

3. J. Radebaugh. [Alluvial Fans on Titan Reveal Materials, Processes and Regional Conditions](#). 44th Lunar and Planetary Science Conference (2013)
4. Wilson, S. A., Morgan, A. M., Howard, A. D., & Grant, J. A. (2021). *The Global Distribution of Craters with Alluvial Fans and Deltas on Mars*. Geophysical Research Letters, 48, e2020GL091653.
5. Gianluca Norini ^a, Maria Clara Zuluaga ^b, Iris Jill Ortiz ^{c d}, Dakila T. Aquino ^c, Alfredo Mahar F. Lagmay / Delineation of alluvial fans from Digital Elevation Models with a GIS algorithm for the geomorphological mapping of the Earth and Mars //journal.- Geomorphology, 2016-P 134-139 (<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.08.010>)
6. K. Saito, T.Oguchi / Geomorphology 70 (2005)147–162
[https://www.academia.edu/8141628/Slope_of_alluvial_fans_in_humid_regions_of Japan Taiwan and the Philippines](https://www.academia.edu/8141628/Slope_of_alluvial_fans_in_humid_regions_of_Japan_Taiwan_and_the_Philippines)

ӘОЖ 528.2

ГРАВИМЕТРИЯНЫҢ ҒЫЛЫМДАҒЫ ЖӘНЕ ӘРТҮРЛІ САЛАЛАРДАҒЫ МАҢЫЗЫ

Әшім Нұрхан Қасқырбекұлы

ashimnur2003@gmail.ru

6B07311-«Геодезия және картография» ББ 4-курс студенті, «Геодезия және картография»
кафедрасы, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана қ., Қазақстан Республикасы

Ғылыми жетекшісі – т.ғ.к., профессор м.а. Сағындық М.Ж.

Аннотация. Гравиметрия – жердің және басқа денелердің гравитациялық өрістері мен массасының өзгеруін зерттейтін ғылым. Гравиметрияның міндеті - Жердің және басқа аспан денелерінің гравитациялық өрісін ауырлық күші мен дененің бетіндегі немесе оған жақын гравитациялық градиенттерді өлшеу арқылы орналасу және уақыт функциясы ретінде анықтау.

Кілт сөздер: Гравиметрия, ауырлық күші, Клеро теоремасы, Жердің жасанды спутниктері.

Гравиметрияның теориялық негізі – Ньютонның тартылыс заңы. Гравиметриядағы негізгі өлшенетін шамалар ауырлық күшінің үдеуі және ауырлық потенциалының екінші туындылары болып табылады.

Ауырлық күшінің үдеуінің алғашқы өлшемдерін XVI ғасырда Галилео Галилей жасаған. Ол өзі ашқан еркін құлайтын дене заңын қолданып, оған сәйкес дене құлаудың бірінші секунданда ауырлық күшінің үдеуінің жартысына тең жолдан өтеді. Ауырлық күшінің үдеуінің табылған мәні өте өрескел болып шықты, өйткені Галилей әдісі ұзындығы мен уақытын өте дәл өлшеуді қажет етті. Бұл XVI ғасырда мүмкін емес шама еді. Сонымен қатар, Галилео ауадағы қарсылық күші сияқты қателіктердің маңызды көзін ескермеді.

Гравиметрияның дамуына 1673 жылы Гюйгенстің математикалық маятник теңдеуін жариялауы түрткі болды.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

мұндағы T - математикалық маятниктің тербеліс кезеңі;

l – математикалық маятниктің берілген ұзындығы;

g - ауырлық күшінің үдеуі.

Маятниктік құрылғы XVII ғасырдан бастап бүгінгі күнге дейін ауырлық күшінің үдеуін өлшеуге мүмкіндік беретін қарапайым және ыңғайлы құрал болды. Алайда, алғашқы маятниктік өлшеулер ауырлық күшінің үдеуін анықтау мақсатында емес, ұзындық стандартын белгілеу үшін жүргізілді. Ауырлық күшінің үдеуі тұрақты мәнмен қабылданды. Бұған алғаш рет 1672 жылы астроном Рише күмән келтірді. Ол экваторға жақын орналасқан Кайенндегі екінші маятниктің ұзындығы Париж маңындағы сол маятниктің ұзындығынан 3 мм қысқа екенін байқады. Шын мәнінде, маятниктің ұзындығы емес, ауырлық күшінің үдеуі өзгерді, оны Ньютон (1686 жылы) және Гюйгенс (1691 жылы) дәлелдеді, бұл ауырлық күшінің үдеуінің ендігіне, жердің пішініне және Жердің айналу жылдамдығына тәуелділігін көрсетті.

