

PROJEKSİYON KOORDİNAT SİSTEMLERİ VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ ORTAMINDA KULLANIMI

Prof. Dr. A. Melih BAŞARANER

Projeksiyonlardan bahsedilirken koordinat sistemleri terimi ile de sıklıkla karşılaşılır. Bir koordinat sistemi, nesnelerin konumsal koordinatlarının nasıl yorumlanacağını ifade eden parametreler dizisidir. Projeksiyon ise bu parametrelerden biridir. Bu terimler, sık sık birbirinin yerine kullanılmakta ise de aslında projeksiyon, koordinat sisteminin yalnızca bir parçasıdır ve bir nesnenin düz bir yüzeyde (kağıt ya da bilgisayar ekranı) nasıl gösterileceği ile ilgilidir. Sonuç olarak, projeksiyon, bir parametre dizisini - parametrelerin sayısı ve türü projeksiyona bağlıdır - içeren bir eşitlik ya da eşitlikler dizisidir. Bu parametrelere özel bir değer atandığında sonuç koordinat sistemidir. Dolayısıyla her ne kadar yazılımlarda ya da kitaplarda çoğu zaman birbiri yerine de kullanılabilse de (örn. UTM koordinat sistemi ve UTM projeksiyonu gibi) projeksiyon ve koordinat sistemi kavramları birbirine karıştırılmamalıdır. Bu kapsamda, koordinat sistemi yerine “projeksiyon koordinat sistemi” ya da “harita koordinat sistemi” kavramı kullanılırsa diğer koordinat sistemi kavramlarıyla da karışıklık önlenmiş olur. Coğrafi bilgi sistemi (CBS) ve haritacılık yazılımları, projeksiyonlar ve koordinat sistemlerine ilişkin birçok işlemin yapılabilmesine olanak tanımaktadır.

Bir projeksiyon koordinat sistemini oluşturan bileşenler şunlardır:

- **Projeksiyonlar ve Parametreleri:** Aşağıda sık kullanılan bazı projeksiyonlar ve projeksiyonlara uygulanabilecek parametreler görülmektedir:

Tablo 1 Projeksiyonlar ve parametreleri

	Datum	Birimler	Orijinin Boylamı	Orijinin Enlemi	Standart Paralel 1	Standart Paralel 2	Azimut	Ölçek Faktörü	Hatalı Sığa Değer	Hatalı Yukarı Değer	Sınır
Alan Koruyan Silindirik	X	X	X		X						
Albers Alan Koruyan Konik	X	X	X	X	X	X			X	X	
Boylam / Enlem (Longitude/Latitude)	X										
Eckert IV	X	X	X								
Eckert VI	X	X	X								
Gall	X	X	X								
Hotine Eğik Mercator	X	X	X	X			X	X	X	X	
Lambert Alan Koruyan Düzlem	X	X	X	X							X
Lambert Konform Konik	X	X	X	X	X	X			X	X	
Mercator	X	X	X								
Miller	X	X	X								
Mollweide	X	X	X								
Robinson	X	X	X								
Sinüsoidal	X	X	X								
Stereografik	X	X	X	X				X	X	X	
Transversal Mercator (Gauss-Krüger)	X	X	X	X				X	X	X	
Uzunluk Koruyan Düzlem	X	X	X	X							X
Uzunluk Koruyan Konik	X	X	X	X	X	X			X	X	

Datum: Referans elipsoidinin yeryüzünün belirli bir noktasına bağlanması ile oluşturulan bir sistemdir. Dünya üzerinde çok farklı datumlar kullanılmaktadır. Lokal datumlar (örn. NAD 27) yeryüzünün belirli bir bölgesine uydurulmuştur. Global datumlar (örn. WGS 84) ise uzun mesafeli, global ölçekteki ölçümler için tutarlı bir doğruluk sağlamak amacıyla tüm yeryüzüne uydurulmuştur. Coğrafi koordinatlar, datuma dayalı olarak belirlenir. Datum değiştirildiğinde, nokta konumları bir kaç yüz metre değişebilir. Tablo 2’te bazı datumlar, kullanıldıkları bölge ve referans elipsoitlerine göre sınıflandırılmıştır:

