KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEODEZİ ve FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

JEODEZİ ve FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

İKİ YADA DAHA FAZLA UTM DİLİMİNİ İLGİLENDİREN JEODEZİK PROBLEMLERİN İNCELENMESİ

Hrt.Müh. Hamit Kadir TELATAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsünce

"Harita Yüksek Mühendisi"

Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

28885

Tezin Estitüye Verildiği Tarih: 07/06/1993

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 22/06/1993

Tezin Danışmanı:Prof.Dr. Muzaffer ŞERBETÇİ

Jüri Üyesi :Yrd.Doç.Dr.Ahmet KAYA

Jüri Üyesi :Yrd.Doç.Dr. Celalettin KARAALİ

Enstitü Müdürü :Doç.Dr.Temel SAVAŞKAN

HAZİRAN-1993

TRABZON

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Programı Jeodezi Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmayı üç esas bölüm altında düşünmek lazımdır. Birinci bölümde Gauss-Krüger Koordinatları ile Elipsoidal Cografi Koordinatlar arasında dönüşümleri uygulamak, ikinci bölümde dönüşüm hesaplarının kapasitesinin artırılması yönünde bir çalışma , üçüncü bölüm olarak da hesap kapasitesini artırmadan ve hesap kapasitesinin artırılması halinde yapılan alıştırma uygulamalarının sonuçlarının incelenmesi hususlarıdır.

Bu çalışma fikrini ortaya koyan ve yönlendiren saygıdeğer Hocam Prof.Dr.Muzaffer ŞERBETÇI'ye Yrd.Doç.Dr. Ahmet KAYA'ya ve Araş.Gör. Kemal ÇELIK'e burada teşekkür etmekten memnuniyet duyarım.

Mayıs 1993 Hrt.Müh. Hamit Kadir TELATAR

İÇİNDEKİLER

ÖZET

Bu çalışmada iki yada daha fazla UTM dilimini ilgilendiren Jeodezik problemlerde karşılaşılan sorunlar üzerinde durulmuştur. Bu çalışma üç esas bölüm altında incelenmiştir.

İlk olarak Gauss-Krüger projeksiyonunda koordinat dönüşümleri anlatıldı.

İkinci olarak da Gauss-Krüger projeksiyonunda koordinat dönüşümlerinde hesap kapasitesinin artırılması hususunda bir çalışma yapıldı.

Son olarakta hesap kapasitesinin artırılması halinde çıkan sonuçlar sayisal örnekler üzerinde tablolar halinde sunuldu , Gauss - Krüger projeksiyonunda indirgemeler karşılaştırmalı olarak yapıldı ve sonuca varıldı.

SUMMARY

In this study the problems in the study of geodesy problems with two or more UTM zones had been researched. This study was prepared in three main chapters.

First, coordinate transformations in Gauss-Krüger Projection were examined. Second, numbers of calculation capasity in coordinate transformations wich were in Gauss-Krüger projection increased.

At last, increasing in capasity of calculation was searched on numerical examples.

Then, Rediction in Gauss-Krüger Projection were examined comparatively, the result were found.

1. GİRİŞ

İki yada daha fazla dilimi ilgilendiren jeodezik problemler sıkça olmasa da karşımıza çıkan problemlerdendir. Özellikle şunu bilmek gerekir ki her dilim kendi içinde bir koordinat sistemine bağlıdır. Fakat dilimler sözkonusu olduğunda, farklı koordinat sistemleri düşünmek gerekir. Böyle bir dilimden diğer bir dilime geçmek dönüşüm işlemine başvurmadan mümkün olmaz. Yada bir dilim ile ona komşu olan dilimler arasında ne kadarlık bir bölgeye geçiş yapabiliriz gibi sorulari bilmemiz gerekir. Çünkü tek bir dilime göre hesap yapmaya kalkarsak bu kez Gauss-Krüger projeksiyonundan uzaklaşmış oluruz. Hangi durumlarda bu gibi problemlerle karşılaşacağımıza birkaç ornek vermek gerekirse şunları söyleyebiliriz; karayolu, demiryolu gibi projeler hazırlanırken şeritvari uzun bir hat meydana gelecektir. Dolayısıyla dilimler arası geçiş sözkonusu olabilir. Ayrıca bir bölgede nirengi çalışması yapılacaktır, fakat çıkış almak veya bağlanmak için yakında nirengi noktası olmayabilir. Bu durumda nirengiyi uzatmak gerekecektir. Bu gibi sebeplerden dolayı bu konuda ne yapılması yada ne yapılmaması hakkında biraz bilgi verilmeye çalışılacaktır. Bu konunun iyice anlaşılabilmesi için şu konularda biraz bilgi sahibi olmak gerekir; Gauss-Krüger projeksiyon sisteminde koordinat dönüşümleridir.

2. U.T.M. PROJEKSİYON SİSTEMİ

Bu projeksiyonda uzunluk deformasyonu, noktanın, x ekseni olarak alınan ve uzunluğu koruyan koordinat başlangıç meridyenine uzaklığın artması ile büyüdüğü için, deformasyonu belli bir ölçüde tutmak için elipsoidin yüzü meridyen dilimlerine ayrılarak her dilimde, dilimi ortalayan meridyen koordinat başlangıcı alınarak, ayrı ayrı projeksiyonu yapılır. Bir dilimi sınırlayan meridyenler arasındaki boylam farkı (dilim genişliği) duruma göre 3° veya 6° alınır. 6° 'lik dilimler küçük ölçekli haritalar için, 3° 'lik dilimler ise daha çok büyük ölçekli haritalar için kullanılır. Örneğin Türkiye'de 1/25 000 ölçekli haritalar için 6° 'lik dilimler, 1/5000 ve daha büyük ölçekli haritalar için 3° 'lik dilimler kullanılmaktadır.

Universal Transvers Mercator (U.T.M.) projeksiyonu Gauss-Krüger projeksiyonu esas alınarak geliştirilmiştir. İkinci Dünya Savaşından sonra bütün dünya ülkeleri için ortak bir harita projeksiyonunun geliştirilmesi düşüncesi ortaya atılmış, uygulanacak projeksiyonda şu noktaların bulunması ileri sürülmüştür.

a)Doğrultu deformasyonlarının enaz olması için konformluk.

b)Az sayıda projeksiyon yüzeyinin kullanılması ve yüzeyler arasında dönüşümlerin mümkün olması

c)Ölçek deformasyonunun belirtilecek sınırlar içinde kalabilmesi

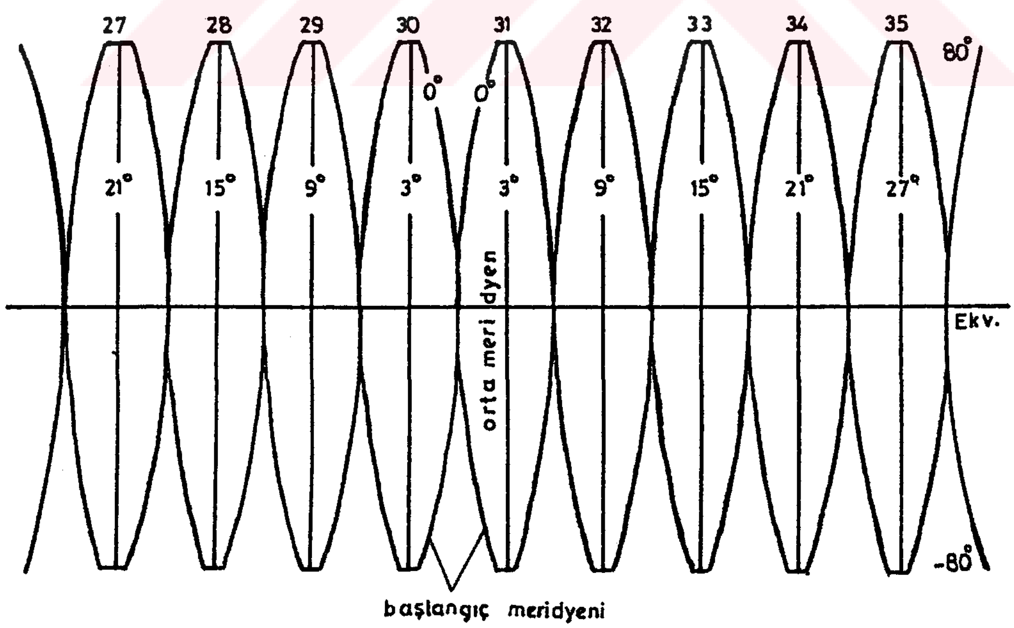
d)Dik koordinat sisteminde beraberliğin sağlanması

e)Meridyen yakınsamasının 5 dereceden küçük olması

Yukarıdaki koşulların en uyumlu olarak bir arada bulunacağı projeksiyon Gauss-Krüger projeksiyonu olduğu saptanmış, ancak bu projeksiyonda bazı değişiklikler yapılmıştır. Sonuç olarak da UTM projeksiyonu ortaya çıkmıştır.

UTM projeksiyonunda, 180° meridyeninden başlamak üzere dünya, 6° boylam aralıklı 60 dilime ayrılmıştır (Şekil.2.1) Dilimler 1 den başlamak ve doğuya doğru artan sırada 1 ile 60 arasında numaralandırılmıştır. Greenwich'den sonraki ilk dilim 31 No ile başlamaktadır. Her bir dilim bir projeksiyon sistemini belirtir. Dilimin orta meridyeni dünyaya teğet alınır. Böylace bir dilimin 3° sağı ve 3° solu aynı bir dilim içinde yer alır. (Şekil.2.1) den görüdüğü gibi dilim eksenleri 3°, 9°, 15°,... doğu ve batı meridyenleridir. Dilimlerin numaraları dilimlerin üzerinde gösterilmiştir. Projeksiyon diliminin dilim dumarası (D.N.) biliniyorken o dilimin orta meridyeninin Lo boylamı,

Lo=[(D.N.)*6°-3°]-180° dır.



Şekil 2.1. UTM projeksiyon dilimleri

Bir dilime ekvatorun 80° kuzeyi ile 80° güneyi arasında kalan kısmın projeksiyonu yapılır. 80° paralelleri ile kutup noktaları arasında kalan kuzey ve güney kutup bölgelerinin haritaları UTM projeksiyon sisteminde yapılamaz. Bu bölgelerin haritaları da "Universal Polar Stereografik (UPS)" adı verilen açı koruyan normal konumlu düzlem projeksiyon sistemine göre yapılır.

Gauss-Krüger projeksiyonunda teğet meridyen boyunca ölçek faktörü mo=1 dir. Bu değer teget meridyenden uzaklaştıkça büyüyecektir.

$$(dS/ds)=m=1+(y^2/2R^2) \tag{2.1}$$

bağıntısıyla, y teğet meridyenden olan uzaklığı gösterdiğine göre, y=0 iken m=mo=1 olur. Örneğin y=340 km ise m=1.0014 gibi bir değere ulaşmaktadır. Gauss-Krüger projeksiyonundaki bu düzensiz büyüme UTM projeksiyonunda uygun biçimde dağıtılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla eksenle dilimin sınırı arasındaki uzaklığın yaklaşık olarak ortasına gelen kısmında ölçek faktörü m=1 olarak alınmıştır. Yani dilimin eksenindeki ölçek faktörü bu defa mo≠1 olacaktır. O halde herhangi bir y uzaklığındaki m ölçek faktörü

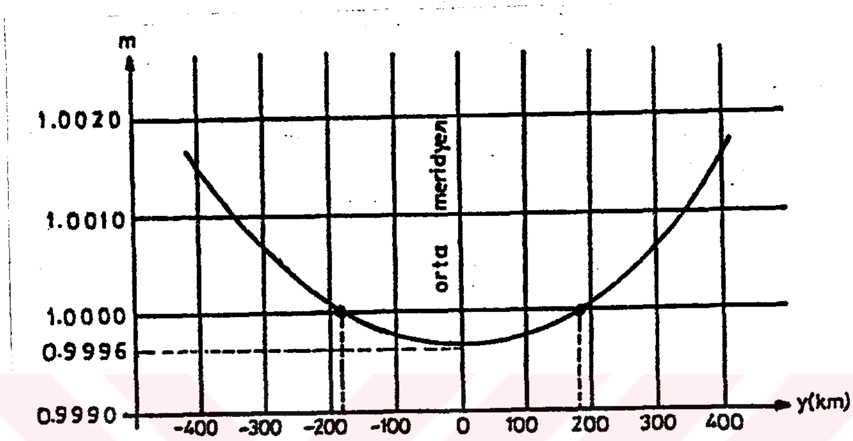
$$m=mo(1+y^2/2R^2) \tag{2.2}$$

bağıntısı ile hesaplanmaktadır. 6° dilim genişliğinde, dilim ekseninin sınır noktaya uzaklığı 340 km kabul edilirse bu uzaklığın yarısı 170 km olur. y=170 km için m=1 olacağına göre dilim ekseni için mo ölçek faktörü

$$mo=m(1-y^2/2R^2) \tag{2.3}$$

da, mo=0.9996 bulunur. UTM projeksiyonunda uzunlukların anormal büyümesini önlemek amacıyla hesaplanan x ve y değerleri mo ölçek faktörü ile küçültülerek kullanılır.

Ölçek faktörünün değişik y değerlerine göre çizilen grafiği (Şekil 2.2) de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Ölçek faktörünün değişimi

Dilim ekseninin solunda kalan noktalarin koordinatlarının eksi değerden kurtulması için mo ile küçültülen y değerlerine 500 000 metre eklenir. x değerleri kuzey yarı kürede pozitif oldugundan sabit bir değerin eklenmesine gerek yoktur. Ancak güney yarı küre için mo ile küçültülen x değerlerine 10 000 000 metre eklenir. Pozitif yapılan ordinatlara hangi dilimde olduğunu göstermek üzere o dilimin numarasını tanıtıci rakam olarak baş tarafına eklenir. Böylece elde edilen koordinat değerlerine SAĞA ve YUKARI değerler adi verilir. Sağa ve Yukarı koordinatlari UTM projeksiyonunun dik koordinat sistemindeki değerleridir. Bu değerlerle sadece çizim yapılır. Noktalar arasında uzunluk, alan, doğrultu gibi büyüklüklerin hesaplanması gerektiğinde sağa ve yuları değerlerden geri gidilerek söz konusu noktalar için y ve x ile tanımlanan Gauss-Krüger koordinatlarının bulunup bu değerlerle hesapların yapılması gerekir.

UTM projeksiyon sistemindeki (6° genişlikli) düzlem koordinatlar, y ve x Gauss-Krüger düzlem koordinatlarının degiştirilmesiyle elde edilir. "SAGA" ve "YUKARI" adlarını alırlar. SAGA ve YUKARI değerler.

$$SAGA=DN(y.mo+500\ 000) \tag{2.4}$$

$$YUKARI=x.mo$$

eşitlikleriyle hesaplanır. mo katsayısı küçültme faktörü olup değeri mo=0.9996 dır.

UTM projeksiyon sistemi için oluşturulan bu bölümlemeye göre Türkiye'nin içinde bulunduğu dilimler 35, 36, 37, 38 numaralı dilimlerdir ve bu dilimlerin orta meridyenleri de 27°, 33°, 39°, 45° doğu meridyenleridir.

3° genişlikli dilimlerin kullanıldığı projeksiyon sistemlerinde, uygulanan standartlara göre, dilim orta meridyenleri, Türkiye için 27°, 30°, 33°, 36°, 39°, 42°, 45° doğu meridyenleridir. Bu projeksiyon sisteminde elde edilen y , x Gauss-Krüger projeksiyon koordinatları "Degiştirilmis UTM" projeksiyon sistemine dönüştürülerek kullanılır. Degiştirilmis UTM projeksiyon sisteminde geçerli olan düzlem koordinatlar,

$$SAGA=y.mo+500000 \tag{2.5}$$

$$YUKARI=x.mo$$

bağıntılarıyla elde edilen "SAGA" ve "YUKARI" değerlerdir.

Buradaki küçültme faktörü mo=1.000 olarak alınır. Degiştirilmiş UTM sisteminde projeksiyon dilimlerine bir sıra numarası verilebilirse de, Türkiye'deki uygulamalarda herhangi bir dilim numarası kullanılmamaktadır. [1, 2]

Türkiye'nin içinde bulunduğu 3° lik ve 6° lik UTM dilimleri dilim genişlikleri 5'(dakika) aralıkla y(m.) olarak değerleri [Ek1]'de , [Ek2]'de ise elipsoidin parametreleri ve Türkiye'de kullanılan uluslararası Hayford Elipsoidinin parametreleri sunulmuştur.

