KARADENİZ ÜNİVERSİTESİ - MÜHENDİSLİK MİMARLIK FAKÜLTESİ

TÜRKİYE TEMEL NİRENGİ AĞININ DENGELENMESİNDE LAMBERT PROJEKSİYONUNUN SONUÇ DEĞERLERİNE ETKİLERİ

Y.Müh. Feyza AKYÜZ (Pirselimoğlu)

Doktora Yöneticisi
Prof. Dr. Muzaffer ŞERBETÇİ

1983
TRABZON

İÇİNDEKİLER

K I S A L T M A L A R

AD50	:	Avrupa Datumu 1950
AMS	:	Army Map Service
Çev.	:	Çeviren
Den No.	:	Dengeleme numarası
İTÜ	:	İstanbul Teknik Üniversitesi
KÜ	:	Karadeniz Üniversitesi
Koor.	:	Koordinat
S.	:	Sayfa
S.P.	:	Special Publication
TUD	:	Türkiye Ulusal Datumu
Lambert Koordinatları	:	AMS raporundan alınan Lambert projeksiyon ilkelerine göre hesaplanmış koordinatlar.
Hristow Koordinatları	:	Lambert projeksiyonuna ilişkin Hristow kaynaklı bağıntılarla yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen Lambert koordinatlarına bu çalışmada Hristow koordinatları denilmiştir.
Grossmann Koordinatları	:	Kapalı fonksiyonla hesaplanan Lambert koordinatları.

dX_H^o , dY_H^o : Geçici Lambert koordinatları ile geçici Hristow koordinatları arasındaki farklar (Çizelge 1, sütun 2-3).

dX_H , dY_H : Kesin Lambert koordinatları ile kesin Hristow koordinatları arasındaki farklar (Çizelge 1. sütun 4-5).

dX , dY : Coğrafi koordinat farklarından dönüşümle hesaplanan Hristow kordinat farkları (Çizelge 2, sütun 4-5).

dX' , dY' : AMS raporundan alınan dengeli Lambert koordinatları ile geçici Lambert koordinatları arasındaki farklar (Çizelge 2, sütun 6-7).

dx" , dy" : Yukarıda açıklanmış olan dX, dY, dX', dY' koordinatları arasındaki farklar.

dx"= dX - dX'
dy"= dY - dY"

koordinatları arasındaki farklar (Çizelge 2, sütun 8-9).

dX_G , dY_G : Kesin Lambert koordinatları ile kapalı fonksiyonla hesaplanan (Grossmann) koordinatlar arasındaki farklar (Çizelge 5).

dX_{HG} , dY_{HG} : Kesin Hristow koordinatları ile kapalı fonksiyonla hesaplanan (Grossmann) koordinatları arasındaki farklar.

Bu çalışmada değerli katkı ve yardımlarını gördüğüm hocalarıma, bilgi toplamada bana kolaylık sağlayan Harita Genel Müdürlüğü Yöneticilerine, Harita Genel Müdürlüğü Jeodezi arşivi ile HBIM'de görevli meslektaşlarıma, İTÜ'nün bilgisayarından yararlanma olanağı sağlayan Prof. Dr. Ahmet AKSOY'a ve İsmail Hakkı GÜNEŞ'e; MTA'da çalıştığım yıllarda doktora çalışmalarım için bana çeşitli yardımları olan Temel Araştırmalar Dairesi Başkanlarına, KÜ'deki çalışmalarımın aksamaması için kolay - lıklar sağlayan Orman Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Bilim Dalı Başkanına içten teşekkürlerimi iletirim.

TÜRKİYE TEMEL NİRENGİ AĞININ DENGELENMESİNDE LAMBERT PROJEKSİYONUNUN SONUÇ DEĞERLERİNE ETKİLERİ

(Ö Z E T)

Türkiye Temel Nirengi Ağı, tek referans noktasına (Meşedağ) bağlı olarak herhangi bir çevre noktaya dayandırılmadan, 1954 yılında ABD'de dengelenmiştir. Dengeleme hesabı, gözlem denklemlerinin katsayılarını yalınlaştır - mak amacıyla ve o günün koşullarındaki bilgisayar kapasitesine uygun olarak UNIVAC 1100 sisteminde düzlemde yürütülmüş ve sonuçlandırılmıştır. Tek bir yüzey üzerine a - çılabilme olanağı sağladığından ve enlem farkı az, boylam farkı büyük olan alanların haritasının yapılması için uygun bir projeksiyon sistemi olmasından dolayı temel nirengi ağının tüm noktalarının koordinatları LAMBERT Konform konik projeksiyon yüzeyinde hesaplanmış, dengeleme bu yüzey üzerinde yapılmıştır.

Lambert konform konik projeksiyon yüzeyinde dengeleme, özellikle Amerika Birleşik Devletleri ve ABD içindeki devletlerin düzlem koordinat sistemlerinin oluşturulmasında uygulama alanı bulmuştur. Ayrıca I. Dünya

Savaşından önce bu sistem S.S.C.B. ve bazı Avrupa ülke - leri için uygun bir projeksiyon sistemi olarak kullanılmıştır.

Günümüzde ülke ölçeğindeki ağlar projeksiyon sistemleri ile düzleme aktarılmadan dengelenmektedir. Böylece projeksiyon ile düzleme indirgeme gibi ara işlemle bir - likte dönüşümlerden dolayı ileri gelebilecek uyumsuzluklar ortadan kalkmaktadır.

Lambert projeksiyonunda dönüşümlerden dolayı (coğrafiden düze, düzden coğrafiye) koondinatlar hesaplanırken bir değer kaybı olup olmadığını incelemek üzere, temel nirengi ağının bir çok noktasının hem geçici Lambert, dengeli Lambert; hem de geçici coğrafi, dengeli coğrafi koordinatları ele alınmıştır. İlk ikisi arasındaki fark, son ikisi arasındaki farka eşit olması ilkesinden hareket edilerek farklar hesaplanmıştır. Ek I deki haritada gösterilen sonuca göre, farklar birinci derece noktaların denge - lemeden sonra aldığı dx, dy değerlerinin bileşkesini göstermektedir. Coğrafi koordinat farkları ile Lambert koordinat farklarını karşılaştırmak için, coğrafi koordinat farkları düzleme dönüştürülmüş ve koordinat farkları arasındaki uyum incelenmiştir.

THE EFFECTS OF LAMBERT PROJECTION AT THE COORDINATES IN THE ADJUSTMENT OF THE FIRST ORDER TRIANGULATION NET

S U M M A R Y

The adjustment of Turkish first order triangulation net was performed at the Army Map Service of USA in 1954. Only one position (Datum point of Meşedağ) was held fixed at the adjustment. It was computed at the plane with UNIVAC computer. It made possible a simultaneous adjustment of the entire network.

The adjustment was performed by the method of variation of coordinates wich is most easily adaptable for the automatic computer. The Turkish first order network extends over nearly all the land area between 36th, 42nd parallels North latitude and 26th, 44th meridians East Longitude the Lambert conformal conic projection with its axis strength the 39th parallel and central meridian 35° East of Greenwich seemed a natural choise for the adjustment.

Lambert conformal conic projection was employed by USA and URSS and a few European countries used it before The First World War. Today, ellipsoid is being used instead of projection plane for the adjustment. So, projection

plane and differences on account of transformation are being removed.

Many first order triangulation station's preliminary and adjusted geographic coordinates also Lambert coordinates were got from Turkish Army Map Service.

Preliminary geographic coordinates are compared with preliminary Lambert coordinates and same steps are applied for adjusted coordinates. So, these geographic coordinates are transformed to plane coordinates.

Difference of coordinates between adjusted and preliminary Lambert coordinates also difference of adjusted and preliminary geographic coordinates are computed and shown in appendix one.

TÜRKİYE TEMEL NİRENGİ AĞININ DENGELENMESİNDE LAMBERT PROJEKSİYONUNUN SONUÇ DEĞERLERİNE ETKİLERİ

0. G İ R İ Ş

Türkiye temel nirengi ağının yüzey ağı biçiminde kurulmasına başlanmışken 1944 yılında ABD örneği uyarınca zincir sistemine geçilmiştir. Ayrıca 1944-1946 yılları arasında köşegenli dörtgenlerle kurulan zincirler iş hızına %25 yük getirdiğinden üçgen zincirlerine dönüştürülmüş, önceleri yatay açı gözlemlerinde kombinasyon yöntemi kullanılırken 1946'da dizi yöntemine geçilmiştir *(UĞUR 1979, S. 9)*.

786 noktadan oluşan temel nirengi ağının, 570 noktasının oluşturduğu zincirlerin azimut ve baz koşullu dengelemesi Türkiye'de yapılmıştır. Hesaplanmış olan bu koordinatlar AMS tarafından geçici koordinat olarak değerlendirilmiş - tir. Geriye kalan 216 noktanın sadece gözlem değerleri ABD'ye gönderilmiş ve geçici koordinatları Gigas'ın önerdiği poligonasyon yöntemine göre Hayford elipsoidinde AMS tarafından hesaplanmıştır.

786 noktanın tümünün düzlem koordinatları Lambert konform konik projeksiyonunda hesaplanmış, dengeleme 1954 yılın -

da AMS tarafından bu yüzey üzerinde yapılmıştır.

Bu çalışmada 1 ve 2 numaralı bölümlerin tüm alt başlıklarında ABD'de Türkiye temel nirengi ağı için yapılan hesap - lar ve yöntemler anlatılmıştır.

Son yıllarda ülke nirengi ağlarını yerleştirme, yöneltme, dengeleme hesaplarında yöntemlerin geliştirilmesi, ayrıca Türkiye Ulusal Datumunun Avrupa Datumu 1950 ile bağlantısının zayıf olması *(GÜRKAN 1979, S. 89)*, temel nirengi ağının yenilenmesini güncel hale getirmiştir. Bu çalışmada amaç, dengeleme yüzeyi olarak kullanılan Lambert projeksiyonunun yapısından veya dönüşüm işlemlerinden dolayı koordinatlara yansıyan olumsuz etkilerinin olup olmadığını araştırmak, böylece yeni bir dengeleme programı düzenlen - diğinde Lambert projeksiyonu açısından konuya ışık tutmaktır.

I. TÜRKİYE TEMEL NİRENGİ AĞI

1.1. AMS'DE TÜRKİYE TEMEL NİRENGİ AĞININ HESAPLAMA SİSTEMİ

Türkiye temel nirengi ağı, 786 durak noktasından, durak noktalarının oluşturduğu 1027 üçgenden, 98 Laplace noktasının sınırladığı 124 zincirden ve 27 nirengi poligonun - dan oluşmuştur. Temel nirengi ağında üçgen zincirleri poligonlar şeklinde birbirlerine bağlanmışlardır. Giriş bölümünde de değinildiği gibi 786 noktanın 570'inin oluşturduğu zincirlerin azimut ve baz koşullu dengelemesi Türkiye'de yapılmıştır. Geri kalan 216 noktanın sadece gözlem değerleri ABD'ye gönderilmiş, geçici koordinatları AMS tarafından Gigas'ın önerdiği poligonasyon yöntemine göre Hayford elipsoidi üzerinde hesaplanmıştır. Bu noktaların 118'i doğu ve kuzeydoğu bölgesinde Ordu, Suşehri, Bayburt, Hasankale, Muş ve Cizre zincirlerini içermektedir. 65' i güneybatıda İzmir, Alaşehir, Antalya, Karapınar ve Silifke zincirlerindedir. 15'i Yeniceoba, 5'i Gaziantep, 4' ü Reyhanlı yakınında diğerleri dağınık yerlerdedir. *(AMS Raporu 1954, S. 11 - UĞUR 1979, S. 13)*.

Türkiyede zincir dengelemesi sonunda kesin coğrafi koor -

dinatı hesaplanmış olan 570 noktanın koordinatları AMS tarafından "geçici coğrafi koordinat" olarak değerlendi - rilmiştir. AMS'ye sadece gözlem değerleri gönderilen 216 noktanın geçici coğrafi koordinatları ile birlikte tüm 786 noktanın geçici düzlem koordinatı Lambert konform konik projeksiyonu yüzeyinde hesaplanmıştır. Lambert projeksiyonu bilindiği gibi enlem farkı az, boylam farkı büyük olan ülkelere uygun olduğundan, o günlerde bilgisayar kapasitesi düzlemde çözüm için elverişli olduğundan seçilmiştir (ADAMS 1918, s. 35-THOMAS 1959, s. 12).

Temel nirengi ağının 786 noktasının 98'i Laplace (astro - nomi) noktasıdır. Ağın yöneltilmesi ön dengeleme ile bu noktalar kullanılarak yapılmıştır. Geçici Lambert koordinatları hesaplanmış olduğundan ön dengeleme, yine bu koordinatlarla düzlemde yapılmıştır. Her zincirin başlangıcında ve sonunda Laplace noktası vardır ve 124 zincir tek tek ele alınarak dolaylı ölçüler dengelemesine göre dengelenmiştir. Geçici Lambert koordinatları,hata denklemleri katsayıları hesabında kullanılmış ve dengeleme sonunda doğ - rultulara düzeltme getirilmiştir.

Laplace ön dengelemesinden sonra ana dengeleme ağın tümü için tek aşamada dolaylı gözlemlerin koşullu dengelemesi yöntemi ile dengelenmiştir. 786 noktayı birbirine bağla - yan 3538 doğrultu için yazılan gözlem denklemleri yardı - mıyla Meşedağ başlangıç noktasına bağlı olarak yürütülmüş- tür. Ağın ölçeği 40 adet baz büyütme kenarının koşul olarak ana dengelemeye sokulmasıyla oluşmuştur *(UĞUR 1979, S. 13)*. Ana dengeleme sonunda tüm noktalar için kesin Lambert koordinatları hesaplanmıştır.

Kesin Lambert koordinatları hesaplanan tüm noktalar için ters dönüşüm uygulanarak kesin coğrafi koordinatlar hesaplanmış, daha sonra da kesin coğrafi koordinatlardan UTM koordinatlarına geçilmiştir. Bu aşamaya kadar işlemler Meşedağ Ulusal Datumunda yapılmıştır.

Yunanistan, Bulgaristan ve Sakız adasında bulunan 8 ortak nokta yardımıyla Türkiye Ulusal Datumundan, Avrupa Datumuna geçilmiştir. Dönüşüm kesin Lambert koordinatları ile yapılmış dönüşümün sonunda normal durumlu Lambert konform konik projeksiyonu eğik duruma gelmiştir. 786 noktanın Avrupa Datumundaki Lambert koordinatı, eğik konumlu Lambert projeksiyonundan hesaplanmıştır. Ters dönüşüm uygulanarak Avrupa Datumundaki kesin coğrafi koordinatları hesaplanmıştır. Elde edilen Avrupa Datumundaki kesin coğrafi koordinatlar yardımıyla Avrupa Datumundaki UTM koordinatları hesaplanarak liste şeklinde verilmiştir. Listede her durak noktasından bakılan noktalara olan uzaklıklar, semt açıları ve uzunluklar verilmiştir. Türkiye temel nirengi ağının hesaplanışında izlenen yolun akış diyagramı(şekil 1) de gösterilmiştir.

Türkiye Temel Nirengi Ağının Hesaplama Sistemi

1. derece açı ölçmeleri

98 Laplace noktasında hesaplanmış enlem ve boylam

↓

Türkiye'de 570 noktanın Hayford Elipsoidinde zincir dengelemesi

↓

Temel nirengi ağının 216 noktasının Hayford Elipsoidi üzerinde geçici coğrafi koordinatı.

↓

Laplace noktalarını birleştiren 124 zincirdeki 786 noktanın geçici Lambert koordinatı

↓

Laplace ön dengelemesi

↓

Lambert projeksiyonu yüzeyinde düzlemde dengeleme (Ulusal Datumda)

↓

1. derece noktaların dengelenmiş Lambert koordinatları. Bir noktadan diğer noktalara olan semt açıları,uzunluklar, (t-T) indirgemeleri.

↓

1

①

I. derece noktaların dengelemeden sonra ulusal datuma göre kesin coğrafi koordinatları ve bir noktadan diğer noktalara olan uzunluklar ve semt açıları

35, 36, 37, 38 dilimlerindeki I. derece noktaların UTM koordinatları ve diğer noktalara olan semt açıları,(t-T)indirgemeleri aralarındaki uzunluklar

I. derece noktaların coğrafi koordinatları ve 3^o lik dilimlerde UTM koordinatları,dilim numaraları

3^olik 1,2,3,4,5,6,7 dilimlerdeki 786 adet I.derece noktaların Ulusal Datumdaki UTM koordinatları

Eksik işler için üç noktalı dolgu ağı (Three Point Fill Net)

. Gözlemler

. Geçici koordinatlar

. Dengeleme

. Dengeli değerlerle Lambert koordinatlarını hesaplama Noktalar arasındaki uzunluklar, semt açıları, (t-T) indirgemeleri.