Tablo 2 Datum örnekleri

Datum	Bölge	Elipsoid
European 1950 (ED 50)	Avrupa	International
North American 1927 (NAD 27)	Kuzey ve Orta Amerika	Clarke 1866
Ordnance Survey of Great Britain 1936	İngiltere, İskoçya, Shetland Adaları, Galler	Airy
World Geodetic System 1984 (WGS 84)	Bütün Dünya	WGS 84
Potsdam	Almanya	Bessel
Geodetic Reference System 1980 (GRS 80)	Bütün Dünya	GRS 80

- **Birimler:** Projeksiyonlar için farklı uzunluk birimleri kullanılabilir (Tablo 3):

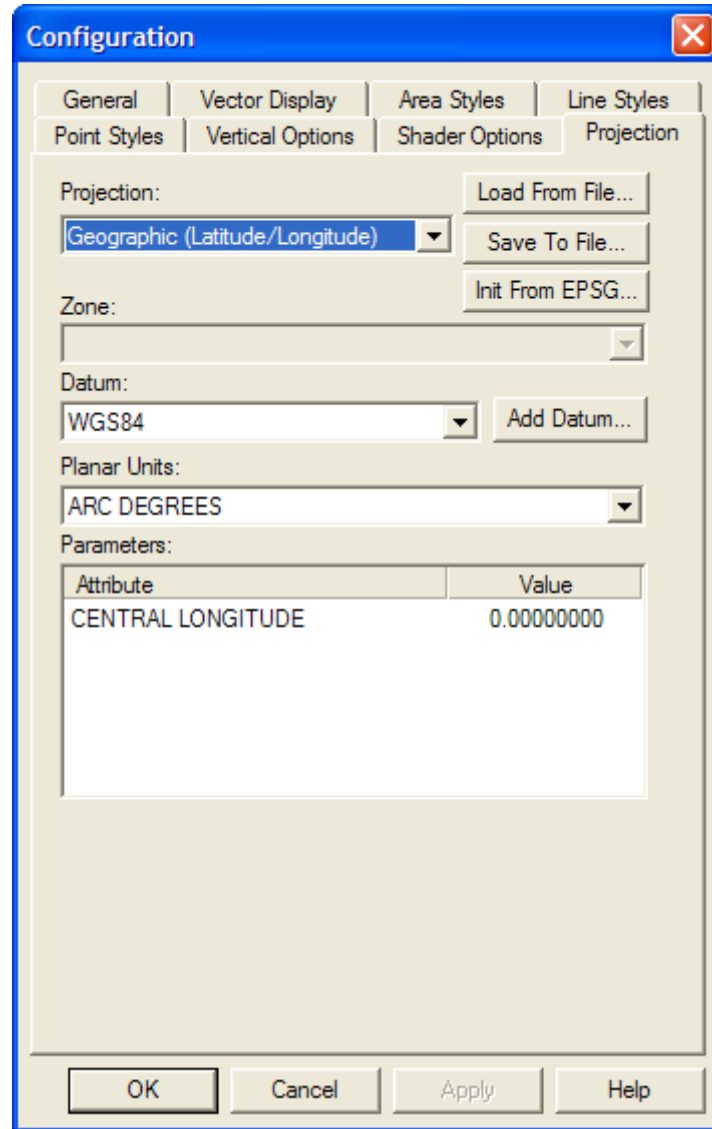
Tablo 3. Projeksiyonlarda kullanılabilecek uzunluk birimleri

