TASLAK

Matematiksel Jeodezi I

Dr. Niyazi Arslan

Adana, 2021

Dersle ilgili genel kriterler

Derse devam oranı:	%70
Dersle ilgili sınavlar:	1 vize ve 1 final
Dersle ilgili ödevler:	Anahtar kelimelere ilişkin araştırma ödevi
Haftalık ders saati:	2 saat teorik
Zorunluluk:	-
Yıl sonu ortalama not hesabı:	
Vize ortalaması:	(1.vize*0.75+1.ödev*0.25)
Yılsonu ortalama:	Vize ortalaması*0.40+Final*0.60
Ödev paketi:	Araştırma
Hedef yıl sonu geçme notu:	-

Dersin içeriği

- Jeodezinin tanımı
- Jeodezi nedir?
- Neden doğru haritalara ihtiyaç vardır?
- Jeodezinin çalışma alanları
- Referans çatıları
- Gravite alanı
- Yer dönmesi ve Jeodinamik
- Konumlama ve uygulamaları
- Referans yüzeyler
- Eş potansiyelli yüzey
- Jeoit

Dersin içeriği

- Elips
- Elipsoit (Yerel, global)
- Yerel datum
- Global datum
- Jeoit yüksekliği
- Jeoit yüksekliği belirleme yöntemleri
- Jeoit modelleri
- Türkiye jeoiti-2019 (TG-19)
- Yeryüzü gravite modelleri EGM 2008 Jeoid modeli
- Koordinat referans sistemi
- EPSG formatı

Dersin içeriği

- Jeodezide datum belirleme kavramları
- Tek astronomik istasyon
- Astro-jeodezik yöntem
- Astronomik azimut
- Nirengi ağları
- Uzunlukların Gauss-Krüger projeksiyon sistemine indirgenmesi
- Doğrultuların Gauss-Krüger projeksiyon sistemine indirgenmesi
- Ülke temel ağları
- Yatay kontrol ağları
- Düşey kontrol ağı (TUDKA)
- Türkiye Ulusal Deniz seviyesi izleme sistemi
- Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA)

Dersin içeriği

- TUSAGA-Aktif
- Türkiye temel gravite ağı (TTGA)
- Türkiye ulusal manyetik Ağı
- Türkiyedeki haritacılık çalışmaları
- Jeodezide kullanılan koordinatlar
- Enlem türleri
- 2 boyutlu coğrafi koordinatlar
- 3 boyutlu coğrafi koordinatlat
- Jeosentrik (kartezyen, dik) koordinatlar
- Harita projeksiyonu
- Jeodezide hesap yüzeyleri

Jeodezinin tanımı, Jeodezi nedir? Jeodezinin çalışma alanları

Jeodezinin Tanımı

- Jeodezi, yeryüzünün şekil ve büyüklüğünün yüzeysel ve geometrik olarak belirlenmesi, gravite bilgisini de kullanarak dünya yüzeyindeki bir noktanın 3 boyutlu konumunu belirleme yöntemleriyle ilgilenen uygulamalı matematik dalıdır.

- Jeodezi aynı zamanda yeryüzünün dinamiğini ve geometri/ gravite etkileşimine katkıda bulunmak amacıyla yeryüzü gözlemleri ve uzay teknolojilerini (uydu, hava, taşıt ve yersel platformlar) kapsamlı olarak kullanan bir yer bilimidir (Rizos, 2012).

Jeodezi nedir?

- Yeryüzü katı kayalardan oluşan bir yüzey olmayıp, yerin merkezine inilmesi ve sıcaklığın artmasına paralel olarak viskoz (katı sıvı karışık) ve katı maddelerin karışımından meydana gelmektedir.
- Bunun sonucu olarak, yeryüzünün dönmesiyle oluşan merkezkaç kuvveti bu kütleyi ekvator boyunca çekerek yukarıdan basık bir şekil almasına neden olmaktadır.
- Yeryüzünün topoğrafik özellikleri, haritalar üzerinde gösterilmesine rağmen yeryüzünün bu şekline etkisi oldukça azdır.
- Bu topoğrafik özellikler deniz seviyesinin 9 km yukarıdasından (Everest dağı), 11 km (Mariana çukuru) aşağısına kadar değişmektedir. Bu iki değer yeryüzünün çapı (12756 km) ile karşılaştırıldığında topoğrafik değişimlerin çok az olduğu görülmektedir.

Jeodezi nedir?

- Bununla birlikte ölçüm tekniklerinin doğruluğunun artmasına paralel olarak, topoğrafik özellikler modelleme açısından önemli olmaktadır.
- Bu nedenle, topoğrafik özelliklere göre değişen kütledeki gravite değişimlerinin jeodezik araştırmalarda ihmal edilmesi mümkün değildir.

Jeodezi nedir?: Neden doğru haritalara ihtiyaç vardır?

- Konum ile ilgili tüm faaliyetler için doğru haritalara ihtiyaç vardır.
- Peki doğru haritalar nasıl sağlanır?
- Doğru haritalar üretebilmek için mekansal referans sistemine ihtiyaç vardır.
- Mekansal referans sistemi ise koordinat sistemini belirlemektedir. Örneğin bir binanın, parsel köşesi ya da yol gibi nesnelerin koordinatları.
- Sonuç olarak mekansal referans sistemini oluşturmak için, yeryüzünün doğru şeklinin belirli bir koordinat sistemi içerisinde belirlenmesi gereklidir.

Jeodezi nedir?

- Jeodezi günümüzde, yeryüzünün geometrisi, gravite alanı ve yerin dönmesi (rotation) ve bu kavramların zamandaki değişimleri ile ilgilenen bilim dalıdır.
- Modern jeodeziyi tanımlayabilmek için, Jeokinematik (yerin hareketi sonucu etkilerin incelenmesi), Yerin dönmesi ve gravite alanı kavramları tanımlanmıştır.
- Bu üç kavram birbiriyle bağlantılı ve bütünsel olarak yeryüzünün dinamik süreçlerini şekillendrirler.
- Geleneksel olarak jeodezi, diğer bilim dallarına ve pek çok uygulamaya bilimsel altyapı sağlamaktadır.
- Jeodezi eskide olduğu gibi belirli bir referans çatısı altında noktaların birbirine göre konumlarını sağlamaya devam etmektedir.
- Referans çatısı dünya sistemini tanımlamada günümüz koşullarında tek başına yeterli olmayıp yeryüzünün kinematik ve dinamik özellikerini de dikkate alarak tanımlanmalıdır.

Jeodezi nedir?

- Bunu sağlayabilmek ve Dünya sistemini derin bir şekilde anlayabilmek için yeterli gözleme ihtiyaç bulunmaktadır.
- Uzay jeodezik teknikleriyle elde edilen bu gözlemlerin gelişmesine paralel olarak jeodezi bilimi gelişmektedir.
- Daha önceleri noktaların koordinatları yerel ve bölgesel referans çatılarına göre tanımlanmış olup, uzay jeodezi tekniklerinin kullanılmasıyla küresel olarak eşsiz bir doğrulukla nokta konumları elde edilebilmektedir.
- Bu tekniklere dayanarak yeryüzünün şekli, dönüşü, gravite alanı, giderek artan yersel ve zamansal çözünürlükle elde edilmekte bunun doğal sonucu olarak daha kısa zamanda ve artan doğrulukla sonuca ulaşılabilmektedir.

Jeodezi nedir?

- Uydu tabanlı hassas nokta konumlama teknikleri yeryüzündeki herhangibir yerde herhangibir zamanda çok doğru konum belirlemeyi sağlayarak konumla ilgili pek çok uygulamalada altlık sağlamaktadır.
- Yeni gözlem teknikleri navigasyon ve taşımacılık dışında; tarım, inşaat, maden, açık deniz platformları, barajlarda, köprülerde ve yeryüzü gözlemlerinde kullanılmaktadır.
- ITRF (International terrestrial reference frame) gibi küresel jeodezik referans çatılarını kullanan hassas konum elde eden cihazların kullanımı yeryüzünde her zaman ve her yerde hassas konum koordinatlarını elde etmeye olanak tanımaktadır.
- CHAMP, GRACE ve GOCE gibi uydu görevleri (mission) dünyanın küresel gravite alanını çalışmamıza olanak tanımaktadır. Bu düşük yörünge uyduları (LEO) gravite gözlemlerinin küresel homojen kapsama alanını sağlamaktadır.

Jeodezi nedir?

- Günümüzde Küresel navigasyon uydu sistemleri (GNSS) herhangibir komşu noktaya ihtiyaç duyulmaksızın her zaman ve heryerde küresel referans çatısında cm doğruluğunda hassas nokta konumu sağlamaktadır.
- Jeodezi bütün yeryüzü ölçmelerinin temellerini sağlamanın yanında, kütle hareketleriyle ilintili dünya sistemi ve sistem dinamiğini şekillendiren **yeryüzü şekli, gravite alanı ve yeryüzünün dönmesiyle** ilgili bilgileri sağlamaktadır.
- Geniş çerçeveden bakıldığında jeodezi; jeofizik, oşinografi, atmosferik ve çevreyle ilgilenen topluluklara destek veren bir bilim dalıdır.
- Küresel ve bölgesel ölçekte uzay tekniklerinin kullanıldığı ölçüm yöntemleri yersel ölçümleri tamamlar niteliktedir.
- Jeodezi, ITRF gibi yersel çatıların temelini sağlamakta ve **bu çatılar** atmosfer, okyanus ve diğer kaynakların izlenmesi için kullanılan tüm yeryüzü ölçme sistemlerinde kullanılmaktadır.

Jeodezi nedir?

- Uluslararası Jeodezi Derneği (IAG), jeodezi alanında bilimsel bir birliktir.
- Jeodezi alanında küresel ölçekte bilimsel işbirliğini ve araştırmayı teşvik eder ve çeşitli araştırma organları aracılığıyla ona katkıda bulunur.
- Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği'nin (IUGG) kurucu birliğidir.
- Bu organizasyon, Orta Avrupa'da jeodezi alanındaki bilimsel çalışmaları teşvik etmek için kurulmuştur.
- Derneğin Misyonu jeodezinin ilerlemesidir.

Jeodezi nedir?

- IAG, araştırma ve öğretim yoluyla jeodezik teoriyi ilerleterek, gözlemsel verileri toplayarak, analiz ederek, modelleyerek ve yorumlayarak, teknolojik gelişmeyi teşvik ederek ve Dünya'nın ve gezegenlerin şekil, dönüş ve yerçekimi alanının tutarlı bir temsilini sağlayarak misyonunu uygular.

Jeodezi nedir?

- IAG jeodezi alanındaki çalışmaları 4 ana başlık altında toplamıştır. Ana başlıklar:
- Referans çatıları
- Gravite alanı
- Yeryüzü dönmesi ve Jeodinamik
- Konumlama ve uygulamaları
- Her ana başlık kendi içerisinde alt başlıklara ayrılmıştır.
- Bu grupların başında dünyada konusunda uzman bilim insanları yönetici olarak atanmıştır.
- Her grup içerisinde de yine konularında uzman araştırmacılar bulunmaktadır.
- Bu araştırmacılar belirlenen amaç çerçevesinde çalışmalarını sürdürmektedirler.

Jeodezinin Çalışma Alanları: Referans çatıları

- Hassas şekilde belirlenmiş bir referans çatısı, deniz seviyesinin zamanla değişimi, tektonik plaka hareketleri ve deformasyon, deprem nedeniyle oluşan deformasyon, yerel tasmanlar, yer dönme parametreleri ve gravite bilgilerini içeren yeryüzü sisteminin (Earth system) detaylı olarak analizi için önemlidir. Konuya ilişkin alt başlıklar:
- **Uzay sistemlerinin entegrasyonu**
- VLBI, Çok uzun baz interferometrisi
- SLR/LLR, Uydu ve ay lazer mesafe ölçüm
- GNSS, Küresel navigasyon uydu sistemleri
- DORIS, Uydu ile Entegre Doppler Orbitografi ve Radyopozisyon
- **Küresel referans çatıları**

TRS yersel referans sisteminin gerçekleşeni olan TRF gibi yersel referans çatıları araştırılır.

Jeodezinin Çalışma Alanları: Referans çatıları

- **Bölgesel referans çatıları**
- Bölgesel referans çatılarının küresel referans çatılarıyla entegrasyonunu sağlar.
- **Göksel (ICRF) ve Yersel (ITRF) referans çatılarının etkileşimi**
- ICRF ve ITRF dünya dönüklük parametreleriyle (EOP) birbirine bağlanır. ITRF ve ICRF; VLBI, SLR, GNSS ve DORIS uydu jeodezik teknikleri gözlemlerini kullanarak yapılan çok aşamalı ver işlemeyle elde edilmektedir.