. Tüm 10 noktanın dengelemeden sonraki coğrafi koordinatları. Küresel semtler ve uzunluklar.

. Üçgen kapanma kontrolleri

②

②

Tüm Ağ için yapılan kontroller

Üçgen kapanma kontrolü

Koşul kontrolü

A. Laplace azimut koşul kontrolü

B. Baz büyütme kenarı koşul kontrolü

Zincir kapanma kontrolleri

A. Her zincirde bir uçtan diğer uca hesaplanan azimutlar ve sonuçta dengeli koordinat ile hesaplanan azimutların karşılaştırılması.

B. Baz büyütme kenarlarının kapanma kontrolleri. Hesaplanan uzaklık-Ölçülen uzaklık

Ulusal Datumdan Avrupa Datumuna Dönüşüm

Temel nirengi ağının 789 noktasının Avrupa datumunda coğrafi koordinatları

Avrupa Datumunda UTM Koordinatları

A : Coğrafi koor., UTM koor. ve dilim numaraları

B : 6^{o} lik 35, 36, 37, 38 numaralı dilimlerde 789 noktanın UTM koor., semt açıları, (t-T) indirgemeleri ve uzunluklar.

Şekil : 1

Türkiye temel nirengi ağının hesaplama sisteminin akış diyagramı.

1.2. GEÇİCİ KOORDİNATLAR

Geçici coğrafi koordinatlar dengelenmemiş açı ve uzunluklar kullanılarak hesaplanmıştır. İlk olarak temel nirengi ağının hesaplanmamış kısmından bir zincir seçilmiş ve önceden azimutu ölçülmüş konumu belli bir (Laplace)noktasından hareket edilerek, konumları bilinmeyen noktalar arasındaki semtler hesaplanmış ve bilinen diğer bir noktaya kadar işleme devam edilmiştir. 124 zincirin kenar uzunluklarının tümü üçgenlerin bilinen (baz) kenarlarından yararlanılarak hesaplanmıştır. İç açıları ölçülerek bulunmuş, kenarları ve azimutları hesaplanmış tüm noktaların Geçici Coğrafi Koordinatları Gigas'ın önerdiği poligonasyon yöntemine göre hesaplanmıştır (*GIGAS, 1959*).

AMS Raporuna göre; 124 zincirin ön hesaplarında, zincir kapanma hataları 0".1 den fazla olmaması halinde sonuçlar olduğu gibi ana dengelemeye alınmıştır. Bu iki koordinat arasındaki (farklardaki) uyuşmazlık daha büyük değerlere ulaştığında bu farklar zincir boyunca, uzaklıklarla orantılı olarak ölçülen doğrultulara dağıtılmıştır. Uyuşmazlığın büyük olduğu Ordu-Bayburt-Ardahan-Hasankale zincirlerinde koordinatlar,farklı bir yoldan yeniden hesaplanmış, ortalama alınarak koordinatlar arasında uyum sağlanmaya çalışılmıştır *(AMS RAPORU 1954, S. 13)*.

Ana dengeleme için geçici coğrafi koordinatı hesaplanmış olan tüm noktaların Lambert projeksiyonu ilkelerine göre geçici Lambert koordinatları hesaplanmıştır. Bu aşamadan sonra koordinat değişimi yöntemine göre Laplace azimut ön dengelemesi yapılmış bunun sonucunda, doğrultulara getirilen düzeltmelerle geçici koordinatlar hesaplanmıştır. Bu ön dengeleme sonucu bulunan koordinatlar daha önce hesaplanmış olan geçici koordinatlarla karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada koordinatlar arasındaki fark 5 m. veya daha büyük değerlere ulaşıyorsa Laplace ön dengelemesi sonucu bulunan değerler geçici koordinat olarak ana dengelemeye alınmıştır (AMS Raporu 1954, s. 13 - UĞUR 1976, s. 31).

1.3. LAPLACE AZİMUT ÖN DENGELEMESİ

Türkiye temel nirengi ağında 98 Laplace noktası 124 zincirle birbirine bağlanmıştır. Laplace noktalarında enlem, boylam ve azimut ölçüleri yapılmıştır. Dengeleme hesabının alışılagelen bir yol olan düzlemde yapılması için yeryüzünden geometrik özellikleri belli olan Hayford elipsoidine indirgenmiş olan ölçüler Lambert konform projeksiyonuna aktarılmıştır. Ana dengelemeye geçilmeden önce Laplace azimutlarını sabit tutmakla, ağa gereksiz bir gerilim verileceği düşünülmüş ve Laplace azimutları ön dengeleme ile kesinleştirilmiştir *(AMS Raporu 1954, s. 24 - UĞUR 1976, s. 31 - WOLF 1950, s. 37-62).*

Laplace noktalarında yazılan azimut bağıntısı :

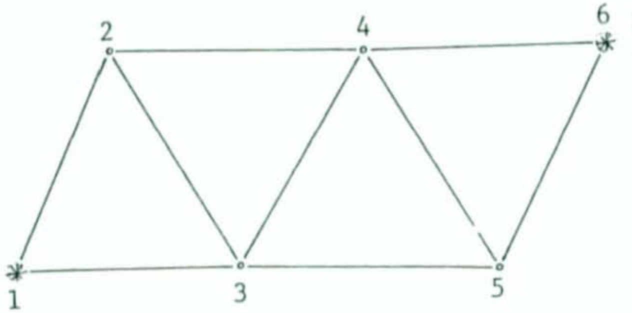
$$\bar{\alpha} = \alpha^{*} - (\lambda^{*} - \lambda).\sin\phi \tag{1.1}$$

biçimindedir. Laplace azimut düzeltmesi ise,

$$\delta = \delta\bar{\alpha} = \delta\alpha^{*} - \delta\lambda.\sin\phi \tag{1.2}$$

bağıntısıyla hesaplanarak ana dengelemeye girecek kesin azimutlar bulunmuştur. Bağıntılarda görülen $\bar{\alpha}$, dengelemeye girecek değerleri; α^*, astronomik ölçüleri; ϕ ve λ ise jeodezik değerleri göstermektedir *(GÜRKAN 1978, s.10- ÜNAL 1981, s. 14)*.

Başında ve sonunda Laplace noktası bulunan bir zincirde, her durak noktasının yeri için ilk yaklaşımı veren geçici koordinatlara (Lambert) ve bu noktalarda gözlenmiş doğrultu veya açı gruplarına ihtiyaç bulunmaktadır.



Şekil: 2

Laplace azimut ön dengelemesine ait örnek bir zincir.

Şekil 2 de verilen 6 noktalı zincirin dengelemeli çözümünde dört serbestlik derecesi bulunmaktadır. Yani ağ, koordinat eksenlerinin herbiri boyunca kaydırılabilir, bir merkez çevresinde döndürülebilir ve yüzey üzerinde daralıp genişletilebilir.

Genel olarak gözlem denklemi ;

$$r_{ij} + V_{ij} + Z_i = \text{arc tan} \frac{y_j^o - y_i^o}{x_j^o - x_i^o} ,$$

biçiminde olacaktır. Burada,

Z_{oi} : Yöneltme bilinmiyeninin yaklaşık değeri olmak üzere

$$Z_i = Z_{oi} + dZ_i$$

yazılır. Ayrıca

$$- \ell_{ij} = \text{arc tan} \frac{y_j^o - y_i^o}{x_j^o - x_i^o} - Z_{oi} - r_{ij} \,,$$

denilirse

$$V_{ij} = - dZ_i + a_{ij}dx_i - b_{ij}dy_i - a_{ij}dx_j + b_{ij}dy_j - \ell_{ij} \tag{1.3}$$

olur. Geçici değerler (o) üst indisi ile gösterilmiştir.

Gözlem denklemlerinde katsayılar :

$$\left.\begin{aligned} a_{ij} &= + \rho . \frac{(y_j^o - y_i^o)}{(S_{ij}^o)^2} \\ b_{ij} &= - \rho . \frac{(x_j^o - x_i^o)}{(S_{ij}^o)^2} \qquad i \neq j \end{aligned}\right. \tag{1.4}$$

olarak hesaplanmıştır.

(1.3) bağıntısı şekil 2 de gösterilen ağa uygulanacak olursa,

$$
\begin{aligned}
V_{12} &= -dZ_1 && && -\ell_{12} \\
V_{13} &= -dZ_1 - a_{13}.dx_3 + b_{13}.dy_3 && && -\ell_{13} \\
V_{21} &= -dZ_2 && && -\ell_{21} \\
V_{23} &= -dZ_2 + a_{23}.dx_3 + b_{23}.dy_3 && && -\ell_{23} \\
V_{24} &= -dZ_2 && + a_{24}.dx_4 + b_{24}.dy_4 && -\ell_{24} \\
V_{31} &= -dZ_3 + a_{13}.dx_3 + b_{13}.dy_3 && && -\ell_{31} \\
V_{32} &= -dZ_3 + a_{23}.dx_3 + b_{23}.dy_3 && && -\ell_{32} \\
V_{34} &= -dZ_3 - a_{34}.dx_3 + b_{34}.dy_3 && + a_{34}.dx_4 - b_{34}.dy_4 && -\ell_{34} \\
\ldots & \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots && \ldots \quad \ldots && \ldots \\
V_{65} &= -dZ_5 - a_{56}.dx_5 + b_{56}.dy_5 && + a_{56}.dx_6 - b_{56}.dy_6 && -\ell_{65}
\end{aligned}
$$

Gözlem denklemleri elde edilir.

Bu 6 noktalı zincirde karşılıklı gözlemler için 18 denklem yazılmıştır. Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6, dy_3, dx_3, dy_4, dx_4, dy_5, dx_5, dy_6, dx_6 olmak üzere 14 bilinmiyen vardır. Bu zincir için hata denklemleri yazılarak bunlardan normal denklemlere geçilmiştir. Bu örnekteki 8 adet dx, dy bilinmeyeni Gauss-Doolittle algoritmasıyla hesaplanmış, dolayısiyle 8 indirgeme işlemi yapılmıştır. Normal denklemlerin çözümü sonunda doğrultulara düzeltmeler getirilmiştir. Zincir dengelemesinin sonunda bir gözlemin karesel ortalama hatası :

$$m^2 = \frac{[vv]}{n-u} = \frac{[\ell\ell.8]}{4} \qquad (1.5)$$

bağıntısı ile hesaplanmıştır. Eşitlikteki , n : 18 gözlem

u : 14 bilinmeyen

[ℓℓ.8] : algoritmanın sekizinci adımını göstermektedir.

Laplace Azimutlarının Ağırlıklarının Hesaplanması :

Astronomik boylam, astronomik azimut gözlemlerinin ortalama hataları m_λ, m_α şeklinde gösterilmiştir. (1.1) bağıntısına hata yayılma kuralı uygulandığında Laplace azimutunun ortalama hatası,

$$m_{\bar{\alpha}}^2 = m_\alpha^2 + m_\lambda^2 . \sin^2\phi \qquad (1.6)$$

biçiminde elde edilir *(FOSTER 1967, s. 11)*.

Her bir Laplace azimutunun ağırlığı ise :

$$P_{\bar{\alpha}} = \frac{m_o^2}{m_{\bar{\alpha}}^2} \qquad (1.7)$$

bağıntısı ile hesaplanmıştır. 124 zincirde hesaplanan P_G ağırlıkları ile 98 Laplace noktasında hesaplanan $P_{\bar{\alpha}}$ ağırlıklarından yararlanılarak ağırlıklı dengeleme yapılmıştır. Her zincirde ölçülen azimut ile hesapla bulunan azimut arasındaki farklardan yararlanılarak 124 hata denklemi kurulmuştur. Bu denklemlere 98 Laplace noktası için 98 denklem daha eklenmiştir. δ_1, δ_2, ... δ_{98} 98 bilinmeyenli 222 adet denklem çözülmüş, ana dengelemeye girecek kesin azimutlar hesaplanmıştır.

1.4. BAZ BÜYÜTME AĞLARININ DENGELENMESİ

Temel nirengi ağında uzunluğu invar telleri ile ölçülmüş 40 adet baz vardır. Türkiye'de 35 baz büyütme ağının dengelemesi yapılmış geri kalan (Ardahan, Iğdır, Muradiye, Yüksekova ve Köyceğiz) 5 baz büyütme ağının dengelemesi AMS tarafından yapılmıştır *(AMS Raporu 1954, s. 12)*.

Ele alınan bir baz büyütme ağında açı koşulları ile kenar koşulu yazılmış, koşullu dengeleme yöntemi ile dengeleme yapılmış, V düzeltmeleri doğrultulara eklenerek düzeltilmiş doğrultular bulunmuştur. Legendre teoremine göre düzlem açılar hesaplanmış bu açılar yardımı ile sinüs teoremine göre diğer S uzunlukları hesaplanmıştır. Örneğin, tek dörtgenden oluşan Ardahan, Iğdır, Muradiye ağlarında 3 açı koşulu, 1 kenar koşulu olmak üzere 4 koşul yazılmıştır. Algoritmanın çözümünden dördüncü indirgemeyle bulunan fonksiyonun ağırlığı :

$$\frac{1}{p} = [ff.4] = [ff] - \frac{[af]^2}{[aa]} - \frac{[bf.1]^2}{[bb.1]} - \ldots \quad (1.8)$$

biçiminde hesaplanmıştır.

Birim ölçünün ortalama hatası :

$$m_o = \mp \sqrt{\frac{[vv]}{r}} \quad (1.9)$$

bağıntısıyla hesaplanmıştır.

Fonksiyonun ortalama hatası ise ,

$$M = \mp m_o . \sqrt{\frac{1}{p}} \qquad (1.10)$$

bağıntısıyla hesaplanmıştır.

2. ANA DENGELEME

2.1. GEÇİCİ KOORDİNATLARDA SON DÜZELTMELER

Bazı zincirlerin ön dengelemesinde büyük değişmelerin ortaya çıkması, buralardaki ilk geçici koordinatlara yeni düzeltmelerin getirilmesini gerekli kılmıştır. Bu durum özellikle kuzey doğudaki yedi zincir (96, 97, 99, 100,101, 102, 124 numaralı) için sözkonusu olmuş buralarda dX , dY değerlerinde 3,6 m ile 13,9 m arasında değiş - meler görülmüştür *(Şekil 3a, b)*.

AMS burada, 96 ve 124 numaralı zincirlerin kendi bağım - sız Laplace dengelemeleri sonucu elde edilen koordinat - lardaki değişiklikleri 5 m nin altında olması gerekçesine dayanarak sabit tutmuştur. Sonra 96 numaralı zincirin 446 ve 447 numaralı noktaları yardımıyla 97 ve 99 numaralı zincirler hesaplanmıştır.

Öte yandan 100 numaralı zincirin Laplace dengelemesi ile elde edilen 624 ve 623 numaralı nokta koordinatları 101 ve 102 numaralı zincirlerin hesaplanmasında kullanılmıştır. 101 ve 102 nin bu şekilde hesaplanan değerleri 103 zinciri ile bağlantı yerinde 11 m lik, 124 ile bağıntı yerinde 13 m lik farklar oluşturmuştur. Bu yüzden 100, 101, 102 numaralı zincirlerin tümü doğrusal konform dönüşüm hesabı ilkesine göre yeniden hesaplanmış, 6.99 m lik düzeltmeler getirilerek bu farklar 4 m civarına indirilmiştir *(UĞUR 1979, S. 16; AMS RAPORU 1954, S. 35)*.

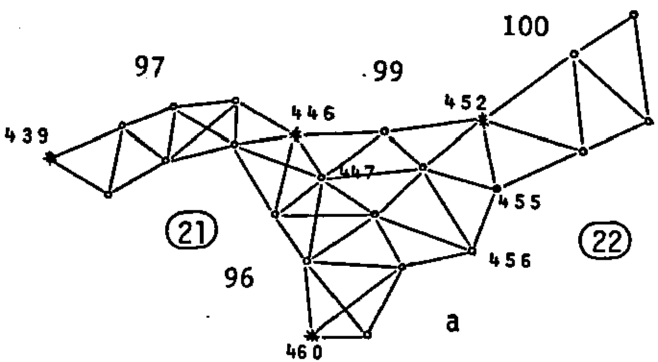
Akdeniz yöresindeki 42, 43, 44 numaralı zincirler hesaplanırken her üçünde de kullanılan 364, 369, 365 numaralı noktaların koordinatlarında 4 m kadar farklılıklar olmuştur *(Şekil 3* c).Farklılıkları ortadan kaldırmak için bu üç noktanın koordinatları ilerden kestirme yöntemi ile yeniden hesaplanmış ve her noktanın koordinatlarının aritmetik ortalaması alınarak ana dengelemeye girecek koordinatlar hesaplanmıştır.

