерферометрической обработки цепочки радиолокационных снимков для решения выше указанных проблем.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, радарная интерферометрия, радиолокатор, горнопромышленное производство.

Earth remote sensing data processing method allows us to investigate the Earth's surface displacement, strain quarries, as well as the deformation of buildings near the site of production of minerals. This article describes a method for interferometric processing chain of radar images to solve the above problems.

Keywords: remote sensing, radar interferometry, radar, mining production.

Жер асты тау жұмыстары жүргізу жер бетінің жылжуы, алаптық шөгүлер мен көшкіндер көрінісіндегі техногенды апаттарға алып келеді. Осындай қауіпті жағдайларды алдын алу қазіргі заманғы лазерлі-сандық технологияларды қолдана атырып, Жердің жергілікті және дистанционды зондтау әдісімен ауқымды мониторинг жүргізу арқылы мүмкін болады.

Дистанционды зондтау мәліметтерін өңдеу ретінде әртүрлі туынды өнімдерді алу мақсатындағы операциялардың кезекті орындалуы түспалданады. Жерсеріктік мәліметтердің нысанына байланысты, олар өңдеудің әртүрлі сатыларынан өтеді.

Жерді қашықтықтан зондтау мәліметтерін қолданудың негізгі бағыты топографиялық және тақырыптық карталар, пландарды жасау мен жаңарту болып табылады.

Стереотүсіріс пен радарды интерферометрия мәліметтерін қолдану барысында рельеф және елді мекен моделі әзірленеді және 3D көрнекілендіру, рельефті картографиялау мен кеңістіктік модельдеуге негіз болады.

Жұмысты орындаудың басты қадамдары: интерферограмманы қалыптастыру, фильтрлеу, когеренттікті есептеу мен фазаның ашылуы.

Радарды мәліметтерді өңдеу жұмыстарының нәтижелері қолданыла алады:

- тау-кен кәсіпорындарын объектідегі және оған жақын жатқан территориялардағы жұмыс қарқыны туралы ақпараттандыру;

- объект параметрлерін есептеу және жер бедерінің гипсометриялық негізін құру;

- ықтимал қауіптілігі бар объектілер және құбылыстар мониторингі және тәуекелдерді бағалау;

- геологиялық бағыттағы ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізу.

Радарды түсіріс X, C және L диапазондарға бөлінетін ультрақысқа (жоғары жиілікті) радиотолқындар облысында орындалады. Радиолокатор объектіге электромагниттік импульстер сәулесін бағыттайды. Импульстар бір бөлігі объектіден шағылысады, шағылысқан сигналдың сипаттамаларын және объектіге дейінгі арақашықтықты датчик өлшейді. Қазіргі заманғы барлық радарлық жүйелер бұл синтезирленген апертаурасы бар радиолокатор (SAR).

Радиолокатор жеке өзінің сигналын шығарады да тіркейді (оптикалық сенсорлар шағылысқан күн сәулесін тіркейді), сондықтан жарықтан тәуелсіз. Сантиметрлік диапазондағы радиотолқындар бұлттардан өтеді, сол себепті радарды суреттер бұлттардан тәуелсіз.

Көбінесе ғарыштық радарды жүйелер ұзындығы 0,5 – 75см аралықтағы толқындармен жұмыс істейді.

X-диапазон: 2,4 - 3,75 см (12,5 - 8 ГГц). Бұл диапазон мәліметтері әскери барлау мен азаматтық міндеттерді шешуде кең қолданылады, оның ішінде мұздықтарды жіктеуде.

C-диапазон: 3,75 - 7,5 см (8 - 4 ГГц). Бұл диапазон мәліметтері азаматтық сектордағы жұмыстардың үлкен ауқымын орындайды, оның ішінде елді мекеннің сандық моделін және рельефтің сандық моделін, жер беті деформациялар мониторингін жасау.

S-диапазон: 7,5 - 15 см (4 - 2 ГГц). Диапазон әскери және азаматтық бағдарламаларға қызуғышылық тудырады.