Jeodezinin Çalışma Alanları: Gravite alanı

- Yer, deniz ve Hava gravimetrisi
- Jeoit, fiziksel yükseklik sistemleri ve düşey datum birliği
- Uydu gravite sistemleri
- Bölgesel jeoit belirleme
- Uydu altimetresi
- Yeryüzü sistemlerinde gravite dönüşümü ve kitle hareketi

Jeodezinin Çalışma Alanları:
Yer dönmesi ve Jeodinamik

- Yeryüzü gelgitleri
- Volkan jeodezisi
- Yeryüzü dönmesi ve jeofiziksel akışkanlar
- Kriyosferdeki (buzul, donmuş sular) deformasyonlar
- Sismo jeodezi

Jeodezinin Çalışma Alanları: Konumlama ve uygulamaları

- Gelişen Konumlandırma Teknolojileri ve GNSS uygulamalarının çoğaltımı
- Çoklu frekans ve çoklu GNSS konfigürasyonu
- Atmosferik uzaktan algılama
- GNSS sistemlerinin bütünleştirilmesi ve kalite kontrol

Referans yüzeyler

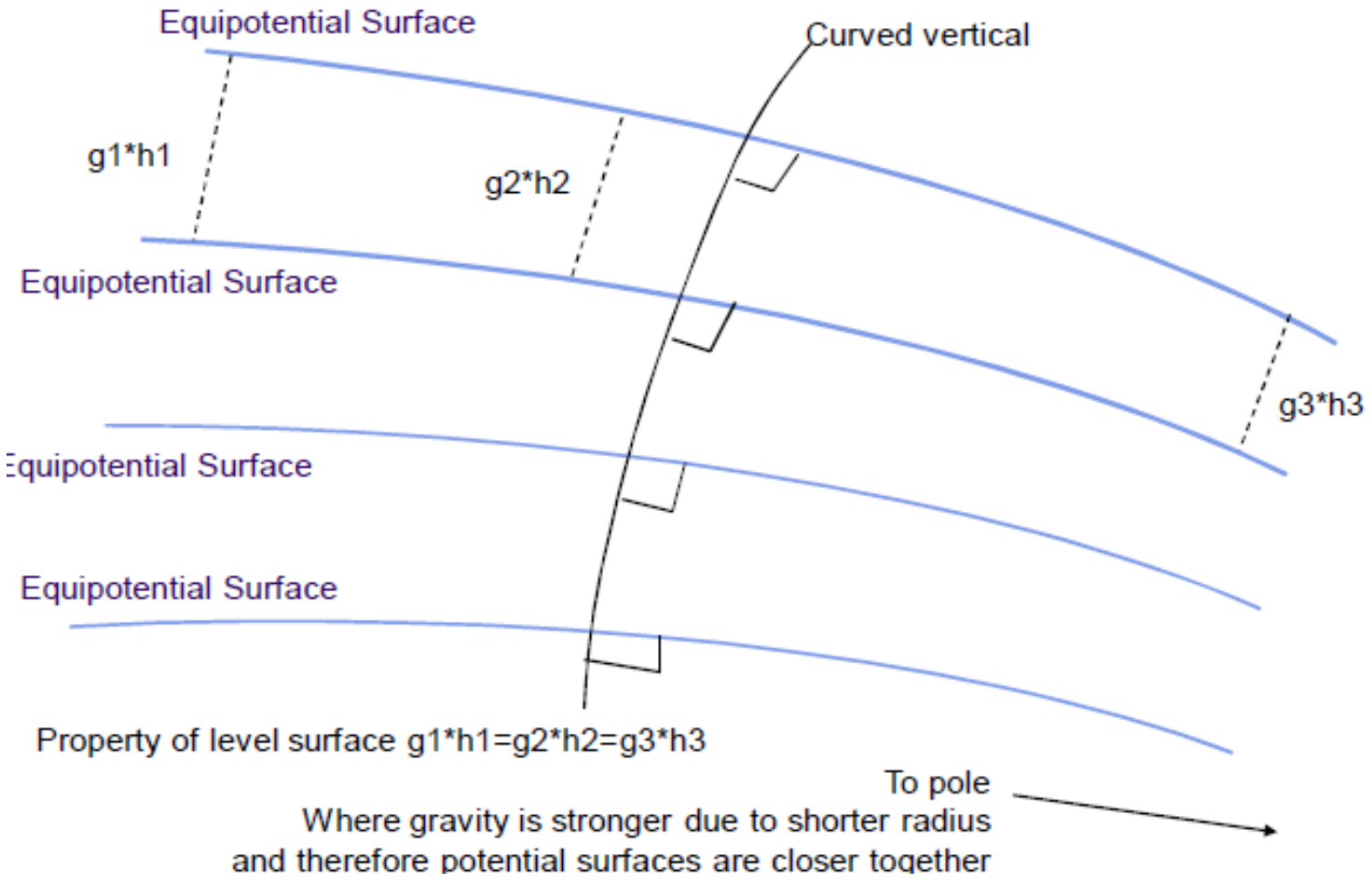
Referans Yüzeyler

- Yeryüzü, okyanus ve kara parçalarından oluşmaktadır.
- Okyanuslar düzgün dağılımlı (durağan) kabul edilebilir.
- Yeryüzünün topografyası dağlar ve vadiler nedeniyle engebeli bir yapıya sahiptir.
- Bu değişimler nedeniyle yeryüzünün gerçek şekline basit bir modelle yaklaşmak mümkün değildir.
- Kavramsal olarak yeryüzü iki farklı yüzey kullanılarak belirli bir ölçekte modellenebilir:
- Jeoit
- Elipsoit

Referans Yüzeyler: Eş potansiyelli yüzey

- Jeoit ve elipsoit kavramı eş potansiyelli yüzey ile tanımlanmaktadır
- Eş potansiyelli yüzey eşit potansiyele sahip noktaların oluşturduğu bir yüzeydir.
- Gravite potansiyelleri bu yüzeyde eşittir.
- Çekül eğrisi (ya da gravite doğrultusu) bu yüzeylere dik ve bu yüzeyler birbirine paralel değildir.
- Gravite değerlerinin daha güçlü olduğu kutba yakın bölgelerde eş potansiyelli yüzeyler birbirine daha yakındır.

Referans Yüzeyler: Eş potansiyelli yüzey



Referans Yüzeyler: Jeoit

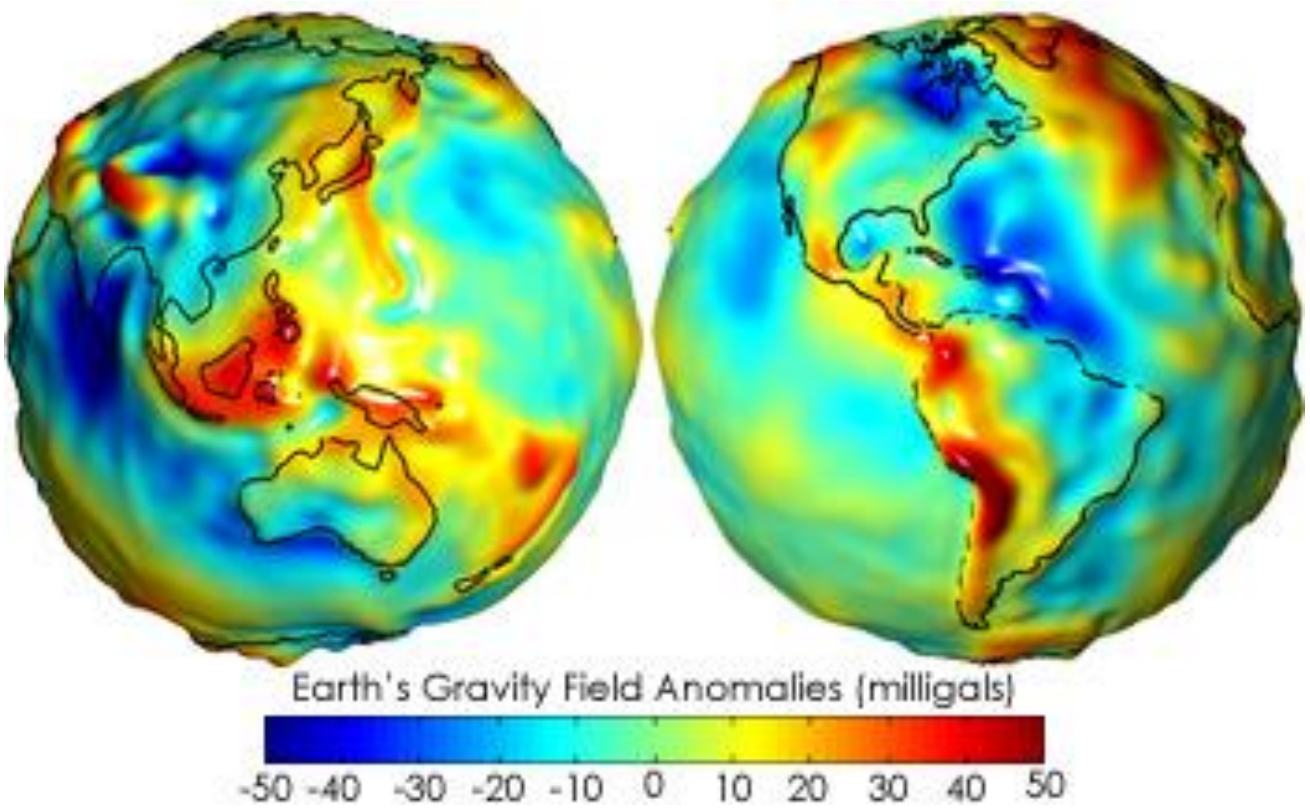
- Jeoiti tanımlamak için bütün yeryüzünün okyanus yüzeyi boyunca su ile kaplı olduğunu düşünelim.
- Bu yüzeydeki gel git ve su akımı etkileri ihmal edilirse, küresel okyanustan oluşan su yüzeyi sadece gravite değerlerinden etkilenir.
- Dünyanın kütle dağılımına bağlı olarak düzensiz değişen ve çekül eğrisi boyunca olan bu gravite değerleri farklılık göstermektedir.

Referans Yüzeyler: Jeoit

- Kütle dağılımından kaynaklanan kütle anomalilerine bağlı değişen gravite değerleri küresel okyanusta sapmalar meydana getirir.
- Gravite değerlerinin etkilediği küresel okyanustan oluşan bu yüzeye jeoit denilmektedir.
- Gravite değerlerine göre şekillenen jeoidin fiziksel olarak dünyayı temsil ettiği kabul edilmektedir.
- Jeoit eş potansiyelli yüzeylerden biridir.
- Bu eş potansiyelli yüzeylerden okyanus (deniz) seviyesindeki eş potansiyel yüzey, jeoit olarak seçilip, teorik olarak, haritada kullanılan yükseklik için başlangıçtır.

Referans Yüzeyler: Jeoit

- Şekilde GRACE uydularından elde edilen jeoit görülmektedir. Anomali değerleri elipsoitten sapmaları göstermektedir.

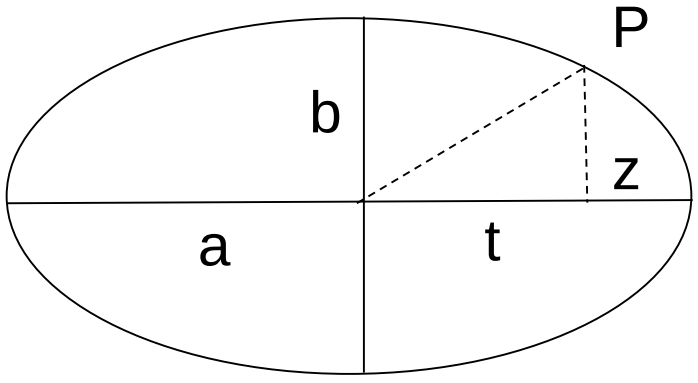


https://earthobservatory.nasa.gov/features/GRACE/page3.php

Referans Yüzeyler: Elipsoit

- Elips, elipsoidin elde edilmesi için kullanılan temel bir şekildir

Elips

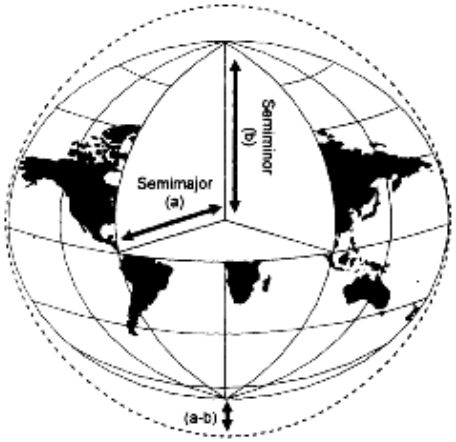


Elips denklemi

$$\frac{t^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1$$

- Kutuplardan basık elipsoit, elipsin küçük ekseni (b) etrafında döndürülmesiyle elde edilmektedir.
- Bu eşitlikteki t ve z değerleri elips dik koordinatlarıdır.