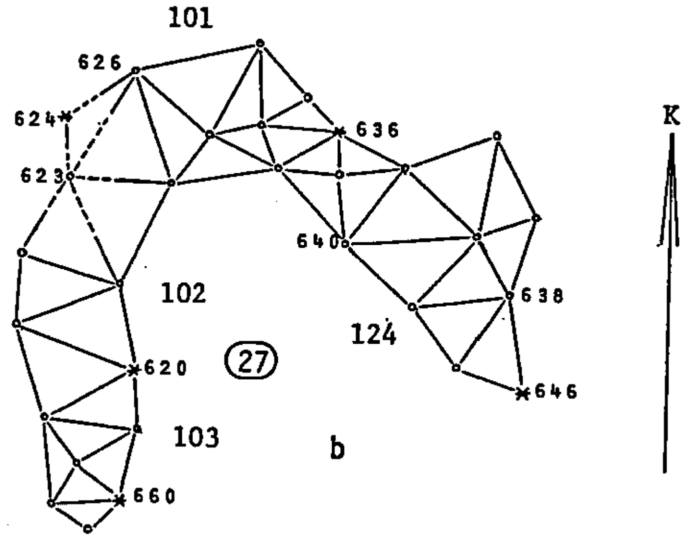
Bağımsız zincir dengelemeleri, gözlemlerde ve geçici koordinatlardaki bütün kaba hataları ortaya çıkarmıştır. Birçok istasyonda "extra" kontroller yapılarak gözlemlerde ve geçici koordinatlarda kaba hata olmadığı saptanmış ana dengelemeye öyle girilmiştir.

2.2. KOORDİNAT DEĞİŞİMİ İLE DENGELEME YÖNTEMİ

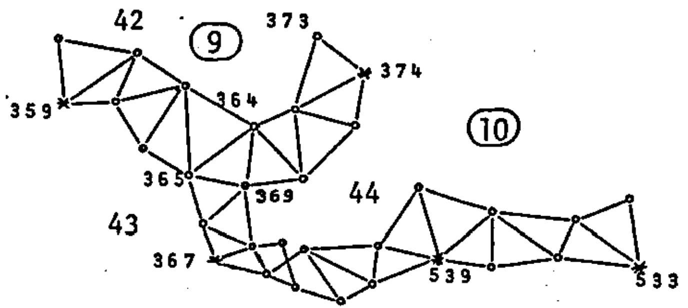
Laplace azimut ön dengelemesinde bölüm 1.3'de sözü edildiği gibi koordinat değişimleri yardımıyla bir triyangulasyon ağının dengelenmesinde her istasyonun yeri için ilk yaklaşımı veren geçici koordinatlara ve bu istasyonlarda gözlenmiş doğrultu veya açı gruplarına ihtiyaç bulunmaktadır.

Doğu Karadenizdeki zincirler :





Akdeniz yöresindeki zincirler :



c

* : Laplace noktaları

97 : Zincir numaraları

(21) : Poligon numaraları

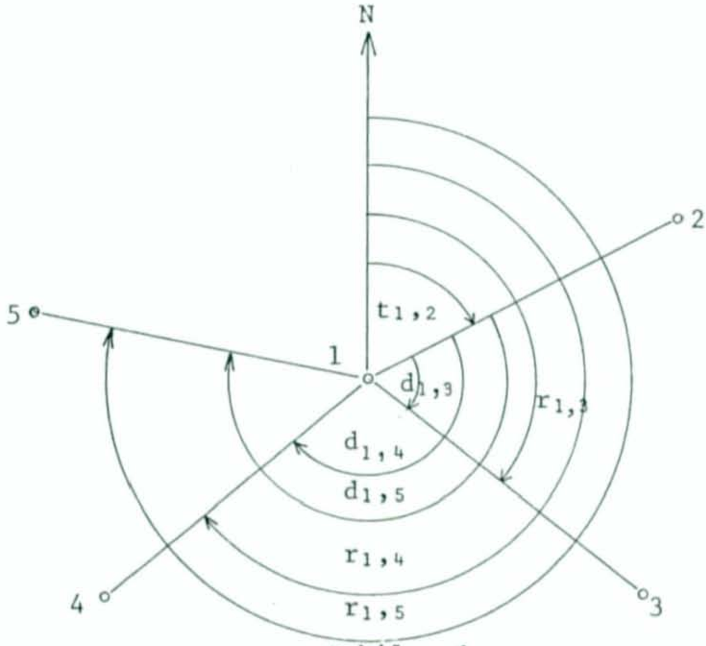
Şekil 3 a, b, c

Geçici koordinatlarında büyük farklar olan zincirler

Gözlem denklemlerinin yazılması için I. derece noktalar arasındaki her kenar için geçici (Lambert) koordinatlardan "t" geçici semt açısı hesaplanmıştır. x, y değerlerine göre *şekil 4* deki (1) numaralı noktadan (2) numaralı noktaya olan geçici semt açısı :

$$\tan t_{1,2} = \frac{y_2^o - y_1^o}{x_2^o - x_1^o} \qquad (2.1)$$

bağıntısı ile hesaplanmıştır. Yöneltilmiş doğrultu "r", gözlenen doğrultu "D" ile gösterilmiş, ilk kenarda (1) den (2) ye olan gözlem $D_{1,2} = 0$ alınmıştır.



Şekil : 4
Doğrultularda r, t, d değerinin gösterilmesi

Sıfırlanmış (1), (2) doğrultusu ile diğer doğrultular arasındaki açılar yeryüzü üzerinde ölçülmüş jeodezik değerlerdir. Bunlara (t-T) düzeltmeleri getirilerek düzlem doğrultuları "d" elde edilmiştir. Buna göre,

$$
\begin{aligned}
d_{1,2} &= D_{1,2} = 0 \\
d_{1,3} &= D_{1,3} + (t-T)_{1,3} - (t-T)_{1,2} \\
d_{1,4} &= D_{1,4} + (t-T)_{1,4} - (t-T)_{1,2} \\
d_{1,5} &= D_{1,5} + (t-T)_{1,5} - (t-T)_{1,2}
\end{aligned}
\qquad (2.2)
$$

eşitlikleri yazılır.

(2.2) değerlerine (2.1) de hesaplanan geçici semt açısı eklenerek her noktanın düzlem yöneltilmiş doğrultu açıları

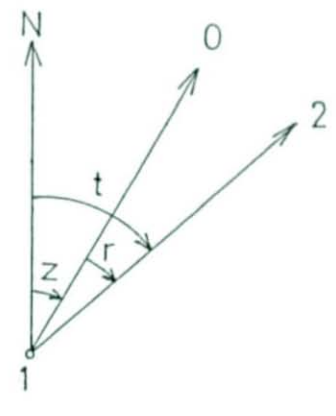
$$
\begin{aligned}
r_{1,2} &= t_{1,2} \\
r_{1,3} &= t_{1,2} + d_{1,3} \\
r_{1,4} &= t_{1,2} + d_{1,4} \\
r_{1,5} &= t_{1,2} + d_{1,5}
\end{aligned}
\qquad (2.3)
$$

olur.

Şekil 5 de görüldüğü gibi

$$t + dt = r + dZ + V \qquad (2.4)$$

eşitliği yazılabilir. Bu eşitlikte (r + dZ) sol tarafa



Şekil : 5

Doğrultularda r, t, Z değerlerinin gösterilmesi alındığında V düzeltmesi bulunacaktır. Bütün gözlemler için yazılan denklemlerde (V) düzeltmelerinin karelerinin minumum olması ilkesine göre çözüm yapılmıştır *(FOSTER 1967, s. 19)*.

Dengelenen Türkiye ağı her iki doğrultuda ölçülmüş 1769 kenarın oluşturduğu 786 istasyonla kurulmuştur. Gözlem denklemleri sistemi,

1769 X 2 = 3538 düzeltme denkleminde,
786 X 3 = 2358 bilinmeyeni

içermektedir. Her gözlem denkleminde bilinmeyen olarak dört koordinat bilinmeyeni dx_i, dy_i, dx_j, dy_j ve birer yöneltme bilinmeyeni Z_i yer almıştır.

Gözlem denklemlerindeki yöneltme bilinmeyenleri (Z), toplam kuralına göre yok edilmesiyle içindeki terim sayısı artmış, fakat bilinmeyen sayısının üçte birinin başlangıçta elimine edilmesi, normal denklemlerin kuruluşu ve çözümünde büyük kolaylık sağlanmıştır.

Türkiye ağında bulunması gereken 2358-(98+2+40) = 2218 normal denklem yerine 2218-786 = 1432 normal denklem kurulmuştur.

2.3. KOŞUL DENKLEMLERİNİN KURULUŞ YÖNTEMLERİ

2.3.1. Laplace Azimut Koşul Denklemleri

Laplace eşitliğinde yeterli yaklaşımlar için,

$$\begin{aligned} \phi &= \phi^0 + d\phi \text{ (enlem)} \\ \lambda &= \lambda^0 + d\lambda \text{ (boylam)} \\ \alpha &= \alpha^0 + d\alpha \text{ (azimut)} \\ c &= c^0 + dc \text{ (meridyen yakınsaması)} \\ t-T &= (t-T)^o + d\,(t-T) \text{ (açısal düzeltme)} \end{aligned} \qquad (2.5\ )$$

olarak alınmıştır.

Çekül sapmasının doğu-batı bileşeni; azimut farkına göre:

$$\eta = (\alpha^* - \alpha).\cot\phi \qquad (2.6\ )$$

Boylam farkına göre:

$$\eta = (\lambda^* - \lambda).\cos\phi \qquad (2.7\ )$$

eşitlikleriyle belirlidir.

(2.6) ile (2.7) bağıntıları eşitlendiğinde

$$\alpha^* - \alpha - (\lambda^* - \lambda).\sin\phi = 0 \qquad (2.8\ )$$

Laplace eşitliği elde edilir. Bu eşitlikte (2.5) yaklaşımları yerine konulduğunda,

$$\alpha^* - (\lambda^* - \lambda^0 - d\lambda).\sin\,(\phi^0 + d\phi) - \alpha^0 - d\alpha = 0 \quad (2.9)$$

bağıntısı elde edilir. Bu bağıntıdaki sinüs toplamı açılarak :

$$\alpha^{*} - (\lambda^{*} - \lambda^{0}).\sin\phi^{0}.\cos d\phi + \sin\phi^{0}.\cos d\phi.\ d\lambda$$
$$- (\lambda^{*} - \lambda^{0}).\cos\phi^{0}.\sin d\phi + \cos\phi^{0}\ \sin d\phi.\ d\phi \quad (2.10)$$
$$- \ \alpha^{0} - \ \alpha = 0$$

elde edilir.

(2.11) bağıntısında $d\phi < 1''$ olduğundan; $\cos d\phi \approx 1.000\ 000$ $\sin d\phi < 0.000\ 005$ olarak alınmış ve bağıntı

$$(\lambda^{*} - \lambda^{0}).\cos\phi^{0}.\sin d\phi \approx 0$$
$$\cos\phi^{0}.\sin d\phi.d\lambda \approx 0$$

alınarak sadeleştirildiğinde,

$$\alpha^{*} - \alpha^{0} - (\lambda^{*} - \lambda^{0}).\sin\phi^{0} + \sin\phi^{0}.d\lambda - d\alpha = 0 \quad (2.11)$$

şeklini almıştır. Aşağıda α^{0} azimutu, semt açısı, doğrultu indirgemesi ve meridyen yakınsaması gösterimleri ile,

$$\begin{aligned} \alpha^{0} &= t^{0} - (t-T)^{0} + c^{0} \\ d\alpha &= dt - d(t-T) + dc \end{aligned} \quad (2.12)$$

şeklinde yazılmıştır. (2.12) değerleri (2.11) de yerine konmuş ve

$$\alpha^{*} - t^{0} + (t-T)^{0} - c^{0} - (\lambda^{*} - \lambda^{0}).\sin\phi^{0} - dt + d(t-T)$$
$$- dc + d\lambda.\sin\phi^{0} = 0 \quad (2.13)$$

elde edilmiştir. Bu bağıntıda;

$$\bar{t} = \alpha^{*} - (\lambda^{*} - \lambda^{0}).\sin\phi^{0} - c^{0} + (t-T)^{0} \quad (2.14)$$

kısaltması yapılarak Laplace eşitliği,

$$(\bar{t} - t^{0}) - dt + d(t-T) - dc + d\lambda.\sin\phi^{0} = 0 \quad (2.15)$$

biçiminde elde edilmiştir.

Lambert konform konik projeksiyonunda meridyen yakınsaması

$$c = (\lambda - \lambda_0).\sin\phi_0$$

$$dc = d\lambda.\sin\phi_0$$

$$d\lambda = \frac{\rho.dy}{N_0.\cos\phi_0} + \frac{\rho.(x.dy + y.dx)}{N_0^2.\cos\phi_0.\cot\phi_0} \quad ... \qquad (2.16)$$

biçiminde gösterilir. Bu sonuçlar (2.15) de yerine konduğunda ve (2.16) nın ilk terimi dikkate alınarak

$$(\bar{t}-t^0) - dt + d(t-T) + \frac{\rho.dy}{N_0.\cos\phi_0}(\sin\phi^0 - \sin\phi_0) = 0 \qquad (2.17)$$

bağıntısı elde edilir.
Bağıntıdaki alt indisler projeksiyon yüzeyinin standart paralel ve başlangıç meridyenini göstermektedir.

Lambert projeksiyonunda standart paralel 39^0 kuzey paralelidir. Türkiye'nin 36^0 - 42^0 paralelleri arasında olduğu düşünülürse $|\phi^0 - \phi_0| = 3^0$ için $0.0273 < |\sin\phi^0 - \sin\phi_0| \leqslant 0.0524$ olduğu görülür ve $d\lambda.(\sin\phi^0 - \sin\phi^0)$ teriminin ihmal edilemeyecek kadar büyük olduğu anlaşılır.

Yine (2.17) eşitliğinde $(\bar{t}-t^0)$ terimleri gözlem denklemlerinin sabit sayılarıdır. d(t-T) terimi dikkate alınmayacak kadar küçüktür. Dengelemede (t-T) düzeltmesi için tolerans sınırı 0".005 olarak alınmıştır. Bu kabuller (2.17) bağıntısına uygulandığında Laplace koşul denklemi,

$$(\bar{t}-t_0) + a_{ij}.dx_i + \left(\frac{\rho(\sin\phi_i^0 - \sin\phi_0)}{N_0.\cos\phi_0} - b_{ij}\right) dy_i$$

$$- a_{ij}.dx_j + b_{ij}.dy_j = 0 \qquad (2.18)$$

edilir.

Türkiye temel nirengi ağındaki 98 Laplace noktası için Laplace koşul denklemleri (2.18) bağıntısına göre kurulmuştur.

2.3.2. Baz Büyütme Kenarları Koşul Denklemleri

Bölüm 1.4 de açıklandığı gibi baz büyütme ağlarının den - gelenmesi sonucunda doğrultulara getirilecek düzeltmeler hesaplanmış ve Legendre teoremine göre düzlem açılar elde edilmiştir. Ölçülmüş olan bazlardan ve düzlem açılardan yararlanılarak sinüs teoromine göre diğer kenarlar (s) hesaplanmıştır.

40 adet baz büyütme kenarına ait koşul denklemleri basit olarak :

$$S^0 + dS = s \qquad (2.19)$$

biçiminde yazılır. S^0, Lambert projeksiyonu yaklaşık koordinatlarından yararlanılarak hesaplanan uzunluk,

$$(S^0)^2 = (x_i^0 - x_j^0)^2 + (y_i^0 - y_j^0)^2 \qquad (2.20)$$

(2.20) bağıntısının türevi alınırsa ds değişme miktarı;

$$dS = \frac{x_i^0 - x_j^0}{S^0}(dx_i - dx_j) + \frac{y_i^0 - y_j^0}{S^0}(dy_i - dy_j) \qquad (2.21).$$

yazılır.