L-диапазон: 15 - 30 см (2 - 1 ГГц). Өсімдік жамылғысы, қатты қалын емес орман мөлдір болады. Бұл диапазон сәулелері құрғақ қар, мұзғ құрғақ топырақ бойынан өте алады.

P-диапазон: 30 - 100 см (1 - 0,3 ГГц). Бірнеше метр тереңдікке дейін өсімдік жамылғысынан, құрғақ топырақ пен қардан, мұздан өтеді. Биомассаны бағалау үшін қолданылады. Тек авиа-тасымалдаушыларда жүзеге асырылған.

Радиолокациялық сәулердің өту қасиеті толқын ұзындығының өсіуімен бірге артады. Толқын ұзындығы 2 см асатын радарлар бұлттылықтан өтеді, бірақ ұзындығы 4 см кем толқындарға жаңбыр және қар жұмысты қиындататын факторлар қатарына жатқызылады.

Жердің сандық моделін және жердің шөгуін суреттер жұптарын немесе серияларын интерферометриялық өңдеумен анықтауда радарды суреттерді қолдану бағыты өте перспективті. Радарды интерферометрия – электрмагниттік толқындардың интерференция әсерін қолданатын өлшеу тәсілі. Интерферометриялық өңдеу техникасы радиолокатор қабылдағыш антеннасының кеңістікте жылжуымен болатын бір ауданның бірнеше когеренттік өлшеулерімен түсіндіріледі [1].

Радарды интерферометрия – электрмагниттік толқындардың интерференция әсерін қолданатын өлшеу тәсілі. Тәсілдің негізгі ойы бір территорияның орбитаның жақын орналасқан нүктелеріндегі бірдей радарлардан алынған амплитуда мен сигнал фазасы туралы ақпараты барекі радиолокациялық суреттер нәтижесі - интерферограмманы қалыптастырудан тұрады. Радиолокациялық суретті шағылдырғыш қасиеттерін сипаттайтын амплитуда және объектіге дейінгі қашықтықты анықтайтын сигнал фазасы жайлы ақпараттар құрайды. Геометриялық сипаттамаларды анықтау үшін екі радиолокациялық суреттер арасындағы фазалар айырмашылығын қажет [2].

Мамандырылған бағдармаларда өңдеу үшін бастапқы мәліметтер негізгі (master) және қосымша (slave) суреттерден тұратын интерферометриялық жұп болып есептелінеді. Интерферометриялық өңдеудің негізгі сатылары 1 суретте көрсетілген.



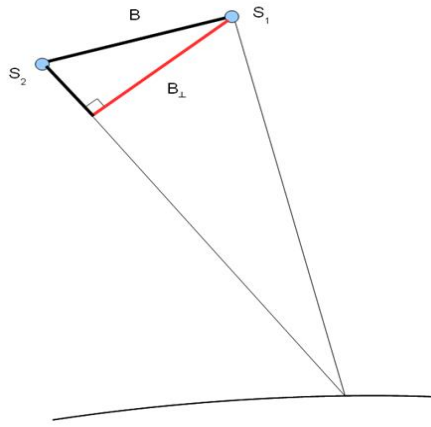
1 сурет. Интерферометриялық өңдеудің негізгі сатылары

Алдын ала өңдеу сурет файлдарын және радарлардың жерсерік-тасымалдаушы нақты орбиталары туралы ақпаратты оқудан, сондай-ақ, зерттелетін аймақты суретте ажыратудан тұрады.

Сапалы интерферограмманы құру және оның көмегімен биіктіктерді немесе жер бетінің жылжуын анықтау үшін, екі сурет жоғары когерентті және геометриялық тұрғыдан жоғары дәлдікпен біріктірілген болу керек.

Радарды суреттер жұбының немесе тізбегінің интерферометриялық өңдеуден өтуге кеңістіктік, уақыттық база шектеу бола алады.

Кеңістіктік база (базалық сызық) интерферометриялық жұпты құрайтын суреттерді түсіру кезіндегі радиолокатордың орбиталық орналасуындағы арақашықтық айырмашылығын білдіреді.