Referans Yüzeyler: Elipsoit



SEMIMAJOR AXIS (a)
6,378,137

SEMIMINOR AXIS (b)
6,356,752.3142

FLATTENING (1/f)
298.257223563

Elipsoit

- Elipsoit bazı kaynaklarda sfereoid olarak geçen yüzey olup dünyanın basit matematiksel biçimidir. Elipsoit:
- ekvatordaki yarıçap (a),
- kutup yarıçapı (b)
- basıklık (f) ile ifade edilmektedir.
- Dünya için seçilen elipsoidler kutuplardan basık (oblate ellipsoid) elipsoittir.

Referans Yüzeyler: Elipsoit

- Elipsoidin biçimi bir kaç şekilde belirlenebilir.
- Jeodezik uygulamalarda yarı ana eksen (a) ve basıklık (f) ile ifade edilmektedir. Basıklık,

$$f = \frac{a-b}{a}$$

- Elipsoit yarı ana eksen (a) ve eksantrisite (e) ile de ifade edilebilir.

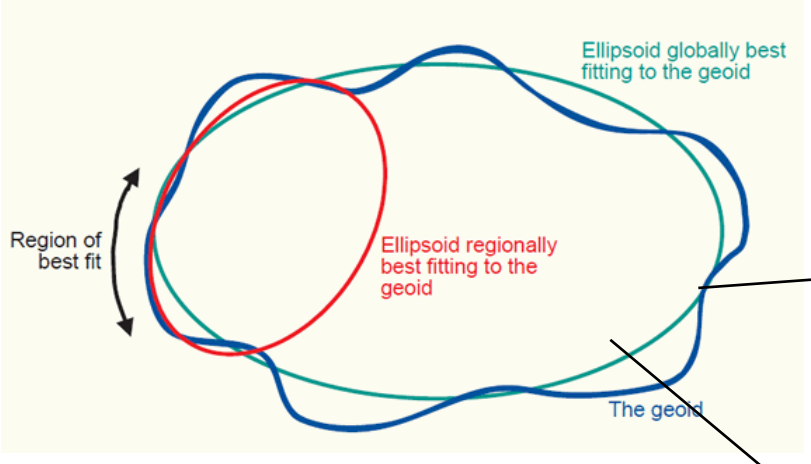
$$e^2 = 1 - \frac{b^2}{a^2} = \frac{a^2 - b^2}{a^2} = 2f - f^2$$

Referans Yüzeyler: Elipsoit

- Herhangi bir eksenden biri (Örneğin a) ve diğer 3 parametreden herhangi biri biliniyorsa diğer parametreler elde edilebilir.
- Yeryüzü için tanımlı farklı pek çok elipsoit bulunmaktadır.
- İhtiyaca ve bölgeye bağlı olarak dünyanın fiziksel yüzeyi jeoide en iyi uyan elipsoidin seçilmesi oldukça önemlidir.
- Jeoide, boyut ve konum olarak en iyi uyan elipsoidin belirlenmesi jeodezinin konularından birisidir.
- Bu sayede, yeryüzü matematiksel olarak modellenmektedir.

Referans Yüzeyler: Elipsoit

- Jeoide uyan elipsoidler iki ana gruba ayrılırlar. Bunlardan birincisi jeoidin belirli bir bölgesine en iyi uyan yerel elipsoidler ((local ellipsoid), örneğin bir kıtayı kapsayan)
- İkincisi ise jeoidin tamamını kapsayacak şekilde yerleştirilen global referans elipsoididir



Jeoide uygunluk derecesi yüksek

Jeoide uygunluk derecesi düşük

Referans Yüzeyler: Elipsoit

Dünya üzerinde kullanılan farklı elipsoidler ve bunlara ilişkin parametreler

Datum	**Yer / Bölge**	**Merkez**	**Elipsoit**	**Elipsoit parametreleri**
WGS 1984	Global	Dünyanın kütle merkezi	WGS 84	a=6378137 1/f=1:298.257
NAD 1983	Kuzey Amerika (Global)	Dünyanın kütle merkezi	GRS 80	a=6378137 1/f=1:298.257
NAD 1927	Kuzey Amerika (Yerel)	Meades Ranch (Nokta)	Clarke 1866	a=6378137 1/f=1:298.257
Avrupa 1950 (ED-50)	Avrupa, Ortadogu, Kuzey Afrika (Yerel)	Postdam (Nokta)	Uluslararası (1924)	a=6378388 1/f=1:297

Referans Yüzeyler: Elipsoit

- Nirengi ağlarının ürünü olan yerel elipsoidlerin tersine, küresel elipsoidler (örneğin GRS80, WGS84) uydu teknikleriyle ölçmeler, astronomik ve gravite ölçmeleri ile oluşturulur.
- Global elipsoidler biçim ve büyüklük olarak jeoide en küçük kareler mantığıyla iyi biçimde uyarak dünyayı temsil eder.
- Global elipsoidler, yermerkezli (Jeosentrik) eş potansiyelli elipsoit biçiminde tasarlanırlar.
- Yerel elipsoidler tamamen geometrik büyüklüklere göre tasarlanmasına rağmen global elipsoidler hem geometrik hem de gravite bilgilerine göre tasarlanır.
- GRS80 global elipsoidi için elipsoit parametreleri
- a=6378137 m
- GM=3986004.418x10^8 m^3/s^2 (Dünya jeosentrik çekim sabitesi)
- Dünyanın açısal hızı=7292115x10^{-11} rad/s
- J2 = 108.263 x 10^{-8} dir.

Referans Yüzeyler: Elipsoit

- GRS80 elipsoidi eş potansiyelli elipsoit olarakta adlandırılır.
- Eş potansiyelli elipsoidler hem Dünya yüzeyini hem de dünyanın I. derece gravite alanını modeller.
- Yani elipsoit üzerindeki herhangi bir noktanın gravite bilgisi normal gravite için Somiglinana (1929) tarafından gerçekleştirilen ilk formülle bulunabilir.
- Bu sayede ilk uluslararası eş potansiyelli elipsoit 1930 yılında bulunmuş oldu. Bu elipsoit,

$$g_0 = 9.78046\left(1 + 0.0052884\sin^2\varphi - 0.0000059\sin^2 2\varphi\right)$$

- ifadesiyle tanımlanır.
- g_0 ideal dünyanın merkezinden 6378137 m uzaklıktaki gravite ivmesidir.
- g_0, teorik gravite ya da normal gravite olarak adlandırılır.
- Ölçülen gravite değerlerinin tanımlanan g_0 değerlerinden sapması N jeoit yükseklilerinin elde edilmesinde kullanılır.

Referans Yüzeyler: Elipsoit

- En modern referans elipsoidler GRS80 ve WGS84 olup WGS84'ün normal gravitesi

$$g_0 = 9.7803267714 \frac{1 + 0.00193185138639 \sin^2 \varphi}{\sqrt{1 - 0.006694379990013 \sin^2 \varphi}}$$

eşitliğiyle bulunur.

- φ, jeodezik enlemdir.
- Elipsoidin yüzeyinden elipsoit normali (jeodezik normal) boyunca olan elipsoit yüksekliği için gravite değerleri de daha karışık formüllerle elde edilebilir.

Referans Yüzeyler: Elipsoit

- Yerel datum
- Önce yerel elipsoit Dünyanın yüzeyindeki belirli bir bölgeye yakın olacak biçimde uydurulur.
- Başlangıç noktası Dünyanın yüzeyinde alınmıştır.
- Böylece yerel datum elde edilir.
- Başlangıç noktasının koordinatları sabit alınıp diğer noktaların koordinatları buradan hesaplanmıştır.
- Yerel datumun koordinat sisteminin başlangıcı dünya merkezinde değildir.
- Yerel datumlar: Everest Datumu 1830, NAD27 (Amerika), Avrupa datumu 1950 (ED50)'dir.

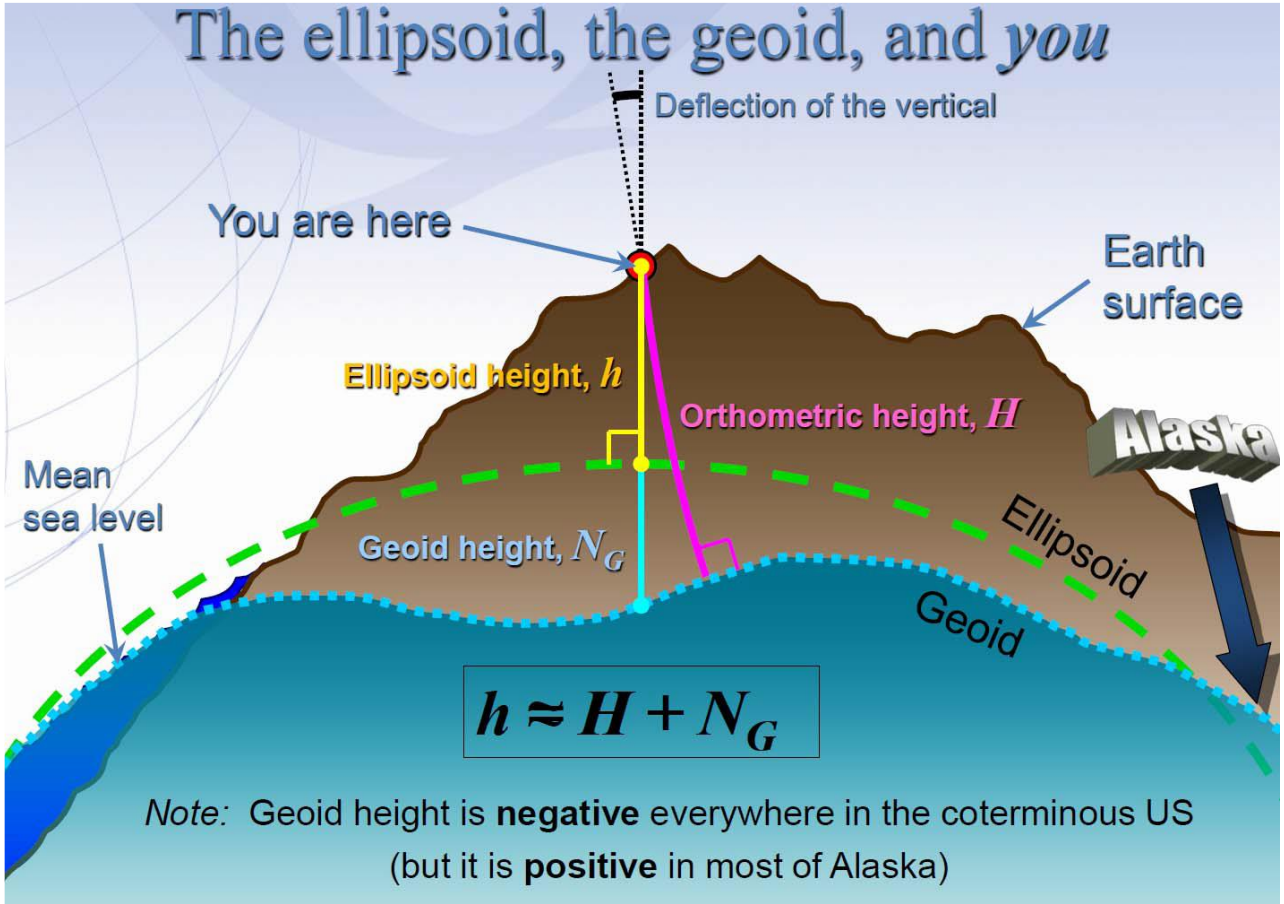
Referans Yüzeyler: Elipsoit

- Global datum
- Uydu verileri jeoide en iyi uyan elipsoidi, dünyanın kütle merkezi ile ilişkilendirerek belirlememizi sağlar.
- Bu sayede konumlandırılan global elipsoit global datumu oluşturur.
- Yer merkezli ya da diğer bir ifadeyle jeosentrik datum, yerel datumda olduğu gibi yüzey üzerinde bir başlangıç noktasına sahip değildir.
- Global datumda başlangıç noktası dünyanın kütle merkezidir.
- Global datuma örnek olarak WGS84 datumu verilebilir.

Referans Yüzeyler: Jeoit yüksekliği

- Jeoide uydurulan elipsoit kimi noktada jeoidle çakışık kimi noktada ise jeoidle çakışmaz.
- Tasarlanan elipsoidin jeoit ile çakışmadığı (oturmadığı) yerlerde, elipsoit yüzeyine dik olan doğrultu (elipsoit normali) ve jeoide dik olan çekül doğrultusu (jeoit normali) çakışmazlar.
- Bu durumda elipsoit ve jeoit yüzeyleri arasında bir fark oluşmaktadır.
- İki yüzey arasındaki farka jeoit ondülasyonu (N), jeoit yüksekliği ya da jeoit ayrıklığı (separation) denir.
- Jeoit ondülasyonu, Elipsoit normali boyunca olan elipsoit yüksekliği (h) ve çekül doğrultusu boyunca olan ortometrik yükseklik (H) arasındaki farktır.