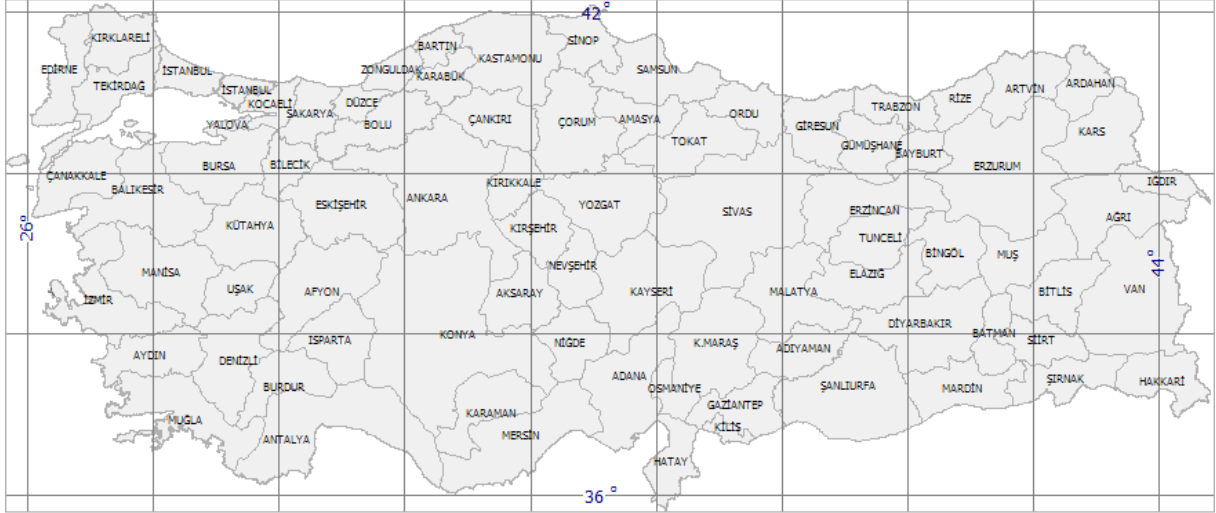
Birimler
Centimeters (cm)
Chains (ch) $\approx$ 20.12 m
Feet (ft) = 30.48 cm
Inches (in) $\approx$ 20.54 cm
Kilometers (km)
Links (li) $\approx$ 20.12 cm
Meters (m)
Miles (mi) $\approx$ 1609 m
Millimeters (mm)
Nautical Miles = 1852 m
Rods (rd) $\approx$ 1. 029 m
US Survey Feet $\approx$ 30.48006 cm
Yards (yd) $\approx$ 91.44 cm

- **Koordinat Sisteminin Orijini:** Orijin, harita koordinatlarının (0,0) olduğu noktadır. Çoğu projeksiyon, boylam/enlem olarak orijinin belirlenmesini gerektirir. Orijin, genellikle haritanın ortasında seçilir. Bununla birlikte tüm koordinatların pozitif çıkması için bölgenin dışına kaydırılabilir. Orijinden doğuya doğru gidildiğinde X, kuzeye doğru gidildiğinde Y değeri artar. Bu koordinat değerleri genel olarak sağa değer (easting) ve yukarı değer (northing) olarak adlandırılırlar.
- **Standart Paraleller:** Projeksiyon deformasyonlarından dolayı bir haritanın her yerinde ölçek sabit değildir. Çoğu projeksiyon, ölçeğin doğru olduğu yani ölçek faktörünün tam olarak 1.0 olduğu bir ya da iki standart paralele sahiptir. Standart paraleller, küre ile projeksiyon yüzeyinin kesiştiği konumları gösterir. Deformasyonlar, standart paralellerden uzaklaştıkça artma eğilimindedir. Örneğin, konik projeksiyonlarda bir koni, iki paralel daire boyunca yeryüzünü keserek geçebilir. Bunlar standart paralellerdir. Birisi izdüşüm yüzeyinin kuzeyinde diğeri güneyindedir. Her ikisi de derece olarak belirtilir.
- **Eğik Azimut:** Bir nokta ve bir azimut (yay) kullanılarak büyük daire belirlendiğinde Hotine Eğik Mercator Projeksiyonu'nda azimut "Eğik Azimut" olarak adlandırılır ve derece olarak belirtilir.
- **Ölçek Faktörü:** Ölçek faktörü, haritanın herhangi bir yerindeki ölçek ile ana ölçek (gerçek ölçek) arasındaki orandır. Örneğin, UTM projeksiyonunda orta meridyen boyunca ölçek faktörü 0.9996'dır. Bu meridyen boyunca ölçülen mesafe, ölçek dikkate alınarak yeryüzü mesafesine çevrildiğinde gerçeğinin % 99.96'sı olacaktır. Bu projeksiyon için ölçek faktörü, haritanın doğu ve batı sınırları boyunca meydana gelen deformasyonların uygun şekilde dağıtılması için dilim orta meridyeni ile dilim kenarları arasındaki mesafenin yaklaşık olarak ortasında deformasyon olmadığı kabul edilerek bulunmuştur. Bu şekilde dilim kenarlarındaki deformasyonlar küçültülmüş ve deformasyon olmayan dilim orta meridyeninde yapay olarak deformasyon oluşturulmuştur.
- **Hatalı Sağa Değer / Yukarı Değer (False Easting [X] / Northing [Y]):** Negatif değerlerden kaçınmak için harita koordinatlarına sabit değerler eklenir. Bu değerlerin seçimi kısmen keyfidir ve haritası yapılacak alanın boyutlarına bağlıdır. Bu problemi gidermek için UTM projeksiyonunda sağa değerlere 500 000 m ilave edilir.
- **Sınır:** Düzlem projeksiyonlar için derece cinsinden dünyanın ne kadarının görüleceğini belirler. Sınır, 1°-180° arasında olabilir.