3. ELİPSOİDİN DÜZLEME GAUSS-KRÜGER KONFORM TASVİRİ

Elipsoidin üzerinde coğrafi koordinatları (B,L) olan bir P noktasını, konform olarak düzleme tasvir etmek ve (x,y) koordinatlarını elde etmek için gerekli işlem adımları şunlardır.

1.Her iki yüzeydeki koordinat çiftleri kompleks değişkenler şeklinde birleştirilir. (q+il),(x+iy).

2.Tasviri temsil eden bir f analitik fonksiyonu seçilir.

$$(x+iy)=f(q+il)$$

Bu f fonksiyonunun belirlenmesinde tasvirin yan şartlarından hareket edilir.

3.Tasvir denklemleri seriye açılır, reel ve imajiner kısımları ayrı ayrı eşitlenerek gerekli tasvir denklemleri elde edilir.

İki sistemi birbirine tasvir etmek için orijinal ve tasvir düzleminde izometrik koordinat sistemleri ele alınmalıdır. Düzlem (x,y) dik koordinatlar izometrik koordinat özelliğini sağlamaktadır. Ancak, elipsoiddeki (B,L) coğrafi koordinat sisteminin izometrik olmadığı bilinmektedir. Tasviri gerçekleştirmek için (B,L) coğrafi koordinat sistemi, (q,l) izometrik koordinat sistemine dönüştürülmelidir.

Elipsoidin üzerinde, coğrafi boylamın diferansiyel artımı dL 'ye eşit metrik diferansiyel artımı olan enleme izometrik enlem denir.

Coğrafi koordinatları (B,L) olan bir P noktası ve bu noktanın diferansiyeli olan P' noktasına göre bir yüzey eğrisinin yay elemanı,

$$ds^2=M^2dB^2+N^2Cos^2BdL^2 \qquad (3.1)$$

dir.

Şekil 3.1 'de PQ=NCosBdL paralel daire yayı ve QP'=MdB meridyen yayını gösteren büyüklüklerdir. Bu sistem izometrik değildir. Orijinal yüzeyin (q,l) izometrik koordinatları diğer bir izometrik koordinat sistemi (x,y)'ye tasviri için iki sistemdeki yay elemanları dikkate alınır.

$$(x+iy)=f(q+il) \qquad (3.2)$$

Bir izoterm orijinal yüzeyden başka bir izoterm yüzeye geçmek için tasvir denklemi Cauchy-Rieman diferansiyel denklemini sağlamalıdır.

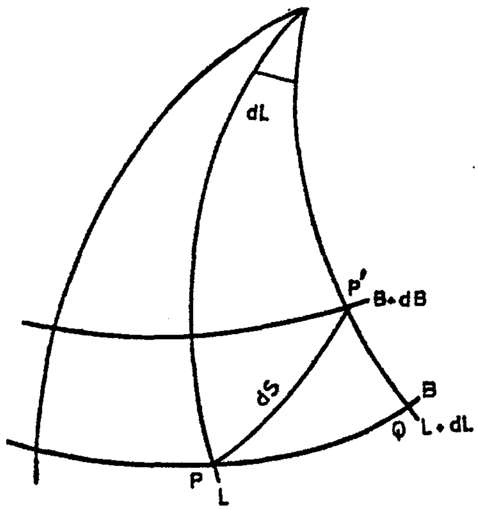
$$x=x(q,l)$$

$$y=y(q,l)$$

$$(dx/dq)=(dy/dl) \qquad (3.3)$$

$$(dx/dl)=-(dy/dq)$$

Bu (3.3) denklemleri gerçekleşirse tasvir konformdur. Bu şart (x,y) ile (q,l) analitik bir fonksiyon ile bağlanırsa sağlanabilir. Bu noktada istenilen derecede türevleri alınabilen fonksiyona analitik fonksiyon denir.



Şekil 3.1 Orijinal yüzeydeki yay elemanı

Konform tasvirler için kullanılan analitik fonksiyonların türevini elde etmek için sadece reel kısımlarının diferansiyelinin alınması yeterlidir. Buna göre orijinal yüzeyin yay elemanı;

$$ds^2=E(dq^2+dl^2) \tag{3.4}$$

dir ve tasvir yüzeyindeki yay elemani ise;

$$\bar{ds}^2=\bar{E}(dx^2+dy^2)$$

olur. Buradan;

$$dq=MdB/NCosB \tag{3.5}$$

ve

$$dS^2=N^2Cos^2B((M^2dB^2/N^2Cos^2B)+dL^2) \tag{3.6}$$

olduğundan

$$dS^2=N^2Cos^2B(dq^2+dl^2) \tag{3.7}$$

elde edilir. Bu ise orijinal yüzeydeki yay elemanıdır.

İzometrik enlem coğrafi enlemin bir fonksiyonudur. Bir yüzey yay elemanı,

$$ds^2=\mu^2(u,v)(du^2+dv^2) \qquad (3.8)$$

şeklinde ifade edilebiliyorsa buradaki u,v parametrelerine izometrik parametreler denir. Yüzeyler için genel olarak

$$dS^2=Edu^2+2Fdudv+Gdv^2 \qquad (3.9)$$

şeklinde ifade edilebildiğinden bu izoterm sistemde

$$F=0,\ E=G=\mu^2(u,v)$$

olduğu görülür. F=0 olması parametre sistemlerinin birbirini dik kestiğini (ortogonal olduğunu) gösterir. İzometrik parametrelerle bir yüzey üzerinde diferansiyel anlamda kareler oluşturulmuştur. q izometrik enlemi için;

$$q=\int_0^B(MdB/NCosB) \qquad (3.10)$$

integrali alınarak

$$q=\ln\tan(\pi/4+B/2)-e\ln\sqrt{((1+eSinB)/(1-eSinB))} \qquad (3.11)$$

elde edilir ve buradan hiperbolik fonksiyonların özelliği kullanılarak

$$q=\operatorname{arctanh}(SinB)-e\operatorname{arctanh}(eSinB) \qquad (3.12)$$

bagıntısına ulaşılır. Buradaki e elipsoidin birinci eksentrisitesidir.

$$\Delta B=B-Bo \quad ve \quad \Delta q=q-qo \tag{3.13}$$

olduğundan Po noktasında Taylor açılımı uygulanarak

$$\Delta q=(dq/dB)_o\ \Delta B+(1/2)(d^2q/dB^2)_o\Delta B^2+(1/6)(d^3q/dB^3)_o\Delta B^3 + (1/24)(d^4q/dB^4)_o\ \Delta B^4+... \tag{3.14}$$

elde edilir ve

$$dq/dB=(M/NCosB)=(1/V^2CosB);\quad d^2q/dB^2=t(1+3\ ^2)/(V^2CosB)$$

$$d^3q/dB^3=(1+2t^2+4\eta^2+6\eta^2t^2+3\eta^4+12\eta^4t^2)/(V^6CosB)$$

$$d^4q/dB^4=t(5+6t^2+19\eta^2+24\eta^2t^2+..)/(v^8CosB) \tag{3.15}$$

$$d^5q/dB^5=(5+28t^2+24t^4+..)/(V^{10}CosB)$$

dir. Buradaki Po noktasındaki türevleri C_i indisi ile gösterirsek

$$\Delta q=c_1\Delta B+c_2\Delta B^2+c_3\Delta B^3+c_4\Delta B^4+c_5\Delta B^5+... \tag{3.16}$$

şekline dönüşür. Buradaki c_i katsayıları

$$c_1=(1/CosB_o)(1-\eta_o^2+\eta_o^4-\eta_o^6+..)$$

$$c_2=(t_o/2CosB_o)(1+\eta_o^2-3\ \eta_o^4+...)$$

$$c_3=(1/6CosB_o)(1+2t_o^2+\eta_o^2-3\eta_o^4+6\eta_o^4t_o^2+...)$$

$$c_4=(1/24\cos B_o)(5+6t_o^2-\eta_o^2+...) \qquad (3.17)$$

$$c_5=(1/120\cos B_o)(5+28t_o^2+24t_o^4+...)$$

şeklindedir.

İzometrik enlem farkından coğrafi enlem farkının hesabı için (3.14) serisinin tersi gerekmektedir. Bunun için

$$\Delta B=(dB/dq)_o\Delta q+(1/2)(d^2B/dq^2)_o\Delta q^2+(1/6)(d^3B/dq^3)_o\Delta q^3 +$$

$$(1/24)(d^4B/dq^4)_o\Delta q^4 + ... \qquad (3.18)$$

serisinden hareket edilir. Yada seri ters çevirme kuralı uygulanarak c_i katsayıları ters çevrilebilir.

$$\Delta B=d_1\ q+d_2\Delta q^2+d_3\Delta q^3+d_4\Delta q^4+d_5\Delta q^5 \qquad (3.19)$$

serisi elde edilir. Buradaki Δq 'nun kuvvetleri aşağıdaki şekildedir ve d_i katsayıları,

$$d_1=1/c_1=\cos B_o(1+\eta_o^2)$$

$$d_2=-(c_2/c_1^3)=-(1/2)(\cos^2B_ot_o)(1+4\eta_o^2+3\eta_o^4)$$

$$d_3=-(1/6)\cos^3B_o(1-t_o^2+5\eta_o^2-13\eta_o^2t_o^2+7\eta_o^4-27\eta_o^4t_o^2+...)$$

$$d_4=(1/24)\cos^4B_o(5-t_o^2+56\eta_o^2-40\eta_o^2t_o^2+...) \qquad (3.20)$$

$$d_5=(1/120)\cos^5B_o(5-18t_o^2+t_o^4+ ...)$$

şeklindedir.

Elipsoidin düzleme Gauss-Krüger Tasviri için gerekli şartlar;

Elipsoid üzerinde (B,L) coğrafi koordinatlar sistemini (x,y) düzlem dik koordinat sistemine tasvir etmek için; konformluk yanında iki tane ilave şartın gerçekleşmesi istenmektedir.

1-Tasviri yapılacak bölgenin yaklaşık ortasından geçen bir L_o ana meridyeni tasvirde düzlem sistemi apsis (x) ekseni olan bir doğru ile gösterilir.

2-Söz konusu ana meridyen uzunluk korumalıdır.

Tasvir edilecek bir P(B,L) noktasının L boylamı ile L_o başlangıç meridyeni arasındaki fark $l=L-L_o$ olsun. (3.2) bağıntısı ile bir konform tasvir elde edilir. Buradaki f bir analitik fonksiyonu gösterir. Eğer elipsoiide sıfır noktası ana meridyenle ekvatorun kesim noktası olarak alınırsa bu durumda l=0 olması halinde tasvir koordinatlarından y=0 olmaktadır. Böylece (3.2) denklemi

$$x_{y=o}=f(q) \qquad (3.21)$$

olur. Ekvator düzleminden itibaren B enlemine karşılık gelen q izometrik enlemi için meridyen yayı uzunluğu G ise

$$x_{y=o}=G=f(q) \qquad (3.22)$$

olduğu ortaya çikmaktadır. O halde f sembolü altında meridyen yayının izometrik enleme bağlılığını ifade eden fonksiyon anlaşılmalıdır. Bu fonksiyon bir eliptik integraldir ve değerlendirilmesi kolay değildir. Bunun yerine f(q) nun türevi kolayca (3.5) den

$$dx=dG=MdB=NCosBdq \tag{3.23}$$

veya

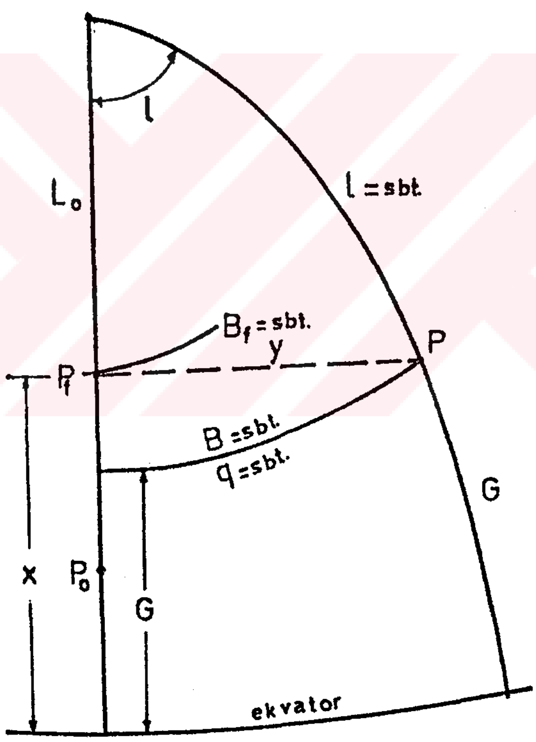
$$dx/dq=dG/dq=df(q)/dq=f'(q)=NCosB \tag{3.24}$$

elde edilir. Analitik fonksiyonun türevi değişkenlerin reel kısmına göre diferansiyeli alınarak bulunduğundan (3.2) denkleminin ana meridyen üzerindeki herhangi bir noktasindaki türevi (3.24) denklemini vermektedir. O halde (3.2) denklemi böyle bir noktada Taylor serisine açılabilir. Bu açılımdan elde edilen seri ifadenin reel ve imajiner kısımarının ayrılması ile Gauss-Krüger tasvir denklemlerini yani, elipsoid üzerinde (B,L) coğrafi koordinatları verilen bir noktanın düzlem (x,y) dik koordinat sisteminde gösterimini sağlayan denklem elde edilir. [3, 4, 5]

4. GAUSS-KRUGER PROJEKSİYUNUNDA KOORDİNAT DÖNÜŞÜMLERİ

4.1. Tek Değişkenli Kuvvet Serileri İle Dönüşüm

Kabul edilen şartlara göre $l=L-L_0$ değeri küçük olduğu halde B veya q değeri 80° ye kadar herhangi bir değeri alabilir. Küçük değerler ile çalışmak için başlangıç meridyeni üzerinde bir P_0 yardımcı noktası seçilir. Bu noktaya göre coğrafi ve izometrik enlem farkları $B=B-B_0$ ve $\Delta q=q-q_0$ şeklinde ifade edilir.



Şekil 4.1 Gauss-Krüger düzlem koordinatlarının elde edilişi

Buna göre (3.2) denklemi

$$x+iy=F(q_0+\Delta q+il) \tag{4.1.1}$$

şeklinde yazılarak ve fonksiyon P_0 noktasında Taylor serisine açılarak

$$f(x+h)=f(x)+f'(x)h+(1/2!)f''(x)h^2+(1/3!)f'''(x)h^3+\ldots \quad (4.1.2)$$

den

$$x+iy=F(q)_0+F'(q)_0(\Delta q+il)+(1/2)F''(q)_0(\Delta q+il)^2$$

$$+(1/6)F'''(q)_0(\Delta q+il)^3+\ldots. \quad (4.1.3)$$

ifadesi elde edilir.(3.22) formülünden P_0 'a bağlı türevler alınarak ;

$$x+iy=G_0+(dG/dq)_0(\Delta q+il)+(1/2)(d^2G/dq^2)_0(\Delta q+il)^2+$$

$$+(1/6)(d^3G/dq^3)_0(\Delta q+il)^3+\ldots \quad (4.1.4)$$

olur. dG/dq türevi (dG/dB)*(dB/dq) şeklinde düşünülerek türev alınmalıdır.

$$x-G_0=\Delta x \quad (4.1.5)$$

denildiğinde sıfır noktasına bağlı türevleride a_i ile gösterilmek üzere tasvir denklemleri;

$$x+iy=a_1(\Delta q+il)+a_2(\Delta q+il)^2+a_3(\Delta q+il)^3+$$

$$+a_4(\Delta q+il)^4+a_5(\Delta q+il)^5+a_6(\Delta q+il)^6+$$

$$+a_7(\Delta q+il)^7+a_8(\Delta q+il)^8+\ldots. \quad (4.1.6)$$

olur.Buradaki $(\Delta q+il)$ 'nin seri açılımları (Ek-3) 'dedir.a_i katsayıları ise aşağıdaki şekilde bulunurlar.

