

## Geoid modelinin müəyyən olunması metodları

Z.Z. İdriszadə<sup>1</sup>; E.N. Əsgərov<sup>2</sup>

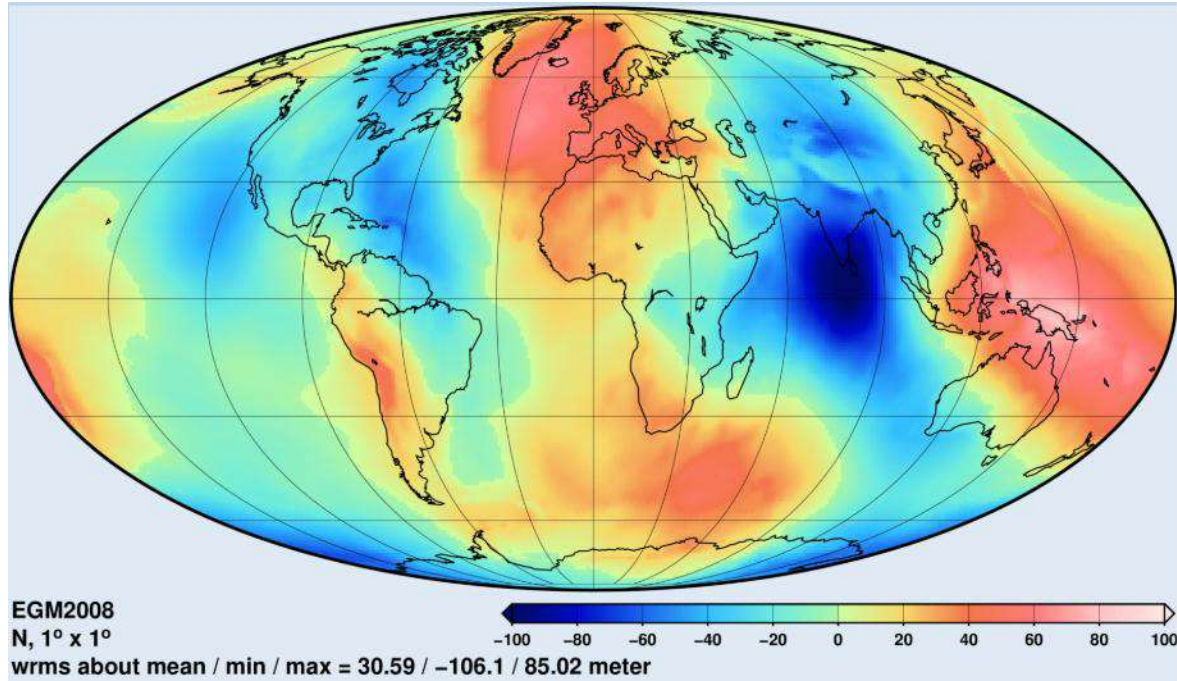
*Bakı Mühəndislik Universiteti<sup>1</sup>; MKT Cotton LLC<sup>2</sup>*

[zahid.idriszade@gmail.com](mailto:zahid.idriszade@gmail.com); [elvin.asgeroff@gmail.com](mailto:elvin.asgeroff@gmail.com)