UYGULAMADA SIK KULLANILAN PROJEKSİYON KOORDİNAT SİSTEMLERİ**Geographic (Latitude/Longitude) (WGS 84)**

Konum bilgisi sağlayan taşınabilir cihazlarda genellikle varsayılan (default) koordinat sistemidir. Uzunluk koruyan silindirik projeksiyona dayalıdır. EPSG 4326 koduyla tanımlanır. Yaygın bir kullanıma sahiptir.





Geographic (Longitude/Lattitude) (WGS 84) Koordinat Sisteminde Türkiye

Lambert Konform Konik (Lambert Conform Conical) (WGS 84)

Tüm Türkiye'yi (ve komşularını) gösteren uygulamalarda tercih edilebilecek bir koordinat sistemidir. 1: 500 000 ve daha küçük ölçekli Türkiye haritaları bu koordinat sisteminde üretilir. Açı koruyan kesen konik projeksiyona dayalıdır. Orta Meridyen, bölgenin ortalarında ve orijinin enlemi haritası yapılacak bölgeye göre seçilir.

Türkiye için Standart Paraleller pratik olarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

Türkiye yaklaşık olarak $\varphi_{alt} = 36^\circ$ ve $\varphi_{üst} = 42^\circ$ kuzey paralelleri arasında yer aldığından

$$\varphi_0 = (\varphi_{alt} + \varphi_{üst}) / 2 = 39^\circ \text{ (Teğet)}$$

$$\varphi_1 = (\varphi_{alt} + \varphi_0) / 2 = 37^\circ.5 \text{ (Kesen)}$$

$$\varphi_2 = (\varphi_0 + \varphi_{üst}) / 2 = 40^\circ.5 \text{ (Kesen)}$$

Bununla birlikte deformasyonlar, farklı enlemler arasında lineer olarak değişmediği için kesen durumda standart paralelleri daha hassas olarak belirlemek için için Kavrayskiy (Kavraysky) eşitlikleri kullanılabilir (Bkz. Kartografya 1 ders notları – T. Gökgöz)

Kavrayskiy yaklaşımına göre

$$\varphi_1 = 36^\circ.857143$$

$$\varphi_2 = 41^\circ.142857$$

Configuration

General | Vector Display | Area Styles | Line Styles
Point Styles | Vertical Options | Shader Options | Projection

Projection: Load From File...
Save To File...
Init From EPSG...