Referans Yüzeyler: Jeoit yüksekliği



www.ngs.noaa.gov>gsvs17-backgroundstatus-201601

Referans Yüzeyler: Jeoit yüksekliği

Yerin kütle farklılıkları; gravite değişimlerine bağlı olarak jeoidin ortalama referans elipsoit üstünde veya altında kalmasına neden olmaktadır.

- Böylece jeoit ±100 metre aralığında elipsoit yüzeyinden sapar.
- Minimum en büyük sapma Hint okyanusunda N=-100 m
- Maksimum en büyük sapma Atlantik okyanusunda N=+70 m

Jeoit yüksekliği belirleme yöntemleri

Referans Yüzeyler: Jeoit yüksekliği

- Jeoit yüksekliği (ondülasyonu) belirlenmesinde kullanılan pek çok yöntem vardır.
- En basit olanlarından 4'ü aşağıda sıralanmıştır.

- Astro-jeodezik yöntem:
- Astro-jeodezik istasyonlardaki çekül sapmalarının kullanıldığı yöntemdir.
- Dünya gravite alanının Jeopotansiyel modelleri:
- Yersel ve uydu verilerinin birlikte kullanılmasıyla oluşan Jeopotansiyel modellerle elde edilir.
- Jeoit yüksekliği nokta değerlerinin ve jeopotansiyel katsayıların kullanıldığı bir matematiksel formülle elde edilir.

Referans Yüzeyler: Jeoit yüksekliği

- Geometrik ve interpolasyon yöntemleri:
- Bu yöntem nivelman yoluyla elde edilen ortometrik yükseklik ve elipsoit yükseklik (GPS'ten elde edilen) farkının alınmasıyla doğrudan elde edilen jeoit yüksekliklerine dayanmaktadır.
- Farklı noktalarda elde edilen jeoit yüksekliklerine bir yüzey geçirilerek çözüm yapılır (GPS nivelmanı).

Referans Yüzeyler: Jeoit yüksekliği

Yüzey gravite ölçülerini kullanan yöntemler

- Bu yöntem Stokes integralini kullanmaktadır.
- Yöntem dünyanın belli bölgeleri için sınırlı sonuçlar elde etsede genelde jeoit belirleme teknikleri içerisindeki en doğru sonuç veren yöntemdir [5].
- İlgili noktadaki gravite değerleriyle Jeoit yükseklikleri elde edebilmek için Stokes formülünden yaralanılır.

$$N = \frac{R}{4\pi G}\int_{\sigma} \Delta g S(\psi) d\sigma$$

$$S(\psi) = \frac{1}{\sin(\psi/2)} - 6\sin(\psi/2) + 1 - 5\cos\psi - 3\cos\psi \ln\left(\sin(\psi/2) + \sin^2(\psi/2)\right)$$

N: İlgili noktanın jeoit yükseklikleri

$S(\psi)$ Stokes fonksiyonu

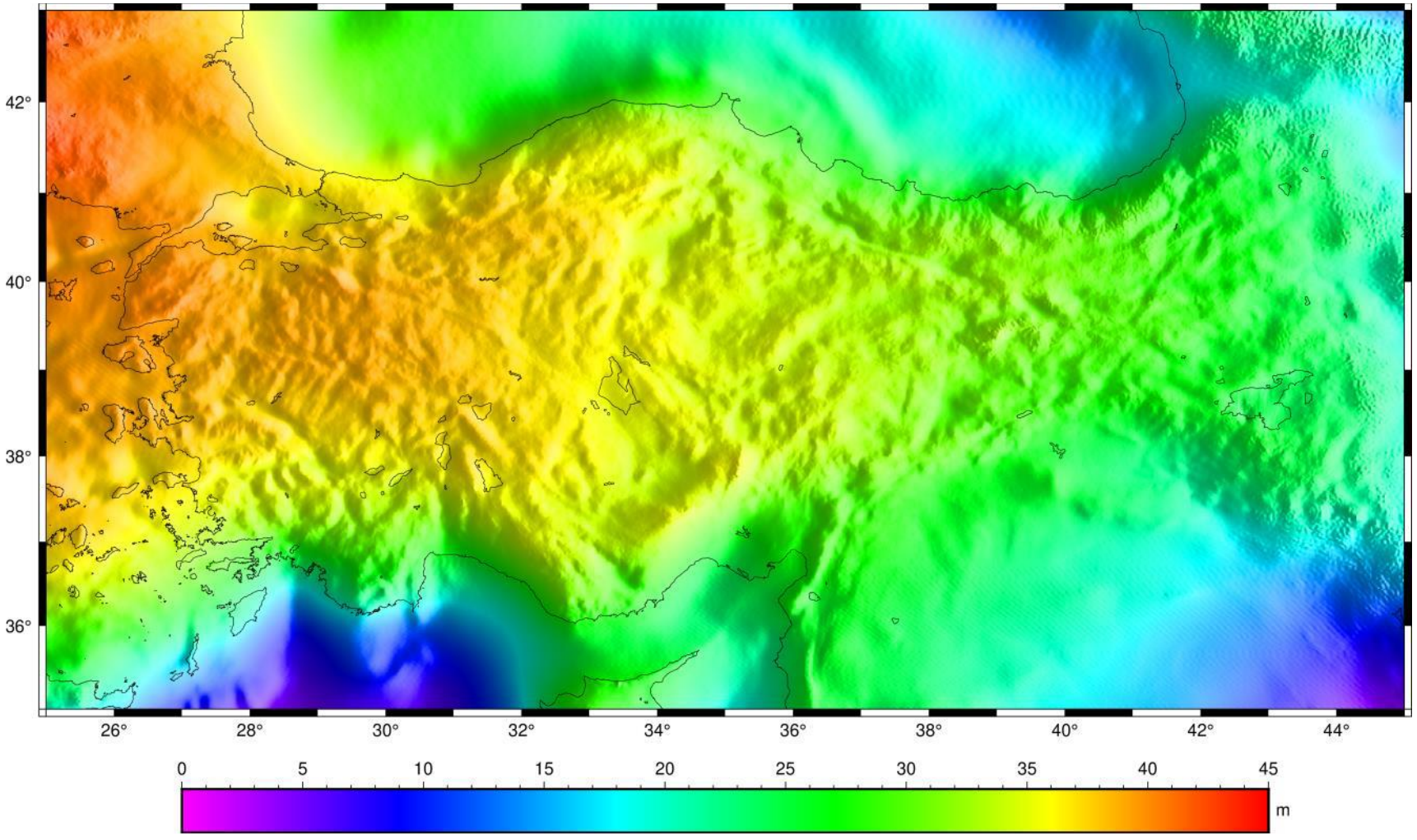
- Δg gravite anomalisi olup, gerçek ve normal (referans) gravite arasındaki farktır.

Jeoit modelleri

Türkiye Jeoidi - 2019 (TG-19)

- Jeoit yükseklikleri jeoid modelleriyle tanımlanmaktadır.
- Farklı ülkelere ilişkin farklı jeoit modelleri bulunmaktadır.
- Jeoit modelleri uydu gözlemlerinden elde edilen elipsoit yükseklikleri ile ortometrik yükseklik arasında dönüşümü sağlamaktadır.
- Dönüşümün doğruluğu üretilen modelin doğruluğuyla orantılıdır.
- Türkiye Jeoidi 2019, Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi projesi kapsamında yapılan ölçülerin değerlendirilmesi sonucu elde edilmiştir.
- Harita Genel Müdürlüğü koordinatörlüğünde (HGM), MTA, TPOA, TÜBİTAK-MAM ve TÜBİTAK-UME ortaklığında gerçekleştirilmiştir.
- Eş zamanlı GNSS ve hassas nivelman ölçülerinden hesaplanan GNSS/nivelman jeoit yükseklikleri ile 1.2 cm 6.5 cm arasında standart sapma ile uyumlu bulunmuştur.

Türkiye Jeoidi - 2019 (TG-19)

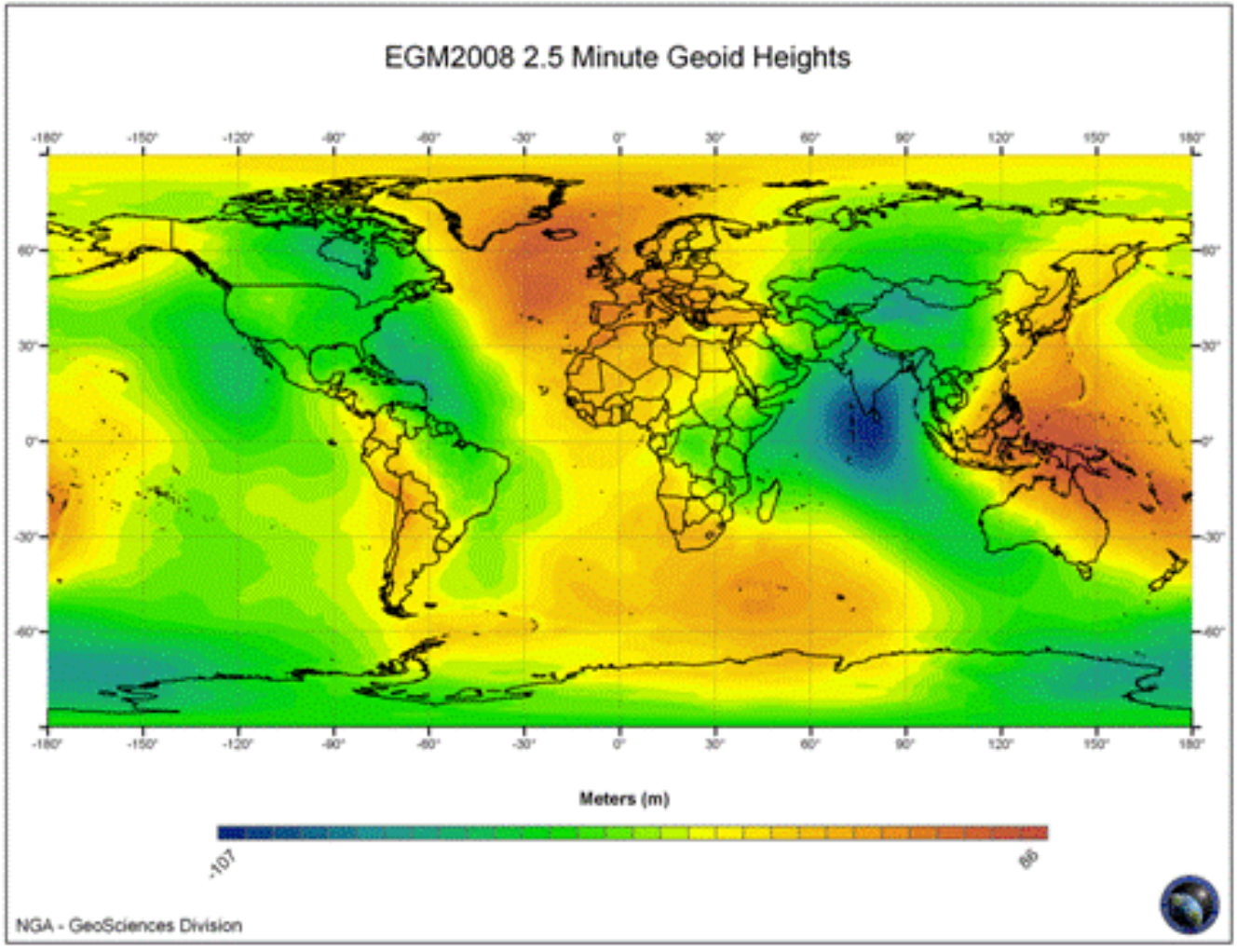


https://www.harita.gov.tr/images/haberler/TG-19_Duyuru_Metni_14012020.pdf

Yeryüzü gravite modelleri EGM 2008 Jeoid modeli

- Resmi Yeryüzü gravite modeli 2008 (EGM2008) NGA (National Geospatial-Intelligence Agency, Milli Jeomekansal-istihbarat ajansı) NGA geliştirici takımı tarafından sunulmaktadır.
- Önceki versiyonu EGM96 ve planlanan sonraki versiyonu EGM2020 dir.
- Bu gravite modeli 2159 derece ve 2159 diziye kadar olan küresel harmonik katsayıları ve 2190 derece ve 2159 diziye kadar olan ek katsayıları içermektedir.
- Yeryüzü gravite modelinden üretilmiş EGM2008 elipsoit yükseklikleri şekilde verilmiştir.