Dünya yüksəklik sistemlərinin referans səthi olaraq geoid yerüstü ölçmələr və peyk texnologiyaları ilə əldə edilən koordinatlar arasında bir əlaqə kimi böyük əhəmiyyətə malikdir. Peyk texnologiyaları vasitəsi ilə əldə edilən koordinatların istifadə olunmasında geoid optimal bir infrastrukturudur. Beynəlxalq miqyasda yüksəklik sistemlərinin inteqrasiyası üzrə işlər Beynəlxalq Geodeziya Birliyi (International Association of Geodesy - IAG) çərçivəsində Beynəlxalq Qravimetrik Büro (International Gravimetric Bureau - BGI) və Beynəlxalq Geoid Xidməti (International Geoid Service - IGeS) tərəfindən həyata keçirilir. BGI özünü dünya miqyasında məlumat toplamış və yerin cazibə qüvvəsini müşahidə edən bir təşkilat olaraq xarakterizə edir və sənədlər tərtib edir, arxivləşdirir və elmi məqsədlər üçün məlumat bazalarında yayımlayır [3]. Bu təşkilatlar qravitasiya məlumatları, cazibə qradiometrləri, peyk altimetrləri və astro-geodeziya metodlarından istifadə edərək lokal, regional və qlobal cazibə sahələrinin və geoidlərin təyini üzərində tədqiqatlar aparırlar. Əldə edilən bu məlumatlar və modellər internet vasitəsilə ixtisasçılara təqdim olunur. Yer in cazibə qüvvəsi və bununla bağlı olaraq müvafiq qlobal geoidin müəyyən edilməsi yönündə aparılan tədqiqatları qravitasiya məlumatları, peyk qradiometriyası, peyk altimetriyası və astro-geodezik normal əyilməsindən istifadə edərək NGA (National Geospatial Intelligence Agency) həyata keçirmişdir. NGA, Yer kürəsinin harmonik genişlənməsi ilə yerin cazibə qüvvəsinin müəyyənləşdirilməsi yönündə apardığı tədqiqatların nəticəsində 1996-cı ildə Dünya Geodeziya Sistemi 1984 (World Geodetic System 1984 - WGS84) məlumat bazasında Yer in Qravitasiya Modelini (Earth Gravity Model 1996 - EGM96) təqdim etdi. WGS84-EGM96,  $n = m = 360^\circ$ -dən ibarətdir. Yer səthində coğrafi enliyi, coğrafi uzunluğu və ellipsoid yüksəkliyi məlum bir nöqtədəki qravitasiya potensialı ( $T$ ,  $T = W - U$ ,  $W$  faktiki qravitasiya potensialı,  $U$  normal qravitasiya potensialı) və normal qravitasiya ( $\gamma$ ) dəyəri hesablanma bildiyi üçün Bruns bərabərliyinin köməyi ilə geoid yüksəkliyi ( $N$ ) əldə edilə bilər [1].

$$N=T/\gamma \quad (1)$$

NGA tərəfindən hesablanmış modeldə geoid yüksəkliklərinin dəqiqliyi  $\pm 0.5-0.1$ m olaraq verilir və EGM96 modeli ilə yer kürəsindəki  $30' \times 30'$  ölçülü ərazilərdə orta həqiqi qravitasiya dəyərləri əldə edilə bilər. Hal-hazırda əvvəlki qlobal qravitasiya modelləri, okean topoqrafiya modelləri və peyk məlumatlarından istifadə edilərək yenilənən və EGM2008 adlandırılan Yer in Qravitasiya Modeli 2008 təqdim olunmaqdadır. EGM2008 modelində faktiki qravitasiya dəyərləri 4.6 milyon əmsal və yer səthində  $5' \times 5'$  böyüklüyündə ərazilərdə əldə edilə qravitasiya dəyərləri hesablanmışdır. Yer in Qravitasiya Modeli 2008 (EGM08),  $n = m = 2159$  dərəcəyə malikdir. Geoid yüksəklikləri dünyanın hər hansı bir yerində  $\pm 15$  sm dəqiqliklə əldə edilə bilər. Modelin həlli 9,3 km-dir ( $5'$ ). Bu model elmi tədqiqat və geoid təyini işlərində istinad modeli kimi istifadə olunur [4].



Şəkil 1. Yerın Geoid modeli (EGM08)

Gauss və Helmert'in geoid yüksəkliklərinin əhəmiyyəti məlum olsa da, geoid modelinin müəyyən olunmasında yaranan çətinliklərə görə 1970-ci illərə qədər bu məlumatlardan istifadə edilməmişdir. İlk astro-geodezik geoid Almaniyada 1914-cü ildə müəyyən olunmuş, 1948-ci ildə isə  $\pm 10$  m dəqiqliyi ilə qlobal qravimetrik geoid hesablanmışdır. Daha sonralar geoid təyinetmə işləri davam etdi və qravimetrik, astro-geodeziya, GPS/Nivelir və peyk altimeter üsulu ilə ölkələr lokal geoidlərini müəyyənləşdirmək üçün müəyyən işlər həyata keçirdilər [6].