Zone:

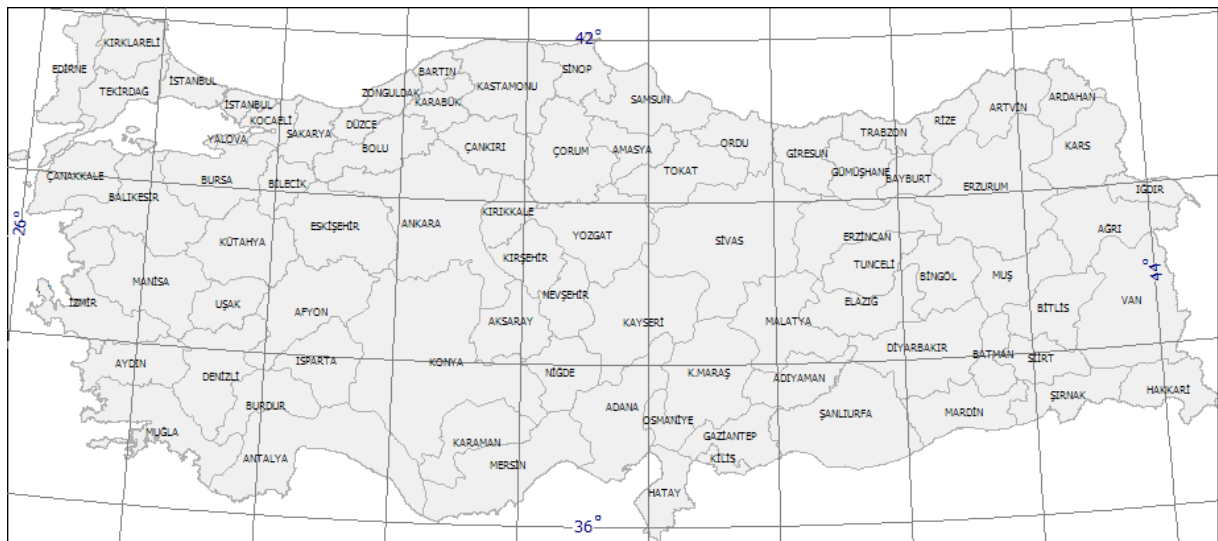
Datum: Add Datum...

Planar Units:

Parameters:

Attribute	Value
SCALE FACTOR	1.000000000
FIRST STANDARD PARALLEL	37.50000000
SECOND STANDARD PARALLEL	40.50000000
CENTRAL MERIDIAN	36.00000000
ORIGIN LATITUDE	25.00000000
FALSE EASTING (m)	1003827.110
FALSE NORTHING (m)	-1183453.080

OK Cancel Apply Help



Lambert Konform Konik (Lambert Conform Conical) (WGS 84) Koordinat Sisteminde Türkiye

Gauss-Krüger (ITRF 96/GRS 80)

Büyük ölçekli haritalarda kullanılan koordinat sistemidir. Türkiye için 27°, 30°, 33°, 36°, 39°, 42° ve 45° orta meridyen boylam (λ_0) değerleri ile 3° dilimlere ve Transversal Mercator (TM) projeksiyonuna dayalı olarak tanımlanır. Bu nedenle bazı yazılımlarda bu adla anılır. Ölçek faktörü 1'dir. Koordinat sisteminin yatay eksenı ekvator ve düşey eksenı dilim orta meridyenidir. Orijinin dik koordinatları, dilimin solunda negatif değerleri önlemek için (500 000, 0) olarak alınır. Orijinin coğrafi koordinatları ($\lambda_0, 0$)'dır. Yani bu koordinat sisteminde dik koordinatların (Sağa Değer, Yukarı Değer) coğrafi koordinat (λ, φ) karşılıklarını ya da tersini elde etmek mümkündür. Ülke koordinat sistemi ifadesi, (güncel olarak) bu koordinat sistemi için kullanılmaktadır. Aşağıda örnek bir koordinat sistemi tanımlaması yer almaktadır. Yazılımlarda uygun parametre değerleri tanımlanmamış olabilir. Bu durumda belirtilen esaslara göre girilmelidir.