2 сурет. Кеңістіктік база — бірінші (S1) және екінші (S2)

Интерферометриялық өңдеудің нәтижелер сапасы базалық сызықты (2 суреттегі B_{\perp}) құрайтын перпендикуляр мәніне тікелей байланысты. Базалық сызықтың критикалық мәннен асқанда суреттердің декорреляциясы есебінен интерферометриялық өңдеу мүмкін болмай қалады. Мысалы, ERS1/2 және ENVISAT жерсеріктері үшін базалық сызықтың критикалық мәні 1.1 км [3].

Уақыттық база деп интерферометриялық жұпты құрайтын суреттерді түсірісі арасындағы өткен уақыт аралығын түсінеді. Бұл уақыт аралығында рельеф, өсімдік жамылғысында, ылғалдылықта және шағылдыратын беттің басқа да қасиеттері өзгеріске ұшырауы мүмкін. Бірақ, кеңістіктік базаға қарағанда уақыттық база да белгілі бір критикалық мәндер жоқ.

Базалар шарттарын тексергеннен кейін суреттерді біріктіру (корегистрация) орындалады

Ұсынылып отырған өндірілген территорияларды ғарыштық мониторингті қолдана отырып кешенді ғылыми зерттеу әдістемесі өзін сенімді, тиімді құрал ретінде көрсетеді. Ал бұл оны ірі тау-кен кәсіпорындарына енгізуге кеңес беру мүмкіндігіне дәлел.

Зерттелетін аймақ рельефінің жоғара дәлдікті сандық моделін құру мен жер бетінің өзгеру динамикасын анықтау, сондай-ақ, жер бедерінің жылжуы мен шөгуі жайлы ақпарат алу кең орындарын игеру және қауіпті геологиялық құбылыс пен процесстер анализі кезіндегі маңызды тапсырмалар болып табылады. Осындай ақпаратты алу радарды түсіріс пен мәліметтер анализін радарды интерферометрия әдісімен жүзеге асырылады.

Интерферометриялық әдіс қолданылатын шағылу көзі сәулесінің ұзындығымен сәйкестендірілетін жоғары теориялық дәлдікке ие.

Радарды интерферометрияны өткізген кезде оператор жұмыстың әрбір сатысының нәтижелерін бағалап отырады. Қорытынды нәтижелер тірек ақпаратпен және GPS өлшеулерімен тексеріледі.

Интерферометриялық өңдеу негізінде келесі басты нәтижелерді алуға мүмкіндік бар:

- рельефтің жоғары дәлдікті сандық модельдері;
- рельеф өзгерісінің жоғары дәлдікті сандық модельдері;
- алынған және үйілген топырақ көлемінің нақты мөлшері туралы мәлімет;
- жер бетінің деформациясы туралы мәлімет;
- ылғалдық өзгерген, беті жарылған, лава ағындарының кебуі және тағы да басқа сияқты өзгеріске ұшыраған территориялар туралы мәлімет;

Интерферометриялық өңдеу жүргізген кезде құбылыстың таралу картасын ғана емес, нақты метрикалық сипаттамалары да есептелінеді.

SAR жобасының іске қосылуынан бастап, EADS Astrium ірі еуропалық концерн мүшесі Иллиам фон Кадер SAR жерсеріктік жүйесінің Қазақстанға пайдалы және даму бағытына сәйкес келетіні туралы ұсыныстар жасады.

Еуропалық мамандар Қазақстан үшін Astrium компаниясы дайындағын KazSAR-1 және KazSAR-105 жерсеріктік жүйесін, SAR мәліметтерін пайдалану кезіндегі талаптарын таныстырды.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Совзонд компаниясының ресми сайты sovzond.ru
2. Никольский Д. Б. Уровни обработки радиолокационных данных // Геоматика.— № 1. —2008. — С. 25—36.
3. Кантемиров Ю.И. Космический мониторинг смещений земной поверхности на месторождениях Кандым и Гумбулак Республики Узбекистан по данным космических радарных съемок // Геоматика. — № 1. —2011. — С. 72—79.