Avropa geoidi santimetr dəqiqliyində müəyyən edilmişdir lakin dağlıq ərazilərdə məlumatların əksik olması səbəbindən bu model ərazini tam təmin edilə bilməmişdi. İsveçrə geoidi 300 astronomik, 3000 qravimetrik nöqtə və astronomik nöqtələrin modelin doğruluğuna göstərdiyi təsir ilə bir neçə sm aralığında müəyyən edilmişdir. 1996-1999-cu illər arasında Avropada aparılan ərazi işlərinin nəticəsində qravitasiya anomaliyasının müəyyən olunması yolu ilə 20 qat daha dəqiq geoid modeli müəyyən olunmuşdur. Buna görə də məlumatlardakı çatışmazlığın astro-geodeziya nöqtələrinin köməyi ilə həll edilə biləcəyi aydın görünür. Aparılan tədqiqatlarda 1000 km<sup>2</sup> ərazidə 500-1000 qravimetrik nöqtə ilə  $\pm 2$  sm-lik dəqiqlik əldə edilirsə bu dəqiqliyə eyni ölçülü ərazidə 30 astro-geodeziya nöqtəsi ilə nail olmaq olar [5].

Geoid modelinin müəyyən olunması mövqeyi bilinən bir nöqtədə geoid yüksəkliyinin rəqəmsal və ya analoji olaraq əldə edilməsini təşkil edəcək şəkildə məlumatları modelləşdirmək məqsədi daşıyır. Geoid modelləri; lokal, regional və ya qlobal sahələr üçün təyin edilə bilər. Geoid müəyyənətmə metodlarını, ümumiyyətlə, nəzəriyyəni, ölçmələri və qiymətləndirməni əhatə edən metodları aşağıdakı kimi sinifləndirmək olar;

1. Qravitasiya ölçmələri və Stokes inteqralının köməyi ilə qravimetrik geoid yüksəkliyinin təyin edilməsi,
2. Harmonik funksiyanın əmsallarının müəyyən olunması yolu ilə geopotensial modelin yaradılması və Bruns tənliyi ilə geoid modelin qurulması,
3. Astro-geodeziya üsulları ilə geoid yüksəklik fərqlərinin əldə edilməsi və astronomik nivelir yolu ilə geoid yüksəkliklərini təyin edilməsi,

4. GPS ilə ellipsoid yüksəkliklərinin ( $h$ ), geometrik nivelir üsulu ilə ortometrik yüksəkliklərin ( $H$ ) əldə edilməsi və geoid yüksəkliklərinin  $N = h - H$  olaraq hesablanması,

5. Yuxarıda göstərilən üsulların kompleks birləşməsi ilə geoid yüksəkliklərin əldə edilməsi.

Bu metodlardan, geopotensial modeldə əsas məsələ davamlılığın olmasıdır. Digər metodlarda diskret geoid yüksəklikləri və ya geoid yüksəklik fərqləri əldə edilir. Lokal geoid modeli həm interpolasiya edilmiş nöqtəli məlumatlardan davamlı funksiyaları, həm də şəbəkə məlumatlarını əldə etməyi qarşısına məqsəd qoyur [2].

Yuxarıda təsvir olunan üsulların hər biri ilə bir geoid model təyin etmək olar. Bununla birlikdə, hər bir modelin güclü cəhətləri ilə yanaşı zəif tərəfləri də var. Bu zəif tərəfi azaltmaq üçün müqayisələr nəticəsində nəzarətin həyata keçirildiyi qiymətləndirmə strategiyaları hazırlanmışdır. Böyük ölkələrdə, fərqli məlumatların çıxarılmasının xərci də nəzərə alındığında bu strategiyanın əhəmiyyəti aydın olur. Bu çərçivədə, bütün metodların birləşməsi olan “Sil-Bərpa et” (Remove-Restore) strategiyası qəbul edilmişdir.

“Sil-Bərpa et” strategiyası idarə olunan geoid təyini zamanı müxtəlif məlumatların istifadəsinə imkan verir. Sil-bərpa et strategiyasından ilk dəfə 1974-cü ildə Tcherning və Rapp tərəfindən təklif olunan "anomaliya dərəcəli dəyişmə modeli"ndə istifadə olunur. Bu modeldə geopotensial sahənin spektral davranışı müəyyənləşdirilir (Cədvəl 1).