Configuration

General | Vector Display | Area Styles | Line Styles
Point Styles | Vertical Options | Shader Options | **Projection**

Projection: Load From File...
Transverse Mercator Save To File...
Init From EPSG...

Zone: [Empty]

Datum: GRS80 ELLIPSOID Add Datum...

Planar Units: METERS

Parameters:

Attribute	Value
SCALE FACTOR	1.00000000
CENTRAL MERIDIAN	33.00000000
ORIGIN LATITUDE	0.00000000
FALSE EASTING (m)	500000
FALSE NORTHING (m)	0

OK Cancel Apply Help

Universal Transversal Mercator (UTM) (WGS 84)

Orta ölçekli haritalar için kullanılır. Dünya çapında tanımlanmış 6° genişlikli dilimler (zone) ve Transversal Mercator projeksiyonuna dayanır. Ölçek faktörü 0.9996'dır. Türkiye'ye denk gelen dilim numaraları 35, 36, 37, 38'dir. Bu dilimlerin orta meridyen boylam değerleri sırasıyla 27°, 33°, 39° ve 45°'dir. Koordinat sisteminin yatay eksenı ekvator ve düşey eksenı dilim orta meridyenidir. Orijinin dik koordinatları, dilimin solunda negatif değerleri önlemek için (500 000, 0) olarak alınır. Orijinin coğrafi koordinatları (λ_0 , 0°)'dir. Yani bu koordinat sisteminde dik koordinatların (Sağa Değer, Yukarı Değer) coğrafi koordinat (λ , ϕ) karşılıklarını ya da tersini elde etmek mümkündür. Aşağıda örnek bir koordinat sistemi tanımlaması yer almaktadır. Pratikte, orta ölçekli haritaların doğruluk düzeyi dikkate alındığında UTM koordinat sistemi tanımlaması için WGS 84 veya ITRF 96 datumu kullanmak arasında fark yoktur.

The Configuration dialog box is shown with the Projection tab selected. The settings are as follows:

- Projection:** UTM
- Zone:** 35 (24°E - 30°E - Northern Hemisphere)
- Datum:** WGS84
- Planar Units:** METERS
- Parameters:**

Attribute	Value
CENTRAL MERIDIAN SCALE FACT...	0.999600000
CENTRAL MERIDIAN	27.00000000
ORIGIN LATITUDE	0.00000000
FALSE EASTING (m)	500000
FALSE NORTHING (m)	0

Buttons at the bottom: OK, Cancel, Apply, Help.

Aşağıdaki görüntüde Türkiye'ye denk gelen UTM dilimleri (35, 36, 37, 38) ve grid bölgeleri harflendirmesi ($32^\circ \leq \varphi \leq 40^\circ$ ise S, $40^\circ \leq \varphi \leq 48^\circ$ ise T) görülmektedir. $6^\circ (\Delta\lambda) \times 8^\circ (\Delta\varphi)$ genişlikli grid bölgeleri, 35S, 35T, 38S, ... biçiminde adlandırılır.



GK VE UTM KOORDİNAT SİSTEMLERİNDE BİR NOKTANIN HANGİ DİLİME AİT OLDUĞUNU BULMA

Bir nokta (örn. Galata Kulesi) eğer küre üzerinde tanımlı ise tek bir coğrafi koordinat değeri (λ , φ) söz konusudur. Eğer elipsoid üzerinde tanımlı ise kullanılan elipsoide göre (elipsoid boyutları bir miktar değiştiği için) coğrafi koordinat değerleri çok az da olsa farklılık gösterir. Bu nedenle küçük ölçekli haritalar ile yapılan çalışmalar dışında coğrafi koordinatların datum bilgisi de alt indis olarak özellikle belirtilmelidir. Örn. (λ_{WGS84} , φ_{WGS84}) gibi.