(2.21) bağıntısı (2.19) da yerine konursa koşul denklemi:

$$(S^0 - s) + \frac{x_i^0 - x_j^0}{S^0}.dx_i + \frac{y_i^0 - y_j^0}{S^0}.dy_i - \frac{x_i^0 - x_j^0}{S^0}.dx_j - \frac{y_i^0 - y_j^0}{S^0}.dy_j = 0 \qquad (2.22)$$

olur . . Burada $(S^0 - s)$ sabit terimlerini; geçici koor - dinat değerleri ile hesaplanan S^0 ve baz büyütme ağın - dan hesaplanan s değerlerinin düzleme indirgenmiş farkları oluşturur. Buna göre ana dengeleme için 40 adet baz büyütme kenarlarına yazılmıştır.

2.3.3. Sabit Nokta Koşul Denklemleri

Dengelemede bir ağın konum yöneltmesini ve ölçeğini belirlemek amacıyla en az bir azimutun ve bir kenar boyunun yanısıra en az bir noktaya ait konum değerlerinin de sabit tutulması gerekmektedir. Türkiye temel nirengi ağında 40 kenar, 98 azimut ve bir noktanın konum değeri sabit tutulmuştur. Bu nokta Meşedağ astronomi noktasıdır. Bu noktanın astronomik koordinatları geçici jeodezik koordinatları ile eşdeğer tutulmuş ve dengelemeye, buradaki değişimler için,

$$\begin{aligned} dx_{298} &= 0 \\ dy_{298} &= 0 \end{aligned} \qquad (2.23)$$

koşulu konmuştur. 298 Meşedağ astronomi noktasının dengeleme numarasıdır.

2.4. NORMAL DENKLEMLER

En küçük kareler yöntemine göre gözlem denklemlerinin dengelenmesinde normal denklemler,

$$\begin{array}{llllll} a_{11}.x_1 + & a_{12}.x_2 + & \ldots & & + a_{1m}.x_m & - \ell_1 = 0 \\ a_{12}.x_1 + & a_{22}.x_2 + & \ldots & & + a_{2m}.x_m & - \ell_2 = 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{1m}.x_1 + & a_{2m}.x_2 + & \ldots & & + a_{mm}.x_m & - \ell_m = 0 \end{array}$$

şeklinde yazılmıştır.

Aynı ifade matris gösterimi ile,

$$\underline{A}\underline{X} - \underline{L} = 0 \tag{2.24}$$

biçiminde yazılır. Burada $\underline{A}$ katsayılar matrisi olup simetrik ve determinantı sıfırdan farklıdır. Bu denklem sisteminin çözümü ile,

$$\underline{X} = \underline{A}^{-1}\underline{L} \tag{2.25}$$

elde edilir. Gauss algoritmasına göre çözümde $\underline{A}$ matrisi 2 üçgen matris çarpımı şekline dönüştürülür ve

$$\underline{A} = \underline{K}_1^T\underline{K}_2 = \underline{K}_2^T\underline{K}_1 \tag{2.26}$$

olur. Burada

$$\underline{K}_1 = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots \\ 0 & a_{22.1} & a_{23.1} & \dots \\ 0 & 0 & a_{33.2} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots \end{bmatrix} \tag{2.27}$$

$$\underline{K}_2 = \begin{bmatrix} 1 & a_{12}/a_{11} & a_{13}/a_{11} & \dots \\ 0 & 1 & a_{23.1}/a_{22.1} & \dots \\ 0 & 0 & 1 & \dots \end{bmatrix} \tag{2.28}$$

olur. Böylelikle

$$\underline{X} = \underline{A}^{-1}\underline{L} = (\underline{K}_2^T\underline{K}_1)^{-1}\underline{L} \tag{2.29}$$

olur.

2.4.1. Büyük Sistemin Bölümlere Ayrılarak Hesaplanması

UNIVAC sistemi. Türkiye temel nirengi ağının Gauss-Doolittle yöntemi ile dengelenebilmesi için bu çözüm sistemine göre adapte edilmiştir. Bu sistem 400 normal denklem çözebilecek kapasitededir. Temel nirengi ağı için 1432 normal denklem kurulmuştur. Bunun için $\underline{K}_1$ indirgenmiş matrisi, $\underline{A}$ normal denklem matrisinden bir defada elde edilemez. $\underline{A}$ matrisi önce $\underline{A}$, $\underline{B}$ gibi alt matrislere bölünür. $\underline{A}$, $\underline{B}$ matrisleri kare matristir ve dereceleri UNIVAC sisteminin kapasitesine uygun olarak $m = 360$ olarak alınmıştır (*AMS raporu 1954, S. 57*). $\underline{A}$ matrisinin aşağıda gösterildiği gibi parçalandığı düşünülürse,

$$\underline{A} = \begin{bmatrix} \underline{A}_1 & \underline{B}_1 & \underline{0} & \underline{0} \\ \underline{B}_1' & \underline{A}_2 & \underline{B}_2 & \underline{0} \\ \underline{0} & \underline{B}_2' & \underline{A}_3 & \underline{B}_3 \\ \underline{0} & \underline{0} & \underline{B}_3' & \underline{A}_4 \end{bmatrix} \qquad (2.30)$$

(2.24) bağıntısına göre genel sistem, küçük denklem sistemlerinin toplu yazılmasıyla

$$\begin{array}{rrrrl} \underline{A}_1\underline{X}_1 + & \underline{B}_1\underline{X}_2 & & & - \underline{L}_1 = \underline{0} \\ \underline{B}_1'\underline{X}_1 + & \underline{A}_2\underline{X}_2 + & \underline{B}_2\underline{X}_3 & & - \underline{L}_2 = \underline{0} \\ & \underline{B}_2'\underline{X}_2 + & \underline{A}_3\underline{X}_3 + & \underline{B}_3\underline{X}_4 & - \underline{L}_3 = \underline{0} \\ & & \underline{B}_3'\underline{X}_3 + & \underline{A}_4\underline{X}_4 & - \underline{L}_4 = \underline{0} \end{array} \qquad (2.31)$$

elde edilir.

(2.31) denklem sistemindeki $\underline{X}$, $\underline{L}$ matrisleri :

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} \underline{X}_1 \\ \underline{X}_2 \\ \underline{X}_3 \\ \underline{X}_4 \end{bmatrix}, \quad \underline{L} = \begin{bmatrix} \underline{L}_1 \\ \underline{L}_2 \\ \underline{L}_3 \\ \underline{L}_4 \end{bmatrix}$$

$$\underline{X}_1 = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdots \\ x_{360} \end{bmatrix} \quad \underline{X}_2 = \begin{bmatrix} x_{361} \\ x_{362} \\ \cdots \\ x_{720} \end{bmatrix}, \ldots$$

$$\underline{L}_1 = \begin{bmatrix} \ell_1 \\ \ell_2 \\ \cdots \\ \ell_{360} \end{bmatrix} \quad \underline{L}_2 = \begin{bmatrix} \ell_{361} \\ \ell_{362} \\ \cdots \\ \ell_{720} \end{bmatrix}, \ldots$$

şeklinde gösterilmiştir Çözüm bu sisteme göre yapılmış ve dengeleme işleminden sonra 786 durak noktasının kesin Lambert koordinatı hesaplanmıştır (AMS Raporu 1954, s. 68).

2.5. KOŞUL DENKLEMLERİNİN KULLANILIŞ YÖNTEMİ

Temel nirengi ağının dengelenmesinde n sayıda gözlem denklemi, m sayıda bilinmeyen ile verilmiş, ayrıca aynı bilinmeyenlerin bir bölümü ile r sayıda koşul denklemi kurulmuştur (n > m > r). Gözlem denklemleri,

$$\begin{array}{l} V_1 = A_{11}X_1 + A_{12}X_2 + A_{13}X_3 + \dots + A_{1m}X_m - L_1 \\ V_2 = A_{21}X_1 + A_{22}X_2 + A_{23}X_3 + \dots + A_{2m}X_m - L_2 \\ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ V_n = A_{n1}X_1 + A_{n2}X_2 + A_{n3}X_3 + \dots + A_{nm}X_m - L_n \end{array} \qquad (2.32)$$

biçiminde; koşul denklemleri ise,

$$\begin{array}{l} B_{10} + B_{11}X_1 + B_{12}X_2 + \dots + B_{1m}X_m = 0 \\ B_{20} + B_{21}X_1 + B_{22}X_2 + \dots + B_{2m}X_m = 0 \\ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ B_{ro} + B_{r1}X_1 + B_{r2}X_2 + \dots + B_{rm}X_m = 0 \end{array} \qquad (2.33)$$

şeklinde yazılmıştır. (2.33) koşul denklemlerinden X ler sırasıyla çekilerek (2.32) de yerlerine konulmuş ve (2.33) denklemleri ortadan kalkmıştır. Bölüm 2.33 de açıklandığı gibi Türkiye nirengi ağında bulunması gereken 140 koşul denklemi endirekt ölçüler denklem sistemi içine sokulmuştur.

Bilinmeyenler, çözümün sonunda kendilerine ait koşul denklemlerinde yerine konularak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$
\begin{aligned}
X_1 &= B'_{12}X_2 + B'_{13}X_3 + B'_{14}X_4 && \ldots \\
X_2 &= \qquad\quad B'_{23}X_3 + B'_{24}X_4 && \ldots \\
X_3 &= \qquad\qquad\qquad\quad B'_{34}X_4 && \ldots \\
\ldots & \ldots \quad \ldots \quad \ldots && \ldots
\end{aligned} \qquad (2.34)
$$

Türkiye temel nirengi ağının dengelenmesinde başlangıç noktasını (Meşedağ) sabitleştiren iki denklem dışındaki koşul denklemlerinin tümü (138 adet denklem) Laplace azimutu ve bazların iki ucundaki koordinat değişimleri ile dörder bilinmeyeni içermektedir*(AMS Raporu 1954,s.52)*.

2.6. KONTROLLAR

2.6.1. [VV] Kontrolu

Normal denklem algoritmasının ℓ sütunu m sayıda indirgenmesi ile bulunan değer [VV] ye eşittir, yani

$$[VV] = [\ell\ell.m]$$

dir. Burada

m : normal denklem sisteminin derecesini göstermektedir.

Diğer taraftan bilinmeyenler hesaplandıktan sonra :

$$[VV] = [\ell\ell] - x_1[a\ell] - x_2[b\ell] - x_3[c\ell] \ldots$$

bağıntısı yardımıyla [VV] hesaplanır. V düzeltme değerleri ayrı ayrı, koşullu gözlem denklemlerinden (V_c) Schreiber gözlem denklemlerinden (V_s) ve orijinal gözlem denklemlerinden (V_o) hesaplandığında teorik olarak bütün bunların karelerinin toplamlarının eşit olması gerekir. Buna göre, yuvarlatma hataları toleransı içinde :

$$
\begin{aligned}
[vv] &= [\ell\ell.m] && = 612.408 \\
&= [\ell\ell] - x_1\,[a\ell]\ldots && = 612.408 \\
&= [v_c v_c] && = 612.408 \\
&= [v_s v_s] && = 612.381 \\
&= [v_o v_o] && = 612.381
\end{aligned}
\qquad (2.35)
$$

olmalıdır. Hesaplamalarda max $|v_s - v_c| = 0''.001$ olduğu görülmüştür. (*AMS Raporu 1954, S. 70 - UĞUR 1976, S. 34*).

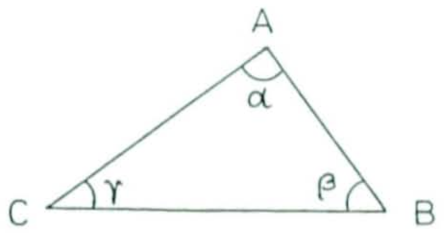
2.6.2. Üçgen Kapanma Kontrolları

Ağdaki 1027 üçgenin herbirinde kapanma hataları hesaplanmıştır.

α, β, γ gözlenen açılar olup kapanma hatası,

$$\omega = \alpha + \beta + \gamma - (180^\circ + \varepsilon)$$

biçiminde hesaplanır. Burada ε eksesi göstermektedir.



Şekil: 6

Üçgenlerde doğrultulardan hesaplanan iç açılar

Semtlerden hesaplanan iç açıların toplamı :

$$\alpha' + \beta' + \gamma' = (AC)-(AB) + (BA)-(BC) + (CB)-(CA)$$

biçiminde yazılır. Üçgenin kapanma hatası doğrultu düzeltmelerinden hesaplanırsa,

$$(\alpha' + \beta' + \gamma')-(\alpha+\beta+\gamma) = V_{AC}-V_{AB}+ V_{BA}-V_{BC}+ V_{CB}-V_{CA} \quad (2.36)$$

olur.

Yapılan hesaplamalarda, en büyük farkın 0".004 olduğu görülmüştür *(AMS Raporu 1954, s. 77)*.

2.6.3. Koşulların Kontrolu

40 adet baz büyütme kenarının dengelenmiş uzunlukları ile dengeli koordinatlardan hesaplanan uzunluklar arasında en büyük fark 3 mm. kadardır.

Laplace azimut ön dengelemesinde azimutlar :

$$\bar{\alpha} = \alpha^{*} - (\lambda^{*} - \lambda).\sin\phi + \delta \pm 180^{0} \quad (2.37)$$

bağıntısıyla hesaplanmıştır.

Dengeli (mm. duyarlığında) Lambert koordinatları ile hesaplanan azimutlar ise,

$$\alpha = t - (t-T) + c \pm 180^{0} \quad (2.38)$$

bağıntısından yararlanarak elde edilmiştir. 98 adet Laplace istasyonunda (2.37) ve (2.38) eşitlikleri ile hesaplanan azimutlar arasındaki en büyük fark 0".013 kadardır. (t-T) indirgemeleri hem dengelenmiş koordinatlarla hem de geçici koordinatlarla hesaplanmış iki değer arasında

0".005 den daha büyük fark olmadığı saptanmıştır*(AMS Raporu 1954, s. 78)*.

2.6.4. Zincir Kapanma Kontrolu

Dengeleme hesabı sonunda 98 Laplace noktasını bağlayan 124 zincir için kapanma kontrolları yapılmıştır. Her zincir için, bir uçtan diğer uca hesaplanan semtle , son uçta dengeli koordinatlarla hesaplanan semtlerle karşılaştırılmış, en büyük fark 0".066 olarak bulunmuştur.

Baz büyütme kenarlarının kapanma kontrolları, 40 adet baz büyütme ağını birleştiren 65 zincir üzerinde, Legendre teoreminden yararlanılarak yapılmış, bulunan en büyük fark 5 mm. kadar olmuştur *(AMS Raporu 1954, s. 79 - UĞUR 1976, s. 34)*.

2.7. TÜRKİYE ULUSAL DATUMU İLE AVRUPA DATUMU 1950 ARASINDAKİ DÖNÜŞÜM

Bölüm 1.1. de açıklandığı gibi AMS'de yapılan dengeleme işleminde tüm hesaplar Meşedağ Ulusal Datumunda yapılmıştır. Avrupa ile koordinat birliğini sağlamak için eldeki koordinatların Avrupa Datumuna dönüşümleri de yapılmış - tır. Dönüşüm hesaplarında uygulanan işlemler bu bölümde açıklanmaktadır.

Ülke ölçeğindeki bir yatay kontrol ağının hesaplarına esas olan dönel elipsoidin büyüklük ve biçiminin (büyük yarı eksen ve geometrik basıklık) elipsoid problemini, yer yuvarına göre uzaydaki konumunun datum problemini oluşturduğu bilinmektedir. Türkiye temel nirengi ağı için elipsoid problemi Hayford elipsoidi'nin boyutları seçilerek çözümlenmiştir. Ankara yakınlarındaki Meşedağ noktasında astronomik koordinatlar ile jeodezik koordinatlar eşit kabul edildiğinden çekül sapması sıfır olmuştur *(AKSOY 1976,s.7- AKSOY, GÜNEŞ 1980, s. 29)*. Bu noktada jeoid yüksekliği de sıfır kabul edilmiştir. Türkiye Ulusal Datumunda çekül doğrultusuyla elipsoid normalinin çakıştırılması sonucunda o nokta ile bunun elipsoid üzerindeki izdüşümünden geçen meridyen düzlemlerinin çakışması ve ayrıca dönme eksenlerinin paralelliği sağlanmıştır *(ERBUDAK 1976, s. 291)*.