$$a_1=(dG/dq)_0 = [\ (dG/dB)(dB/dq)\ ]_0 = N_0 Cos B_0$$

$$a_2=(1/2)(d^2G/dq^2)_0 = (1/2)[\ (d/dB)(dG/dq)(dB/dq)\ ]_0$$

$$= (-1/2)N_0 Cos^2 B_0 t_0$$

$$a_3=(1/6)(d^3G/dq^3)_0 = (1/6)[\ (d/dB)(d^2G/dq^2)(dB/dq)\ ]_0$$

$$=(-1/6)N_0 Cos^3 B_0 (1-t_0{}^2+\eta_0{}^2)$$

$$a_4=(1/24)(d^4/dq^4)_0 = (1/24)[\ (d/dB)(d^3/dq^3)(dB/dq)\ ]_0$$

$$=(1/24)N_0 Cos^4 B_0 t_0 (5-t_0{}^2+9\eta_0{}^2+4\eta_0{}^4) \qquad (4.1.7)$$

$$a_5=(1/120)(d^5G/dq^5)_0=(1/120)[\ (d/dB)(d^4G/dq^4)(dB/dq)\ ]_0$$

$$=(1/120)N_0 Cos^5 B_0 (5-18t_0{}^2+t_0{}^4+14\eta_0{}^2-58t_0{}^2\eta_0{}^2)$$

$$a_6=(1/720)(d^6G/dq^6)_0=(1/720)[\ (d/dB)(d^5G/dq^5)(dB/dq)\ ]_0$$

$$=(1/720)N_0 Cos^6 B_0 t_0 (-61+58t_0{}^2-t_0{}^4-270\eta_0{}^2+330t_0{}^2\eta_0{}^2)$$

$$a_7=(1/5040)(d^7G/dq^7)_0=(1/5040)[\ (d/dB)(d^6G/dq^6)(dB/dq)\ ]_0$$

$$=(1/5040)N_0 Cos^7 B_0 (-61+479t_0{}^2-179t_0{}^4+t_0{}^6)$$

$$a_8=(1/40320)(d^8G/dq^8)_0$$

$$=(1/40320)[(d/dB)(d^7G/dq^7)(dB/dq)]_0$$

$$=(1/40320)N_0 Cos^8 B_0 t_0 (1385-3111t_0{}^2+543t_0{}^4-t_0{}^6)$$

Eger (4.1.6)'dan reel ve imajiner kısımları biribirinden ayrılırsa x ve y için sag tarafta Δq ve l 'nin üslerinin bulunduğu seriler elde edilir. Taylor açılımını P_0 noktası yerine, tasvir edilecek P(B,L) noktasının B=sabit paralel dairesiyle ana meridyenin P_B kesim nok- tasında yapalım. Buna göre ΔB ve $\Delta q=0$ olur. Öyleki (4.1.6) denklemindeki parantezli ifade de sadece (il)'lerin olduğu görülür. Şimdi reel ve imajiner kısımları ayrılırsa (4.1.5)' in dikkate alınmasıyla

$$x=G-a_2l^2+a_4l^4-a_6l^6+a_8l^8 \qquad (4.1.8)$$

$$y=a_1l-a_3l^3+a_5l^5-a_7l^7$$

olur. Buradaki a_i ler (4.1.7) eşitliklerinden B enlemi ile hesaplanabilir. İşaret ve ρ faktörünün katsayıların içine katılması ve yeni sembollerle

$$x=G+A_2l^2+A_4l^4+A_6l^6+A_8l^8+....$$

$$y=A_1l+A_3l^3+A_5l^5+A_7l^7+.... \qquad (4.1.9)$$

şeklinde düzlem dik koordinatlar elde edilir. Buradaki A_i katsayıları

$$A_1=\frac{N\cos B}{\rho}$$

$$A_2=\frac{N\cos^2 B t}{2\rho^2}$$

$$A_3=\frac{N\cos^3 B}{6\rho^3}(1-t^2+\eta^2)$$

$$A_4=\frac{NCos^4Bt}{24\rho^4}(5-t^2+9\eta^2+4\eta^4) \qquad (4.1.10)$$

$$A_5=\frac{NCos^5B}{120\rho^5}(5-18t^2+t^4+14\eta^2-58t^2\eta^2)$$

$$A_6=\frac{NCos^6Bt}{720\rho^6}(61-58t^2+t^4+270\eta^2-330t^2\eta^2)$$

$$A_7=\frac{NCos^7B}{5040\rho^7}(61-479t^2+179t^4-t^6)$$

$$A_8=\frac{Ncos^8Bt}{40320\rho^8}(1385-3111t^2+543t^4-t^6)$$

şeklindedir.

UTM dilim sınırları içinde, yani ±3° 'de A_5'e kadar olan formül yapısı yeterli idi. Bu çalışmada A_6, A_7 ve A_8 hesaplara dahil edilerek dilim yüzeyi arttırılması denenmiştir. Yani L_0 ana meridyeninden ±4° lik uzaklaşmaya imkan verecek formül yapısı amaçlanmıştır.

O halde (B,L) coğrafi koordinatlarından bir L_0 sisteminde (x,y) Gauss-Krüger koordinatlarının hesabı aşağıdaki gibidir:

Verilenler:P(B,L) coğrafi koordinatları

Istenenler:L_0 sisteminde (x,y) Gauss-Krüger koordinatları

$$x=G+A_2l^2+A_4l^4+A_6l^6+A_8l^8+....$$

$$y=A_1l+A_3l^3+A_5l^5+A_7l^7+....$$

Buradaki G meridyen yayı uzunluğu olup aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$G=A'B+B'Sin2B+C'Sin4B+D'Sin6B+E'Sin8B+F'Sin10B+... \quad (4.1.11)$$

olup uluslararası Hayford elipsoidi için katsayı değerleri

$$A'= 111\ 136.536655 \text{ m/°}$$
$$B'= -16\ 107.034679 \text{ m}$$
$$C'= 16.976211 \text{ m}$$
$$D'= -0.022266 \text{ m}$$
$$E'= 0.000032 \text{ m}$$

dır. [6]

Ters işlem olarak; yani bilinen (x,y) Gauss-Krüger koordinatlarından (B,L) coğrafi koordinatların hesaplanması aslında iki adımda düşünülür. Birinci adım olarak (x,y) Gauss-Krüger koordinatlarından elipsoidin (q,l) izometrik koordinat sistemi elde edilir. İkinci adımda izometrik enlemin coğrafi enleme dönüşümü sağlanır.

(3.2)'nin tersi olan

$$q+il=f(x+iy) \quad (4.1.12)$$

analitik fonksiyonuna ulaşılır. Buradaki f'nin anlamı (3.22) ve (3.23)'ün tersi olan

$$q_{l=0}=f(x)=f(G) \quad \text{ve} \quad f'(x)=dq/dG=(1/NCosB) \qquad (4.1.13)$$

denklemlerinden çıkar. (4.1.13) ve (4.1.12) nin sağ tarafı (4.1.4) de kullanılan yol ile P_0 noktasında Taylor serisine açılabilir.

$$\Delta q=q-q_0 \quad , \quad \Delta x=x-G_0 \qquad (4.1.14)$$

$$q+il=(dq/dG)_0(\Delta x+iy)+(1/2)(d^2q/dG^2)_0(\Delta x+iy)^2+$$

$$+(1/6)(d^3q/dG^3)_0(\Delta x+iy)^3+... \qquad (4.1.15)$$

şeklinde ifade edilir. Başka bir gösterim şekli olarak ilgili türevleri katsayılara dahil ederek

$$q+il=b_1(\Delta x+iy)+b_2(\Delta x+iy)^2+b_3(\Delta x+iy)^3+$$

$$+b_4(\Delta x+iy)^4+b_5(\Delta x+iy)^5+b_6(\Delta x+iy)^6+$$

$$+b_7(\Delta x+iy)^7+b_8(\Delta x+iy)^8+.... \qquad (4.1.16)$$

yazabiliriz. Buradaki $(\Delta x+iy)$ lerin açılımları (Ek-4)'de verilmiştir. Ayrıca b_i katsayıları seri ters çevirme kuralı uygulanarak bulunabileceği gibi ; ilk türev dq/dG belli olduğundan yüksek dereceden terimler dq/dG 'nin türevleri ilerletilerek elde edilir.

$$b_1=\left(\frac{dq}{dG}\right)_0=\frac{1}{N_0CosB_0}$$

$$b_2=\frac{1}{2}\left(\frac{d^2q}{dG^2}\right)_0=\frac{t_0}{2N_0^2\mathrm{Cos}B_0}$$

$$b_3=\frac{1}{6}\left(\frac{d^3q}{dG^3}\right)_0=\frac{1+2t_0^2+\eta_0^2}{6N_0^3\mathrm{Cos}B_0}$$

$$b_4=\frac{1}{24}\left(\frac{d^4q}{dG^4}\right)_0=\frac{t_0(5+6t_0^2+\eta_0^2-4\eta_0^4)}{24N_0^4\mathrm{Cos}B_0}$$

$$b_5=\frac{1}{120}\left(\frac{d^5q}{dG^5}\right)_0=\frac{5+28t_0^2+24t_0^4+6\eta_0^2+8t_0^2\eta_0^2}{120N_0^5\mathrm{Cos}B_0}$$

$$b_6=\frac{1}{720}\left(\frac{d^6q}{dG^6}\right)_0=\frac{t_0(61+180t_0^2+120t_0^4+46\eta_0^2+48t_0^2\eta_0^2}{720N_0^6\mathrm{Cos}B_0}$$

$$b_7=\frac{1}{5040}\left(\frac{d^7q}{dG^7}\right)_0=\frac{61+662t_0^2+1320t_0^4+720t_0^6}{5040N_0^7\mathrm{Cos}B_0}$$

$$b_8=\frac{1}{40320}\left(\frac{d^8q}{dG^8}\right)_0=\frac{t_0(1385+7266t_0^2+10920t_0^4+5040t_0^6}{40320N_0^8\mathrm{Cos}B_0} \tag{4.1.17}$$

şeklinde bulunur. (4.1.15) açılımı P_0 noktası yerine hesaplanması gereken P noktasının $P_f(B_f,0)$ ayak noktasında düşünülürse, bu takdirde $\Delta x=0$ olacak ve reel ve imajiner kısımların ayrılması ile (4.1.15) den

$$\Delta q=-b_2y^2+b_4y^4-b_6y^6+b_8y^8-....$$

$$l=b_1y-b_3y^3+b_5y^5-b_7y^7+.... \qquad (4.1.18)$$

denklemleri elde edilir. Ancak burada hesaplanacak olan b_i katsayıları B_f enleminde hesaplanmaktadır. Hasaplamanın ikinci adımı olan izometrik enlemden coğrafi enleme dönüşüm içinΔq 'danΔB'ye geçiş sağlanmalıdır.

$$\Delta B=d_1\Delta q+d_2\Delta q^2+d_3\Delta q^3+d_4\Delta q^4 \; d_5\Delta q^5+... \qquad (4.1.19)$$

deki Δq katsayı değerleri aşağıdaki gibidir.

$$\Delta q=-b_2y^2+b_4y^4-b_6y^6+b_8y^8$$

$$\Delta q^2=b_2^2y^4-2b_2b_4y^6+b_4^2y^8+2b_2b_6y^8 \qquad (4.1.20)$$

$$\Delta q^3=-b_2^3y^6+3b_2^2b_4y^8$$

$$\Delta q^4=b_2^4y^8$$

ve

$$\Delta B=B-B_f=-(b_2d_1)y^2+(b_4d_1+b_2^2d_2)y^4 -$$

$$-(b_6d_1+2b_2d_2b_4+b_2^3d_3)y^6 \quad +$$

$$+(b_8d_1+2b_2b_6d_2+b_4d_2+3b_2b_4d_3+b_2^4d_4)y^8-... \qquad (4.1.21)$$

şekline gelir. İşaret ve ρ farktörünün katsayıların içine katılması ve yeni sembollerle

$$B=B_f+B_2y^2+B_4y^4+B_6y^6+B_8y^8+...$$

$$l=B_1y+B_3y^3+B_5y^5+B_7y^7+\ldots \qquad (4.1.22)$$

şekline dönüşür ve B_i katsayıları aşağıdadır.

$$B_1= \rho/(N\mathrm{Cos}B)$$

$$B_2=(\rho t/2N^2)(-1-\eta^2)$$

$$B_3=(\rho/6N^3\mathrm{Cos}B)(-1-2t^2-\eta^2)$$

$$B_4=(\rho t/24N^4)(5+3t^2+6\eta^2-6t^2\eta^2) \qquad (4.1.23)$$

$$B_5=(\rho/120N^5\mathrm{Cos}B)(5+28t^2+24t^4)$$

$$B_6=(\rho t/720N^6)(-61-90t^2-45t^4-107\eta^2+162\eta^2t^2+45\eta^2t^4)$$

$$B_7=(\rho/5040N^7\mathrm{Cos}B)(-61-662t^2-1320t^4-720t^6)$$

$$B_8=(\rho t/40320N^8)(1385+3633t^2+4095t^4+1575t^6)$$

UTM dilim sınırları içinde yani ±3° 'de B_5 'e kadar olan formül yapısı yeterli idi. Bu çalışmada B_6, B_7, B_8 hesaplara dahil edilmiş ve dilim yüzeyini ±4° 'lik uzaklaşmaya imkan verecek formül yapısı amaçlanmıştır.

O halde (x,y) Gauss-Krüger koordinatlarından bir L_0 sisteminde (B,L) coğrafi koordinatlarının hesabı aşağıdaki gibidir:

Verilenler: L_0 sisteminde (x,y) Gauss-Krüger koordinatları

Istenenler: P(B,L) coğrafi koordinatları

$$B=B_f+B_2y^2+B_4y^4+B_6y^6+B_8y^8+...$$

$$l=B_1y+B_3y^3+B_5y^5+B_7y^7+...$$

Buradaki B_f değeri x=G değerine karşılık gelen enlem değeri olup aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$B_f=\delta+B''Sin2\delta+C''Sin4\delta+D''Sin6\delta+E''Sin8\delta+F''Sin10\delta+... \quad (4.1.24)$$

ve burada

$$\delta=x/A' \quad (4.1.25)$$

olup ve uluslararası Hayford elipsoidi için katsayı değerleri:

A'= 111 136.536655 m/°

B"= 0.144930070479 °

C"= 0.000213850830 °

D"= 0.000000432177 °

E"= 0.000000000993 °

F"= 0.000000000002 ° dır.[6]

Bu konularla ilgili sayısay örnekler Bölüm 7,Alıştırma 1 ve 2 'de verilmiştir. Ayrıca bu konularla ilgili bilgisayar programları [Ek-5] ve [Ek-6] 'da , cep hesaplayıcıları için ise [Ek-7] ve [Ek-8] 'de sunulmuştur.

4.2. Çift Değişkenli Kuvvet Serileri İle Dönüşüm

Coğrafi koordinatlardan Gauss-Krüger koordinatlarının hesabı ve bunun tersi için çıkarılan formüllerdeki değişkenler l ve y 'dir. Diğer değişkenler ise B ve x 'dir. Bu değişkenler dönüştürülecek noktanın coğrafi enlemi veya ayak noktasının coğrafi enlemine serilerin katsayıları içinde tesirlerini göstermektedirler.