Farklı haritalarda bir noktanın coğrafi koordinatları, harita koordinat sistemi datum parametresinin kullandığı elipsoid değişmediği sürece değişmez. Dik koordinatlar ise farklı harita koordinat sistemlerinde farklı değerler alır. Örn. Galata kulesinin coğrafi koordinatı, GK ve UTM koordinat sistemleri eğer aynı elipsoidi (örn. GRS 80) esas alıyor ise değişmez. Fakat dik koordinatları (sağa ve yukarı değerler) değişir.



ED50 ve WGS84 datumlarında aynı coğrafi koordinatın yeryüzünde farklı konuma karşılık gelmesi

Bu farklılık, öncelikli olarak koordinat değerlerinin hesaplanmasında kullanılan ölçek faktörlerinin (m_0) değişiminden kaynaklanır. Daha belirgin farklılaşma ise noktanın girdiği dilimlerin orta meridyenleri farklı ise yani koordinat eksenleri farklı ise meydana gelir. Örn. Galata Kulesi'nin Google Earth üzerinden okunan coğrafi koordinatları yaklaşık olarak ($\lambda_{WGS84} = 28.974124^\circ$, $\varphi_{WGS84} = 41.025648^\circ$)'dir. Bu noktanın GK ve UTM'de hangi dilime girdiği boylam (λ) değerine göre aşağıdaki tablolar esas alınarak belirlenir. Başka bir ifadeyle, noktanın boylam değerinin (λ) en yakın olduğu orta meridyen boylam (λ_0) değeri ya da dilimin en sol ve en sağ boylam değerleri aralığı $[(\lambda_0 - \Delta\lambda/2) - (\lambda_0 + \Delta\lambda/2)]$ dikkate alınarak belirlenir.

Gauss-Krüger (GK)

Orta Meridyen Boylamı (λ_0)	27°	30°	33°	36°	39°	42°	45°
Dilim Kapsamı ($\Delta\lambda = 3^\circ$)	25.5 – 28.5	28.5 – 31.5	31.5 – 34.5	34.5 – 37.5	37.5 – 40.5	40.5 – 43.5	43.5 – 46.5

Universal Transverse Mercator (UTM)

Dilim Numarası	35	36	37	38
Orta Meridyen Boylamı (λ_0)	27°	33°	39°	45°
Dilim Kapsamı ($\Delta\lambda = 6^\circ$)	24 – 30	30 – 36	36 – 42	42 – 48

Noktanın boylam değeri $\lambda_{WGS84} = 28^{\circ}.974124^{\circ}$ olduğuna göre GK koordinat sisteminde $\lambda_o = 30^{\circ}$ ve UTM koordinat sisteminde $\lambda_o = 27^{\circ}$ orta meridyenli dilime (Dilim 35) girmektedir.

Özet pratik bilgiler:

- Boylam değerleri sağa doğru, enlem değerleri yukarı doğru artar. Bu nedenle alışlagelmiş olandan farklı olarak yazılımlarda genellikle boylam değeri, enlem değerinden önce yazılır. Aksi durumda (K)uzey (N) ve (D)oğu (E) bilgisi coğrafi koordinatların sonuna eklenir.
- Coğrafi koordinatlar, kullanılan datuma bağlıdır. Dik koordinatlar ise projeksiyon yöntemine ve bu amaçla kullanılan parametre değerlerine bağlıdır.
- Bir noktanın dik koordinatları, koordinat sistemi değiştirilince değişir.
- Bir noktanın coğrafi koordinatları, datum/elipsoid farklılığı durumunda koordinat sistemi değişimlerinden etkilenir. Aksi takdirde değişmez.
- Taranmış (raster) paftalar sayısallaştırılırken noktaların varsa afin dönüşüm için en az üç ortak nokta koordinatı girilmelidir. Kontrollü dönüşüm için paftanın köşelerine yayılmış dört nokta seçilir. Paftada bozulmalar varsa nokta sayısı arttırılabilir.
- CAD formatlı vektörel bir pafta CBS yazılımlarına aktarılırken doğru projeksiyon koordinat sistemi tanımlaması girilmelidir. Aksi takdirde dik koordinatlar yanlış coğrafi koordinatlar ile eşleşir ve aynı bölgeye ilişkin farklı mekansal verilerin çakıştırılmasında problem yaşanır.
- CBS yazılımlarında koordinat sistemleri arasında geçiş mümkündür. Fakat yanlış bir koordinat sisteminde tanıtılmış bir paftayı doğru koordinat sistemine oturtmadan (başka bir ifadeyle koordinat dönüşümü yapmadan) farklı bir sisteme doğru olarak geçmek mümkün değildir. Örn. GK Orta Meridyen 30° (ITRF 96)'da tanımlı bir pafta UTM Dilim 35 (WGS84) koordinat sistemine dönüştürülmek isteniyor. Eğer bu pafta CBS yazılımında hatalı olarak GK Orta Meridyen 33° (ITRF 96) ya da GK Orta Meridyen 30° (ED 50)'de tanıtıldı ise yazılımdaki araçlar aracılığıyla yapılacak değişim önceki hatayı gidermeyecektir.
- GK ve UTM arasında dik koordinatlar ve coğrafi koordinatlar arasında geçiş dilim tanımlamaları nedeniyle mümkün olmaktadır. Dolayısıyla farklı dilimlerdeki paftaların yan yana açılması, CBS yazılımlarında mümkündür. Her iki pafta kendi dilimlerindeki tanımlandıktan sonra herhangi bir dilime göre görüntülenir. Örn. GK Orta Meridyen 27° (ITRF 96) ve GK Orta Meridyen 30° (ITRF 96)'de tanımlı paftalar birlikte kullanılacaksa tercihen solda kalan pafta önce açılır. Yazılımlarda her harita penceresi tek bir koordinat sistemine sahip olduğu için ikinci paftanın koordinatları otomatikman ilkine uyarlanır. Bu örneğe göre, ikinci pafta için sağa değerler 27° orta meridyenine göre hesaplanır yani oldukça büyür.

- Tüm Türkiye'yi kapsayan ya da birden fazla UTM dilimini kapsayan bölgeler için Lambert Konform Konik (LKK) projeksiyonuna dayalı bir koordinat sistemi kullanılabilir. Örn. 1:500 000 ölçekli topografik haritalar, LKK (WGS84) koordinat sistemiyle üretilir.
- CBS yazılımlarında düzlem (kartezyen) ve elipsoidal ya da küresel uzunluk ve alan hesaplamaları yapmak mümkündür. Büyük ölçekli haritalarda (yani coğrafi kapsam küçük olduğunda) aralarında önemli bir fark meydana gelmezken, orta ölçekli haritalarda küçük farklar meydana gelebilir. Bu farklar, ölçek küçüldükçe daha da artar.
- Google Earth'te coğrafi koordinatlar (λ_{WGS84} , ϕ_{WGS84}) ve UTM (WGS84) koordinat sisteminde dik koordinatları (sağa değer, yukarı değer) görüntüleme seçenekleri mevcuttur.
- Web haritacılık uygulamalarında (örn. Google Maps, Open Street Map vb.) genellikle Spherical/ Pseudo/ Web Mercator adıyla anılan projeksiyon yöntemi kullanılmaktadır. Bu projeksiyon yönteminde elipsoidal coğrafi koordinatlar, pratik açıdan küresel coğrafi koordinatlar gibi kabul edilerek X, Y projeksiyon koordinatları hesaplanır. Kürenin yarıçapı, WGS 84 elipsoidinin büyük yarı eksenine eşit alınır.
- Yazılımlarda tanımlı koordinat sistemleri ve parametrelerine IOGP'nin EPSG Jeodezik Parametre Veri Seti'nden ulaşılabilir. <http://www.epsg.org/>
- Dünya çapında kullanılan farklı harita koordinat sistemlerine göre coğrafi ve dik koordinatları görüntülemek için şu bağlantı kullanılabilir: <http://epsg.io>