Dönüşümün yapılabilmesi için Türkiye'nin batı komşusu Yunanistan ve Bulgaristan'ın Ulusal ağlarındaki noktalardan yararlanılmıştır. Bu ülkelerin nirengi noktalarının Hayford elipsoidinde ve Avrupa Datumu 1950 ye göre hesaplanmış coğrafi koordinatları ve bunlardan elde edilen Lambert koordinatları bilinmektedir *(AMS Raporu 1954, s. 80)*. Yunanistan, Bulgaristan ve Sakız adasındaki 8 noktaya Türkiye'den bağlantı yapılmıştır. Böylece bu ortak noktaların her iki datumda coğrafi (dolayısıyla Lambert) koordinatları elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak anılan iki datumda bir dönüşüm yöntemi uygulamaya konularak tüm noktaların Avrupa Datumu 1950 ye göre coğrafi koordinatları hesaplanmıştır.

Avrupa ülkeleri ile aynı sistemde hesap yapılabilmesi amacı ile 1938-1939 yılında Trakya bölgesinde Yunan ve Bulgar sınırlarında nirengi ölçüleri yapılmıştır. 1949 yılında aynı amaçla Yunanlılarla İzmir'in batısında Sakız adası üzerinde bir dörtgenle ilişki sağlanmış, Astronomik semt ölçüleri ile de bu bölgedeki ilişki sağlamlaştırılmıştır *(TEVGÖR 1951, s. 10)*.

Eldeki coğrafi koordinatlardan anılan bu sekiz noktanın herbiri için

n_i, e_i : AD50 Lambert koordinatları

N_i, E_i : TUD Lambert koordinatları

hesaplanmıştır. Bunlar yardımıyla ilkin,

$$\Delta N_i = n_i - N_i \qquad \Delta E_i = e_i - E_i \tag{2.39}$$

ve sonra,

$$\delta N = \frac{1}{8}\sum_{i \to 1}^{8} \Delta N_i \qquad \delta = \frac{1}{8}\sum_{i \to 1}^{8} \Delta E_i \tag{2.40}$$

eşitlikleriyle aritmetik ortalamalar bulunmuştur. Bu değerler kullanılarak da başlangıç noktasının (39° kuzey enlemi, 35^{o} doğu boylamı) coğrafi koordinatlarına eklenecek miktarlar

$$\delta\phi_o = \frac{\delta N}{M_o}$$

$$\delta\lambda_o = \frac{\delta E}{N_o . \cos\phi_o} \qquad (2.41)$$

eşitlikleriyle elde edilmiştir. Burada

M_o : Başlangıç noktasında meridyen doğrultusunda eğrilik yarıçapını

N_o : Başlangıç noktasında meridyene dik yöndeki eğrilik yarıçapını göstermektedir.

Projeksiyon başlangıç noktası için hesaplanan $\delta\phi_o$, $\delta\lambda_o$ büyüklükleri AD50 ile TUD'deki coğrafi koordinatlar arasındaki fark olarak düşünülebilir. Böylece dengelemedeki Laplace açı koşulu

$$\omega = \delta\lambda_o . \sin\phi_o \qquad (2.42)$$

miktarı kadar bozulur. Bu nedenle n_i, e_i projeksiyon koordinatları bir eğik konform konik projeksiyon koordinatları olarak düşünülür. Böylece sözkonusu sekiz noktanın AD50'deki jeodezik koordinatları ve

$$\begin{aligned} \phi_o &= 39^{o} + \delta\phi_o \\ \lambda_o &= 35^{o} + \delta\lambda_o \\ \omega &= \delta\lambda_o . \sin\phi_o \end{aligned} \qquad (2.43)$$

ile n_i, e_i eğik konform konik projeksiyon koordinatları yeniden hesaplanır ve (2.39), (2.40), (2.41) işlemleri yinelenerek $\delta\phi_o'$,$\delta\lambda_o'$ değerleri bulunur. Bunlar (2.43) eşitliklerine eklenerek işlemler yinelenir ve böylece işleme devam edilir.

Bu iteratif işlemler sürdürülünce (2.41) eşitliklerinden pratik anlamda sıfır elde edilir ve burada işleme son verilir. Bu işlem sözkonusu 8 noktayla üç iterasyonda bitmiştir. Eğik konform konik projeksiyon parametreleri olarak :

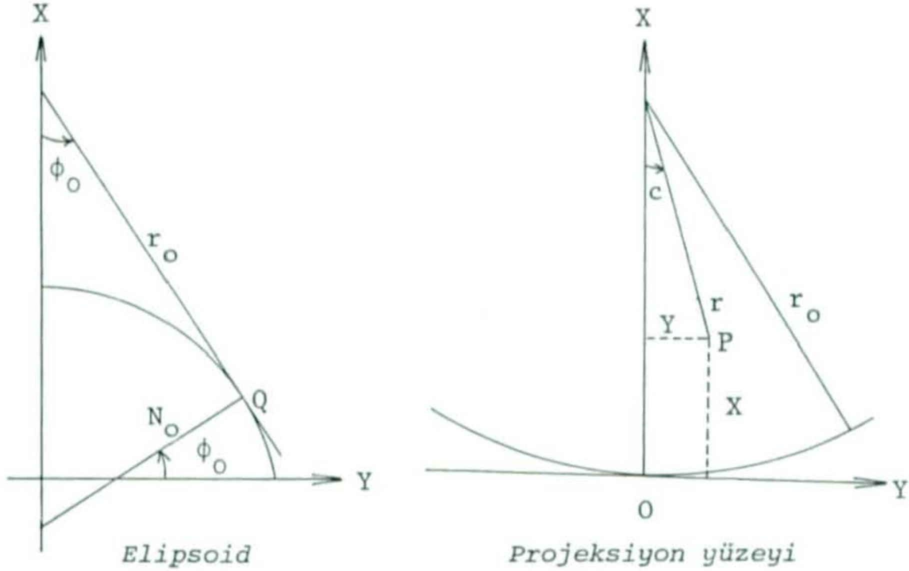
$$\begin{aligned} \phi_0 &= 39^0 + \delta\phi_0 + \delta\phi_0' + \delta\phi_0'' + \delta\phi_0''' \\ \lambda_0 &= 35^0 + \delta\lambda_0 + \delta\lambda_0' + \delta\lambda_0'' + \delta\lambda_0''' \qquad (2.44) \\ \omega &= (\delta\lambda_0 + \delta\lambda_0' + \delta\lambda_0'' + \delta\lambda_0''').\sin\phi_0 \end{aligned}$$

bulunmuştur. Böylece noktaların Türkiye Ulusal Datumundaki Lambert koordinatları N_i, E_i yukarıda parametreleri verilen eğik konform konik projeksiyonun n_i, e_i koordinatlarına özdeş kabul edilerek ters işlemle AD50'deki coğrafi koordinatları bulunmuştur. AMS'de yapılan bu dönüşüm, benzerlik dönüşümü ile karşılaştırıldığında bu yöntemin ağa distorsiyonlar ekliyeceğini göstermiştir *(PİRSELİMOĞLU, Seminer 1978)*.

3. LAMBERT PROJEKSİYONU

3.1. LAMBERT PROJEKSİYONU İLKELERİ

Türkiye temel nirengi ağının düzlem koordinatları Lambert projeksiyonu kullanılarak hesaplanmıştır. Konform konik projeksiyon olan Lambert projeksiyonunda tek standart paralel olarak 39° kuzey enlemi seçilmiştir.



Şekil : 7

Lambert projeksiyonu

Projeksiyonun oluşumu Şekil 7 de şematik olarak gösteril-

Lambert projeksiyonunda dik koordinatların hesaplanması için uygulanan işlemler aşağıdaki gibi olacaktır :

Projeksiyon yüzeyinin elipsoide teğet olduğu standart paralel dairesinin enlem değeri ϕ_0 , bu paralel dairenin düzlemdeki karşılığını çizen projeksiyon yarıçapı da r_o olduğuna göre, Şekil 7 den,

$$\tan\phi_0 = \frac{N_o}{r_o} \quad \text{veya} \quad r_o = N_o.\cot\phi_0 \qquad (3.1)$$

yazılabilir. Burada N_o, başlangıç noktasının meridyene dik yöndeki normal eğrilik yarıçapı olup

$$N_o = \frac{a}{(1-e^2\sin^2\phi_0)^{1/2}} \qquad (3.2)$$

eşitliği ile hesaplanır. Hayford elipsoidinin büyüklükleri

$$a = 6\ 378\ 388{,}0 \quad m.$$
$$b = 6\ 356\ 911{,}946 \ m.$$
$$e^2 = 0.006\ 722\ 670$$

olmak üzere

$$N_o = 6\ 386\ 896{,}140 \ m.$$
$$r_o = 7\ 887\ 159{,}882 \ m.$$

olarak bulunur.

Koordinatı hesaplanacak olan noktanın projeksiyon yarıçapı r ise,

$$r = r_o + a_1 d\phi + a_2 d\phi^2 + a_3 d\phi^3 + a_4 d\phi^4 + a_5 d\phi^5 + a_6 d\phi^6 \quad (3.4)$$

bağıntısı ile hesaplanır *(AMS Raporu 1954, s. 5)*. Bu bağıntıdaki

$$d\phi = \phi - \phi_0 \qquad (3.4)$$

ϕ_0 : teğet enlem (39^0), ϕ : koordinatı hesaplanacak olan noktanın enlemini göstermektedir. (3.3) bağıntısındaki katsayılar,

$$a_1 = -\frac{dNk_o}{1+\eta^2}$$

$$a_2 = -\frac{3d^2Nk_o t\eta^2}{2(1+\eta^2)^2}$$

$$a_3 = -\frac{d^2Nk_o t}{6(1+\eta^2)^3(1+\eta^2)^3(1+4\eta^2-3\eta^2t^2+3\eta^4+12\eta^4t^2)}$$

$$a_4 = -\frac{d^4N\ k_o t}{24(1+\eta^2)^4(1+3\eta^2+35\eta^4-45\eta^4t^3+33\eta^6+60\eta^6t^2)}$$

$$a_5 = -\frac{d^5N\ k_o t}{120(1+\eta^2)^5}(5+3t^2+24\eta^2+15\eta^2t^2+66\eta^4+135\eta^4t^2+$$
$$45\eta^4t^4+80\eta^6+165\eta^5t^2-540\eta^6t^4+$$
$$33\eta^8+312\eta^6t^2+360\eta^8t^4)$$

$$a_6 = -\frac{d^6N\ k_o t}{720(1+\eta^2)^6(21+12t^2+143\eta^2+75\eta^2t^2+122\eta^4+}$$
$$585\eta^4t^2+622\eta^6-3255\eta^6t^2+$$
$$1575\eta^6t^4+1345\eta^8-777\eta^8t^2-$$
$$6300\eta^8t^5+723\eta^{10}+300\eta^{10}t^2+$$
$$2520\eta^{10}t^4)$$

$$a_7 = -\frac{d^7N\ k_o t}{5040(1+\eta^2)^7(61+130t^2+60t^4+428\eta^2+945\eta^2t^2+}$$
$$441\eta^2t^4\ \ldots)$$

$$a_8 = -\frac{d^8N\ k_o t}{40320(1+\eta^2)^8(617+927t^2+360t^4+5191\eta^2+770\eta^2t^2+}$$
$$3024\eta^2t^2)$$

eşitlikleriyle hesaplanır. Eşitliklerde geçen simgeler

$$t = \tan\phi_0$$

$$\eta^2 = e'^2 \cos\phi_0$$

$$e'^2 = \frac{a^2-b^2}{b^2} \quad , \quad e^2 = \frac{a^2-b^2}{a^2}$$

k_o = Orijindeki ölçek faktörü

$d = \text{arc } 1'' = \frac{1}{\rho''}$

değerlerini göstermektedir.

Yukarıda verilen a katsayılarının değerleri :

$$\begin{aligned} a_1 &= -\ 308\ 384{,}8854.10^{-4} \\ a_2 &= -\ 73{,}9313.10^{-8} \\ a_3 &= -\ 120{,}842652.10^{-12} \\ a_4 &= -\ 1{,}1857567.10^{-16} \\ a_5 &= -\ 0{,}099248.10^{-20} \\ a_6 &= -\ 0{,}0027.10^{-24} \end{aligned} \qquad (3.5)$$

olarak hesaplanmıştır *(AMS Raporu 1954, s.5)*.

(3.5), (3.4) ve (3.1) değerleri (3.3) bağıntısında yerlerine konarak koordinatı hesaplanacak olan noktanın projeksiyon düzlemindeki r yarıçapı hesaplanır. Aşağıda verilen (3.6) bağıntısındaki $d\lambda$ ise,

$$d\lambda = \lambda - \lambda_0 \qquad (3.6)$$

biçiminde hesaplanır. Bağıntıdaki

λ_0 : Projeksiyon için seçilen başlangıç noktasının boylamını (35^0)

λ : Koordinatı hesaplanacak olan noktanın boylamını

göstermektedir.

Buna göre meridyen yakınsaması :

$$c = d\lambda.\sin\phi_0 \qquad (3.7)$$

şeklinde hesaplanır ve Lambert koordinatları (3.1), (3.3), (3.7) bağıntıları yardımıyla :

$$\begin{aligned} y &= r.\sin c \\ x &= r_o - r.\cos c \end{aligned} \qquad (3.8)$$

bulunur.

3.2. LAMBERT PROJEKSİYONUNDA (t-T) AÇIKLIK AÇISI İNDİRGEMESİ

Lambert konform konik projeksiyonunda bir nirengi kenarının başlangıç ve bitim noktasının coğrafi koordinatları $A(\phi_1,\lambda_1)$, $B(\phi_2,\lambda_2)$ ile, bunların Lambert projeksiyonundaki karşılıkları $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$ ile verilmiş ise A ile B noktalarını birleştiren jeodezik eğrinin azimutları A_1', A_2' olur. Projeksiyonun açı koruyan olması nedeniyle standart paralel daire projeksiyonu meridyen projeksiyonu ile aynı açıları, X ekseni ile de T_1, T_2 küresel semt açılarını oluşturur *(Şekil 8)*. Düzlemdeki hesaplar bu noktalar arasını birleştiren S doğrusu ve t açısı ile yapılır.

Şekildeki simgeler :

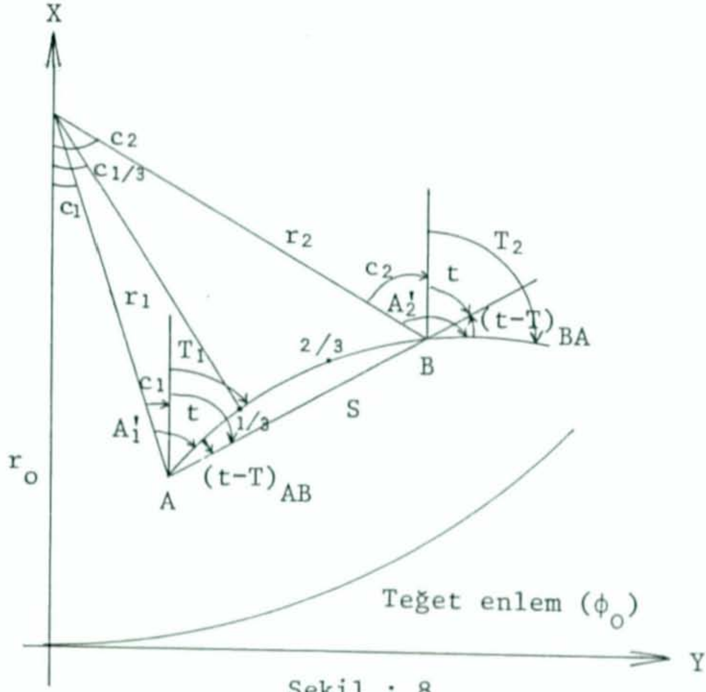
A' : Azimutu
c : Meridyen yakınsamasını
(t-T) : Doğrultu indirgemesini

T : Küresel semt açısını

t : Semt açısını

r_o : Teğet enlemin projeksiyon yarıçapını

göstermektedir.



Şekil : 8

Lambert projeksiyonunda (t-T) indirgemesi.

Hesaplamalar için meridyen projeksiyonlarının c_1, c_2 yakınsamalarından başka $(t-T)_{AB}$, $(t-T)_{BA}$ indirgemelerinin bilinmesi gerekir *(ULUSOY 1977, s. 277)*. t ile A'_1, A'_2 azimutları arasında :

$$t = A'_1 + (t-T)_{AB} - c_1$$
$$t = A'_2 + (t-T)_{BA} - c_2 \qquad (3.9)$$

bağıntıları yazılabilir. c_1, c_2 için (3.9) bağıntısı kullanılır.