(3.2) genel ifadesi kullanılarak (4.1.3) ve (4.1.6) ifadeleri tek değişkenli seriler bahsinde elde edilmişti. Burada $(\Delta q+il)$ 'nin kuvvetlerine ihtiyaç vardır. Bu açılımlar [Ek-3] 'de verilmiştir. Bulunan bu eşitlikler (4.1.3) 'te yerine konularak reel ve imajiner kısımlarının ayrılamsıyla

$$\Delta x=a_1\Delta q+a_2(\Delta q^2-l^2)+a_3(\Delta q^3-3\Delta q l^2)+$$

$$+a_4(\Delta q^4-6\Delta q^2 l^2+l^4)+a_5(\Delta q^5-10\Delta q^3 l^2+5\Delta q l^4)+\ldots$$

$$y=a_1 l+2a_2\Delta q l+a_3(3\Delta q^2 l-l^3)+$$

$$+a_4(4\Delta q^3 l-4\Delta q l^3)+a_5(5\Delta q^4 l-10\Delta q^2 l^3+l^5)+\ldots \qquad (4.2.1)$$

olur. Buradaki a_i katsayıları (4.1.7) 'deki gibidir. (4.2.1) 'deki Δq için;

$$\Delta q=c_1\Delta B+c_2\Delta B^2+c_3\Delta B^3+c_4\Delta B^4+c_5\Delta B^5+\ldots \qquad (4.2.2)$$

serisi kullanılarak ilgili kuvvetleri alınıp yerine yazılır ve a_{ij} sembolü ile gösterirsek

$$x=x_0+a_{10}\Delta B+a_{20}\Delta B^2+a_{02}l^2+$$

$+a_{30}\Delta B^3+a_{12}\Delta Bl^2+$

$+a_{40}\Delta B^4+a_{22}\Delta B^2 l^2+a_{04}l^4+$

$+a_{50}\Delta B^5+a_{32}\Delta B^3 l^2+a_{14}\Delta Bl^4+\ldots$ (4.2.3)

$y=a_{01}l+a_{11}\Delta Bl+a_{21}\Delta B^2 l+a_{03}l^3+$

$+a_{31}\Delta B^3 l+a_{13}\Delta Bl^3+$

$+a_{41}\Delta B^4 l+a_{23}\Delta B^2 l^3 a_{05}l^5+\ldots$

buradaki a_{ij} katsayıları

$a_{10}=(N_0/\rho)(1-\ n_0^2+\ n_0^4-\ n_0^6)$

$a_{20}=(3N_0t_0/2\rho^2)(\ n_0^2+2\ n_0^4)$

$a_{02}=(N_0Cos^2B_0t_0)/(2\rho^2)$

$a_{21}=(N_0CosB_0)/(2\rho^3)(1-\ \eta_0^2-3\ \eta_0^2t_0^2-\ \eta_0^4+6\ \eta_0t_0^4t_0^2)$

$a_{12}=(N_0Cos^2B_0)/(2\rho^3)(1-t_0^2-\ \eta_0^2t_0^2-\ \eta_0^4t_0^2)$

$a_{40}=(N_0t_0/2\rho^4)(-\ \eta_0^2)$

$a_{22}=(N_0Cos^2B_0t_0)/(4\rho^4)(-4+3\ \eta_0^2-3\ \eta_0^2t_0^2)$

$a_{13}=(N_0Cos^3B_0t_0)/(6\rho^4)(-5+t_0^2-4\ \eta_0^2-\ \eta_0^2t_0^2)$

$a_{41}=(N_0CosB_0)/(24\rho^5)$

$a_{23}=(N_0Cos^3B_0/12\rho^5)(-5+13t_0^2)$

$a_{05}=(N_0Cos^5B_0/120\varrho^5)(5-18t_0^2+t_0^4)$

$a_{01}=(N_0CosB_0)/(\varrho)$

$a_{11}=(N_0CosB_0t_0/\varrho^2)(-1+\eta_0^2-\eta_0^4)$

$a_{30}=(N_0/2\varrho^3)\ \eta_0^2(1-t_0^2-2\eta_0^2+7\eta_0^2t_0^2)$

$a_{03}=(N_0Cos^3B_0/6\varrho^3)(1-t_0^2+\eta_0^2)$

$a_{31}=(N_0CosB_0t_0/6\varrho^4)(1-10\eta_0^2+3\eta_0^2t_0^2)$

$a_{04}=(N_0Cos^4B_0t_0/24\varrho^4)(5-t_0^2+9\eta_0^2)$

$a_{32}=(N_0Cos^2B_0/3\varrho^5)(-1+t_0^2)$

$a_{14}=(N_0Cos^4B_0/24\varrho^5)(5-18t_0^2+t_0^4)$

elde edilir.

Gauss-Krüger koordinatlarından cografi koordinatların hesabı için düzlem dik koordinatların çift degişkenli serilerin hesabında oldugu gibi

$$(\Delta q+il)=f(x+iy) \qquad (4.2.5)$$

şeklinde izometrik parametreler oluşturulur. Bu oluşturulan parametrelerde reel ve imaginer kısımlar ayrı ayrı birbirlerine eşitlenerek cografi koordinatlar elde edilir. Fonksiyonun Taylor serisi açılımı B_0 başlangıcında yazılırsa y=0 ve l=0 için $\Delta q=f(x)$ yazılabileceginden

$$(\Delta q+il)=(dq/dx)_0(x+iy)+(d^2q/dx^2)_0(x+iy)^2+\ldots \qquad (4.2.6)$$

ifadesi elde edilir. Burada B_0 'a bağlı terimler katsayı haline dönüştürülerek

$$(\Delta q+il)=b_1(x+iy)+b_2(x+iy)^2+b_3(x+iy)^3... \qquad (4.2.7)$$

eşitliğine ulaşılır. Fonksiyonun reel ve imajiner kısımları ayrı ayrı birbirlerine eşitlenerek

$$\Delta q=b_1\ x+b_2(\Delta x^2-y^2)+b_3(\Delta x-3\Delta xy^2)+.... \qquad (4.2.8)$$

$$l=b_1y+2b_2\Delta xy+...$$

elde edilir. Koordinat dönüşümünün (x,y) ile (q,l) arasında değil (x,y) ile (B,L) arasında düzenlenmesi istendiğinden Δq izometrik enlem farkından ΔB coğrafi enlem farkına geçiş yapılmalıdır. Bunun için dönüşüm serisi (4.1.19) 'daki gibidir. Δq 'nun (4.2.8) deki ilgili kuvvetleri yerine yazılırsa

$$B=B_0+b_{10}\Delta x+$$

$$+b_{20}\Delta x^2+b_{02}y^2+$$

$$+b_{30}\Delta x^3+b_{12}\Delta xy^2+$$

$$+b_{40}\Delta x^4+b_{22}\Delta x^2y^2+b_{04}y^4+$$

$$+b_{50}\Delta x^5+b_{32}\Delta x^3y^2+b_{14}y^4+... \qquad (4.2.9)$$

$$l=b_{01}\ y+$$

$$+b_{11}\Delta xy+$$

$$+b_{21}\Delta x^2y+b_{03}y^3+$$

$+b_{31}\Delta x^3 y+b_{13}\Delta x^2 y^3+$

$+b_{41}\Delta x^4 y+b_{23}\Delta x^2 y^3+b_{05}y^5+\ldots$

elde edilir. Buradaki b_{ij} katsayıları

$$b_{10}=(\rho/\eta_0)(1+\eta_0^2)$$

$$b_{01}=(\rho/N_0 \cos B_0)$$

$$b_{11}=(t_0\rho/N_0^2 \cos B_0)$$

$$b_{20}=(3\eta_0 t_0\rho/2N_0^2)(-1-t_0^2)$$

$$b_{02}=(t_0\rho/2N_0^2)(-1-\eta_0^2)$$

$$b_{30}=(\eta_0^2\rho/2N_0^3)(-1-t_0^2-2\eta_0^2+6\eta_0^2 t_0^2)$$

$$b_{21}=(\rho/2N_0^3 \cos B_0)(1+2t_0^2+\eta_0^2)$$

$$b_{03}=(-1/3)b_{21}$$

$$b_{12}=(\rho/2N_0^3)(-1-t_0^2-2\eta_0^2+2\eta_0^2 t_0^2-\eta_0^4+3\eta_0^4 t_0^2)$$

$$b_{40}=(\eta_0 t_0\rho/2N_0^4)$$

$$b_{31}=(t_0\rho/6N_0^4 \cos B_0)(5+6t_0^2+\eta_0^2)$$

$$b_{22}=(t_0\rho/4N_0^4)(-2-2t_0^2+9\eta_0^2+\eta_0^2 t_0^2)$$

$$b_{13}=-b_{31} \qquad (4.2.10)$$

$$b_{04}=(t_0\rho/24N_0^4)(5+3t_0^2+6\eta_0^2-6\eta_0^2 t_0^2)$$

$b_{41}=(\rho/24N_0^5 \text{Cos}B_0)(5+28t_0^2+24t_0^4)$

$b_{32}=(\rho/6N_0^5)(-1-4t_0^2-3t_0^4)$

$b_{23}=-2b_{41}$

$b_{14}=(\rho/24N_0^5)(5+14t_0^2+9t_0^4)$

$b_{05}=(1/5)b_{41}$

dır.

Bu konu ile ilgili sayısal örnekler Bölüm 7 'de Alıştırma 3 ve 4 'de verilmiştir.

4.3. Meridyen Konvergensi İçin Kuvvet Serileri

Coğrafi koordinatları (B,L) olan ve Gauss-Krüger koordinatları (x,y) olan elipsoid üzerinde bir P noktasından hareket ederek B=Sabit, l=Sabit, x=Sabit, y=Sabit koordinat çizgileri (Şekil-4.3.1)'de görüldüğü gibi olsun.

Bu dört koordinat çizgilerin pozitif yönü diğer koordinatların büyüdüğü yöndür. Yani l=Sabit çizgisi kuzeye doğru pozitiftir. Çünkü B kuzeye doğru artmaktadır. Buna göre y= Sabit 'de kuzey yönünde pozitiftir. B=Sabit ve x=Sabit ise doğuya doğru pozitif alınmalıdır. Pozitif dönme yönü olarak l=Sabit için pozitif doğrultuşundan enkısa yoldan B=Sabit pozitif doğrultusuna geçme açısıdır.

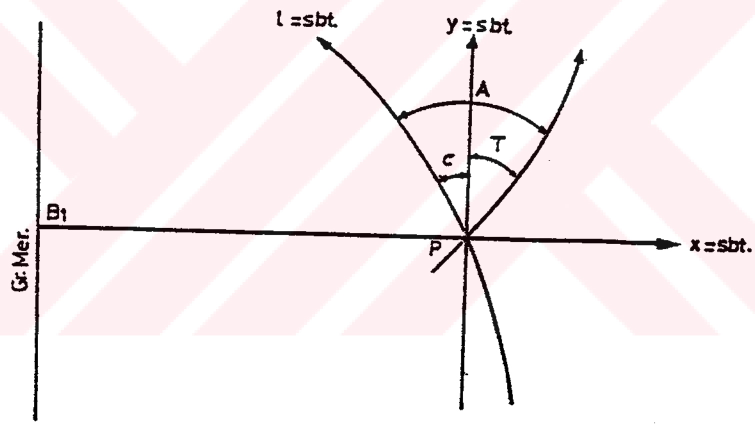
Bir P noktasından kalkan yöneltilmiş doğrultu ile l=Sabit çizgisinin pozitif yönü arasındaki açıya A (Azimut) denir ve pozitif dönme yönünde ölçülür. Buna karşılık P noktasında y=Sabit çizgisi ile pozitif doğrultu arasındaki açıya T açıklık açısı denir ve ayni şekilde pozitif dönme yönünde ölçülür. Her iki açı (A,T), (l=Sabit ve y=Sabit doğrultuları) arasındaki açıya Meridyen Konvergensi denir. Aynen l ve y 'deki gibi ana meridyenin doğusunda pozitif batısında negatif olur ve

$$A=T+c$$

$$T=A-c \tag{4.4.1}$$

$$c=A-T$$

bağıntıları yazılabilir.



Şekil 4.3.1 Meridyen yakınsaması

T=0 da c=A 'dır. Yani meridyen konvergensi y=Sabit doğrultusundaki azimuttur. A=0 olduğundan c=-T 'dir. Yani meridyen konvergensi l=Sabit'in kuzey ile olan açıklık açısının ters işaretlisidir.

4.3.1. Tek Değişkenli Serilerle

B ve l 'den c 'nin hesabı:

$$c=A'_1 l+A'_3 l^3+A'_5 l^5+\ldots \tag{4.3.1.1}$$

dır. Buradan

$$A'_1=\text{Cos}Bt$$

$$A'_3=(\text{Cos}^3Bt/3\varrho^2)(1+3\ \eta^2+2\ \eta^4)$$

$$A'_5=(\text{Cos}^5Bt/15\varrho^4)(2-t^2) \tag{4.3.1.2}$$

şeklindedir.

x ve y 'den c 'nin hesabı:

$$c=B'_1 y+B'_3 y^3+B'_5 y^5+\ldots \tag{4.3.1.3}$$

dir. Buradan

$$B'_1=t\ \varrho/N$$

$$B'_3=(t\ \varrho/3N^3)(-1-t^2+\ n^2+2\ n^4) \tag{4.3.1.4}$$

$$B'_5=(t\ \varrho/15N^5)(2+5t^2+3t^4)$$

şeklindedir.

4.3.2. Çift Degişkenli Serilerle

B ve l 'den c 'nin hesabı:

$$c=a'_{01}l+a'_{11}\Delta Bl+a'_{21}\Delta B^2 l+a'_{03}l^3+a'_{31}\Delta B^3 l+$$

$$a'_{13}\Delta Bl^3+a'_{41}\Delta B^4 l+a'_{23}\Delta B^2 l^3+a'_{05}l^5+\ldots \tag{4.3.2.1}$$

eşitliği kullanılır. Eşitlikte görülen a'_{ij} katsayıları;

$a'_{01}=\mathrm{Cos}B_0t_0$

$a'_{11}=\mathrm{Cos}B_0/\varrho$

$a'_{21}=\mathrm{Cos}B_0t_0/2\varrho^2(-1)$

$a'_{03}=(\mathrm{Cos}^3B_0t_0/3\varrho^2)(1+3\ \eta_0^2+2\ \eta_0^4)$

$a'_{31}=\mathrm{Cos}B_0/6\varrho^3(-1)$

$a'_{13}=(\mathrm{Cos}^3B_0/3\varrho^3)(1-2t_0^2+3\ \eta^2-12t_0\ \eta_0^2)$

$$a'_{41}=(\mathrm{Cos}B_0t_0/24\varrho^4) \qquad (4.3.2.2)$$

$a'_{23}=(\mathrm{Cos}^3B_0t_0/6\varrho^4)(-7+2t_0^2)$

$a'_{05}=(\mathrm{Cos}^5B_0t_0/15\varrho^4)(2-t_0^2)$

dir.

x ve y 'den c 'nin hesabı:

$$c=b'_{01}y+b'_{11}\Delta xy+b'_{21}\Delta x^2y+b'_{03}y^3+b'_{31}\Delta x^3y+$$

$$+b'_{13}\Delta xy^3+b'_{41}\Delta x^4y+b'_{23}\Delta x^2y^3+b'_{05}y^5+\ldots \qquad (4.3.2.3)$$

eşitliği kullanılır. Eşitlikte görülen b'_{ij} katsayıları;

$b'_{01}=\ t_0/N_0$

$b'_{11}=(\ \varrho/N_0^2)(1+t_0^2+\ \eta_0^2)$

$b'_{21}=(\rho t_0/N_0^3)(1+t_0^2-\eta_0^2-2\eta_0^4)$

$b'_{31}=(\rho/3N_0^4)(1+4t_0^2+3t_0^4+2t_0^2\eta_0^2)$

$b'_{03}=(\rho t_0/3N_0^3)(-1-t_0^2+\eta_0^2+2\eta_0^4)$

$b'_{13}=(\rho/3N_0^4)(-1-4t_0^2-3t_0^4-2t_0^2\eta_0^2)$

$b'_{41}=(\rho t_0/3N_0^5)(2+5t_0^2+3t_0^4)$

$b'_{23}=(2\rho t_0/3N_0^5)(-2-5t_0^2-3t_0^4)$

$b'_{05}=(\rho t_0/15N_0^5)(2+5t_0^2+3t_0^4)$

bağıntılarıyla hesaplanır.[3, 4, 5].

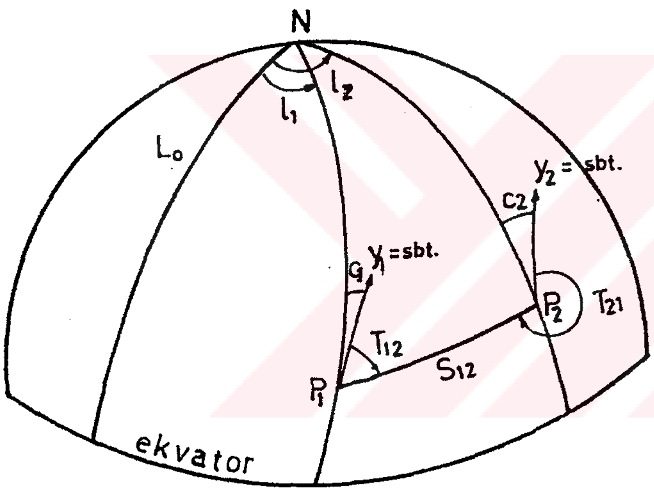
5. KOMŞU PROJEKSİYON DİLİMLERİ ARASINDA KOORDİNAT DÖNÜŞÜMLERİ

Gauss-Krüger projeksiyonunun uygulamasında projeksiyondan kaynaklanan deformasyonları sınırlı tutmak gerekir. Bu amaçla, projeksiyon orta meridyeninin her iki tarafında yine meridyen yaylarıyla sınırlandırılmış eşit alanlar tanımlanır. Bu alanın dışında kalan kısımlar için bu kez yeni bir projeksiyon sistemi olusturulur. Böylelikle tüm alan yeter sayıda projeksiyon sistemleriyle kapatılarak istek karşılanmış olur. Gauss-Krüger projeksiyonuna dayalı olarak geliştirilen UTM ve değiştirilmiş UTM projeksiyon sistemlerinde 6° ve 3° olarak tesbit edilmiştir. Bilindiği gibi oluşturulan her bir projeksiyon sistemi bağımsız bir sistemdir; yani komşu dilimdeki projeksiyon sistemiyle bir ilişkisi yoktur. İki dilimin ortak sınırı civarında bulunan bölgelerde yapılacak çalışmalarda, noktaların aynı bir koordinat sistemi içinde bulunması gereği vardır. Örneğin böyle bir arazi kesiminde , daha önce UTM yada Değiştirilmiş UTM sisteminde hesaplanmış olan noktalara dayalı olarak bir nirengi çalışmasının sonuçlandırılabilmesi, komşu dilimlerde yer alan eski noktaların aynı bir dilim içinde koordinatlarının bilinmesini gerektirir. Bu amaçla yapılacak dönüşüm hesapları "Dolaylı" ve "Dolaysız" olmak üzere iki ayrı yöntem uygulanarak gerçekleştirilir. Burada dolaysız yoldan dönüşüm anlatılmamıştır. Bu konuyla ilgili pek çok yayın ve çözüm yöntemleri bulunmaktadır.