Yeryüzü gravite modelleri EGM 2008 Jeoid modeli



https://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm2008/egm08_wgs84.html

Koordinat referans sistemi

- Jeodezik koordinat referans sistemi (CRS, coordinate reference system) ya da farklı bir tanımlama ile mekansal referans sistemi (SRS, spatial reference system) jeodezik datum için gerekli olan parametre ve sabitleri tanımlamaktadır.
- Bu sayede bir nesneye ait mekansal bilgi X,Y,Z koordinat verisi ve/veya enlem (φ), boylam (λ) ve elipsoidal yükseklik (h) ya da gravite ile ilişkili ortometrik yükseklik (H) ile tanımlanmaktadır.
- Düzlem koordinatları (projeksiyon) ise uygun bir kartoğrafik projeksiyon kullanılarak enlem ve boylam değerlerinden elde edilir.
- SRS ya da CRS, EPSG kodunu içeren Mekansal referans sistem tanımlayıcısı (SRID) tamsayısı ile açıklanmaktadır.
- Bu tanımlama, ‘’ISO19111:2019, cografik bilgi-koordinatlarla referenslama’’ standartı altında tanımlanmaktadır.
- En yaygın kullanılan SRID tamsayısı 4326 olup mekansal verinin WGS84 enlem ve boylam koordinatlarını göstermektedir.

EPSG formatı

- SRID, EPSG (European Petroleum Survey Group) ile tanımlanmaktadır.
- EPSG kodu bir koordinat sisteminin projeksiyonu, datumu ve kullanılan elipsoit ile ilgili bilgileri vermektedir.
- EPSG (http://epsg.org/), haritalar ve coğrafi veriler oluşturmak ve coğrafi konumu belirlemede kullanılan koordinat referans sistemlerinin (coordinate reference system) keşfini kolaylaştırır.
- Kartografya ve sayısal harita yapımında gerekli olan farklı mekansal referans sistemlerinde kullanılan enlem ve boylam değerlerine ihtiyaç duyanlar için pratik bir araçtır.
- Farklı mekansal referans sistemlerindeki sayısal koordinatlar için tam enlem ve boylam değerlerini bilmesi gereken, haritacılık ve dijital harita yapımı ile ilgilenen herkes için pratik bir araçtır.

EPSG formatı

- Web sitesi, 6000'den fazla koordinat sistemi dizini oluşturan bir tam metin arama ile birlikte gelir.
- Arama, sistemin adını, kapsanan ülkenin adını, eyaleti veya bunların herhangi bir kombinasyonunu yazarak başlar.
- EPSG ve ESRI kodlarının aranması da desteklenmektedir.
- Her koordinat sistemi ve dönüşümünün kısa bir kalıcı bağlantısı vardır.
- EPSG kodu çeşitli formatlarda (WKT, XML, OGC GML, Proj.4, JavaScript, SQL) dışa aktarılabilir.

EPSG formatı:Çukurova bölgesi

epsg.org/crs_5256/TUREF-TM36.html?sessionkey=q3rn63sg53

Apps | Inbox - niyazi.arslan... | Landslides - All Vol... | Web of Science Ma... | Your RUS service –... | AppEEARS | EarthExplorer | https://scihub.cope... | Chapter 7: Correlati... | Geographic Inform... | Search - google ear...

EPSG
GEODETIC PARAMETER DATASET
Managed by IOGP's Geomatics Committee

EPSG Dataset : v10.012

Text Search

Please login or register to include deprecated (invalid) items, search remarks and export results.

polygon

Clear all search

Map Search

GEOMATIC SOLUTIONS

TUREF / TM36

Projected CRS Details [VALID]

NAME:	TUREF / TM36
CODE:	5256
CRS TYPE:	Projected
USAGE:	

Usage Details

SCOPE:	Cadastre, engineering survey, topographic mapping (large scale).
EXTENT:	Turkey - 34.5°E to 37.5°E onshore

Extent Details [VALID]

NAME:	Turkey - 34.5°E to 37.5°E onshore
CODE:	1527
DESCRIPTION:	Turkey between 34°30'E and 37°30'E, onshore.
EXTENTS:	

42.15 °

34.5 °

37.5 °

EPSG formatı:Çukurova bölgesi

g.org/crs_5256/TUREF-TM36.html?sessionkey=q3rn63sg53

izi.arslan... | Landslides - All Vol... | Web of Science Ma... | Your RUS service –... | AppEEARS | EarthExplorer | https://scihub.cope... | Chapter 7: Correlati... | Geographic Inform... | Sea

COORDINATE SYSTEM:	Cartesian 2D CS. Axes: northing, easting (X,Y). Orientations: north, east. UoM: m.
BASE CRS:	TUREF

Geographic 2D CRS Details [VALID]

NAME:	TUREF
CODE:	5252
CRS TYPE:	Geographic 2D
USAGE:	

Usage Details

SCOPE:	Horizontal component of 3D system.
EXTENT:	Turkey

DATUM:	Turkish National Reference Frame
COORDINATE SYSTEM:	Ellipsoidal 2D CS. Axes: latitude, longitude. Orientations: north, east. UoM: degree
BASE CRS:	TUREF
CONVERSION:	geographic3D to geographic2D

META DATA

INFORMATION SOURCE:	OGP
DATA SOURCE:	EPSG
REVISION DATE:	September 6, 2010
CHANGE ID:	[2010.085]

CONVERSION:	3-degree Gauss-Kruger CM 36E

META DATA

REMARKS:	Also found with zone number prefix to false easting - see TUREF / 3-degree Gauss-Kruger zone 12 (code 5272).

https://epsg.org/crs_5256/TUREF-TM36.html?sessionkey=q3rn63sg53

Jeodezide Datum belirleme kavramı

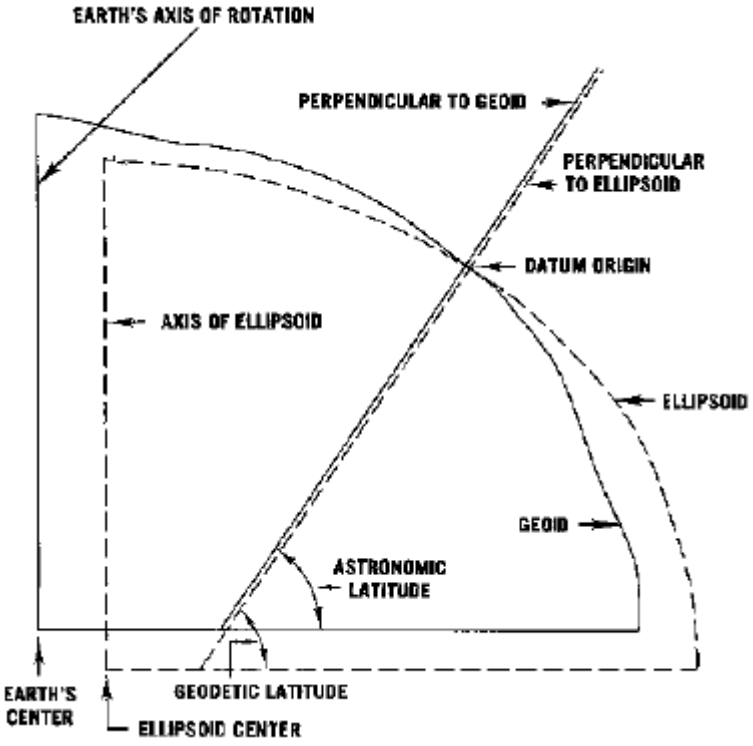
Jeodezide datum belirleme kavramı: Tek astronomik istasyon

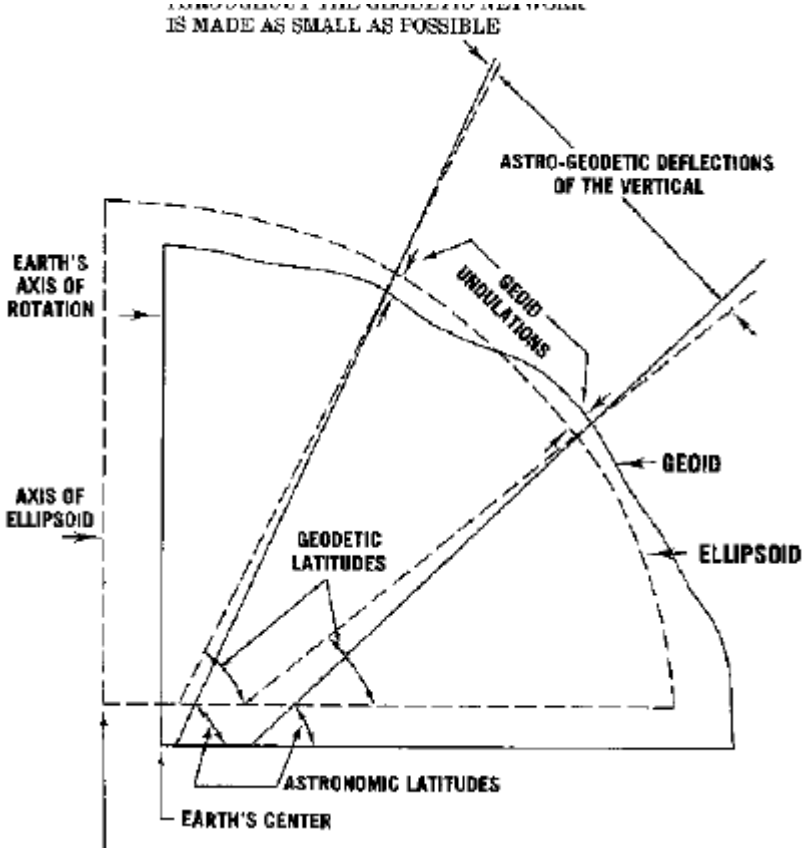
- Jeodezik datum belirlenirken öncelikle elipsoit parametreleri belirlenir.
- Daha sonra nirengi ağının merkezinde bir nokta seçilir. Bu nokta datumun merkezidir (orjin).
- Daha sonra noktanın astronomik koordinatları ve diğer bir kontrol noktasına olan astronomik azimut gözlenir.
- Datum noktasında gözlenen astronomik koordinatlar ve azimut referans elipsoit üzerinde aynen alınarak herhangi bir düzeltme yapılmadan bu noktadaki jeodezik koordinat ve azimut olarak kabul edilir.
- Bu noktada çekül sapması, aynı zamanda elipsoit ve jeoit arasındaki fark (jeoit ondülasyonu) sıfırdır.
- Buna ek olarak, jeoit ve elipsoit bu noktada çakışır.
- Datum noktasında elipsoit normali ve çekül eğrisi çakışır.
- Ağın diğer noktalarında jeodezik enlem-boylam ve astronomik enlem-boylam değerleri birbirinden farklı olur.

Jeodezide datum belirleme kavramı: Astro-jeodezik yöntem

- İkinci yöntem olan astro-jeodezik yöntemde farklı Laplace noktaları seçilerek çekül sapmaları bulunur.
- Bütün Laplace noktalarından elde edilen astro-jeodezik çekül sapmalarını minimum yapacak şekilde başlangıç noktasına (initial point) düzeltme değeri getirilir.
- Hesaplarda kullanılan Laplace denklemleri astronomik azimut, jeodezik azimut, astronomik boylam ve jeodezik boylam arasındaki ilişkileri ifade eder.
- Bu yöntemde çekül sapmalarının doğu-batı ve kuzey-güney bileşenleri kullanılır.

Jeodezide datum belirleme kavramı





Jeodezide datum belirleme kavramı: Astronomik azimut

- Yatay konum belirlemede kullanılan diğer astronomik gözlem astronomik azimut belirlemedir.
- I. Derece nirengi ağlarının yöneltilmesinde çok doğru azimut kullanılmalıdır.
- Astronomik gözlemler optik aletlerle (teodolit, zenit kamera vb) yapılmaktadır.
- Alet çeküllendiğinde aletin düşey ekseni gravite doğrultusu ile çakışır ve jeoite dik olur.
- Astronomik gözlemler jeoit ile referanslanır.

Jeodezide datum belirleme kavramı: Nirengi ağları

- Ülkemiz için belirlenen datum ED50'dir
- Büyük ölçekli jeodezik çalışmaların temelini oluşturan nirengi ağlarında birim sistem olarak ülke temel ağlarının I. ve II. derece noktalarından oluşan sistem ele alınmaktadır.
- Bu noktalar arasındaki boşluklar III. Derece yüzey ağları oluşturulmuştur.
- Ayrıntı alımlarını gerçekleştirmek amacıyla III. Derece noktalar arasında kalan boşluklar ara ve tamamlayıcı nirengilerle (IV.derece) sıklaştırılır.