(t-T) indirgemesi için A ve B noktalarını birleştiren nirengi kenarı projeksiyonunun eğriliği hesaplanmalıdır. Bunun için yayın başında A noktasında, yayın sonunda B noktasında ayrıca yayın 1/3 lük ve 2/3 lük kısmında eğrilik hesaplanır *(DUPUY 1952, s. 350- DUFOUR 1952, s.359-FIALA 1976, s. 309, 310)*. Buna göre,

$$(t-T)_{AB} = \frac{1}{2} E_{1/3}.S + \frac{1}{72} E_A S^3$$
$$(t-T)_{BA} = \frac{1}{2} E_{2/3}.S - \frac{1}{72} E_B S^3 \qquad (3.10)$$

yazılabilir. Eşitliklerdeki

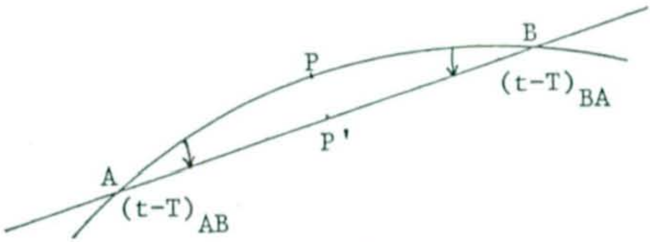
$E_{1/3}$: A,B noktalarını birleştiren nirengi kenarı projeksiyonun ilk 1/3 lük parçasının eğriliğini

göstermektedir. E eğrilik bağıntısı ise, r Lambert projeksiyonu düzlemindeki yarıçapı göstermek üzere

$$E = \frac{\sin\phi - \sin\phi_0}{\sin\phi_0 . r} . \sin A' \qquad (3.11)$$

eşitliği ile hesaplanır.

AMS'de yapılan hesaplarda (t-T) indirgemesinin hesaplanmasında aşağıda açıklanan yöntem uygulanmıştır (AMS Raporu 1954, s. 9 - LEVALLOIS 1970, s. 179-180).



Şekil : 9

(t-T) indirgemesinin gösterilmesi.

şekildeki,

$(t-T)_{AB}$: A noktasındaki açıklık açısı indirgemesini,
$(t-T)_{BA}$: B noktasındaki açıklık açısı indirgemesini
P : Yayın orta noktasını
P' : Doğru parçasının orta noktasını

göstermektedir.

(t-T) açıklık açısı indirgemesi,

$$\begin{aligned}(t-T)_{AB} &= D\ (G_A + 2G_P)\\ (t-T)_{BA} &= -D\ (G_A + 2G_P)\end{aligned} \qquad (3.12)$$

bağıntısıyla hesaplanmıştır. A ve B noktalarındaki açıklık açısı indirgeme değerleri (3.12) deki iki bağıntının toplanmasıyla,

$$(t-T)_{AB} + (t-T)_{BA} = D(G_A - G_B) \qquad (3.13)$$

kontrol edilebilir. Bu bağıntıdaki simgeler,

$$\begin{aligned}D &= x_A . y_B - x_B . y_A\\ \bar{x} &= r_0 - x\\ r^2 &= \bar{x}^2 + y^2\end{aligned} \qquad (3.14)$$

$$G = \frac{\rho''}{6\sin\phi_0} \cdot \frac{\sin\phi - \sin\phi_0}{r^2}$$

biçiminde verilmiştir.

Bu çalışmada temel nirengi ağının dengeleme numarası 2,3 ve 141,142 olan noktalarında (t-T) indirgemelerinin büyüklüklerini görebilmek için (3.14), (3.13), (3.12) bağıntılarından indirgemeler hesaplanarak

$$\begin{aligned} (t-T)_{2,3} &= 27''.371 \\ (t-T)_{3,2} &= -28''.958 \\ \hline (t-T)_{2,3} + (t-T)_{3,2} &= -1\ .587 = D(G_2 - G_3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (t-T)_{141,142} &= -6''.692 \\ (t-T)_{142,141} &= 8''.199 \\ \hline (t-T)_{141,142} + (t-T)_{142,141} &= 1''.507 \quad D(G_{141} - G_{142}) \end{aligned}$$

sonuçları elde edilmiştir.

Açıklık açısı indirgemesinde ikinci terimin hesaplanması: (3.10) bağıntısındaki ikinci terim,

$$\frac{1}{72} E_A S^3 = \frac{\rho''}{72} \cdot \frac{1-n^2}{n^2} \cdot S^3 \cdot \frac{1}{r^3} \qquad (3.15)$$

şeklinde hesaplanabilir *(FIALA 1976, s. 311)*.

(3.15) bağıntısında,

- n : $\sin\phi_o$
- S : Noktalar arasındaki uzaklığı
- r : Projeksiyon yarıçapını

göstermektedir.

Dengeleme numarası 2,3 ve 141, 142 olan noktalarda (t-T) indirgemesinde ikinci terim :

$$\frac{1}{72} E_2 S^3 = 0''.004\,855 \approx 0''.005$$
$$\frac{1}{72} E_3 S^3 = 0''.004\,747 \approx 0''.005$$
$$\frac{1}{72} E_{141} S^3 = 0''.000\,623 \approx 0''.001$$
$$\frac{1}{72} E_{142} S^3 = 0''.000\,574 \approx 0''.001$$

olarak hesaplanmıştır.

Bu duyarlığın I. derece nirengi kenarları için yeterli olduğu saptanmıştır *(FIALA 1976, s. 311)*. Türkiye temel nirengi ağının kenarları için de ikinci terimin alınması gereklidir.

3.3. ÖLÇEK FAKTÖRÜ

Hristow'un "Die Mecklenburgischen Koordinaten 1943" isimli yayınında ölçek faktörü için vermiş olduğu bağıntılar AMS tarafından geliştirilerek verilmiştir *(AMS Raporu 1954, s. 7)*. Burada

R : ϕ_0 enleminin ortalama eğrilik yarıçapıdır.

Hesaplanan uzunluk deformasyonu başka bir deyişle ölçek faktörü, jeodezik uzunluk (s) ile düzlem uzunluk (S) arasındaki

$$k = \frac{S}{s}$$

ilişkidir.

ölçek faktörü

$$k = 1 + \frac{1}{2R^2}x^2 + \frac{t}{12R^3}(2-9\eta^2)x^3 - \frac{t}{4R^3}(2-9\eta^2)y^2x$$

$$+ \frac{1}{24R^4}(1+3t^2-4\eta^2-3t^2\eta^2)x^4 - \frac{t^2}{4R^4}(3-7\eta^2)x^2y^2$$

$$+ \frac{t^2}{8R^4}(1-\eta^2)y^4 + \frac{t}{20R^5}(1+2t^2)x^5$$

$$- \frac{t}{24R^2}(2+24t^2-9\eta^2-60t^2\eta^2)\,x^2y$$

$$+ \frac{t^3}{4R^5}(2-5\eta^2)xy^4 + \frac{1}{720R^6}(1+37t^2+60t^4)x^6 \qquad (3.16)$$

$$- \frac{5t^2}{24R^6}(1+6t^2)x^4y^2 + \frac{t^2}{16R^6}(1+20t^2)x^2y^2 - \frac{t^4}{12R^6}y^6$$

$$- \frac{t}{240R^7}(1+87t^2+360t^4)x^5y^2 + \frac{t^3}{48R^7}(13+120t^2)x^3y^4$$

$$- \frac{t^3}{48R^7}(1+24t^2)\,xy^6$$ olarak verilmiştir.

(3.16) bağıntısında sabit terimler hesaplandığında :

$$\begin{aligned}
k = 1 &+ 1.230728 \cdot 10^{-14} \cdot x^2 + 0.51161 \cdot 10^{-21} \cdot x^3 \\
&- 1.56041 \cdot 10^{-21} \cdot xy^2 + 0.743 \cdot 10^{-28} \cdot x^4 \\
&- 2.9514 \cdot 10^{-28} \cdot x^2y^2 + 0.4946 \cdot 10^{-28} \cdot y^4 \\
&+ 0.89 \cdot 10^{-35} \cdot x^5 - 5.626 \cdot 10^{-35} \cdot x^3y^2 \\
&+ 2.498 \cdot 10^{-35} \cdot y^4 + 0.1 \cdot 10^{-41} \cdot x^6 \qquad (3.17) \\
&- 1.005 \cdot 10^{-41} \cdot x^4y^2 + 0.863 \cdot 10^{-41} \cdot x^2y^4 \\
&- 0.0534 \cdot 10^{-41} \cdot y^6 - 1.7 \cdot 10^{-48} \cdot x^5y^2 \\
&+ 2.4 \cdot 10^{-48} \cdot x^3y^4 - 0.43 \cdot 10^{-48} \cdot xy^6
\end{aligned}$$

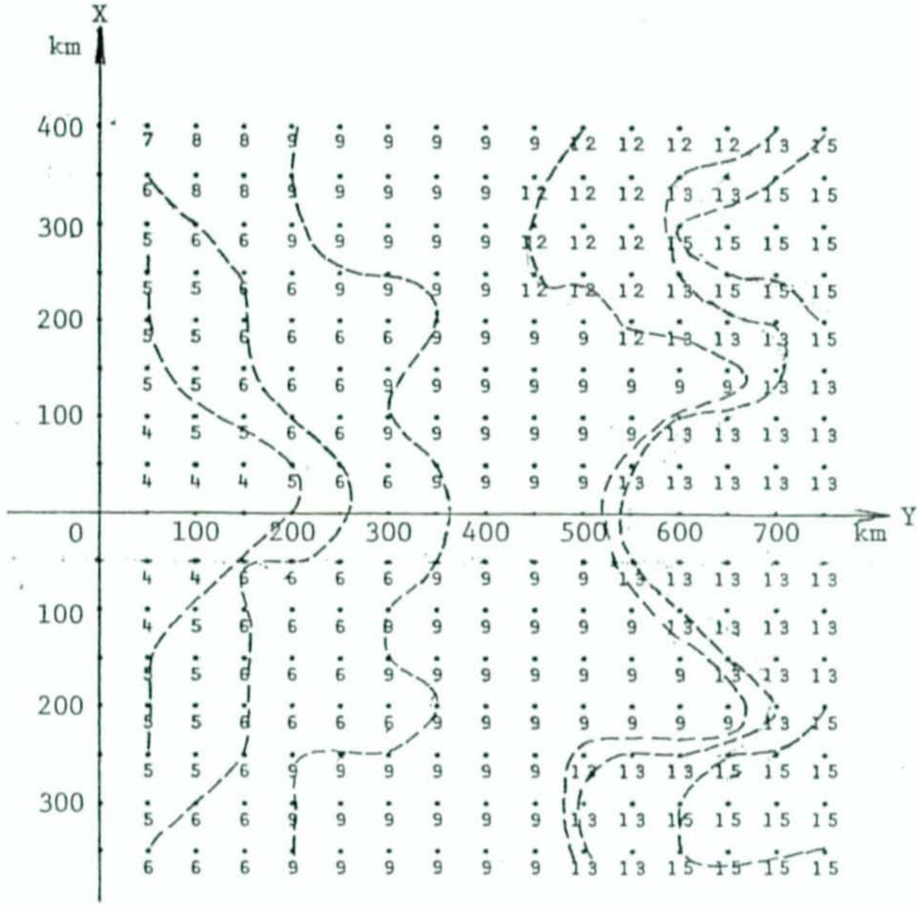
elde edilir.

Lambert projeksiyonunda standart paralel dışında deformasyon daima 1 den büyüktür ve deformasyonlar ϕ_o standart paralelinden itibaren kuzeye doğru güney yönünden daha çabuk büyürler *(FIALA 1976, S. 96)*.

Bu çalışmada (3.17) bağıntısı milimetre duyarlığında belirli x, y aralıklarında incelenmiş, projeksiyon başlangıç noktasından uzaklaşıldıkça gerekli terim sayısı hesaplanarak sonuçlar şekil 10 da gösterilmiştir.

Şekilden de görüldüğü gibi bağıntının düzensiz yapısı terimler arasında sıçramalara yol açmıştır.

Hesaplamalar, hazırlanan programla K Ü Bilgi işlem merkezinde yapılmıştır.



Şekil : 10

Ölçek Faktöründe orijinden olan uzaklığa bağlı olarak gerekli terim sayısı. Duyarlık milimetre olarak alınmıştır.

3.4. MERİDYEN YAKINSAMASI

(2.16) ve (3.7) bağıntılarıyla gösterilen meridyen yakınsaması

$$c = \sin\phi_o . d\lambda = \cos\phi_o . t . d\lambda$$

şeklindedir *(HRISTOW 1943b, s. 232 - GROSSMANN 1934, s. 491 - BOMFORD 1980, s. 199).*

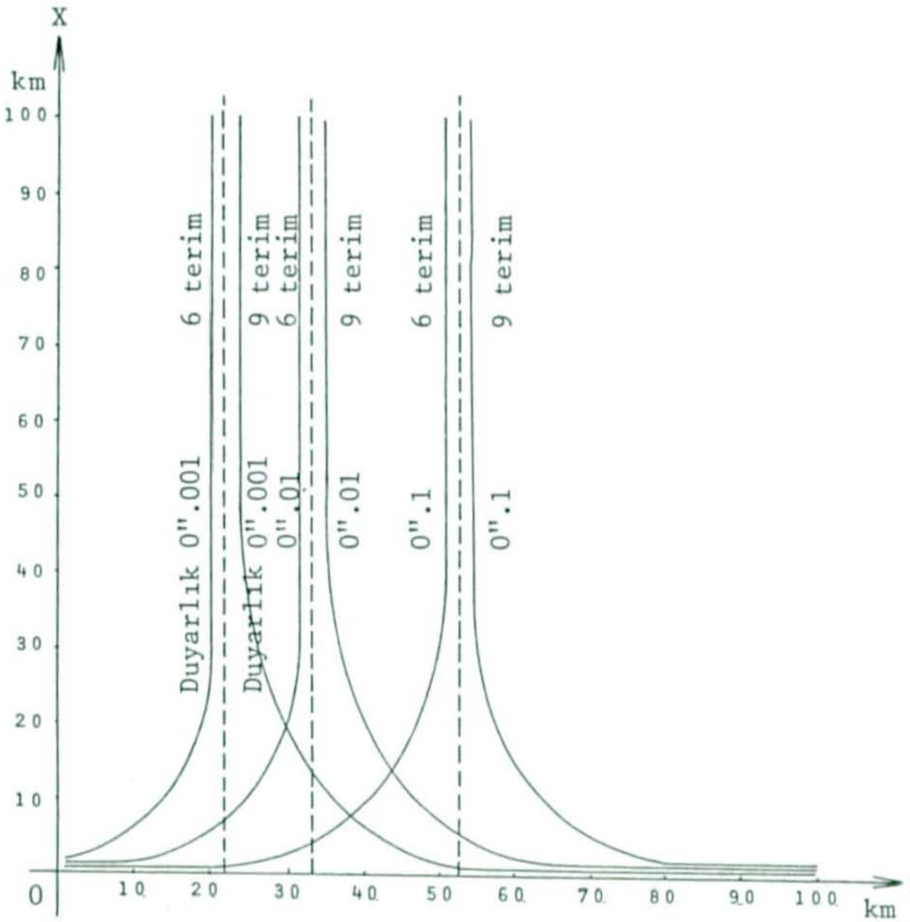
Bu bağıntıda $d\lambda$ seriye açılıp yerine konursa :

$$\begin{aligned} c = & \frac{1}{No} t.y + \frac{1}{No^2} t^2 . xy + \frac{1}{No^3} t^3 . x^2 y \\ & - \frac{1}{3No^3} . t^3 . y^3 + \frac{1}{No^4} t^4 . x^3 y - \frac{1}{No^4} t^4 . xy^3 \qquad (3.18) \\ & + \frac{1}{No^5} t^5 . x^4 y - \frac{2}{No^5} t^5 . x^2 y^3 + \frac{1}{5No^5} t^5 . y^5 \end{aligned}$$

elde edilir.

Bu bölümde (3.18) bağıntısının 9 teriminin her nokta için yeterli olup olmadığı araştırılarak şekil 11 deki grafik elde edilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi duyarlık 0".001 olarak alınırsa orijinden itibaren Y ekseni yönünde 22 km. den sonra (3.18) bağıntısının tüm terimlerini kullanmak zorunluluğu vardır. Duyarlık 0".01 olarak alınırsa Y ekseninde 33 km. den sonra tüm terimler alınır. Duyarlık 0".1 ye düşürülürse 53 km. ye kadar 6 terim yeterlidir. 53 km. den sonra tüm terimlerin alınması gerekir.

Şekil 11'in hesapları da hazırlanan programla KÜ Bilgi İşlem Merkezinde yapılmıştır.



Şekil : 11

Meridyen yakınsamasında duyarlık değiştikçe kullanılacak terim sayısı.