1743 жылы бұл теңдік математикалық тұрғыдан екі формуладан тұратын Клеро теоремасымен расталды: бірінші формула қалыпты ауырлық күшінің үдеуінің ендікке қатаң тәуелділігін береді, ал екіншісі гравиметриялық мәліметтер бойынша Жердің қысылуын есептеуге мүмкіндік береді.

Клеро теоремасы жарияланғаннан кейін гравиметрия геодезияның ажырамас бөлігіне айналды.

XVII ғасырда геодезия бөлімі ретінде дүниеге келген гравиметрия соңғы онжылдықтарда қарқынды дамыды. Геодезия мен геофизиканың теориялық бөлімдерінің жетістіктері, гравитациялық өрісті зерттеу әдістерін жетілдіру және өлшемдерді өңдеу, гравиметриялық аппаратураның жаңа түрлері гравиметриялық деректердің дәлдігі мен егжей-тегжейін күрт арттыруға алып келді және гравиметрияны практикалық қолдану салаларын едәуір кеңейтті. Дәстүрлі геодезиялық және геофизикалық қосымшалармен қатар, гравиметрияның заманауи әдістері геодинамикалық құбылыстарды зерттеуге, инженерлік геология, археология, жер сілкінісін болжау және т. б. мақсаттары үшін зерттеулер жүргізуге мүмкіндік береді.

Осылайша, қолданылатын аппаратура мен нақты міндеттерге сәйкес гравиметрияның дамуы төрт кезеңге бөлінді:

- теориялық негіздердің қалыптасуы (XVI-XVII ғғ.);
- маятниктік аспаптарды жетілдіру және оларды геодезия мен геофизиканың (XVII – XIX ғғ.) жаһандық міндеттерінде пайдалануды бастау;
- вариометрлер мен статикалық гравиметрлердің дамуы, геофизикаға арналған аймақтық гравиметриялық түсірілімдер (XX ғасырдың бірінші жартысы);
- баллистикалық гравиметрлерді дамыту және геодезия, геофизика және геодинамика мәселелерін шешу үшін дәл гравиметриялық желілерді құру (XX ғасырдың екінші жартысынан бастап).

Гравиметрия ең үлкен дамуды XX ғасырда алды. Өткен ғасырдың 80-ші жылдардың аяғы мен 90 – шы жылдардың басында Кеңес Одағы белсенді қатысқан әлемдік гравиметриялық түсірілім бойынша жұмыстарды қоюда үлкен жетістіктерге қол жеткізілді. Осының арқасында оның аумағында жоғары дәлдіктегі маятниктік аспаптардың, статикалық гравиметрлердің және баллистикалық абсолютті аспаптардың көмегімен әлемдік стандарттарға сай және әлемдік гравиметриялық жүйемен жақсы үйлесетін сенімді тірек гравиметриялық желі құрылды. Әлемдік мұхитты гравиметриялық зерттеуде де айтарлықтай жетістіктерге қол жеткізілді. Арктика мен Антарктиданың жоспарлы гравиметриялық түсірілімі жүргізілді.

Гравиметрияның негізгі дамуы бірнеше кезеңнен өтті:

- XVII ғасырға дейін: жер тартатын магниттер мен тастардың қасиеттерін зерттеу.
- XVII - XVIII ғасырлар: гравитация теориясының дамуы. Қазіргі ауырлық теориясының негізін қалаушы-Исаак Ньютон. Ол ауырлық заңдарын тұжырымдап, оларды

1687 жылы өзінің "табиғи философияның математикалық принциптері" кітабында жариялады.