Jeodezide datum belirleme kavramı: Nirengi ağları

- Ülke nirengi ağlarının I. ve II. Derece noktalarının
- Hem elipsoidal coğrafi koordinatları
- Hemde Gauss Kruger projeksiyonundaki (Sağa ve yukarı) düzlem dik koordinatları bulunmaktadır.
- III. ve IV. Derece noktaların sadece Gauss-Kruger (düzlem) dik koordinatları bulunmaktadır.
- Ölçüler ve noktaların koordinat bilinmeyenleri arasındaki tüm ilişkiler Gauss-Krüger projeksiyon düzleminde kurulmaktadır.
- Bu nedenle fiziksel yeryüzündeki noktalar arasında yapılan tüm gözlemlerin (uzunluk, doğrultu ölçüleri) dengelemeye girmeden önce Gauss-Krüger projeksiyon düzlemine indirgenmesi gerekmektedir.

Jeodezide datum belirleme kavramı:
Uzunlukların Gauss-Krüger düzlemine indirgenmesi

- Uzunluk ölçümlerinin Gauss-Krüger projeksiyon düzlemine indirgenmesinde sırasıyla aşağıdaki işlem adımlarından yararlanılır

- Eğik uzunluk ölçülerinin meteorolojik verilerle düzeltilmesi
- İndirgenmiş ölçülerin ayar (Kalibrasyon) düzeltmesi
- Noktalar arasındaki yükseklik farkı nedeniyle yapılan yataya indirgeme işlemleri
- Deniz yüzeyine indirgeme (belirli kabuller doğrultusunda deniz düzeyine indirgemenin pratik sonucu Elipsoide indirgenmişlik durumudur)
- Projeksiyon düzlemine indirgeme (s-S düzeltmesi)

Jeodezide datum belirleme kavramı:
Doğrultuların Gauss-Krüger düzlemine indirgenmesi

- Fiziksel yeryüzünde noktalar arasında yapılan doğrultu gözlemlerinin elipsoit yüzüne indirgenmesi için işlem sırası aşağıdaki gibidir.
- Bağıl çekül sapması indirgemesi
- Hedef noktasının yüksekliği nedeniyle yapılan indirgeme
- Normal kesit eğrisinden jeodezik eğriye geçiş için getirilecek düzeltme
- Bu düzeltmeler doğruluk beklentisine bağlı olarak kimi durumlarda ihmal edilir.
- Böylesi bir durumda yukarıda bahsedilen 3 madde göz ardı edilerek doğrultu ölçüsü elipsoit yüzeyinde gibi düşünülür
- Daha sonra elipsoit üzerindeki doğrultu Gauss-Kruger projeksiyonuna dönüştürülür
- Dönüşüm için doğrultu düzeltmesi formülü kullanılır.

Ülke Temel Ağları:Yatay kontrol ağları

- Büyük ölçekli jeodezik çalışmaların temelini oluşturan nirengi ağlarında (TUTNA) birim sistem olarak ülke temel ağlarının I. (25-35 km) ve II. (10-30 km) derece noktalarından oluşan sistem ele alınmaktadır.
- Bu noktalar arasındaki boşluklar III. (4-15 km) derece yüzey ağları oluşturulmuştur.
- Ayrıntı alımlarını gerçekleştirmek amacıyla III. Derece noktalar arasında kalan boşluklar ara ve tamamlayıcı nirengilerle (IV.derece) sıklaştırılır.
- Poligon noktaları V. Derece ağ noktaları olarak tanımlanmaktadır
- Ülke nirengi ağlarının I. ve II. Derece noktalarının
- Hem coğrafi koordinatları

Ülke Temel Ağları:Yatay kontrol ağları

- Hemde Gauss Kruger projeksiyonundaki (Sağa ve yukarı) düzlem dik koordinatları bulunmaktadır.
- III. ve IV. Derece noktaların sadece Gauss-Kruger (düzlem) dik koordinatları bulunmaktadır.
- Ölçüler ve noktaların koordinat bilinmeyenleri arasındaki tüm ilişkiler Gauss-Krüger projeksiyon düzleminde kurulmaktadır.
- Bu nedenle fiziksel yeryüzündeki noktalar arasında yapılan tüm gözlemlerin (uzunluk, doğrultu ölçüleri) dengelemeye girmeden önce Gauss-Krüger projeksiyon düzlemine indirgenmesi gerekmektedir.

Ülke Temel Ağları:Yatay kontrol ağları

- Türkiye'ye ait ülke nirengi ağı Hayford elipsoitine dayandırılmıştır.
- Bu elipsoit önce Ankara civarındaki I. derece noktalardan Meşedağda çekül sapması sıfır alınarak ve Duatepe noktasına olan Astrononik azimut Laplace azimutu kabul edilerek uzayda konumlandırılmıştır.
- Bu sayede Türkiye Ulusal Datumu 1954 (TUD-54) oluşturulmuştur. Dikkat edilecek olursa datumun bileşenleri elipsoit parametreleri (Hayford elipsoiti) ve başlangıç noktasından (Meşedağ) oluşmaktadır (Gürkan, 1985).
- Bu datumdaki elipsoit koordinatları "Meşedağ" ulusal datum noktasına göre değerler olarak adlandırılmıştır.

Ülke Temel Ağları:Yatay kontrol ağları

- İlerleyen zamanlarda Avrupa ile uyumun sağlanması için TUTNA nokta koordinatları Avrupa datumu 50 (ED50) de belirlenmiştir.
- Dönüşüm için Bulgaristan ve Yunanistandaki 8 noktanın ED50 koordinatı kullanılmıştır. Bu sayede TUTNA noktaları her iki sistemde koordinata sahip olmuştur.
- Bu iki sistemde koordinatlar birbirinden farklıdır.
- ED50 datumunun başlangıç noktası Helmert kulesi Turm noktasında çekül sapması doğu-batı bileşeni ve kuzey-güney bileşeni olarak alınmış ve Hayford elipsoidi seçilerek uzayda oturtulmuştur (Gürkan, 1985).

Ülke Temel Ağları: Düşey kontrol ağı (TUDKA, Nivelman)

- Bu noktalar düşey kontrol noktalarını oluşturmaktadır. Ülkemizde kullanılan düşey datum, Antalya'da 1936 yılında kurulmuş deniz seviyesi ölçme (mareograf) istasyonunda 1936-1970 yılları arasında yapılan gözlemlerin ortalaması alınarak bulunmuştur.
- Bu datum başlangıç alınarak I. Derece 19197 nokta ve II. Derece 6254 nokta tesis edilmiş ve yükseklikleri (kotları) bulunmuştur.
- Bu noktalar tüm ülkeyi kapsayacak şekilde 1-2 km aralıklarla atılmıştır.
- TUDKA kapsamı dışında tanımlı III. IV. ve V.derece nivelman noktalarıda bulunmaktadır [7].

Ülke Temel Ağları: Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES)

- Düşey kontrol ağının başlangıcını (Düşey datum) belirlemek için 1 veri merkezi ve 11 mareograf istasyonundan oluşan izleme ağıdır.

Ülke Temel Ağları: Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA):

- WGS84 koordinat sisteminde 1998.0 zaman noktasında (epoğunda) her noktasında enlem, boylam, elipsoid yüksekliği, ortometrik yükseklik ve jeoit yüksekliği bilinen, 15-70 km aralıklı 594 noktadan oluşan ağdır.
- TUTGA'dan bahsetmişken ülkemizde GPS çalışmlarında kullanılan diğer ağlardan bahsetmektede fayda vardır.
- BÖHYY'inde uydu teknolojisi kullanılarak oluşturulan ve içerisinde TUTGA'yıda barındıran ağlar farklı adlarla sınıflandırılmıştır.

Ülke Temel Ağları: Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA):

- Global (ITRF, WGS84) ve bölgesel (ETRF) ağlar ve noktaları A derece;
- Uluslararası veya bölgesel ağlara dayalı Ulusal GPS ağı ve noktaları (TUTGA) B derece
- B derece ağın sıklaştırılması ile oluşan ağlar C derece ve türleri
- C1, C2, C3 ve C4 biçiminde sınıflandırılan alt ağlardan oluşmaktadır [5].
- ITRF ve ETRF koordinatları, WGS84 koordinat sistemi içerisinde oluşturulmuştur.

Ülke Temel Ağları: Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı (TUSAGA-Aktif/CORS-TR)

- Sürekli Gözlem Yapan GPS İstasyonları Ağı ve Ulusal Datum Dönüşümü Projesi (TUSAGA-Aktif / CORS-TR) İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) yürütücülüğünde ve Harita Genel Komutanlığı (HGK) ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) müşterek müşteri olmak üzere 08 Mayıs 2006 tarihinde başlamış olup, Mayıs 2009' da tamamlanmıştır.
- Projenin öncelikli hedefleri, tüm Türkiye'de 147 (KKTC'de 4 adet dahil) sabit GPS istasyonu kurularak "Gerçek Zamanlı Kinematik" (RTK) düzeltme verileri üretmek, bu verilerle tek bir gezici alıcıyla gerçek zamanlı ve santimetre düzeyinde konum bilgisi üretmektir [6].

Ülke Temel Ağları: Türkiye Temel Gravite Ağı (TTGA):

- Jeodezik, jeofizik ve jeodinamik çalışmalarda kullanılan yüksek doğruluklu gravite değerleri belirlenmiş 66258 noktadan oluşmaktadır. Bu noktalardan;
- 55 adeti I. Derece
- 3940 adeti II. Derece
- 62250 adeti sıklaştırma noktası
- 13 adeti mutlak gravite noktalarından oluşmaktadır [7].

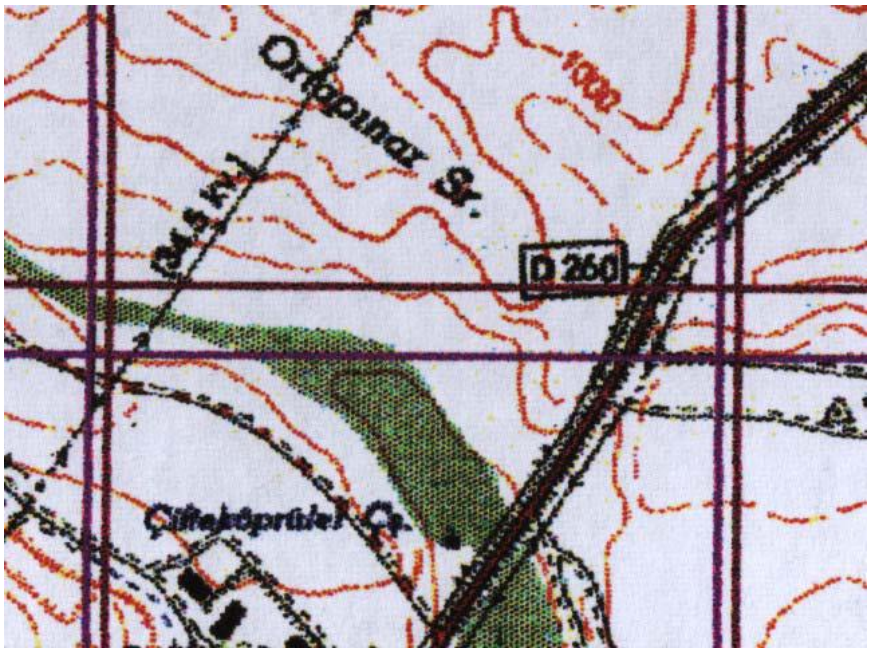
Ülke Temel Ağları: Türkiye Ulusal Manyetik Ağı

- Ülke boyutunda 50-100 km aralıklı işaretlenen ve manyetik alan parametrelerinin zaman içerisindeki değişimlerinin bilindiği bir ağdır.
- 85 adet sürekli (seküler) nokta ve 2000 adet sıklaştırma noktasından oluşmaktadır.

Türkiyedeki haritacılık çalışmaları

- Türkiyede 1/25000, 1/50000 ve 1/100000 gibi küçük ölçekli topografik haritaların üretimi ve dağıtımı çalışmaları Türk Silahlı Kuvvetleri bünyesindeki Harita Genel Komutanlığının kontrolünde yürütülmektedir.
- Bu haritalar Avrupa datumu 1950'de (ED50) olup GPS teknolojisinin gelişimine bağlı olarak WGS84 datumunda da üretilmesi çalışmaları 2002 yılında başlatılmıştır.
- İki datumdaki farklılıklar nedeniyle bir noktanın farklı datumlarda farklı koordinat değerleri olacaktır.

- Datum farklılığının pafta gridlerine yansıması ise gridlerde bir miktar kayma olarak gözükmektedir (Şekil).



Farklı datumlarda pafta çizgilerinin görünümü [4]

Türkiyedeki haritacılık çalışmaları

- Bu nedenle iki sistem arasında sağlıklı bir dönüşümün yapılması amacıyla her bir ayrı pafta için düzeltme değerleri hesaplanmıştır (Tablo 1).
- Bu düzeltmeler uygulanarak bir noktanın ED50 datumundaki koordinatlarından, WGS84 datumundaki koordinatlarına geçiş mümkündür (UTM ya da elipsoidal koordinatlar) [4].
- 1/5000 ve daha büyük ölçekli haritaların üretilmesi ile ilgili kurallar BÖHYY içerisinde tanımlanmıştır [5].