3.5. LAMBERT PROJEKSİYONUNUN DENGELEMEDE SAĞLADIĞI KOLAYLIKLAR

Türkiye temel nirengi ağında geçici coğrafi koordinatlardan geçici Lambert koordinatları hesaplandıktan sonra, tüm işlemler Lambert projeksiyonu üzerinde yapılmıştır. Bölüm 1.3 de 6 noktadan oluşan bir zincir için gözlem denklemleri yazılmış bu denklemlere ait katsayılar (1.4) bağıntıları ile verilmiştir. Lambert projeksiyonunda doğrultulara gelecek düzeltmeler (1.3) bağıntıları ile gösterilmiştir. İşlemler elipsoid üzerinde yapılacak olursa (1.3) gözlem denklemi,

$$V_i = -d\bar{Z}_A + a_i.d\bar{x}_A + b_i d\bar{y}_A - c_i.d\bar{y}_E - d_i d\bar{y}_E - \bar{\ell}_i \qquad (3.19)$$

biçimine girer *(WOLF 1968, s. 323)*. Burada A durulan nokta, E bakılan noktayı gösterir. Ayrıca (3.19) bağıntısındaki katsayılar,

$$a_i = +\, C.\frac{\sin(AE)}{S_{AE}}.\rho \qquad b_i = -\, C.\frac{\cos(AE)}{S_{AE}}.\rho$$
$$-\,c_i = +\, C.\frac{\sin(EA)}{S_{AE}}.\rho \qquad d_i = -\, C.\frac{\cos(EA)}{S_{AE}}.\rho \qquad (3.20)$$

$$C : 10^5 \text{ sabit sayı} \quad -\bar{\ell}_i = \alpha_{oi} - (L_i + Z_{oA})$$

biçiminde hesaplanır. Bağıntıdaki α_{oi} semt açısını, ℓ_i ölçüyü göstermektedir.

Hesaplamaların elipsoid üzerinde yapılması halinde ayrıca aşağıdaki hususların da gerçekleşmesi zorunludur :

1 - (3.19) bağıntısında görüldüğü gibi elipsoid üzerinde azimut ve ters azimutlar farklı değerde olduklarından doğrultulara gelecek düzeltmeler için yazılan hata denklemlerinde 4 katsayının da (a_i, b_i, c_i, d_i) ayrı ayrı hesabı gereklidir.

2 - Yapılan sayısal inceleme sonuçlarına dayanılarak hesapların çift duyarlıklı yapılması gerekmektedir.

3 - Lambert projeksiyonunda degeleme bilinmiyenleri dx, dy doğrudan tek aşamada bulunurlar. Elipsoidde dengeleme bilinmiyenleri :

$$d\bar{x}_j = \frac{1}{c}.M_j.\Delta\phi_j$$
$$d\bar{y}_j = \frac{1}{c}.N_j.\cos\phi_j.\Delta\lambda_j \qquad (3.21)$$

bağıntılarıyla hesaplanır. Burada j, A veya E noktası için indistir. (3.21) bağıntılarından yararlanak $d\bar{x}_j$ ve $d\bar{y}_j$ dengeleme bilinmiyenlerinden yararlanılarak aranan koordinat bilinmiyenleri :

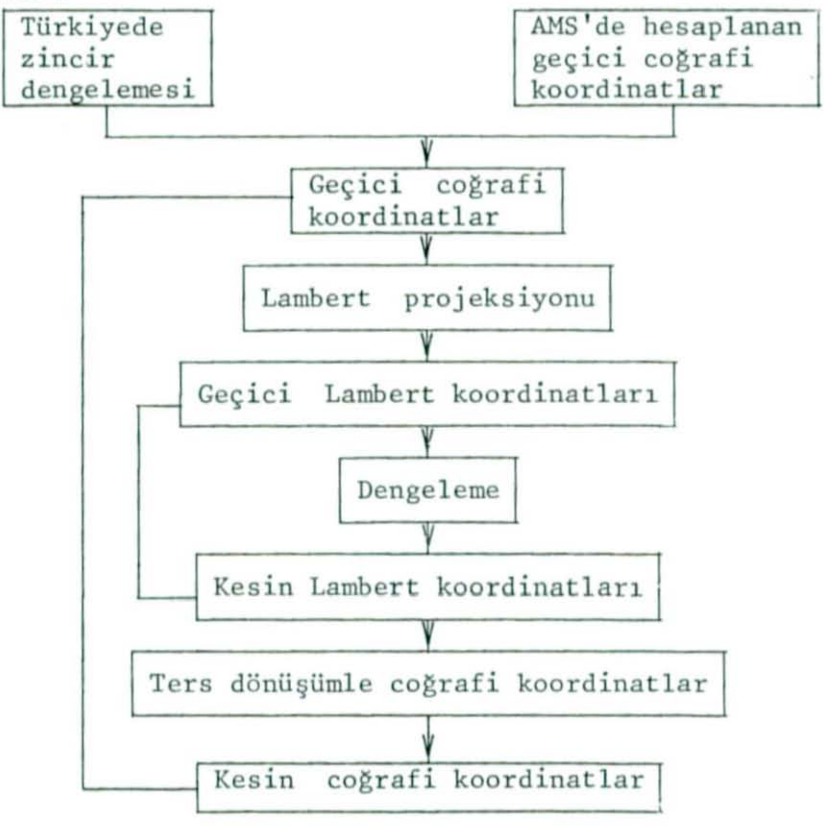
$$\Delta\phi_j = \frac{C}{M_j}.d\bar{x}_j$$
$$d\lambda_j = \frac{C}{N_j.\cos\phi_j}.d\bar{y}_j \qquad (3.22)$$

bağıntılarıyla hesaplanacağından her nokta için meridyen ve ona dik doğrultulardaki eğrilik yarıçaplarının 7 basamak incelikle belirlenmeleri gerekmektedir.

A - (3.22) bağıntılarının sonucu olarak yaklaşık coğrafi koordinatlar 7 anlamlı basamakla belirlenmesi gerektiğinden yani, 0".1 duyarlık yeterli olduğundan, Lambert projeksiyonunda bir tek dengeleme işlemiyle bulunan kesin değerler elipsoid üzerinde çalışılırsa en az 2 iterasyon adımında yürütülmek zorundadır. Günümüz olanaklarıyla bu işlemler bilgisayarlarda çift duyarlıkla çalışılarak çözülebilir. Bu da projeksiyondaki dengelemeye göre kullanılan belleğin iki katı büyüklüğünde bellek gerektirir.

4. TEMEL NİRENGİ AĞINDA LAMBERT PROJEKSİYON KOORDİNATLARI İLE COĞRAFİ KOORDİNATLAR ARASINDAKİ UYUM

Bölüm 1.1 de geniş olarak anlatılan Türkiye temel nirengi ağının hesaplama sistemi Şekil 12 de genel çizgileriyle gösterilmiştir.



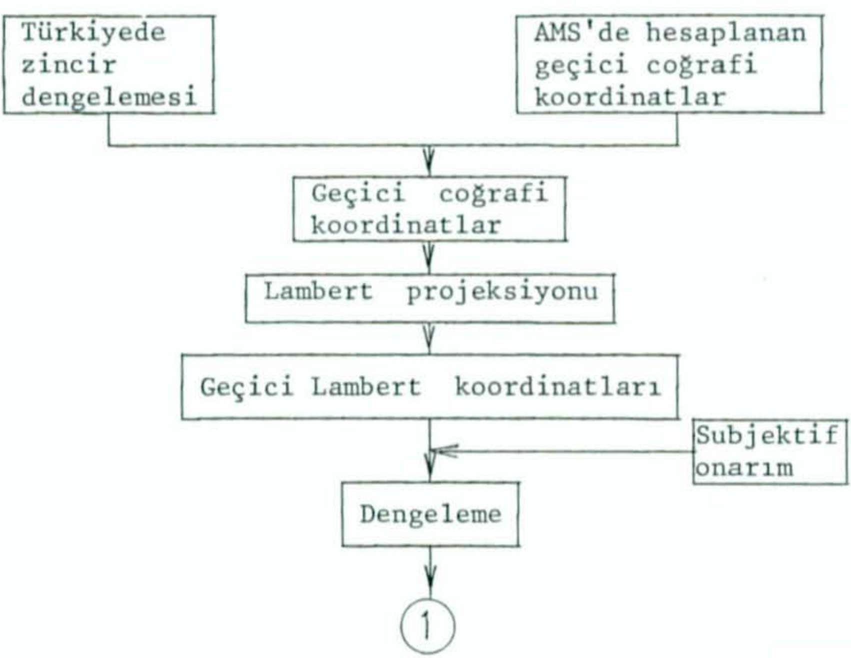
Şekil : 12

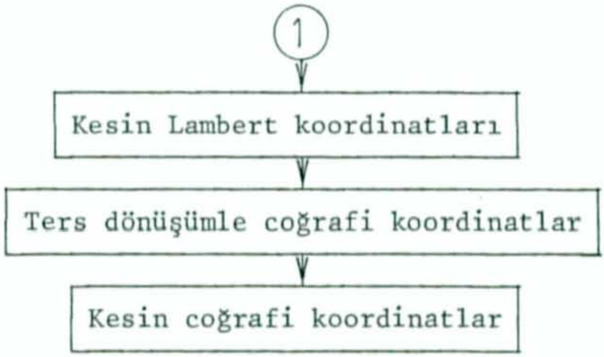
Türkiye temel nirengi ağının hesaplama sisteminin genel çizgileriyle gösterilmesi.

Bölüm 1.1 de açıklanan Türkiye temel nirengi ağının hesaplama sisteminde, kesin Lambert koordinatları ile geçici Lambert koordinatları arasındaki farkların, kesin coğrafi koordinatları ile geçici coğrafi koordinatlar arasındaki farklara teorik olarak karşılık gelmesi gerekir.

Lambert koordinat farkları ile coğrafi koordinat farklarının eşit olma koşulunu ancak coğrafi koordinatlardan projeksiyon koordinatlarına geçerken veya ters işlemle projeksiyon koordinatlarından coğrafi koordinatlara geçerken dönüşüm hesaplarında yapılan hatalardan başka bir de subjektif onarım bozabilir.

Bazı zincirlerde yapılmış olan subjektif onarımın hesaplama sistemindeki yeri





Şekil : 13

Subjektif onarımın hesaplama sistemindeki yeri

Bölüm 2.1 de açıklandığı gibi bazı zincirlerin geçici koordinatları kendi içlerinde düzeltilerek dengelemeye sokulmuşlardır. Bölüm 4.3 de ise subjektif onarımın etkisi ve nasıl giderildiği anlatılmıştır.

4.1. DÖNÜŞÜM HESAPLARININ İNCELENMESİ

AMS'de yapılan koordinat hesaplarının bağıntıları 3.1 bölümünde verilmiştir. Bu hesaplamalarda kaynak olarak Hristow "Die Mecklenburgischen Koordinaten 1943" bağıntıları alınmıştır*(HRISTOW 1943b, S. 230; HRISTOW 1937, S. 86-87)*.

Coğrafi koordinatlardan Lambert koordinatlarının hesaplanması :

$$
\begin{aligned}
X = {} & a_1c_1.\Delta\phi+(a_1c_2 + a_2c_1^2).\Delta\phi^2- a_2.\Delta\lambda^2 \\
& + (a_1c_3 + 2a_2c_1c_2 + a_3c_1^3).\Delta\phi^3- 3a_3c_1.\Delta\phi.\Delta\lambda^2 \\
& + (a_1c_4 + 2a_2c_1c_3 + a_2c_2^2 + 3a_3c_1^2c_2+ a_4c_1^4).\Delta\phi^4 \qquad (4.1a) \\
& - (3a_3c_2+ 6a_4c_1^2).\Delta\phi^2.\Delta\lambda^2+ a_4.\Delta\phi^4 \\
& + (a_1c_5 + 2a_2c_1c_4+ 2a_2c_2c_3+ 3a_3c_1^2c_3 +
\end{aligned}
$$

$$+ 3a_3c_1c_2^2 + 4a_4c_1^3c_2 + a_5c_1^5).\Delta\phi^5$$
$$- (3a_3c_3 + 12a_4c_1c_2 + 10a_5c_1^3).\Delta\phi^3.\Delta\lambda^2$$
$$+ 5a_5c_1.\Delta\phi.\Delta\lambda^4$$

$$\begin{aligned} Y = \; & a_1.\Delta\lambda + 2a_2c_1.\Delta\phi.\Delta\lambda + (2a_2c_2 + 3a_3c_1^2).\Delta\phi^2.\Delta\lambda \\ - \; & a_3.\Delta\lambda^3 + (2a_2c_3 + 6a_3c_1c_2 + 4a_4c_1^3).\Delta\phi^3.\Delta\lambda \\ - \; & 4a_4c_1.\Delta\phi.\Delta\lambda^3 + (2a_2c_4 + 6a_3c_1c_3 + 3a_3c_2^2 \\ + \; & 12a_4c_1^2c_2 + 5a_5c_1^4).\Delta\phi^4.\Delta\lambda \\ - \; & (4a_4c_2 + 10a_5c_1^2).\Delta\phi^2.\Delta\lambda^3 + a_5.\Delta\lambda^5 \end{aligned} \tag{4.1b}$$

bağıntıları ile olur.

X, Y koordinatların hesaplanabilmesi için gerekli a ve c katsayıları *(HRISTOW 1943b, S. 230-231 ; HRISTOW 1935, S. 131)* :

$$\begin{aligned} a_1 &= N_o.\cos\phi_o \\ a_2 &= \frac{1}{2} N_o.\cos^2\phi_o.t \quad (-1) \\ a_3 &= \frac{1}{6} N_o.\cos^3\phi_o.t^2 \\ a_4 &= \frac{1}{24} N_o.\cos^4\phi_o.t \quad (-t^2) \\ a_5 &= \frac{1}{120} N_o.\cos^5\phi_o.t^4 \\ \\ c_1 &= \frac{1}{\cos\phi_o}(1-\eta^2 + \eta^4 - \eta^6) \\ c_2 &= \frac{1}{2\cos\phi_o}.t.(1 + \eta^2 - 3\eta^4) \\ c_3 &= \frac{1}{6\cos\phi_o}(1 + 2t^2 + \eta^2 - 3\eta^4 + 6t^2\eta^4) \\ c_4 &= \frac{1}{24\cos\phi_o}.t.(5 + 6t^2 - \eta^2) \\ c_5 &= \frac{1}{120\cos\phi_o}(5 + 28t^2 + 24t^4) \end{aligned} \tag{4.2}$$

şeklinde verilmiştir.

Ters dönüşüm için gerekli bağıntılar ise,

$$\begin{aligned}\Delta\phi = {} & b_1 d_1 . X + (b_2 d_1 + b_1^2 d_2) X^2 - b_2 d_1 Y^2 + (b_3 d_1 + 2 b_1 b_2 d_2 \\ & + b_1^3 d_3) . X^3 - (3 b_3 d_1 + 2 b_1 b_2 d_2) . XY^2 \\ & + (b_4 d_1 + 2 b_1 b_3 d_2 + b_2^2 d_2 + 3 b_1^2 b_2 d_3 + b_1^4 d_4) . X^4 \\ & - (6 b_4 d_1 + 6 b_1 b_3 d_2 + 2 b_2^2 d_2 + 3 b_1^2 b_2 d_3) . X^2 Y^2 \\ & + (b_4 d_1 + b_2^2 d_2) . Y^4 + (b_5 d_1 + 2 b_1 b_4 d_2 + 2 b_2 b_3 d_2 \\ & + 3 b_1^2 b_3 d_3 + 3 b_1 b_2^2 d_3 + 4 b_1^3 b_2 d_4 + b_1^5 d_5) . X^5 \\ & - (10 b_5 d_1 + 12 b_1 b_4 d_2 + 8 b_2 b_3 d_2 + 9 b_1^2 b_3 d_3 + 6 b_1 b_2^2 d_3 \\ & + 4 b_1^3 b_2 d_4) . X^3 Y^2 + (5 b_5 d_1 + 2 b_1 b_4 d_2 + 6 b_2 b_3 d_2 \\ & + 3 b_1 b_2^2 d_3) . XY^4 \end{aligned} \qquad (4.3a)$$

$$\begin{aligned}\Delta\lambda = {} & b_1 . Y + 2 b_2 . XY + 3 b_3 . X^2 Y - b_3 . Y^3 + 4 b_4 . X^3 Y - 4 b_4 . XY^3 \\ & + 5 b_5 . X^4 Y - 10 b_5 . X^2 Y^3 + b_5 . Y^5 \end{aligned} \qquad (4.3b)$$

olarak verilmiştir *(HROSTOW 1943b, s. 231)*.