Cədvəl 1. Anomaliya dərəcəli variasiya modeli

Quruluşu	Harmonik genişlənmə dərəcəsi (l)	Dalğa uzunluğu $360^\circ/l$	Orta kvadratik səhv $\Delta g$ (mGal)	Orta kvadratik səhv (N)
Uzun dalğa	2-36	$180^\circ-10^\circ$	$\pm 20.2$	$\pm 30.2$
Orta dalğa	37-180	$10^\circ-2^\circ$	$\pm 22.5$	$\pm 2.1$
Qısa dalğa	181-2000	$2^\circ-10'$	$\pm 27.2$	$\pm 0.47$
Ultra qısa dalğa	2001-5000	20-8 km	$\pm 10.8$	$\pm 0.02$
	5001-10000	8-4 km	$\pm 4.6$	$\pm 0.005$
	10001-20000	4-2 km	$\pm 1.4$	$< 0.001$

Cədvəl 1-də qravitasiya anomaliyalarının mühüm bir hissəsinin regional geoloji və topoqrafik quruluşun yaratdığı uzun və orta dalğanın tərkib hissəsi olduğu görülür. Ultra qısa dalğa komponentində yerli geoloji və topoqrafik pozuntular var. Geoidə daha çox dalğa uzunluğunu meydana gətirən kütləvi anomaliyalar təsir edir.

Uzun və orta dalğa komponentlərindən ibarət olan  $n=m=180$  dərəcəlik bir geoid modelindən  $\pm 2.1$  m dəqiqliklə geoid yüksəkliyi əldə edilə bilər [4].

### Ədəbiyyat siyahısı

1. F.Barthelmes, W.Köhler (2015). Global Gravity Field Models and The IAG Services ICGEM, Potsdam.
2. G.Gerstbach, 1996. How to get an European centimeter geoid (“astro-geological geoid”), Physics & Chem. Research of Earth

3. M.Ollikainen, 1997. Determination of Orthometric Heights Using GPS Levelling, Finnish Geodetic Institute, No:123, Kirkkonummi
4. M.Sideris., 1994. Geoid determination by FFT Techniques, International School for the Determination and Use of the Geoid, Milan, Italy, October10-15.
5. <https://en.wikipedia.org/wiki/Geoid>
6. <http://icgem.gfz-potsdam.de/calgrid>

## **Geoid modelinin müəyyən olunması metodları**

Z.Z. İdriszadə<sup>1</sup>; E.N. Əsgərov<sup>2</sup>

Xülasə

Dünya yüksəklik sistemlərinin referans səthi olaraq geoid yerüstü ölçmələr və peyk texnologiyaları ilə əldə edilən koordinatlar arasında bir əlaqə kimi böyük əhəmiyyətə malikdir. Peyk texnologiyaları vasitəsi ilə əldə edilən koordinatların istifadə olunmasında geoid optimal bir infrastrukturudur. Geoid modelinin müəyyən olunması mövqeyi bilinən bir nöqtədə geoid yüksəkliyinin rəqəmsal və ya analogi olaraq əldə edilməsini təşkil edəcək şəkildə məlumatları modelləşdirmək məqsədi daşıyır. Geoid modelləri; lokal, regional və ya qlobal sahələr üçün təyin edilə bilər.

**Açar sözlər:** Geoid, EGM, WGS84, yüksəklik sistemləri, qravitasiya.

## **Methods for determining the geoid model**

Z.Z. İdriszadeh<sup>1</sup>; E.N. Asgerov<sup>2</sup>

Summary

The reference surface of world altitude systems is as important as the link between geoid surface measurements and satellite technology. The geoid is an optimal infrastructure for the use of coordinates obtained through satellite technologies. Determination of the geoid model aims to model the data at a given point, in a way that would make it possible to obtain a digital or similar geoid height. Geoid models; local, regional or global areas can be set.

**Key words:** Geoid, EGM, WGS84, Height systems, gravity.

## **Müəlliflər haqqında məlumat:**

1. İdriszadə Zahid Zakir, Bakı Mühəndislik Universiteti, Magistratura və doktorantura şöbəsinin mütəxəssisi. Bakı Dövlət Universiteti, Geodeziya və kartoqrafiya kafedrasının doktorantı. Kosmik geodeziyanın nəzəri əsasları, peyk texnologiyaları əsasında kvazigeoid modelinin hazırlanması, optimal geoid modeli.
2. Əsgərov Elvin Nazim, MKT Cotton LLC, mühəndis. Bakı Dövlət Universiteti, Geodeziya və kartoqrafiya kafedrasının doktorantı. Geodeziya şəbəkələri, Totalstation və GPS vasitəsilə nöqtə koordinatlarının təyin edilməsi