Türkiyedeki haritacılık çalışmaları

Tablo-1 : 1/250000 ölçekli Ayvalık paftası için sayısal ve basılı olarak yayımlanmış olan "Koordinat Dönüşüm Tablosu".

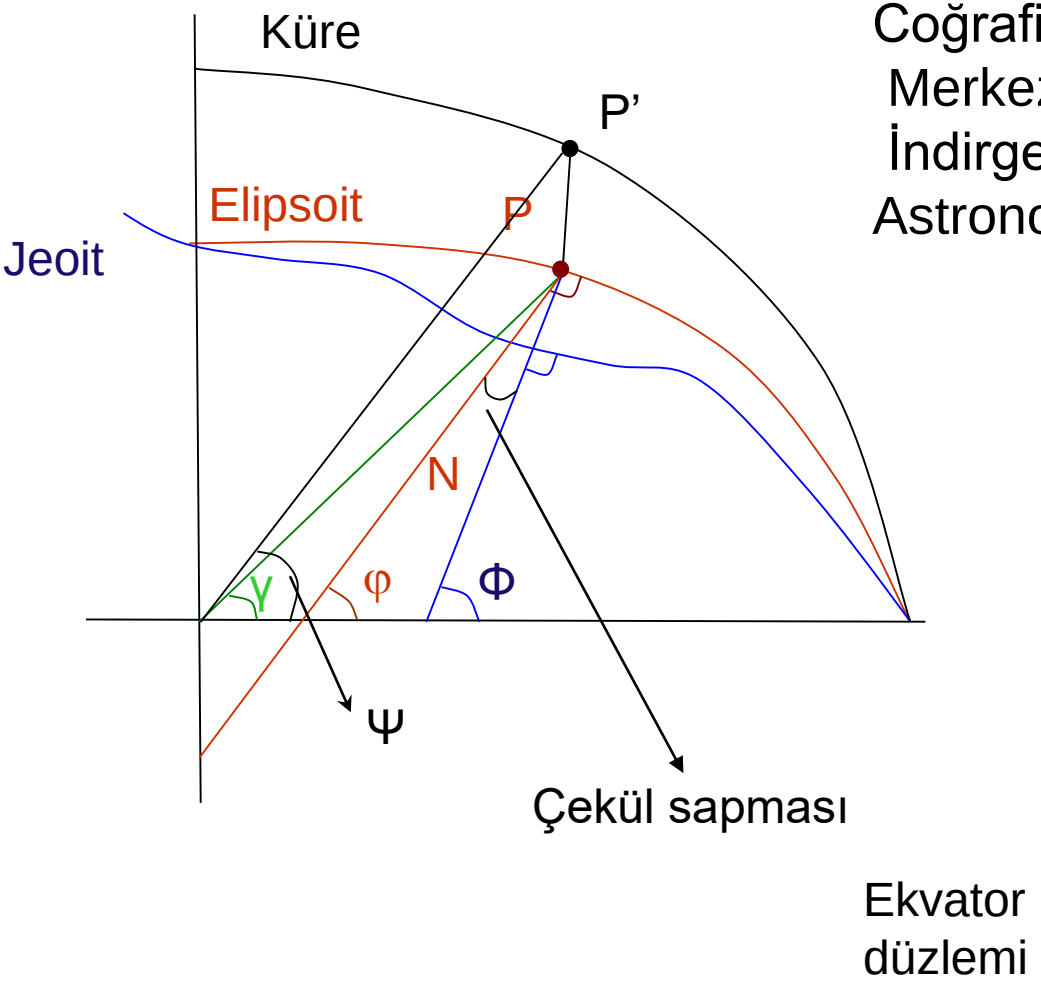
Pafta Adı	Pafta Orta Noktası Koordinatı (ED50) ENLEM	BOYLAM	WGS84'den ED50 Datumu'na Dönüşüm için Düzeltme Değerleri Enlem Düz. (")	Boylam Düz. (")	Yukarı Değ. Düz. (m)	Sağa Değ. Düz. (m)	Yükseklik Düz. (m)
AYVALIK	39 30 00	26 15 00	3.7	1.8	188	42	40
AYVALIK İ17	39 45 00	26 45 00	3.7	1.8	188	42	40
AYVALIK İ17-a	39 52 30	26 37 30	3.6	1.8	188	42	40
AYVALIK İ17-a1	39 56 15	26 33 45	3.6	1.8	188	42	40
AYVALIK İ17-a2	39 56 15	26 41 15	3.6	1.8	188	42	40
AYVALIK İ17-a3	39 48 45	26 41 15	3.7	1.8	188	42	40
AYVALIK İ17-a4	39 48 45	26 33 45	3.7	1.8	188	42	40
AYVALIK İ17-b	39 52 30	26 52 30	3.6	1.8	188	42	40
AYVALIK İ17-b1	39 56 15	26 48 45	3.6	1.8	188	42	40
AYVALIK İ17-b2	39 56 15	26 56 15	3.6	1.8	188	42	40
AYVALIK İ17-b3	39 48 45	26 56 15	3.7	1.8	188	42	40
AYVALIK İ17-b4	39 48 45	26 48 45	3.7	1.8	188	42	40
AYVALIK İ17-c	39 37 30	26 52 30	3.7	1.8	188	42	40
AYVALIK İ17-c1	39 41 15	26 48 45	3.7	1.8	188	42	40
AYVALIK İ17-c2	**39 41 15**	**26 56 15**	**3.7**	**1.8**	**188**	**42**	**40**
AYVALIK İ17-c3	39 33 45	26 56 15	3.7	1.8	188	42	39
AYVALIK İ17-c4	39 33 45	26 48 45	3.7	1.8	188	42	39
AYVALIK İ17-d	39 37 30	26 37 30	3.7	1.8	188	42	40
AYVALIK İ17-d1	39 41 15	26 33 45	3.7	1.8	188	42	40
AYVALIK İ17-d2	39 41 15	26 41 15	3.7	1.8	188	42	40
AYVALIK İ17-d3	39 33 45	26 41 15	3.7	1.8	188	42	40
AYVALIK İ17-d4	39 33 45	26 33 45	3.7	1.8	188	42	40

NOT :

1. SAĞA DEĞER(WGS84) = SAĞA DEĞER(ED50) - SAĞA DEĞER DÜZELTMESİ
2. SAĞA DEĞER(ED50) = SAĞA DEĞER(WGS84) + SAĞA DEĞER DÜZELTMESİ
3. YUKARI DEĞER(WGS84) = YUKARI DEĞER(ED50) - YUKARI DEĞER DÜZELTMESİ
4. YUKARI DEĞER(ED50) = YUKARI DEĞER(WGS) + YUKARI DEĞER DÜZELTMESİ
5. YÜKSEKLİK (HARİTA) = ELİPSOİD YÜKSEKLİĞİ - YÜKSEKLİK DÜZELTMESİ

Jeodezide kullanılan koordinatlar

Jeodezide kullanılan koordinatlar: Enlem türleri



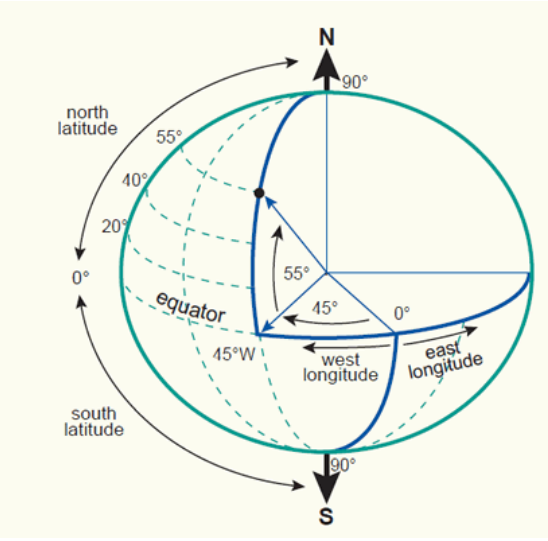
Coğrafi (jeodezik) enlem (φ)
Merkez (jeosentrik) enlem (γ)
İndirgenmiş enlem (Ψ)
Astronomik enlem (Φ)

Jeodezide kullanılan koordinatlar: Enlem türleri

- Eğer referans yüzeyi küre ise
- bir noktanın,
- Coğrafi (jeodezik)
- Merkez (jeosentrik)
- İndirgenmiş enlem değerleri birbirine eşittir.
- Bu nedenle küre üzerindeki bir noktanın koordinatları,
- Küresel coğrafi (jeodezik) koordinatlar olarak adlandırılır.
- Eğer referans yüzey Elipsoit ise bu üç enlem türü birbirinden farklı değerler almaktadır.
- Elipsoit üzerinde bir noktanın koordinatları elipsoidal coğrafi (jeodezik) koordinatla tanımlanır.
- İlgili noktanın boylamı 3 enlem türü için de aynıdır.

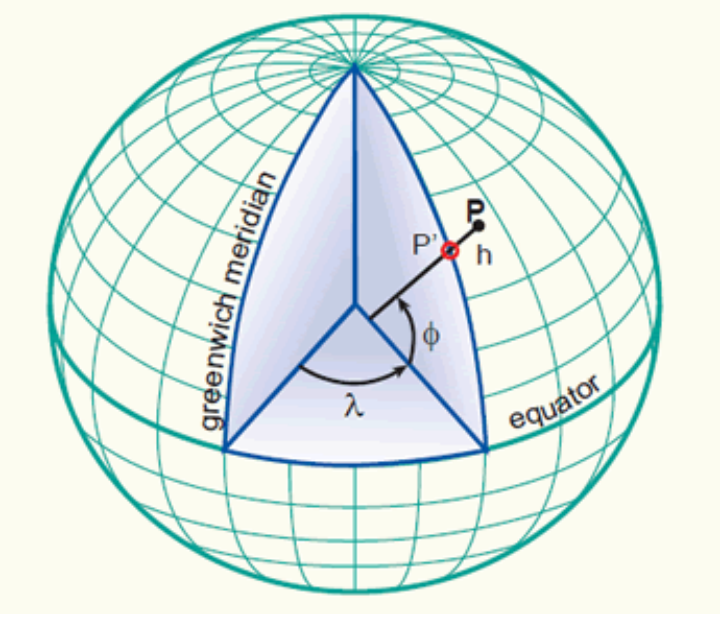
Jeodezide kullanılan koordinatlar
2 boyutlu coğrafi (jeodezik) koordinatlar

- Enlem (φ) noktanın elipsoit normali ile ekvatorun arakesiti
- Boylam (λ) Greenwich'ten geçen meridyen elipsi düzlemi ve boylamı belirlenecek noktanın meridyen elipsi düzlemi arasındaki açı
- Ekvatorda enlem değeri ($\varphi = 0°$)
- Kuzey kutbunda $\varphi = +90$ (90°N)
- Güney kutbunda $\varphi = -90°$ (90°S)
- Başlangıç Greenwich meridyeni ($\lambda = 0°$)
- Doğuya doğru maksimum $\lambda = +180°$ (180°E)
- Batıya doğru maksimum $\lambda = -180°$ (180°W) değerini almaktadır.



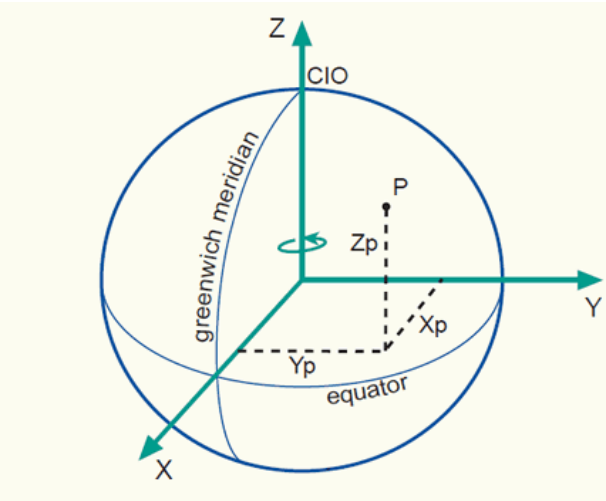
Jeodezide kullanılan koordinatlar
3 boyutlu coğrafi (jeodezik) koordinatlar

- 3 boyutlu coğrafi koordinat sistemi, 2 boyutlu coğrafi koordinatlara (h) elipsoit yüksekliği eklenerek bulunur.
- Dünya yüzeyindeki bir nokta 3 boyutlu coğrafi koordinatlarla tanımlanır.
- ECEF koordinat sistemindedir.