- XIX ғасыр: гравиметрияның аспаптық әдістерін дамыту. Осы уақытта пендулалар мен барометрлер сияқты гравитациялық өрісті өлшеуге арналған алғашқы құралдар пайда болды.

- XX ғасыр: жоғары дәлдіктегі гравиметрияның дамуы. Гравитациялық өрісті өлшеуге арналған дәлірек құралдардың пайда болуымен Жерді және басқа объектілерді дәлірек зерттеу мүмкін болды.

- Қазіргі заман: ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында гравиметрияны қолдану. Гравиметрия геологияда, геофизикада, астрономияда, геодезияда және басқа салаларда жердегі және ғарыштағы объектілер мен процестердің қасиеттерін зерттеу үшін қолданылады.

Жаһандық гравитациялық модельдерді нақтылау қажеттілігі кейінгі жылдары жалғасады және жерсеріктік навигация және басқа да баллистикалық есептеулер үшін Жердің жасанды спутниктерінің (ЖЖС) қозғалыс болжамын қамтамасыз етумен ғана емес, сонымен қатар бірқатар ғылыми және ұлттық экономикалық мәселелерді шешумен де байланысты болады:

- Жердің ішкі құрылымының, ең алдымен жер қыртысының модельдерін құру;
- жердегі гравитациялық өрістің уақыт бойынша өзгеруін зерттеу;
- квазигеоидтың биіктігін, тік сызықтың ауытқуын және гравитациялық өрістің басқа элементтерін дәл есептеу кезінде алыс аймақтардың әсерін есепке алу;
- дүниежүзілік мұхит бетінің теңсіздігін зерттеу үшін мәліметтер алу.

Осылайша, қазіргі уақытта гравиметрияда жердің гравитациялық өрісінің элементтерін анықтау кезінде спутниктік әдістерді тарту тенденциясы айқын белгіленді, оған тек теңіз беті үшін деректерді анықтайтын спутниктік алтиметрия және болашақта спутникаралық қашықтық пен радиалды жылдамдықты өлшеу және спутниктік градиентометрия жатады. Алдын ала бағалаулар бойынша жаңа әдістер өте тиімді болып көрінеді, өйткені олар гравитациялық өрістің ерекшеліктерін тек теңізде ғана емес, құрлықта да зерттеуге мүмкіндік береді, осылайша әлемді гравиметриялық зерттеудегі ақ дақтар мәселесін азайтады. Жердің гравитациялық өрісін зерттеуде спутниктік координаталық анықтамаларды бірлесіп өңдеуден және геометриялық нивелирлеуден квазигеоидтың биіктігін анықтау маңызды рөл атқаруы мүмкін.

Гравиметрия ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында кеңінен қолданылады және геодезияның ажырамас бөлігі болып табылады. Гравиметрияның геодезиямен тығыз байланысы келесі мысалдардан көрінеді.

1. Гравиметрияның көмегімен жоғары геодезияның негізгі ғылыми міндеті шешіледі: жердің фигурасы мен гравитациялық өрісін зерттеу. Өздеріңіз білетіндей, бұл мәселені бірнеше әдістермен шешуге болады, бірақ олардың ешқайсысы гравиметриялық деректерсіз жасалына алмайды, ал жер фигурасын Зерттеудің физикалық (немесе гравиметриялық) әдісі тек гравиметриялық деректерді қолдануға негізделген.

2. Гравиметриялық деректер астрономиялық-геодезиялық Өлшемдердің жалпы кешенінде және оларды азайту мәселесін шешуде математикалық өңдеуде қолданылады. Мысалдың айқындылығына байланысты біз оған толығырақ тоқталамыз.

3. Гравиметриялық өлшеу нәтижелері геометриялық нивелирлеу деректерін өңдеуде квазигеоид бетінен есептелген қалыпты биіктік жүйесіне өту үшін қолданылады. Жер бетіндегі нүктелердің биіктігін белгілеу кезінде күнделікті тәжірибеде кеңінен қолданылады. Сонымен қатар, қалыпты биіктікті анықтау үшін геометриялық нивелирлеуден алынған асып кетулер, гравиметриялық мәліметтерсіз табылмайтын қалыпты биіктік айырмашылықтарына өту үшін түзетуді енгізу керек. Осылайша, тірек геодезиялық желілерді құру кезінде біз гравиметриясыз жасай алмаймыз.