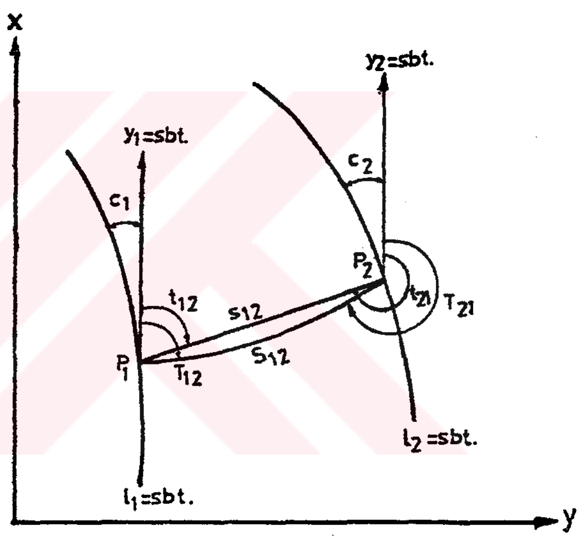
Dolaylı yoldan koordinat dönüşümü ise; koordinatları dönüştürülecek noktaların bulundugu dilime göre önce coğrafi koordinatları 4. Bölüm'de verilen ilgili bağıntılar yardımıyla elde edilir. Bunda sonra noktanın coğrafi koordinatları ile tekrar istenilen dilim orta meridyenine göre yine 4.Bölüm'de ilgili bağıntılar yardımıyla Gauss-Krüger koordinatları hesaplanır.[7]

6. GAUSS-KRÜGER PROJEKSİYONUNDA UZUNLUK VE DOĞRULTU İNDİRGEMELERİ

Elipsoid üzerinde iki nokta arasındaki uzaklık, bu iki noktayı birleştiren jeodezik eğri S olarak alınmaktadır. P_1 ve P_2 noktalarını birleştiren jeodezik eğrinin P_1 noktasındaki açıklık açısı (y_1=sabit parametre eğrisi ile s_{12} jeodezik eğri arasında, parametre eğrisinden başlayarak saat ibresi yönündeki açı) T_{12}'dir. Şekil (6.1)



Şekil 6.1 Elipsoid



Şekil 6.2 Gauss-Krüger projeksiyon düzlemi

P_1 ve P_2 noktalarının Gauss-Krüger düzleminde karşılıklari P_1' ve P_2' noktaları iseler, bu noktaları en kısa yoldan birleştiren eğri s_{12} doğrusudur ve dogrunun x ekseni ile yaptığı açı, projeksiyon açıklık açısı = düzlem açıklık açısı t_{12} dir. Şekil (6.2). Bunlara karşılık elipsoidde S_{12} jeodezik eğrisinin düzlemdeki resmi konformluk nedeni ile yine T_{12} dir.

Uzunluk indirgemesi;

$\delta S_{12}=S_{12}-s_{12}$

$$\delta S=S-s=-(s/2R_m^2)[y_m^2+(\Delta y^2/12R_m^2)-(5y_m^2/12R_m^2)-$$
$$-(5y_m^2\Delta y^2/24R_m^2)+(y_m^2\Delta x/12R_m^2)...] \qquad (6.1)$$

ve P_1 noktasındaki açıklık açısı indirgemesi;

$\delta T_{12}=T_{12}-t_{12}$

$$\delta T_{12}=(\rho/2R_m^2)y_m(x_2-x_1)(1-y_m^2/3R_m^2)-$$
$$-(\rho/12R_m^2)(x_2-x_1)(y_2-y_1) \qquad (6.2)$$

ve benzer olarak

$\delta T_{21}=T_{21}-t_{21}$

$$\delta T_{21}=(\rho/2R_m^2)y_m(x_1-x_2)(1-y_m^2/3R_m^2)-$$
$$-(\rho/12R_m^2)(x_1-x_2)(y_1-y_2) \qquad (6.3)$$

şeklindedir.[8]

Burada R_m, $x_m=(x_1+x_2)/2=G_m$ meridyen yayını veren B_m degerine karşılık

$R_m=\sqrt{(M_mN_m)}$

eşitligi ile bulunur. Ayrıca $y_m=(y_1+y_2)/2$ dir Ayrıca

$T_1=A_1-C_1$

$T_2=A_2-C_2$

$A_1=T_1+C_1$

$A_2=T_2+C_2$

olduğu (4.4.1) de verilmişti.

Buradaki A_1 ve A_2 'ler P_1 ve P_2 noktalarının azimutlarıdır. Bu A_1, A_2 ve S 'nin hesaplanma şekli [Ek-9] 'da Elipsoid üzerinde ikinci temel problem çözümü adı altında bilgisayar programı verilmiştir. Bu konu ile karşılaştırmalı sayısal örnekler Bölüm 7 Alıştırma 7'de verilmiştir.

7. ALIŞTIRMALAR

ALIŞTIRMA 1

Yer elipsoidi üzerinde coğrafi koordinatları verilen P noktasının Gauss-Krüger projeksiyon koordinatları, meridyen konvergensi ve UTM grid sistemindeki SAĞA ve YUKARI değerleri hesaplanacaktır.

VERİLENLER	İSTENENLER
P(B=36°35' , L=35°20')	P(x,y),c
L_0=33°	SAĞA,YUKARI
$l=L-L_0$=2°20'	

(4.1.11)'de B yerine B_p alınarak meridyen yayı uzunluğu olan G elde edilir.

G=4050337.523

Bundan sonra (4.1.10) formülleri ile

A_1= 89498.975680
A_2= 465.484658
A_3= 1.328626
A_4= 0.034197
A_5= $-0.132714*10^{-3}$
A_6= $1.483391*10^{-6}$
A_7= $-0.020012*10^{-6}$
A_8= $-0.028725*10^{-9}$

elde edilir ve (4.1.9)'da yerine konularak

x= 4 052 872.8430 m

y= 208 847.8125 m bulunur.

Meridyen konvergensini hesaplayabilmek için (4.3.1.2) formülleri ile

A_1'= 0.595991
A_3'= $0.039533*10^{-3}$
A_5'= $2.221285*10^{-9}$

bulunarak (4.3.1.1)' de yerine konularak

c= 1° 23' 28".1356

hesaplanmış olur. P noktasının Değiştirilmiş UTM Projeksiyon koordinatları (2.5)' den

SAĞA = 708 847.8125 m
YUKARI= 4 052 872.8430 m dir.

ALIŞTIRMA 2

UTM projeksiyon sistemindeki koordinatları verilen P noktasının elipsoidal coğrafi koordinatları ile bu noktadaki meridyen konvergensi hesaplanacaktır.

VERİLENLER	İSTENENLER
SAĞA = 36 708 764.2734	P(B,L),c
YUKARI= 4 051 251.6930	

(2.4) bağıntılarına ters işlem uygulanarak P noktasının

x = 4 052 872.8430 m
y = 208 847.8125 m .

hesaplanır. Diğer yandan DN=36 olup

$$L_0 = [(DN)*6° - 3°] - 180°$$

bağıntısından $L_0 = 39°$ bulunur.

(4.1.24)' e göre ;

$$B_f = 36° \; 36' \; 22''.2500$$

bulunarak (4.1.23) formülleri ile

$$B_1 = 0.011177*10^{-3}$$
$$B_2 = -0.524098*10^{-12}$$
$$B_3 = -0.096285*10^{-18}$$
$$B_4 = 7.109171*10^{-27}$$
$$B_5 = 1.554515*10^{-33}$$
$$B_6 = -0.108405*10^{-39}$$
$$B_7 = -0.031035*10^{-45}$$
$$B_8 = 1.657983*10^{-54}$$

katsayı değerleri hesaplanır. Bu değerler (4.1.22)'de yerine konularak

$$B = 36° \; 35' \; 0''.0000$$
$$L = 35° \; 20' \; 0''.0000$$

elde edilir. Meridyen konvergensini hesaplayabilmek için (4.3.1.4) formülleri ile

$$B_1' = 0.006665*10^{-3}$$
$$B_3' = -0.084295*10^{-18}$$
$$B_5' = 1.515446*10^{-33}$$

bulunarak (4.3.1.3)' de yerine konularak

$c = 1° 23' 28''.1356$ hesaplanmış olur.

ALIŞTIRMA 3

Yer eilpsoidi üzerinde coğrafi koordinatları verilen P noktasının Gauss-Krüger projeksiyon koordinatı, meridyen konvergensi ve UTM grid sistemindeki SAGA ve YUKARI değerleri hesaplanacaktır.

VERİLENLER	İSTENENLER
P(B=36° 40' , L=35° 10')	P(x,y),c
$L_0=33°$	SAGA,YUKARI
$l=L-L_0=2° 10'$	

$l<3°$ olduğu için P noktası 36 numaralı dilim içinde yer almaktadır. P noktasının enlem değerine en yakın 30' aralıklı B_0 değeri ise 36° 30' dır. Buna göre B enlem farkı

$$\Delta B=+10' = 0.600(1000'')$$

dır. Bu değere karşılık gelen $G=x_0$ yay uzunluğu (4.1.11)' göre

$$x_0 = 4\ 041\ 089.8610$$

bulunur ve (4.2.4) formüleri ile (4.2.3)' e göre

$a_{10}\Delta B$	=18495.195360	$a_{01}\ l$	=194122.663800
$a_{20}\Delta B^2$	= 0.259992	$a_{11}\Delta Bl$	= -416.021721
$a_{02}\ l^2$	= 2.183249*10^3	$a_{21}\Delta B^2 l$	= -0.823567

$a_{30}\Delta B^3$ =	$0.157680*10^{-3}$	$a_{03}\ l^3$ =	13.657607
$a_{12}\Delta B l^2$ =	3.903738	$a_{31}\Delta B^3 l$ =	$0.567777*10^{-3}$
$a_{40}\ l^4$ =	$0.026438*10^{-3}$	$a_{13}\Delta B l^3$ =	-0.287806
$a_{22}\Delta B^2 l^2$ =	-0.036884	$a_{41}\Delta B^4 l$ =	$-1.370753*10^{-6}$
$a_{04}\ l^4$ =	0.755107	$a_{23}\Delta B^2 l^3$ =	$0.273342*10^{-3}$
$a_{32}\Delta B^3 l^2$ =	$0.021026*10^{-3}$	$a_{05}\ l^5$ =	$-6.294040*10^{-3}$
$a_{14}\Delta B\ l^4$ =	$-3.011545*10^{-3}$		

$x = 4\ 061\ 773.1850$ m $\qquad$ $y = 193\ 719.1828$ m

bulunur.

Meridyen konvergensini hesaplayabilmek için (4.3.2.2) formülleri ile (4.3.2.1)'e uygulanmasıyla

$$
\begin{aligned}
a'_{01}\ l &= 4639.617763 \\
a'_{11}\Delta B\ l &= 18.238943 \\
a'_{21}\Delta B^2 l &= -1.962792*10^{-2} \\
a'_{03}\ l^3 &= 1.447858 \\
a'_{31}\Delta B^3 l &= -2.527200*10^{-5} \\
a'_{13}\Delta B\ l^3 &= -5.694624*10^{-4} \\
a'_{41}\Delta B^4 l &= 2.299778*10^{-7} \\
a'_{23}\Delta B^2 l^3 &= -3.510079*10^{-8} \\
a'_{05}\ l^5 &= 2.231640*10^{-9}
\end{aligned}
$$

$c = 4659''.2844$

$c = 1°\ 17'\ 39''.28$

hesaplanır ve (2.4) formülleri uygulanarakta

SAĞA = 36 693 641.6951

YUKARI= 4 060 148.4760

bulunur.

ALIŞTIRMA 4

UTM projeksiyon sistemindeki koordinatları bilinen P noktasının elipsoidal coğrafi koordinatları ile meridyen konvergensi hesaplanacaktır.

VERİLENLER	İSTENENLER
SAĞA = 36 716 972.0664	P(B,L),c
YUKARI= 4 061 328.5040	
B_0=36° 30' , L_0=39°	

(2.4) bağıntılarına ters işlem uygulanarak

x = 4 062 953.6850 m

y = 217 058.8899 m

olur. B_0 değerine karşılık gelen meridyen yayı uzunluğu $G=x_0$ (4.1.11) 'e göre

x_0 = 4 041 089.8610 m

bulunur. Buna göre hesapta kullanılacak x koordinat farkı ile y değeri

Δx = 0.218638240 (100 km)

y = 2.17058899 (100 km)

olur. (4.2.10) formülleri ile (4.2.9)'a uygulanarak

$b_{10}\Delta x$	=709.281201	$b_{01}\ y$	=8721.595803
$b_{20}\Delta x^2$	= -0.011788	$b_{11}\Delta xy$	= 22.095452
$b_{02}\ y^2$	=-88.552015	$b_{21}\Delta x^2 y$	= 0.107317
$b_{30}\Delta x^3$	= $-8.047650*10^{-6}$	$b_{03}\ y^3$	= -3.525735

$b_{12}\Delta xy^2 = 0.632907$

$b_{40}\ y^4 = 5.804144*10^{-6}$

$b_{22}\Delta x^2y^2 = -1.576542*10^{-3}$

$b_{04}\ y^4 = 0.056382$

$b_{32}\Delta x^3y^2 = 0.027083*10^{-3}$

$b_{14}\Delta xy^4 = 0.582395*10^{-3}$

$b_{31}\Delta x^3y = 3.577566*10^{-4}$

$b_{13}\Delta xy^3 = -0.035261$

$b_{41}\Delta x^4y = 5.952006*10^{-7}$

$b_{23}\Delta x^2y^3 = -2.688733*10^{-3}$

$b_{05}\ y^5 = 2.890941*10^{-3}$

B = 132020".1398

B = 36° 40' 20".1400

l = 8740".2406

l = 2° 25' 47".2900

L = 41° 25'40".2400

bulunur. Meridyen konvergensini hesaplayabilmek için (4.3.2.4) formüleri ile (4.3.2.3)'e uygulanmasıyla

$b'_{01}\ y = 5187.803192$

$b'_{11}\Delta x\ y = 37.251192$

$b'_{21}\Delta x^2y = 9.379901*10^{-2}$

$b'_{03}\ y^3 = -3.078217$

$b'_{31}\Delta x^3y = 3.856603*10^{-4}$

$b'_{13}\Delta x\ y^3 = -3.801087*10^{-2}$

$b'_{41}\Delta x^4y = 1.339405*10^{-26}$

$b'_{23}\Delta x^2y^3 = -2.640249*10^{-24}$

$b'_{05}\ y^5 = 2.602242*10^{-23}$

---

c = 5222".03

c = 1° 27' 2".03

elde edilir.

ALIŞTIRMA 5

Dilim ekseni 36° Dogu meridyeni olan Degiştirilmiş UTM projeksiyon sisteminde bulunan bir P noktasının dilim ekseni 33° Doğu meridyeni olan komşu projeksiyon sistemindeki koordinatları hesaplanacaktır.

VERİLENLER	İSTENENLER
SAĞA = 374 380.1234	SAĞA, YUKARI
YUKARI = 4 118 362.4567	L_0 = 33°
L_0 = 36°	

L_0 = 36° dilimine göre önce coğrafi koordinatları Alıştırma 2 deki gibi hesaplayarak

B = 37° 11' 16".2331
L = 34° 35' 7".2242

bulunur. Bu kez bu coğrafi koordinatlardan yararlanarak L_0 = 33° dilimine göre ALIŞTIRMA 1'deki gibi hesaplanarak

SAĞA = 640 777.0322
YUKARI = 4 118 602.3575

bulunur.