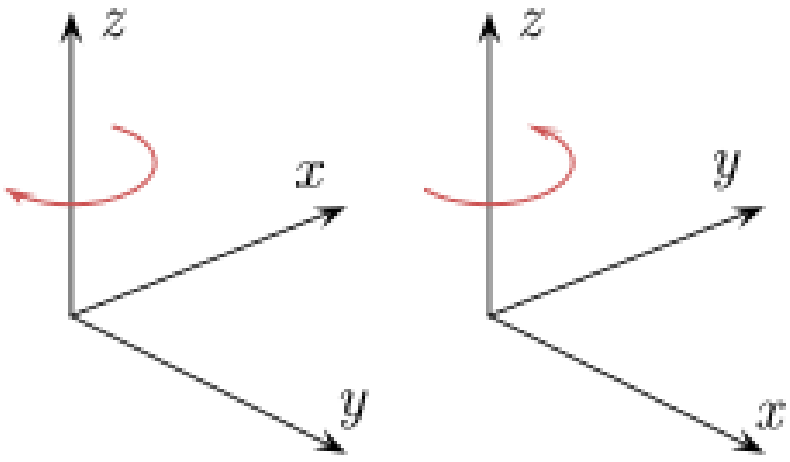


Jeodezide kullanılan koordinatlar
Jeosentrik (Kartezyen, dik) koordinatlar

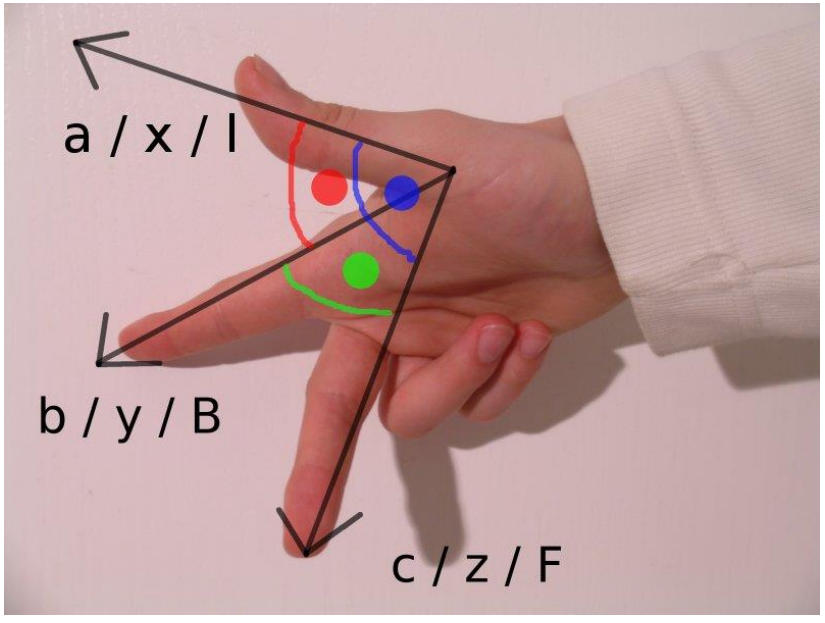
- 3 boyutlu konumunu belirlemek için alternatif olarak jeosentrik koordinatlarda (x,y,z) kullanılabilir.
- Bu koordinatlar aynı zamanda 3 boyutlu Kartezyen (dik) koordinatlar olarakta adlandırılır.
- Sistemin merkezi dünyanın kütle merkezi X ve Y ekseni ekvator düzleminde
- X ekseni Greenwich ve ekvator düzleminin arakesitinide, Z ekseni dünyanın dönme ekseni ile çakışık, Y ekseni sağ el sistemine göre yerleşir.
- Dünyanın dönme ekseni olarak CIO (Conventional International Origin) alınmıştır (ITRFxx).



Jeodezide kullanılan koordinatlar
Jeosentrik (Kartezyen, dik) koordinatlar



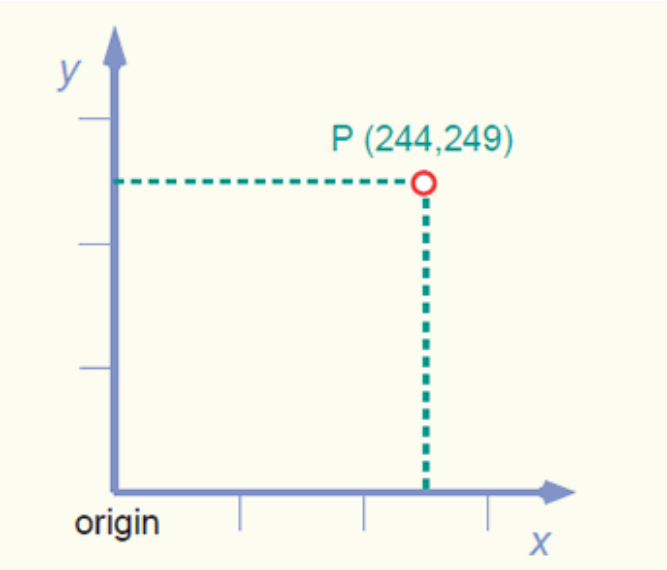
(y ekseni yöneltmesi)



(Sağ el sistemi)

Harita projeksiyonu

- Düz harita sadece iki boyuta sahiptir
- Üç boyutlu dünyayı iki boyutlu haritaya dönüştürmek harita projeksiyonu ve koordinat dönüşümünün konusudur.
- İki boyutlu kartezyen koordinatlar (x,y) herhangibir noktanın harita düzlemindeki koordinatlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır.
- x Yatay eksen (Easting)
- y Düşey eksen (Northing)



Harita projeksiyonu

- Dünyanın eğri yüzeyinin düz haritada nasıl gösterileceğini matematiksel olarak tanımlayan tekniktir.
- Dünya yüzeyinin bölümlerini düz kağıt harita ya da bilgisayar monitöründe gösterebilmek için eğri yatay referans yüzey 2 boyutlu harita düzlemine aktarılmalıdır (mapped).
- Büyük ölçekli harita yapım çalışmaları için referans yüzey olarak kutuplardan basık elipsoit,
- Küçük ölçekli harita yapım çalışmaları için referans yüzey küre seçilir.

Harita projeksiyonu

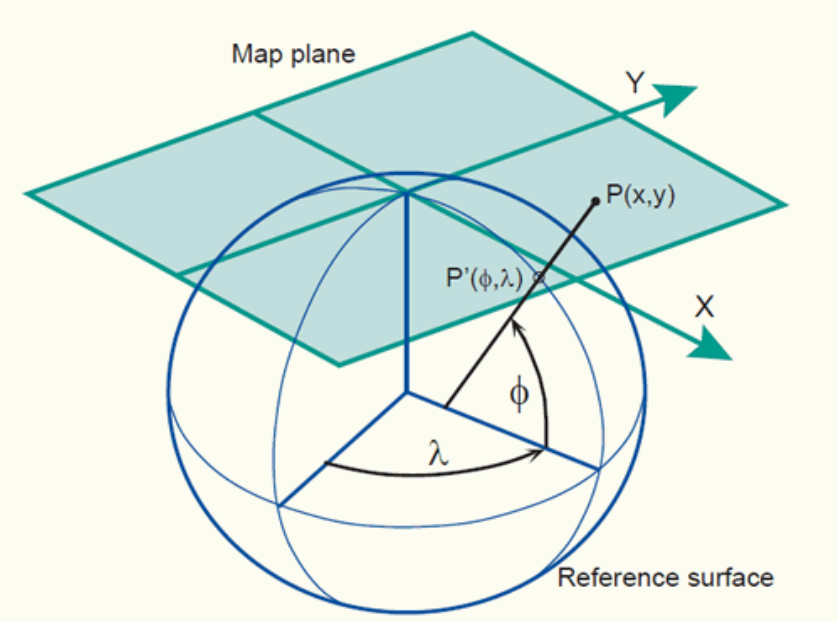
Projeksiyon çoğunlukla projeksiyon denklemleri ile gerçekleştirilir

$$(x, y) = f(\varphi, \lambda)$$

- İleri projeksiyon denklemleri

$$(\varphi, \lambda) = f(x, y)$$

- Ters projeksiyon denklemleri



Harita projeksiyonu

Merkator projeksiyonu denklemleri küre için verilmiştir (Elipsoit için olan denklemler daha karışıktır).

• İleri projeksiyon fonksiyonu:

$$x = R(\lambda - \lambda_0) \qquad y = R(\ln(\tan(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2})))$$

• Ters projeksiyon fonksiyonu:

$$\varphi = \frac{\pi}{2} - 2\arctan(e^{\frac{-y}{R}}) \qquad \lambda = \frac{x}{R} + \lambda_0$$

R: küresel referans yüzeyin yarıçapı

φ ve λ: Enlem ve boylam (radyan)

λ_0 Projeksiyonun merkez meridyeni

e doğal logaritma tabanı olup *2.718281'*dir. (eksantrisite değildir)

Jeodezide hesap yüzeyleri

Jeodezide hesap yüzeyleri

- Elipsoit üzerinde hesaplar
- Boyutları birkaç dilimi kapsayan büyük ağlar doğruluk açısından elipsoit yüzeyinde dengelenmelidir.
- Bu durumda ölçüler sadece elipsoit yüzeyine indirgenir.
- İlke olarak hesaplar hangi yüzeyde yapılacaksa o yüzeydeki koordinatlar kullanılmalı, ölçüler ilgili yüzeye indirgenmelidir
- Örneğin hesap için seçilecek yüzey
- Düzlemse, düzlem dik koordinatlar;
- Küre ise Soldner dik koordinatları ya da coğrafi koordinatlar,
- Elipsoit ise elipsoidal coğrafik koordinatlar ya da elipsoidal Soldner dik koordinatlar kullanılarak ilgili yüzeye indirgenmiş ölçülerle hesaplamalar yapılır.
- Tüm bu indirgemeler yapıldığında fiziksel yeryüzü üstündeki nirengi ağı yerine kenarları jeodezik eğri olan üçgenlerden oluşan bir ağ elde edilir (elipsoit üstünde) (Aksoy, 1990a-b).

Jeodezide hesap yüzeyleri

- Jeodezide kullanılan yüzeyler kullanım biçimine göre değişiklik göstermektedir.
- Büyük ölçekli haritalar, cadde planları ve mühendislik ölçmeleri için dünyanın düz bir yüzey olduğu kabul edilmektedir.
- Dünya eğriliğinin çok az olduğu ve bu eğriliğin ihmal edilebilir olduğu 10 km'den az uzaklıklar için dünyanın düz yüzey düşünülmesi uygundur.
- Küçük ölçekli haritalar, orta doğruluklu ölçme hesapları için dünya yüzeyi hesap kolaylığı açısından elipsoit yerine küre alınabilir.
- Kısa mesafe navigasyon ve küresel uzaklık yaklaşımlarında dünya küre kabul edilebilir.
- Uzun mesafelerde hassas uzaklık ve azimut hesapları için dünya elipsoit olarak alınabilir.

Jeodezide hesap yüzeyleri

- Genel değerlendirme ve jeodezik hesaplar
- İşte bu noktada küre ve elipsoit üzerindeki hesaplar işin içine girmektedir.
- Nokta arasındaki uzaklıklar fazla olduğunda özel formüllerle hesaplar yapılmalıdır.
- Örneğin düzlem üçgen çözümleri yerine küresel üçgen çözümleri için özel formüller kullanılır.
- Jeodezik I. ve II. Temel ödev çözümlerinde de benzer özel çözümler geçerlidir.
- Bir datumdaki ağ noktalarının koordinatlarının hesaplanmasında temel ödevlerden faydalanılabilir.

Kaynaklar

[1] http://en.wikipedia.org/wiki/Cartesian_coordinate_system

[2] http://kartoweb.itc.nl/geometrics/References/references.html

[3] Otto Huismann and Rolf A.De By, 2009, Principles of Geographic Information Systems, ITC Educational Textbook Series, Fourth Edition, Netherlands

[5] http://www.hgk.msb.gov.tr/mevzuat/yonetmelikler/bohhbuy.pdf

[4] www.hgk.msb.gov.tr/urunler/jeodezikurunler.asp
[6] http://cors-tr.iku.edu.tr/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1
[7] www.hgk.msb.gov.tr/urunler/jeodezikurunler.asp
[8] https://www.iag-aig.org/geodesy
[9] www.ngs.noaa.gov>gsvs17-backgroundstatus-201601
[10] https://earthobservatory.nasa.gov/features/GRACE/page3.php
[11] https://en.wikipedia.org/wiki/EPSG_Geodetic_Parameter_Dataset
[12]

Kaynaklar

Aksoy A., Güneş İ.H., (1990). Jeodezi I, İTÜ yayınları, İstanbul.
Aksoy A., Güneş İ.H., (1990). Jeodezi II, İTÜ yayınları, İstanbul.
Demirel H., Üstün A., (2015). Matematiksel Jeodezi, Taslak ders notu, İstanbul.
W Heiskanen W., Moritz H. (1984). Fiziksel Jeodezi, Türkçesi Onur Gürkan, Karadeniz Teknik Üniversitesi. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi. Genel yayın ; No. 19 Fakültesi yayın ; No. 8