4. Гравиметриялық деректер қолданбалы геодезияда да кеңінен қолданылады. Мысалы: тоннельдер салу кезінде (әсіресе таулы аудандарда), шахталарды жобалау

кезінде; ірі гидроэлектростанцияларды, атом электр станцияларын, ядролық үдеткіштерді, мұнара үлгісіндегі биік құрылыстарды, жоғары қабатты үйлерді салу және пайдалану кезінде, яғни гравитациялық өрістің біртектілігін ескермей қол жеткізу мүмкін емес дәл геодезиялық қамтамасыз етуді қажет ететін күрделі құрылыстарды салу кезінде.

5. Гравиметрия әртүрлі объектілердің деформацияларын жоғары дәлдіктегі қайталанатын геодезиялық өлшеу арқылы анықтауда белсенді қолданылады. Бұл мәселе әсіресе ірі гидроэлектростанциялардың аудандарында құрылған геодинамикалық полигондарда өзекті болып отыр. Оларды пайдалану кезінде су қоймасындағы су деңгейі (мысалы – Красноярск су қоймасы) бірнеше ондаған метрге өзгеруі мүмкін, бұл осы су қоймасының аймағында жергілікті гравитациялық өрістің айтарлықтай өзгеруіне әкеледі.

Есептеулер көрсеткендей, Красноярск су қоймасындағы су деңгейінің 225 метрден 250 метрге дейін өзгеруі жергілікті гравитациялық өрістің 1,5 – 2 мгал өзгеруіне әкелді. Өз кезегінде, гравитациялық өрістің осы шамаға өзгеруі су қоймасының жағалау бөлігіндегі тік сызықтардың ауытқуын тудырады (0,3 – 0,5)", ал деңгейлік беттердің позицияларының өзгеруі – 10 мм-ге дейін. Бұл факт су қоймасының әртүрлі деңгейлерінде орындалған геодезиялық өлшеулердің нәтижелеріне гравитациялық өрісті өзгерту үшін түзетулер енгізу қажет екенін көрсетеді.

Мысалы, геодезия мен геофизикада гравиметрия жердің гравитациялық өрісі мен жер массасының өзгеруін өлшеу үшін қолданылады. Бұл деректерді Жердің ішкі құрылымын, соның ішінде мантия мен ядроны зерттеу үшін, сондай-ақ платондар, жанартаулар, жерсілкіністері және тектоникалық қозғалыстар сияқты геологиялық процестерді зерттеу үшін пайдалануға болады.

Гравиметрия мұнай өндіруде де кеңінен қолданылады, мұнда гравитациялық өрістің өзгеруін өлшеу жер астындағы мұнайдың, газдың және басқа да пайдалы қазбалардың болуын анықтауға мүмкіндік береді.

Ғарыштық технологияда гравиметрия басқа планеталардың, соның ішінде Айдың, Марстың және Юпитердің гравитациялық өрістерін өлшеу үшін қолданылады. Бұл деректерді планеталардың ішкі құрылымы мен эволюциясын зерттеу және ғарыш аппараттарының миссияларын жоспарлау үшін пайдалануға болады.

Жалпы алғанда, гравиметрия ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында кең ауқымды қолданбаларға ие және оның маңыздылығы гравитациялық өрістерді және әртүрлі денелердің массасының өзгеруін өлшеуге және зерттеуге мүмкіндік береді, бұл жер мен басқа планеталардың ішінде және бетінде болып жатқан физикалық процестерді жақсырақ түсінуге көмектеседі.

Геологияда гравиметрия пайдалы қазбалар кен орындарын іздеуде қолданылады.

Геофизика мен геодинамикада гравиметриялық зерттеулердің нәтижелері бойынша тектоникалық блоктардың шекараларын зерттейді және тектоникалық ақауларға мерзімді бақылаулар жүргізеді. Тектоникалық ақаулардағы кернеу күйінің өзгеруі гравитациялық өрістің өзгеруінен көрінеді, оны жер сілкінісінің бастаушыларының бірі ретінде қарастыруға болады.