ALIŞTIRMA 6

Burada L_0= 33° orta meridyenine göre UTM projeksiyonunda L_0= 39° orta meridyeninin sınırları içindeki noktaları belli bir enlem değerini sabit alarak (B = 36°) beşer dakika aralıkla değişen boylamlarda hesaplamalar yapılacaktır. Bu hesaplamalarda coğrafi koordinatlardan Gauss-Krüger koordinatlarının bulunmasında, seri terimlerini 5'e kadar alarak yani ($A_1,...,A_5$) gibi ve seri terimlerini 8'e kadar alarak yani ($A_1,...,A_8$) gibi ayrı ayrı hesaplanacaktır. Bu hesaplanan değerlerden yararlanarak bu kez Gauss-Krüger koordinatlarından coğrafi koordinatların bulunmasında aynı şekilde seri terimleri 5'e kadar ($B_1,..,B_5$) gibi ve seri terimlerini 8'e kadar alarak yani ($B_1,...,B_8$) gibi ayrı ayrı hesaplanacaktır. Böylece bir karşılaştırma yaparak sonuç çıkarabilme olanağına sahip olunur.Bu sonuçlar tablo halinde [Ek-10,11]'de sunulmuştur.

ALIŞTIRMA 7

Burada Gauss-Krüger projeksiyonunda S-s , T_1-t_1 , T_2-t_2 indirgemeleri karşılaştırmalı olarak yapılmıştır.Bunun için L_0=33° orta meridyenine göre L_0= 39° orta meridyeninin UTM'de sınırları içerisinde yer alan 30' aralıkla sınırdan uzaklaştıkça düzeltme miktarlarındaki değişmeler izlenmiştir.

Seri terimi 5'e kadar alınan hesaplamalarda kenarların elipsoidal coğrafi koordinatları şunlardır:

Kenar No	B1=B2	L1	L2
1 , 1'	36°	36° 00'	36° 30'
2 , 2'	36°	37° 00'	37° 30'
3 , 3'	36°	38° 00'	38° 30'
4 , 4'	36°	39° 00'	39° 30'
5 , 5'	36°	40° 00'	40° 30'
6 , 6'	36°	41° 00'	41° 30'
7 , 7'	36°	41° 30'	42° 00'

Bu noktalarla ilgili hesaplamalarda kullanılacak x_5 , y_5 ve c değerleri Ekler kısmında [Ek-10]'dan alınacaktır.

Seri terimi 8'e kadar alınan hesaplamalarda noktaların elipsoidal coğrafi koordinatları yukarıda verilen elipsoidal koordinatlarının aynıdır. Fakat burada nokta numaralarını karışıklık olmaması için üslü olarak verilmiştir. Bu noktalarla ilgili hesaplamalarda kullanılacak x_B, y_B, c değerleri Ekler kısmında [Ek-10]'dan alınacaktır.

ÖRNEK

1 numaralı noktanın koordinatları:

B1 = 36° , L1 = 36° B2 = 36° , L2 = 36° 30'

x1 = 3 989 771.9690 y1 = 270 541.55534

x2 = 3 991 277.50655 y2 = 315 648.02624

İlk olarak Gauss-Krüger projeksiyonundaki x ve y değerleri kullanılarak düzlem hesapta semtleri ve kenarları hesaplanır.

s=45 131.5894, t1=88°05'17".9682, t2=268°05'17".9682

İkinci olarak elipsoidal coğrafi koordinatlardan yararlanarak Gauss Ortalama Enlem Yöntemi ile İkinci temel ödev yapılır. Bu değerleri hesaplayabilmek için Ekler bölümünde [Ek-9]'da bilgisayar programı verilmiştir. Bu değerler şunlardır:

S=45 083.7894 , A1=89° 51' 10".9911 , A2=270° 08' 49".0089

Üçüncü adım olarak T1 ve T2 'ler (6.5)'e göre

T1 = A1-c1 = 88° 05' 19".0608

T2 = A2-c2 =268° 05' 16".8005

bulunur. Bundan sonra s=S-s , t1 = T1-t1 ve t2 = T2-t2 değerleri yukarıdaki değerlerden faydalanarak

$S-s = -47.8000$ m , $t1 = 1''.0926$, $t2 = -1''.1677$

bulunduktan sonra (6.1), (6.2) ve (6.3) formülleri ile

$\delta_s = (S-s) = -47.8412$
$\delta_{T12} = (T1-t1) = 1''.0914$
$\delta_{T21} = (T2-t1) = 1''.1489$

olarak bulunur. En son olarakta bulunan bu değerlerin farkları alınarak kenarların kendilerini hangi hassasiyette indirgedikleri belirlenmiş olur.

$f_s = s-\delta_s$, $f_{t1} = t1-\delta_{T12}$, $f_{t2} = t2-\delta_{T21}$

$f_s = -0.0412$, $f_{t1} = -0.0012$, $f_{t2} = -0.0188$

Yukarıda anlatılan işlemler 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 1', 2', 3', 4', 5', 6' ve 7' kenarları içinde yapılarak aşağıda sunulmuştur.

Kenar No	f_s (m)	f_{t1} (sn)	f_{t2} (sn)
1	-0.0412	-0.0012	-0.0188
2	-0.1206	-0.0150	-0.0492
3	-0.2811	-0.0644	-0.1169
4	-0.5647	-0.1777	-0.2587
5	-1.0228	-0.3998	-0.5021
6	-1.7156	-0.7925	-0.9278
7	-2.1713	-1.0782	-1.2323
1'	-0.0412	-0.0092	-0.0108
2'	-0.1207	-0.0154	-0.0187
3'	-0.2816	-0.0235	-0.0294
4'	-0.5660	-0.0308	-0.0441

5'	-1.0259	-0.0375	-0.0649
6'	-1.7223	-0.0400	-0.0952
7'	-2.1808	-0.0384	-0.1157

8.SONUÇ

İki yada daha fazla dilimi ilgilendiren jeodezik problemlerde dilimler arasında geçişler söz konusudur.3°lik sistemde başlangıç meridyeninin dilim sınır meridyenine uzaklıkları doğu ve batı yönünde 1.5° dir. Bununla bereber bir dilimde doğu ve batı yönünde 2° ye kadarlık bir bölgenin bir dilim sistemi içindeki koordinatları hesaplanır. 6°lik (UTM) sisteminde bir dilim daha geniş bir alan kaplar. Bu da uygulamada daha uygun görünür. Fakat burada da dilim orta meridyeninden uzaklaştıkça hem uzunluk deformasyonu artmakta hem de indirgemeler için daha çok terimli eşitliklere ihtiyaç duyulmaktadır.

Burada öncelikle coğrafi koordinatlardan Gauss-Krüger düzlem koordinatlarına ve bu düzlem koordinatlara ters işlem uygulayarak coğrafi koordinatların hesaplanmasında seri terimlerinin arttırılmasının etkileri Alıştırma 6'da tablolar halinde açık bir şekilde gösterilmiştir.

Buradan çıkan sonuç şöyledir;Dönüşüm formülleri üzerinde hesap kapasitesinin arttırılmasıyla elde edilen sonuçlar ile hesap kapasitesini arttırmadan elde edilen sonuçlar oldukça farklıdır. $L_0=33°$ orta meridyenine göre $B=36°$(sabit) alınarak $L_0=39°$ orta meridyeni sınırları içinde $L=42°$ deki son noktada hesap kapasitesini arttırmadan yapılan hesaplamalarda enlemde 0.08 saniye, boylamda ise 0.03 saniye yaklaşıklıkla ters dönüşüm sağlandı. Oysa hesap kapasitesini arttırarak aynı nokta için hesaplama yaptığımızda enlemde 0.00025 saniye ve boylamda da -0.00014 saniye yaklaşıklıkla ters dönüşüm sağlanmıştır. Bunlar bizim aradığımız rakamlardır. Ancak bununla iş bitmemektedir.

Birinci paragrafta anlatıldığı gibi uzunluk deformasyonu ve indirgemeler oldukça artmaktadır. Bunun için L_0=33° orta meridyenine göre B=36° (sabit) alınarak L_0=39° orta meridyeni sınırları içinde L_1=41°30' L_2=42°'de iki noktanın (aralarındaki uzaklık yaklaşık 46 km) uzunluk ve açıklık açısı indirgemeleri hesaplanmıştır. Çıkan sonuç ise şöyledir; Hesap kapasitesini arttırarak veya arttırmadan uzunluk indirgemelerinde fark 2.18 m'ye ulaşmaktadır. Açıklık açısı indirgemelerinde bu farklar 0.9 ile 0.1 saniyeye ulaşmaktadır. Bu da indirgemede yeterlilik sağlamaz. Bunun için indirgeme formüllerindeki seri terimlerini yeterli hale gelecek şekilde çoğaltmak gerekir. Ayrıca indirgeme hesaplarında meridyen konvergens açısıda işin içinde olduğundan meridyen konvergens açısının elde edilişi de hassas bir şekilde olmalıdır. Bütün bunlar sağlandığında bir dilimin orta meridyenine göre komşu iki dilime rahatlıkla girmemizi sağlayacaktır.

Uygulamada bu tip problemler için çözüm yolu ise, ± 4° bindirme bölgeleri dışına taşan jeodezik problemlerde ayrı ayrı hesap yapmak yada coğrafi koordinatlara baş vurarak hesap yapmaktır.

9. KAYNAKLAR

[1] KOÇAK, E., Harita Projeksiyonları, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları, Trabzon, 1984

[2] ÖZBENLİ, E., Jeodezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları, Trabzon, 1991

[3] HRISTOW, K., Die Gauss-Krüger'schen Koordinaten auf dem Elipsoid, Leipzig und Berlin, 1943

[4] JORDAN/EGGERT/KNEISSL., Handbuch der Vermessungskunde Band IV, Stuttgart, 1959

[5] GROSSMAN, W., Geodatische Rechnungen und Abbildungen in der Landesvermessung, Stuttgart, 1976

[6] KAYA, A., Matematik Jeodezi I-II Ders Notları, Karadeniz Teknik Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Basılmamıştır.

[7] KOÇAK, E., Gauss-Krüger Projeksiyonunda Koordinat Dönüşümleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları, Trabzon, 1985

[8] AKSOY, A., GÜNEŞ, İ.H., Jeodezi II, İTÜ Yayınları, sayı 1422, İstanbul, 1990

[EK-1]

TURKIYE'YI ILGILENDIREN ENLEMLERDEN 3° lik ve 6° lik UTM DILIMLERI

DILIM GENISLIKLERI [5' (dakika) ARALIKLA]

ENLEM(B)	3° lik(m.)	6° lik(m.)	ENELEM(B)	3° lik(m.)	6° lik(m.)
36°00'	270503.0332	541006.0663	39°00'	259890.8986	519781.7972
36°05'	270218.1629	540436.3259	39°05'	259585.7738	519171.5475
36°10'	269932.7196	539865.4392	39°10'	259280.0976	518560.1952
36°15'	269646.7038	539293.4075	39°15'	258973.8708	517947.7416
36°20'	269360.1160	538720.2320	39°20'	258667.0940	517334.1879
36°25'	269072.9569	538145.9138	39°25'	258359.7677	516719.5355
36°30'	268785.2271	537570.4541	39°30'	258051.8927	516103.7854
36°35'	268496.9271	536993.8541	39°35'	257743.4695	515486.9391
36°40'	268208.0575	536416.1149	39°40'	257434.4989	514868.9978
36°45'	267918.6189	535837.2378	39°45'	257124.9813	514249.9627
36°50'	267628.6120	535257.2239	39°50'	256814.9176	413629.8352
36°55'	267338.0372	534676.0745	39°55'	256504.3082	513008.6164
37°00'	267046.8953	534093.7906	40°00'	256193.1539	512386.3078
37°05'	266755.1868	533510.3735	40°05'	255881.4552	511762.9105
37°10'	266462.9122	532925.8244	40°10'	255569.2129	511138.4259
37°15'	266170.0723	532340.1445	40°15'	255256.4276	510512.8552
37°20'	265876.6675	531753.3350	40°20'	254943.0998	509886.1997
37°25'	265582.6986	531165.3971	40°25'	254629.2303	509258.4607
37°30'	265288.1660	530576.3320	40°30'	254314.8198	508629.6395
37°35'	264993:0705	529986.1409	40°35'	253999.8687	507999.7375
37°40'	264697.4125	529394.8250	40°40'	253684.3779	507368.7558
37°45'	264401.1928	528802.3856	40°45'	253368.3479	506736.6958
37°50'	264104.4119	528208.8238	40°50'	253051.7794	506103.5588
37°55'	263807.0704	527614.1408	40°55'	252734.6731	505469.3461
38°00'	263509.1690	527018.3379	41°00'	252417.0295	504834.0590
38°05'	263210.7082	526421.4164	41°05'	252098.8494	504197.6989
38°10'	262911.6887	525823.3773	41°10'	251780.1335	503560.2669
38°15'	262612.1110	525224.2221	41°15'	251460.8823	502921.7645
38°20'	262311.9759	524623.9518	41°20'	251141.0965	502282.1930
38°25'	262011.2838	524022.5677	41°25'	250820.7768	501641.5536
38°30'	261710.0355	523420.0711	41°30'	250499.9239	500999.8477
38°35'	261408.2316	522816.4631	41°35'	250178.5383	500357.0766
38°40'	261105.8726	522211.7451	41°40'	249856.6209	499713.2417
38°45'	260802.9591	521605.9183	41°45'	249534.1721	499068.3443
38°50'	260499.4919	520998.9838	41°50'	249211.1928	498422.3856
38°55'	260195.4715	520390.9431	41°55'	248887.6836	497775.3671
			42°00'	248563.6450	497127.2901

[Ek-2]

Elipsoidin Parametreleri ve uluslararası Hayford Elipsoidi katsayı değerleri :

a = Büyük yarı eksen , b = Küçük yarı eksen
e = Birinci eksentrisite , e'= İkinci eksentrisite
M = Meridyen eğrilik yarıçapı
N = Meridyene dik doğrultudaki eğrilik yarıçapı

$$e^2 = \frac{(e')^2}{1+(e')^2} \qquad (e')^2 = \frac{e^2}{1-e^2}$$

$$M = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 \mathrm{Sin}^2 B)^{3/2}} \qquad n=(a-b)/(a+b)$$

$$N = \frac{a}{(1-e^2 \mathrm{Sin}^2 B)^{1/2}}$$

$$n^2 = (e')^2 \mathrm{Cos}^2 B$$

$$t = \tan B$$

Hayford Elipsoidi

a : 6 378 388 m
b : 6 356 911.94613 m
c : 6 399 936.60811 m
α : 1:297
e^2: 0.006 722 670 022 333
$(e')^2$: 0.006 768 170 197 224
n : 0.001 686 340 640 809

[Ek-3]

$(\Delta q+il)$ komplex ifadesinin yüksek dereceden açılımı :

$$(\Delta q+il)^2 =(\Delta q^2-l^2)+(2\Delta ql)$$
$$(\Delta q+il)^3 =(\Delta q^3-3\Delta ql^2)+i(3\Delta q^2l-l^3)$$
$$(\Delta q+il)^4 =(\Delta q^4-6\Delta q^2l^2+l^4)+i(4\Delta q^3l-4\Delta ql^3)$$
$$(\Delta q+il)^5 =(\Delta q^5-10\Delta q^3l^2+5\Delta ql^4)+i(5\Delta q^4l-10\Delta q^2l^3+l^5)$$

[Ek-4]

$(\Delta x+iy)$ komplex ifadesinin yüksek dereceden açılımı :

$$(\Delta x+iy)^2 =(\Delta x^2-y^2)+i(2\Delta xy)$$
$$(\Delta x+iy)^3 =(\Delta x^3-3\Delta xy^2)+i(3\Delta x^2y-y^3)$$
$$(\Delta x+iy)^4 =(\Delta x^4-6\Delta x^2y^2+y^4)+i(4\Delta x^3y-4\Delta xy^3)$$
$$(\Delta x+iy)^5 =(\Delta x^5-10\Delta x^3y^2+5\Delta xy^4)+i(5\Delta x^4y-10\Delta x^2y^3+y^5)$$

[EK-5]
COGRAFI KOORDINATLAR (B,L)'DEN GAUSS-KRÜGER (x,y) HESABI

```
DEFDBL A-Z: CLS
'COGRAFI KOORDINATLAR(B,L) DEN GAUSS-KRUGER(x,y) HESABI
 SAYAC = 0

m1$ = "╔══════════════════════════════════════════════════════════════════════════╗"
m2$ = "║      COGRAFI KOORDINATLAR (B,L)  DEN    GAUSS - KRUGER (x,y)  HESABI      ║"
m8$ = "║                               Lo=33°                                      ║"
m3$ = "╠════╤═══╤═════╤═══════════╤═══════════╤═══════════╤═══════════╤══════════╣"
m4$ = "║N.N │ B │  L  │    X5     │    Y5     │    X8     │    Y8     │    c     ║"
m5$ = "╟────┼───┼─────┼───────────┼───────────┼───────────┼───────────┼──────────╢"
m6$ = "║##  │##°│##°##│#######.#####│######.#####│#######.#####│######.#####│#°##'##.##║"
M7$ = "╚════╧═══╧═════╧═══════════╧═══════════╧═══════════╧═══════════╧══════════╝"
PRINT m1$
PRINT m2$
PRINT m8$
PRINT m3$
PRINT m4$
PRINT m5$
OPEN "i", #1, "EN1.DAT"
OPEN "O", #2, "KOOR.DAT"
WHILE NOT EOF(1)
INPUT #1, ENLEM$, BOYLAM$
SAYAC = SAYAC + 1

BD$ = LEFT$(ENLEM$, 2)
BM$ = MID$(ENLEM$, 3, 2)
BS$ = RIGHT$(ENLEM$, 2)

LD$ = LEFT$(BOYLAM$, 2)
LM$ = MID$(BOYLAM$, 3, 2)
LS$ = RIGHT$(BOYLAM$, 2)

BD = VAL(BD$)
BM = VAL(BM$)
BS = VAL(BS$)

LD = VAL(LD$)
LM = VAL(LM$)
LS = VAL(LS$)

LO = 33#
'priNT USING m1$; sayac; BD; BM; LD; LM;

B = (BD + BM / 60# + BS / 3600#)
L = (LD + LM / 60# + LS / 3600#)

PI = 4# * ATN(1#)
RO = 180# / PI
R1 = PI / 180#
R = 6378388#

S = B * PI / 180#
D = (L - LO) * PI / 180#

B1 = COS(S)
B2 = SIN(S)
EX1 = .006722670022333#
EX2 = .006768170197224#
```

```
UN = EX2 * B1 ^ 2
N = R / (SQR(1# - EX1 * B2 ^ 2))

F0 = 6367654.50006#
F2 = -.00252950826373#
F4 = .00000266600692#
F6 = -.00000003496573#
F8 = .0000000000498#
F10 = -.000000000000007#

G1 = S + F2 * SIN(2# * S) + F4 * SIN(4# * S)
G2 = F6 * SIN(6# * S) + F8 * SIN(8# * S) + F10 * SIN(10# * S)
G = F0 * (G1 + G2)
T = TAN(S)

A1 = N * B1
A2 = (N * B1 ^ 2 * T) / 2#
A3 = (N * B1 ^ 3) * (1# - T ^ 2 + UN) / 6#
A4 = (N * B1 ^ 4 * T) * (5# - T ^ 2 + 9# * UN + 4# * UN ^ 2) / 24#
A5 = (N * B1 ^ 5) * (5# - 18# * T ^ 2 + T ^ 4 + 14# * UN - 58# * T ^ 2 * UN) / 120#
A6 = (N * B1 ^ 6 * T) * (61# - 58# * T ^ 2 + T ^ 4 + 270# * UN - 330# * T ^ 2 * UN) / 720#
A7 = (N * B1 ^ 7) * (61# - 479# * T ^ 2 + 179# * T ^ 4 - T ^ 6) / 5040#
A8 = (N * B1 ^ 8 * T) * (1385# - 3111# * T ^ 2 + 543# * T ^ 4 - T ^ 6) / 40320#

C1 = B2
C3 = (B1 ^ 3 * T) * (1# + 3# * UN + 2# * UN ^ 2) / 3#
C5 = ((B1 ^ 5 * T) * (2# - T ^ 2) / 15#)

CX = C1 * D + C3 * D ^ 3 + C5 * D ^ 5
C = CX * RO
D2 = INT(C): m2 = INT((C - D2) * 60#): S2 = ((C - D2) * 60# - m2) * 60#

X5 = (G + A2 * D ^ 2 + A4 * D ^ 4)
X8 = (G + A2 * D ^ 2 + A4 * D ^ 4 + A6 * D ^ 6 + A8 * D ^ 8)

Y5 = A1 * D + A3 * D ^ 3 + A5 * D ^ 5
Y8 = A1 * D + A3 * D ^ 3 + A5 * D ^ 5 + A7 * D ^ 7
PRINT #2, X5, Y5, X8, Y8
IF SAYAC = 38 THEN
PRINT M7$
PRINT "KAGIT DEGISTIRIP <ENTER> GIRINIZ"
INPUT "", AA$
CLS
PRINT m1$
PRINT m2$
PRINT m8$
PRINT m3$
PRINT m4$
PRINT m5$
END IF
PRINT USING m6$; SAYAC; BD; LD; LM; X5; Y5; X8; Y8; D2; m2; S2;

WEND
CLOSE #2
PRINT M7$
```

```
q15 = q5 * ro
q18 = q8 * ro

u15% = INT(q15): u25 = (q15 - u15%) * 60#: u25% = INT(u25): u35 = (u25 - u25%) * 60#
u18% = INT(q18): u28 = (q18 - u18%) * 60#: u28% = INT(u28): u38 = (u28 - u28%) * 60#

c18 = c * ro

h1% = INT(c18): h21 = (c18 - h1%) * 60#: h2% = INT(h21): h3 = (h21 - h2%) * 60#

PRINT USING M6$; sayac; u15%; u25%; u35; u18%; u28%; u38; v15%; v25%; v35; v18%; v28%; v38; h1%; h2%; h3
IF sayac = 37 THEN
PRINT M7$
PRINT "KAGITI DEGISTIRIP <ENTER> GIRINIZ!..."
INPUT "", AA$
   CLS
PRINT M1$
PRINT M2$
PRINT M8$
PRINT M3$
PRINT M4$
PRINT M5$
END IF
WEND
CLOSE
PRINT M7$
```

[EK-7]
COGRAFI KOORDINATLAR (B,L)'DEN GAUSS-KRUGER (x,y) HESABI

```
10 PRINT "COGRAFI KOORDINATLAR(B.L)DEN GAUSS-KRUGER (Xg,Yg)
20 CLS
30 INPUT"ENLEM=",B:INPUT"BOYLAM=",D
40 INPUT"ORTA MERIDYEN=",E
50 PRINT"BES TERIMLI CALISACAKSAN R TUSUNA, SEKIZ TERIMLI
   CALISACAKSAN ENTER TUSUNA BASINIZ"
60 INPUT"BES/SEKIZ",$
70 F=D-E
80 G=111136.536655*B-16107.034679*SIN(2*B)+16.976211*SIN(4*
   B)-0.022266*SIN(6*B)+3.2E-05*SIN(8*B)
90 T=TANB:H=6378388
100 P=6.722670022333E-03:O=180/PI
110 M=6.768170197224E-03:U=M*COSB^2
120 N=(H/(SQR(1-P*SINB^2))
130 A1=(N*COSB)/O
140 A2=((N*COSB^2*T)/(2*O^2))
150 A3=(N*COSB^3)*(1-T^2+U)/(6*O^3)
160 A4=(N*COSB^4*T)*(5-T^2+9*U)/(24*O^4)
170 A5=(N*COSB^5)*(5-18*T^2+T^4)/(120*O^5)
180 A6=(N*COSB^6*T)*(61-58*T^2+T^4+270*U-330*T^2*U)/(720*O^6)
190 A7=(N*COSB^7)*(61-479*T^2+179*T^4-T^6)/(5040*O^7)
200 A8=(N*COSB^8*T)*(1385-3111*T^2+543*T^4-T^6)/(40320*O^8)
210 a1=SINB
220 a3=(COSB^3*T)*(1+3*U+2*U^2)/(3*O^2)
230 a5=(COSB^5*T)*(2-T^2)/(15*O^4)
240 c=a1*F+a3*F^3+a5*F^5
250 d2=INT(c):m2=INT((c-d2)*60):s2=((c-d2)*60-m2)*60
260 IF $="R" THEN X=(G+A2*F^2+A4*F^4) ELSE X=(G+A2*F^2+A4*F^4+
    A6*F^6+A8*F^8)
270 IF $="R" THEN Y=A1*F+A3*F^3+A5*F^5 ELSE Y=A1*F+A3*F^3+A5*
    F^5+A7*F^7
280 SET F4
290 PRINT"XG=";X
300 PRINT"YG=";Y
310 PRINT"C=";d2;m2;:PRINT ROUND(s2,-5)
320 GOTO 30
```

[EK-8]
GAUSS-KRÜGER (x,y)'DEN COGRAFİ KOORDİNATLAR (B,L) HESABI

```
100 PRINT "GAUSS-KRUGER(XG.YG) DEN COGRAFI KOORDINATLAR(B.L)
110 INPUT "XG=".A:INPUT"YG=".D
120 INPUT "ORTA MERIDYEN=".C
130 PRINT "BES TERIMLI CALISACAKSAN R TUSUNA BASINIZ
140 INPUT "[BES/SEKIZ]".$
150 S=A/111136.536655
160 G=.144930070479*SIN(2*S)+2.13850830E-04*SIN(4*S)+4.32177E-07
    *SIN(6*S)+9.93E-10*SIN(8*S)
170 O=180/PI:T=TANG:H=6378388
180 P=6.722670022333E-03:M=6.768170197224E-03
190 U=M*(COSG^2):N=H/(SQR(1-P*SING^2))
200 B1=O*(N*COSG)
210 B2=(T*O)*(-1-U)/(2*N^2)
220 B3=O*(-1-2*T^2-U)/(6*N^3*COSG)
230 B4=(T*O)*(5+3*T^2+6*U_6*T^2*U)/(24*N^4)
240 B5=O*(5+28*T^2+24*T^4)/(120*N^5*COSG)
250 B6=(T*O)*(-61-90*T^2-45*T^4-107*U+162*T^2*U+45*U*T^4)/(720*N^6)
260 B7=O*(-61-662*T^2-1320*T^4-720*T^6)/(5040*N^7*COSG)
270 B8=(T*O)*(1385+3633*T^2+4095*T^4+1575*T^6+1385*U-10164*T^2*U
    -5964*T^4*U-1260*T^6*U-20496*T^2*U^2-5376*T^4*U^2+3556*T^2*U^3)
    /(40320*N^8)
280 b1=(T*O)/N
290 b3=(T*O)*(-1-T^2+U+2*U^2)/(3*N^3)
300 b5=(T*O)*(2+5*T^2+3*T^4)/(15*N^5)
310 c=(b1*D+(b3*D^3)+(b5*D^5)
320 D2=INT(c):M2=INT((c-D2)*60):S2=((c-D2)*60-M2)*60
330 IF $="R" THEN V=G+B2*D^2+B4*D^4 ELSE V=G+B2*D^2+B4*D^4+B6*D^6
    +B8*D^8
340 IF $="R" THEN W=C+B1*D+B3*D^3+B5*D^5 ELSE W=C+B1*D+B3*D^3+B5*
    D^5+B7*D^7
350 DD=INT(V):MM=INT((V-DD)*60):SS=((V-DD)*60-MM)*60
360 PRINT "ENLEM=";DD;MM;:PRINT ROUND(SS,-5)
370 D1=INT(W):M1=INT((W-D1)*60):S1=((W-D1)*60-M1)*60
380 PRINT "BOYLAM=";D1;M1;:PRINT ROUND(S1,-5)
390 PRINT "C=";D2;M2;:PRINT ROUND(S2,-5)
```

[EK-9]
ELİPSOİD ÜZERİNDE JEODEZİK TEMEL PROBLEM ÇÖZÜMÜ HESABI

```
100 DEFDBL A-H:DEFDBL O-Z
110 'ELIPSOID UZERINDE JEODEZIK TEMEL PROBLEM COZUMU
120 INPUT "B1(FI)     =",B1D,B1M,B1S
130 INPUT "L1(LAMDA) =",L1D,L1M,L1S
140 INPUT "B2(FI)     =",B2D,B2M,B2S
150 INPUT "L2(LAMDA) =",L2D,L2M,L2S
160 B1=(B1D+B1M/60#+B1S/3600#):B2=(B2D+B2M/60#+B2S/3600#)
170 L1#=(L1D+L1M/60#+L1S/3600#):L2#=(L2D+L2M/60#+L2S/3600#)
180 PI=4#*ATN(1#):R1=PI/180#:RO=180#/PI
190 BM=(B1+B2)/2:DB=B2-B1:DL=L2#-L1#
200 BM=BM*R1:DB=DB*R1:DL=DL*R1
210 TM=TAN(BM):CM=COS(BM):SM=SIN(BM)
220 EX1=.006722670022333#:EX2=.006768170197224#
230 R=6378388#:C=6399936.60811#
240 UN=EX2*CM^2:VM=SQR(1+UN)
250 N#=C/VM
260 CM1=CM*DL:VM1=DB/(VM^2)
270 SS1=N#*CM1:SS2=1#-((TM^2/24#)*CM1^2)+(((VM^2-9#*UN*TM^2)/24#)*VM1^2)
280 SS3=(((8#-TM^2)*TM^2)/1920#)*CM1^4-(((8#+35#*TM^2)/2880#)*(CM1*VM1)^2)
290 SS4=((7#/57600!)*VM1^4)
300 SC1=N#*VM1:SC2=1#-(((2*VM^2+3#*TM^2)/24#)*CM1^2)
310 SC3=((VM^2*UN-(1#-4#*UN)*TM^2*UN)/8#)*VM1^2
320 SC4=((8#+(20#-15#*TM^2)*TM^2)/5760#)*CM1^4
330 SC5=(((4+15#*TM^2)/1440#)*((CM1*VM1)^2))
340 DA1=TM*CM1
350 DA2=1#+((VM^2/12#)*CM1^2)+(((3#+5#*UN)*VM^2)/24#)*VM1^2
360 DA3=((2#-TM^2)/240#)*CM1^4
370 DA4=(((1#-2#*TM^2)/96)*(CM1*VM1)^2)+((5#/384#)*VM1^4)
380 DAX=DA1*(DA2+DA3+DA4)
390 SSX=SS1*(SS2-SS3+SS4)
400 SCX=SC1*(SC2+SC3-SC4-SC4)
410 S=SQR((SSX^2+SCX^2))
420 W=.000000000000001#
430 T1=PI-ATN(SCX/SSX+W)-PI/2*SGN(SSX+W)
440 IF T1<PI THEN T2=T1+PI ELSE T2=T1-PI
450 A1=T1-(DAX/2):A2=T2+(DAX/2)
460 AX=A1*RO:AY=A2*RO
470 IF AY>180 THEN AY=AY-180
480 IF AY<180 THEN AY=AY+180
490 AY1=INT(AY):AY2=INT((AY-AY1)*60#):AY3=((AY-AY1)*60#-AY2)*60#
500 AX1=INT(AX):AX2=INT((AX-AX1)*60#):AX3=((AX-AX1)*60#-AX2)*60#
510 PRINT " S=";USING "#######.####";S
520 PRINT "A1=";AX1;AX2;AX3
530 PRINT "A2=";AY1;AY2;AY3
540 GOTO 120
```

[EK-10]