Гравиметрияның басқа ғылымдармен байланысы.

Гравиметрия жер физикасымен, ғарыштық ұшақтарды ұшырумен және пайдаланумен, автономды навигация міндеттерімен, метрологиямен тығыз байланысты. Өз кезегінде, гравиметрия басқа білім салаларының, яғни математика, физика, электроника, автоматика, аспап жасау, есептеу техникасының әртүрлі соңғы техникалық және ғылыми жетістіктерін сәтті қолданады. Қазіргі уақытта гравиметрия гравиметриялық түсірілімдердің "ақ" дақтарын айтарлықтай толтырған GPS өлшемдерін өте белсенді қолданады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Гравиметрия : учеб.-метод. комплекс для студ. спец. 1-56 01 02 «Геодезия» / сост. и общ. ред. Г.А.Шароглазовой. – Новополюцк : ПГУ, 2006-196 с.

2. Макаров Н.П. «Геодезическая гравиметрия» Москва: Недра, 1968 г., 408 с
3. Огородова Л.В., Шимбирев Б.П., Юзefович А.П. «Гравиметрия» Москва, 1978 г., 325 с
4. Зимиha Д.А., Андреева Н.В. «Гравиметрические данные в задачах инженерной геодезии» Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 3-1

УДК 528

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С СИНТЕЗИРОВАННОЙ АПЕРТУРОЙ (SAR): ОБЗОР SAR В ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ И НАБЛЮДЕНИИ ЗЕМЛИ

Бархитова Айнура

ainura--ainura@mail.ru

Магистрант 1-го курса ОП 7М07311-«Геодезия», кафедры «Геодезия и картография»
ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, г. Астана, Республика Казахстан.
Научный руководитель – к.т.н., профессор Аукажиева Ж.М.

Аннотация: В работе приводится описание применения спутников с синтезированной апертурой в дистанционном зондировании Земли. Данный вид спутников открывает больше возможностей для изучения поверхности Земли, а также имеет проникающую способность в зависимости от длины волны.

Ключевые слова: синтезированная апертура, дистанционное зондирование Земли, радиолокационный спутник.

Введение. Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) – это технология, которая произвела революцию в способности наблюдать и изучать изменения на поверхности Земли на расстоянии. Она включает в себя сбор и анализ данных о поверхности Земли и атмосфере с использованием датчиков, установленных на самолетах, спутниках и других платформах. Эти данные могут быть использованы для создания карт, мониторинга изменений окружающей среды, отслеживания перемещения природных ресурсов и обнаружения потенциальных стихийных бедствий.

Дистанционное зондирование — это междисциплинарная область, которая опирается на опыт многих дисциплин, включая физику, информатику и геологию. За последние несколько десятилетий технология быстро развивалась благодаря усовершенствованиям сенсорных технологий, обработки данных и машинного обучения. Сегодня дистанционное зондирование играет важную роль во многих областях, от сельского хозяйства до обороны, и обладает потенциалом изменить наше понимание систем Земли. В этой статье мы представим обзор технологии дистанционного зондирования и ее применений, включая ее роль в мониторинге окружающей среды, борьбе со стихийными бедствиями, городском планировании и сельском хозяйстве.

Радарные спутники с синтезированной апертурой – это одна из ответвлений в ДЗЗ. Она является типом радиолокационной системы, которая использует движущуюся антенну для получения изображений поверхности Земли с высоким разрешением. В отличие от своего конкурента, оптических датчиков, радарный спутник способен работать невзирая на погодные условия. Таким образом, проблема отсутствия снимка на тот или иной период времени из-за высокой облачности исключена. Так же радарный спутник благодаря тому, что посылает свои собственные сигналы, способен функционировать в любое время суток. В дождливые дни такой вид спутников также работоспособен, однако существует некоторые ограничения, так как на разных спутниках установлены разные каналы с разной проникающей способностью, от 1.5 см до 30. Тем самым, если спутник с проникающей способностью равной в 1.5 см будет производить съемку в день сильного ливня, возможны появления артефактов на этих самых снимках во время их обработки.