COGRAFI KOORDINATLAR (B,L) DEN GAUSS - KRUGER (x,y) HESABI

Lo=33°

N.N	B	L	X5	Y5	X8	Y8	c
1	36°	36° 0	3989771.96907	270541.55481	3989771.97023	270541.55476	1°45'51.93
2	36°	36° 5	3990006.75898	278058.82618	3990006.76035	278058.82612	1°48'48.60
3	36°	36°10	3990248.00006	285576.28047	3990248.00166	285576.28040	1°51'45.28
4	36°	36°15	3990495.69379	293093.92259	3990495.69566	293093.92252	1°54'41.98
5	36°	36°20	3990749.84174	300611.75747	3990749.84392	300611.75737	1°57'38.70
6	36°	36°25	3991010.44548	308129.79000	3991010.44801	308129.78989	2° 0'35.45
7	36°	36°30	3991277.50664	315648.02509	3991277.50956	315648.02496	2° 3'32.21
8	36°	36°35	3991551.02689	323166.46765	3991551.03025	323166.46750	2° 6'28.99
9	36°	36°40	3991831.00793	330685.12258	3991831.01179	330685.12240	2° 9'25.80
10	36°	36°45	3992117.45151	338203.99478	3992117.45593	338203.99457	2°12'22.62
11	36°	36°50	3992410.35941	345723.08915	3992410.36445	345723.08891	2°15'19.47
12	36°	36°55	3992709.73346	353242.41058	3992709.73919	353242.41030	2°18'16.34
13	36°	37° 0	3993015.57553	360761.96396	3993015.58203	360761.96363	2°21'13.24
14	36°	37° 5	3993327.88751	368281.75418	3993327.89487	368281.75380	2°24'10.15
15	36°	37°10	3993646.67137	375801.78612	3993646.67967	375801.78569	2°27' 7.10
16	36°	37°15	3993971.92907	383322.06468	3993971.93843	383322.06417	2°30' 4.07
17	36°	37°20	3994303.66266	390842.59471	3994303.67317	390842.59413	2°33' 1.06
18	36°	37°25	3994641.87420	398363.38111	3994641.88598	398363.38045	2°35'58.08
19	36°	37°30	3994986.56579	405884.42874	3994986.57897	405884.42799	2°38'55.12
20	36°	37°35	3995337.73958	413405.74248	3995337.75429	413405.74162	2°41'52.19
21	36°	37°40	3995695.39775	420927.32718	3995695.41415	420927.32621	2°44'49.29
22	36°	37°45	3996059.54255	428449.18772	3996059.56078	428449.18662	2°47'46.42
23	36°	37°50	3996430.17622	435971.32895	3996430.19646	435971.32771	2°50'43.58
24	36°	37°55	3996807.30109	443493.75573	3996807.32351	443493.75433	2°53'40.76
25	36°	38° 0	3997190.91949	451016.47290	3997190.94429	451016.47133	2°56'37.97
26	36°	38° 5	3997581.03382	458539.48532	3997581.06121	458539.48356	2°59'35.22
27	36°	38°10	3997977.64651	466062.79784	3997977.67670	466062.79586	3° 2'32.49
28	36°	38°15	3998380.76001	473586.41528	3998380.79324	473586.41307	3° 5'29.79
29	36°	38°20	3998790.37684	481110.34250	3998790.41337	481110.34003	3° 8'27.13
30	36°	38°25	3999206.49955	488634.58432	3999206.53964	488634.58156	3°11'24.50
31	36°	38°30	3999629.13073	496159.14557	3999629.17466	496159.14251	3°14'21.90
32	36°	38°35	4000058.27300	503684.03108	4000058.32108	503684.02767	3°17'19.33
33	36°	38°40	4000493.92904	511209.24567	4000493.98158	511209.24189	3°20'16.80
34	36°	38°45	4000936.10154	518734.79415	4000936.15890	518734.78997	3°23'14.30
35	36°	38°50	4001384.79327	526260.68134	4001384.85580	526260.67671	3°26'11.83
36	36°	38°55	4001840.00701	533786.91205	4001840.07509	533786.90694	3°29' 9.40
37	36°	39° 0	4002301.74558	541313.49108	4002301.81962	541313.48544	3°32' 7.01

COGRAFI KOORDINATLAR (B,L) DEN GAUSS - KRUGER (x,y) HESABI

Lo=33°

N.N	B	L	X5	Y5	X8	Y8	c
38	36°	39° 5	4002770.01187	548840.42323	4002770.09229	548840.41702	3°35' 4.65
39	36°	39°10	4003244.80877	556367.71329	4003244.89604	556367.70646	3°38' 2.32
40	36°	39°15	4003726.13924	563895.36607	4003726.23382	563895.35856	3°41' 0.04
41	36°	39°20	4004214.00627	571423.38633	4004214.10867	571423.37809	3°43'57.79
42	36°	39°25	4004708.41288	578951.77887	4004708.52364	578951.76984	3°46'55.58
43	36°	39°30	4005209.36215	586480.54846	4005209.48182	586480.53858	3°49'53.41
44	36°	39°35	4005716.85719	594009.69987	4005716.98637	594009.68907	3°52'51.27
45	36°	39°40	4006230.90115	601539.23787	4006231.04045	601539.22608	3°55'49.18
46	36°	39°45	4006751.49721	609069.16722	4006751.64728	609069.15436	3°58'47.12
47	36°	39°50	4007278.64861	616599.49269	4007278.81015	616599.47867	4° 1'45.11
48	36°	39°55	4007812.35862	624130.21902	4007812.53234	624130.20376	4° 4'43.14
49	36°	40° 0	4008352.63054	631661.35095	4008352.81721	631661.33436	4° 7'41.21
50	36°	40° 5	4008899.46774	639192.89324	4008899.66814	639192.87521	4°10'39.32
51	36°	40°10	4009452.87360	646724.85062	4009453.08856	646724.83105	4°13'37.47
52	36°	40°15	4010012.85155	654257.22782	4010013.08195	654257.20660	4°16'35.66
53	36°	40°20	4010579.40506	661790.02956	4010579.65181	661790.00658	4°19'33.90
54	36°	40°25	4011152.53765	669323.26057	4011152.80171	669323.23570	4°22'32.19
55	36°	40°30	4011732.25287	676856.92557	4011732.53523	676856.89867	4°25'30.52
56	36°	40°35	4012318.55430	684391.02926	4012318.85601	684391.00020	4°28'28.89
57	36°	40°40	4012911.44558	691925.57635	4012911.76774	691925.54498	4°31'27.31
58	36°	40°45	4013510.93039	699460.57153	4013511.27412	699460.53770	4°34'25.77
59	36°	40°50	4014117.01243	706996.01951	4014117.37894	706995.98304	4°37'24.28
60	36°	40°55	4014729.69545	714531.92496	4014730.08598	714531.88569	4°40'22.84
61	36°	41° 0	4015348.98325	722068.29257	4015349.39910	722068.25031	4°43'21.45
62	36°	41° 5	4015974.87966	729605.12702	4015975.32218	729605.08158	4°46'20.10
63	36°	41°10	4016607.38856	737142.43297	4016607.85915	737142.38415	4°49'18.80
64	36°	41°15	4017246.51385	744680.21509	4017247.01399	744680.16267	4°52'17.55
65	36°	41°20	4017892.25949	752218.47803	4017892.79071	752218.42180	4°55'16.36
66	36°	41°25	4018544.62947	759757.22646	4018545.19336	759757.16616	4°58'15.21
67	36°	41°30	4019203.62782	767296.46500	4019204.22605	767296.40040	5° 1'14.11
68	36°	41°35	4019869.25863	774836.19831	4019869.89290	774836.12915	5° 4'13.06
69	36°	41°40	4020541.52599	782376.43101	4020542.19811	782376.35701	5° 7'12.07
70	36°	41°45	4021220.43407	789917.16773	4021221.14590	789917.08860	5°10'11.12
71	36°	41°50	4021905.98705	797458.41310	4021906.74053	797458.32854	5°13'10.23
72	36°	41°55	4022598.18918	805000.17172	4022598.98631	805000.08142	5°16' 9.40
73	36°	42° 0	4023297.04472	812542.44820	4023297.88759	812542.35182	5°19' 8.61

[EK-11]

GAUSS - KRUGER (x,y) DEN COGRAFI KOORDINATLAR (B,L) HESABI Lo=33°					
N.No	B5	B8	L5	L8	c
1	36° 0' 0.00011	36° 0' 0.00000	36° 0' 0.00001	36° 0' 0.00000	1°45'51.93''
2	36° 0' 0.00013	36° 0' 0.00000	36° 5' 0.00001	36° 5' 0.00000	1°48'48.60''
3	36° 0' 0.00015	36° 0' 0.00000	36°10' 0.00002	36°10' 0.00000	1°51'45.28''
4	36° 0' 0.00018	36° 0' 0.00000	36°15' 0.00002	36°15' 0.00000	1°54'41.98''
5	36° 0' 0.00021	36° 0' 0.00000	36°20' 0.00002	36°20' 0.00000	1°57'38.70''
6	36° 0' 0.00024	36° 0' 0.00001	36°25' 0.00003	36°25' 0.00000	2° 0'35.45''
7	36° 0' 0.00028	36° 0' 0.00001	36°30' 0.00003	36°30' 0.00000	2° 3'32.21''
8	36° 0' 0.00032	36° 0' 0.00001	36°35' 0.00004	36°35' 0.00000	2° 6'28.99''
9	36° 0' 0.00037	36° 0' 0.00001	36°40' 0.00005	36°40' 0.00000	2° 9'25.80''
10	36° 0' 0.00042	36° 0' 0.00001	36°45' 0.00005	36°45' 0.00000	2°12'22.62''
11	36° 0' 0.00048	36° 0' 0.00001	36°50' 0.00006	36°50' 0.00000	2°15'19.47''
12	36° 0' 0.00055	36° 0' 0.00001	36°55' 0.00007	36°55' 0.00000	2°18'16.34''
13	36° 0' 0.00062	36° 0' 0.00001	37° 0' 0.00009	37° 0' 0.00000	2°21'13.24''
14	36° 0' 0.00070	36° 0' 0.00001	37° 5' 0.00010	37° 5' 0.00000	2°24'10.15''
15	36° 0' 0.00079	36° 0' 0.00001	37°10' 0.00011	37°10' 0.00000	2°27' 7.10''
16	36° 0' 0.00089	36° 0' 0.00001	37°15' 0.00013	37°15' 0.00000	2°30' 4.07''
17	36° 0' 0.00100	36° 0' 0.00001	37°20' 0.00015	37°20' 0.00000	2°33' 1.06''
18	36° 0' 0.00112	36° 0' 0.00001	37°25' 0.00017	37°25' 0.00000	2°35'58.08''
19	36° 0' 0.00126	36° 0' 0.00002	37°30' 0.00020	37°30' 0.00000	2°38'55.12''
20	36° 0' 0.00140	36° 0' 0.00002	37°35' 0.00022	37°35' 0.00000	2°41'52.19''
21	36° 0' 0.00156	36° 0' 0.00002	37°40' 0.00025	37°40' 0.00000	2°44'49.29''
22	36° 0' 0.00174	36° 0' 0.00002	37°45' 0.00029	37°45' 0.00000	2°47'46.42''
23	36° 0' 0.00193	36° 0' 0.00002	37°50' 0.00032	37°50' 0.00000	2°50'43.58''
24	36° 0' 0.00214	36° 0' 0.00002	37°55' 0.00037	37°55' 0.00000	2°53'40.76''
25	36° 0' 0.00236	36° 0' 0.00002	38° 0' 0.00041	38° 0' 0.00000	2°56'37.97''
26	36° 0' 0.00261	36° 0' 0.00003	38° 5' 0.00046	38° 5' 0.00000	2°59'35.22''
27	36° 0' 0.00288	36° 0' 0.00003	38°10' 0.00052	38°10' 0.00000	3° 2'32.49''
28	36° 0' 0.00317	36° 0' 0.00003	38°15' 0.00058	38°15' 0.00000	3° 5'29.80''
29	36° 0' 0.00348	36° 0' 0.00003	38°20' 0.00065	38°20' 0.00000	3° 8'27.13''
30	36° 0' 0.00382	36° 0' 0.00003	38°25' 0.00072	38°25' 0.00000	3°11'24.50''
31	36° 0' 0.00419	36° 0' 0.00003	38°30' 0.00080	38°30' 0.00000	3°14'21.90''
32	36° 0' 0.00458	36° 0' 0.00004	38°35' 0.00089	38°35' 0.00000	3°17'19.33''
33	36° 0' 0.00501	36° 0' 0.00004	38°40' 0.00099	38°40' 0.00000	3°20'16.80''
34	36° 0' 0.00547	36° 0' 0.00004	38°45' 0.00110	38°45' 0.00000	3°23'14.30''
35	36° 0' 0.00596	36° 0' 0.00004	38°50' 0.00122	38°50' 0.00000	3°26'11.83''
36	36° 0' 0.00650	36° 0' 0.00005	38°55' 0.00134	38°55' 0.00000	3°29' 9.40''
37	36° 0' 0.00707	36° 0' 0.00005	39° 0' 0.00148	39° 0' 0.00001	3°32' 7.01''

GAUSS - KRUGER (x,y) DEN COGRAFI KOORDINATLAR (B,L) HESABI
Lo=33°

N.No	B5	B8	L5	L8	c
38	36° 0' 0.00768	36° 0' 0.00005	39° 5' 0.00163	39° 5' 0.00001	3°35' 4.65''
39	36° 0' 0.00833	36° 0' 0.00005	39°10' 0.00180	39°10' 0.00001	3°38' 2.33''
40	36° 0' 0.00903	36° 0' 0.00006	39°15' 0.00197	39°15' 0.00001	3°41' 0.04''
41	36° 0' 0.00978	36° 0' 0.00006	39°20' 0.00217	39°20' 0.00001	3°43'57.79''
42	36° 0' 0.01058	36° 0' 0.00006	39°25' 0.00238	39°25' 0.00001	3°46'55.58''
43	36° 0' 0.01144	36° 0' 0.00007	39°30' 0.00260	39°30' 0.00001	3°49'53.41''
44	36° 0' 0.01235	36° 0' 0.00007	39°35' 0.00284	39°35' 0.00001	3°52'51.28''
45	36° 0' 0.01332	36° 0' 0.00007	39°40' 0.00311	39°40' 0.00000	3°55'49.18''
46	36° 0' 0.01436	36° 0' 0.00008	39°45' 0.00339	39°45' 0.00000	3°58'47.13''
47	36° 0' 0.01546	36° 0' 0.00008	39°50' 0.00370	39°50' 0.00000	4° 1'45.11''
48	36° 0' 0.01663	36° 0' 0.00009	39°55' 0.00403	39°55' 0.00000	4° 4'43.14''
49	36° 0' 0.01788	36° 0' 0.00009	40° 0' 0.00438	40° 0' 0.00000	4° 7'41.21''
50	36° 0' 0.01920	36° 0' 0.00010	40° 5' 0.00476	40° 5' 0.00000	4°10'39.32''
51	36° 0' 0.02060	36° 0' 0.00010	40°10' 0.00517	40°10' 0.00000	4°13'37.48''
52	36° 0' 0.02209	36° 0' 0.00010	40°15' 0.00561	40°14'60.00000	4°16'35.67''
53	36° 0' 0.02367	36° 0' 0.00011	40°20' 0.00608	40°19'60.00000	4°19'33.91''
54	36° 0' 0.02534	36° 0' 0.00011	40°25' 0.00658	40°24'60.00000	4°22'32.20''
55	36° 0' 0.02711	36° 0' 0.00012	40°30' 0.00712	40°29'59.99999	4°25'30.53''
56	36° 0' 0.02898	36° 0' 0.00013	40°35' 0.00770	40°34'59.99999	4°28'28.90''
57	36° 0' 0.03095	36° 0' 0.00013	40°40' 0.00832	40°39'59.99999	4°31'27.32''
58	36° 0' 0.03304	36° 0' 0.00014	40°45' 0.00898	40°44'59.99999	4°34'25.78''
59	36° 0' 0.03525	36° 0' 0.00014	40°50' 0.00968	40°49'59.99998	4°37'24.30''
60	36° 0' 0.03758	36° 0' 0.00015	40°55' 0.01043	40°54'59.99998	4°40'22.85''
61	36° 0' 0.04003	36° 0' 0.00016	41° 0' 0.01123	40°59'59.99997	4°43'21.46''
62	36° 0' 0.04262	36° 0' 0.00016	41° 5' 0.01208	41° 4'59.99997	4°46'20.12''
63	36° 0' 0.04534	36° 0' 0.00017	41°10' 0.01299	41° 9'59.99996	4°49'18.82''
64	36° 0' 0.04821	36° 0' 0.00018	41°15' 0.01395	41°14'59.99996	4°52'17.57''
65	36° 0' 0.05124	36° 0' 0.00018	41°20' 0.01498	41°19'59.99995	4°55'16.38''
66	36° 0' 0.05442	36° 0' 0.00019	41°25' 0.01607	41°24'59.99994	4°58'15.23''
67	36° 0' 0.05776	36° 0' 0.00020	41°30' 0.01723	41°29'59.99993	5° 1'14.13''
68	36° 0' 0.06127	36° 0' 0.00021	41°35' 0.01846	41°34'59.99992	5° 4'13.09''
69	36° 0' 0.06496	36° 0' 0.00022	41°40' 0.01976	41°39'59.99991	5° 7'12.09''
70	36° 0' 0.06884	36° 0' 0.00023	41°45' 0.02114	41°44'59.99990	5°10'11.15''
71	36° 0' 0.07290	36° 0' 0.00024	41°50' 0.02261	41°49'59.99989	5°13'10.26''
72	36° 0' 0.07717	36° 0' 0.00024	41°55' 0.02416	41°54'59.99987	5°16' 9.43''
73	36° 0' 0.08164	36° 0' 0.00025	42° 0' 0.02580	41°59'59.99986	5°19' 8.65''

ÖZGEÇMİŞ

1966 yılında Rize-Pazar'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İzmir'de tamamladı. 1985 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümünü kazandı. 1989 yılında mezun oldu ve aynı yıl Fen bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans sınavını kazandı. Özel sektörde çalışmakta olup evli ve bir çocuk babasıdır.