ϕ ve λ coğrafi koordinatlarının hesaplanabilmesi için gerekli b ve d katsayıları:

$$b_1 = \frac{1}{N_o \cos\phi_o}$$

$$b_2 = \frac{1}{2 N_o^2 . \cos\phi_o} . t$$

$$b_3 = \frac{1}{3 N_o^3 . \cos\phi_o} . t^2$$

$$b_4 = \frac{1}{4\,N_o^{4}.\cos\phi_o}.t^3$$

$$b_5 = \frac{1}{5\,N_o^{5}.\cos\phi_o}.t^4$$

$$d_1 = \cos\phi_o(1 + \eta^2) \qquad (4.4)$$

$$d_2 = \frac{1}{2}\cos^2\phi_o.t\ (-1-4\eta^2 - 3\eta^4)$$

$$d_3 = \frac{1}{6}\cos^3\phi_o(-1 + t^2 - 5\eta^2 + 13t^2\eta^2 - 7\eta^4 + 27\,t^2\eta^4)$$

$$d_4 = \frac{1}{24}\cos^4\phi_o.t\ (5\,t^2 + 56\eta^2 - 40\,t^2\eta^2)$$

$$d_5 = \frac{1}{120}\cos^5\phi_o(5-18t^2 + t^4)$$

biçimindedir.

(4.1), (4.2) bağıntıları ile Türkiye temel nirengi ağının komşu ülke sınırlarına yakın yerlerdeki (projeksiyon başlangıcından uzak) noktalardan bazıları ile ve güneybatı yöresinden de seçilen noktalarla toplam 55 nokta için dönüşüm işlemleri yapılarak geçici Lambert ve kesin Lambert koordinatları hesaplanmıştır. İşlemler KÜ Bilgi İşlem Merkezinde IBM 370 125-2 sisteminde 16 anlamlı basamaklı sayılarla yürütülmüştür.

Dönüşüm işlemlerinin doğruluğunu kontrol etmek için hesaplanan koordinatlara Hristow Koordinatları ismi verilmiştir. AMS raporunda verilen geçici Lambert koordinatları ile hesaplanan geçici Hristow koordinatları karşılaştırılmış max|dx|,max|dy| değerleri 1,5 cm bulunmuştur. Aynı şekilde kesin Lambert koordinatları ile hesaplanan kesin Hristow koordinatları karşılaştırılmış max |dx| , max |dy| değerleri 1 cm. bulunmuştur (Çizelge 1).

ÇİZELGE 1

Geçici Lambert koordinatları ile geçici Hristow koordinatlarının karşılaştırılması.

Den.No.	Lambert - Hristow$_L$ $^{\alpha)}$ Geçici koordinatlar		Lambert-Hristow$_L$ Kesin koordinatlar	
	dX_H^0	dY_H^0	dX_H	dY_H
1	2	3	4	5
4	0.004m.	0.006m.	0.005m.	0.003m.
10*	0.008	0.007	0.008	0.009
19*	- 0.013	0.014	0.006	0.005
29*	0.009	0.006	0.008	0.006
38	0.006	0.000	0.006	0.001
53*	0.004	0.015	0.002	0.001
63*	0.002	0.002	0.004	0.000
68*	- 0.001	0.001	0.004	0.001
69*	- 0.003	0.002	0.001	0.002
82*	0.001	- 0.002	0.000	- 0.001
103*	0.001	0.000	0.000	0.000
114*	0.001	0.009	0.002	0.009
119*	0.002	- 0.003	0.001	0.002
125*	0.001	- 0.002	0.002	0.000
135*	0.003	- 0.002	0.003	- 0.003
143*	0.008	- 0.006	0.009	- 0.007
150*	0.004	- 0.005	0.004	- 0.004
159	0.004	- 0.004	0.003	- 0.006
164	- 0.002	- 0.001	0.002	- 0.002

(Çizelge 1'e devam)

Den.No.	Lambert - Hristow$_L$ $^{\alpha)}$ Geçici koordinatlar		Lambert-Hristow$_L$ Kesin koordinatlar	
	dX_H^0	dY_H^0	dX_H	dY_H
1	2	3	4	5
167	0.003m.	- 0.002m.	0.003m.	- 0.002m.
171*	0.000	- 0.002	- 0.001	0.000
192*	0.000	0.001	0.002	- 0.001
205*	0.003	0.001	0.004	0.001
213*	0.015	- 0.008	0.003	0.000
231*	0.006	0.000	0.004	- 0.002
249*	0.001	0.000	0.001	- 0.001
254*	0.004	0.000	0.001	0.001
282*	0.001	0.000	0.001	0.000
317*	0.000	0.000	0.000	0.000
329*	0.000	0.000	0.000	0.000
339*	0.001	0.000	- 0.001	- 0.001
359*	0.002	- 0.001	0.003	- 0.003
367*	0.006	- 0.002	0.004	- 0.002
415*	0.015	0.015	0.001	0.001
430*	0.001	- 0.002	0.003	0.001
439*	0.001	0.000	0.001	0.000
460*	0.000	0.002	0.000	- 0.001
470*	- 0.003	0.001	0.001	0.001
524*	- 0.006	0.003	0.000	0.000
533*	0.005	- 0.001	0.005	- 0.001
539*	0.005	- 0.002	0.003	- 0.002
575*	0.001	0.000	- 0.001	0.000

(Çizelge 1'e devam)

Den.No.	Lambert - Hristow$_L^{\alpha)}$ Geçici koordinatlar		Lambert-Hristow$_L$ Kesin koordinatlar	
	dX_H^0	dY_H^0	dX_H	dY_H
1	2	3	4	5
607*	0.000m.	0.000m.	0.001m.	0.001m.
620*	0.002	- 0.002	0.002	0.000
646*	0.007	- 0.006	0.008	- 0.006
654*	0.004	- 0.003	0.005	- 0.002
660*	0.005	0.001	0.001	- 0.002
674*	0.001	0.000	0.001	0.000
728*	0.002	0.002	0.002	0.002
744*	0.004	0.000	0.002	- 0.002
753*	0.009	0.002	0.009	0.002
761*	0.012	- 0.007	0.010	- 0.006
769*	0.013	0.008	0.010	0.008
774*	0.012	0.012	0.010	0.010
782*	0.008	0.007	0.008	0.007

α) Hristow bağıntıları ile hesaplanan Lambert koordinatları.

*) Laplace noktası

Çizelge 1 de görüldüğü gibi :

Geçici koordinatların karşılaştırılmasında :

$$\max |dX_H^0| : 0.015 \text{ m.}$$

$$\max |dY_H^0| : 0.015 \text{ m.}$$

kesin koordinatların karşılaştırılmasında

$$\max |dX_H| : 0.010 \text{ m.}$$
$$\max |dY_H| : 0.010 \text{ m.}$$

olarak bulunmuştur. Farkların bu kadar küçük olması dö - nüşüm hesaplarının doğruluğunu göstermektedir.

Noktaların çoğu * işaretli Laplace noktalarından ve projeksiyon merkezinden uzaklaştıkça deformasyonların en fazla olacağı düşüncesinden yola çıkılarak, projeksiyon başlangıcına (39^{o}N, 35^{o}E) en uzak olan noktalardan seçilmiştir.

4.1.1. Coğrafi Koordinat Farklarının Lambert Koordinat Farkları ile Karşılaştırılması

I. derece noktaların AMS raporundan alınan kesin coğrafi koordinatı ile geçici coğrafi koordinatı arasındaki farklar ($d\phi$ ve $d\lambda$) derece saniyesi birimi olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2, sütun 2-3). Bu farkları, dik koordinat sisteminde metre cinsinden hesaplanmış olan (kesin-geçici) Lambert koordinat farkları ile yani dX', dY'(çizelge 2, sütun 6-7) ile karşılaştırabilmek için aşağıdaki işlemler yapılmıştır.

(4.1a) ve(4.1b) bağıntılarında görüldüğü gibi, X ve Y; ϕ ve λ'ya bağlı bir fonksiyondur. Yani,

$$X = F\ (\phi,\lambda)$$
$$Y = F\ (\phi,\lambda)$$

dir.

X ve Y fonksiyonunun ϕ ve λ ya göre diferansiyeli alınırsa:

$$dX = \frac{\partial X}{\partial \phi}.d\phi + \frac{\partial X}{\partial \lambda}.d\lambda \quad (4.5a)$$

$$dY = \frac{\partial Y}{\partial \phi}.d\phi + \frac{\partial Y}{\partial \lambda}.d\lambda \quad (4.5b)$$

olur. Diğer yandan,

(4.1a) ve (4.1b) bağıntılarının ϕ ve λ'ya göre diferansiyeli alınıp (4.5a) da ve (4.5b) de yerine konursa dX, dY elde edilir.

X için verilen (4.1a) bağıntısında :

$A = a_1 c_1$

$B = a_1 c_2 + a_2 c_1^2$

$C = a_1 c_3 + 2a_2 c_1 c_2 + a_3 c_1^3$

$D = 3a_3 c_1$

$E = a_1 c_4 + 2a_2 c_1 c_3 + a_2 c_2^2 + 3a_3 c_1^2 c_2 + a_4 c_1^4$

$F = 3a_3 c_2 + 6a_4 c_1^2$

$H = a_1 c_5 + 2a_2 c_1 c_4 + 2a_2 c_2 c_3 + 3a_3 c_1^2 c_3 + 3a_3 c_1 c_2^2 + 4a_4 c_1^3 c_2 + a_5 c_1^5$

$I = 3a_3 c_3 + 12a_4 c_1 c_2 + 10a_5 c_1^3$

$J = 5a_5 c_1$

denirse adı geçen bağıntı

$$X = A.\Delta\phi + B.\Delta\phi^2 - a_2\Delta\lambda^2 + C.\Delta\phi^3 - D.\Delta\phi.\Delta\lambda^2 + E.\Delta\phi^4 - F.\Delta\phi^2.\Delta\lambda^2 + a_4.\Delta\lambda^4 + H.\Delta\phi^5 - I.\Delta\phi^3.\Delta\lambda^2 + J.\Delta\phi.\Delta\lambda^4$$

şeklini alır. Bu bağıntının ϕ ve λ'ya göre diferansiyeli alınıp (4.5a) da yerine konursa :

$$dX = (A + 2B\Delta\phi + 3C.\Delta\phi^2 - D.\Delta\lambda^2 + 4E.\Delta\phi^3 - 2F.\Delta\phi.\Delta\lambda^2 + 5H.\Delta\phi^4 - 3I.\Delta\phi^2.\Delta\lambda^2 + J.\Delta\lambda^4).d\phi - (2a_2.\Delta\lambda + 2D.\Delta\phi.\Delta\lambda + 2F.\Delta\phi^2.\Delta\lambda - 4a_4.\Delta\lambda^3 + 2I.\Delta\phi^3.\Delta\lambda - 4J.\Delta\phi.\Delta\lambda^3)d\lambda \quad (4.6a)$$

elde edilir. (4.6a) bağıntısında ,

$\Delta\phi = \phi - \phi_o$, $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_o$, $d\phi = \phi - \phi^o$, $d\lambda = \lambda - \lambda^o$

ile gösterilmiştir. Burada :

ϕ_o, λ_o : Projeksiyon başlangıç noktasının koordinatları ($\phi_o = 39^o$; $\lambda_o = 35^o$)

ϕ , λ : Kesin coğrafi koordinatlar

ϕ^o, λ^o : Geçici coğrafi koordinatlar

ile gösterilmiştir.

Aynı işlemler Y için verilen (4.1b) bağıntısına uygulanarak :

$$\bar{A} = 2a_2c_2 + 3a_3c_1^2$$
$$\bar{B} = 2a_2c_3 + 6c_3c_1c_2 + 4a_4c_1^3$$
$$\bar{C} = 2a_2c_4 + 6a_3c_1c_3 + 3a_3c_2^2 + 12a_4c_1^2c_2 + 5a_5c_1^4$$
$$\bar{D} = 4a_4c_2 + 10a_5c_1^2$$

$$Y = a_1.\Delta\lambda + 2a_2c_1.\Delta\phi.\Delta\lambda + \bar{A}.\Delta\phi^2.\Delta\lambda - a_3.\Delta\lambda^3 + \bar{B}.\Delta\phi^3.\Delta\lambda - 4a_4c_1.\Delta\phi.\Delta\lambda^3 + \bar{C}.\Delta\phi^4.\Delta\lambda - \bar{D}.\Delta\phi^2.\Delta\lambda^3 + a_5\Delta\lambda^5$$

şeklini alır ϕ ve λ ya göre diferansiyeli alınıp (4.5b) de yerine konursa :

$$dY = (2a_2c_1.\Delta\lambda + 2\bar{A}.\Delta\phi.\Delta\lambda + 3\bar{B}.\Delta\phi^2.\Delta\lambda - 4a_4c_1.\Delta\lambda^3 + 4\bar{C}.\Delta\phi^3.\Delta\lambda - 2\bar{D}.\Delta\phi.\Delta\lambda^3).d\phi + (a_1 + 2a_2c_1.\Delta\phi + \bar{A}.\Delta\phi^2 - 3a_3.\Delta\lambda^2 + \bar{B}.\Delta\phi^3 - 12a_4c_1.\Delta\phi.\Delta\lambda^2 + \bar{C}.\Delta\phi^4 - 3\bar{D}.\Delta\phi^2.\Delta\lambda^2 + 5a_5.\Delta\lambda^4).d\lambda \quad (4.6b)$$

elde edilir.

(4.6a) ve (4.6b) bağıntılarının sonucunda $d\phi$, $d\lambda$ farklarına karşılık gelen dX, dY farkları hesaplanmış olur.

Hazırlanan bilgisayar programı ile hesaplar KÜ Bilgi İşlem Merkezinde yapılmıştır. Temel nirengi ağının 219 noktasında $d\phi$, $d\lambda$'lara karşılık gelen dX, dY ler hesaplanmıştır (Çizelge 2, sütun 4-5). 219 noktada yapılan dönüşümün 16 tanesinde Lambert koordinatlarından elde edilen dX', dY' ile uyum olmadığı farkların max $|dx''|$: 6.77 m., max $|dy''|$: 9.50 m.'ye ulaştığı görülmüştür (Çizelge 2, sütun 8-9). Bu farklılığın nereden doğduğu ve nasıl giderildiği bölüm 4.3 de açıklanmıştır.

ÇİZELGE 2

Ek I de gösterilen temel nirengi ağı noktalarının koordinat farkları

Den.No.	Coğrafi koordinat farkı		Coğrafi koordinat farkı (dönüşümle)		Lambert koordinat farkı		Coğrafi-Lambert koordinat farkı	
	$d\phi$	$d\lambda$	dX	dY	dX'	dY'	dx''	dy''
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	0".0548	0".0105	1.67m.	0.37m.	1.65m.	0.35m.	0.02m.	0.02m.
6	0.0439	- 0.0108	1.86	- 0.18	1.88	- 0.20	- 0.02	0.02
7	0.0647	- 0.0092	2.00	- 0.04	2.00	- 0.04	0.00	0.00
8	0.0622	- 0.0148	1.93	- 0.17	1.93	- 0.16	0.00	- 0.01
9	0.0652	- 0.0154	2.02	- 0.17	2.04	- 0.15	- 0.02	- 0.02
15	0.0614	- 0.0049	1.90	- 0.06	1.90	- 0.06	0.00	0.00
17	0.0631	0.0008	1.96	0.20	1.94	0.19	0.02	0.01
19*	0.0662	0.0094	2.01	0.40	2.04	0.39	- 0.03	0.01
20	0.0665	0.0042	2.00	0.29	2.00	0.29	0.00	0.00
25	0.0687	0.0060	2.10	0.33	2.10	0.34	0.00	- 0.01
26	0.0732	0.0067	2.23	0.36	2.23	0.36	0.00	0.00
27	0.0702	0.0091	2.14	0.42	2.14	0.42	0.00	0.00
29*	0.0716	0.0101	2.17	0.45	2.17	0.45	0.00	0.00

(ÇİZELGE 2'ye devam)

Den.No.	Coğrafi koordinat farkı		Coğrafi koordinat farkı (dönüşümle)		Lambert koordinat farkı		Coğrafi-Lambert koordinat farkı	
	dϕ	dλ	dX	dY	dX'	dY'	dx''	dy''
1	2	3	4	5	6	7	8	9
31	0".0722	0".0117	2.19m.	0.49m.	2.19m.	0.49m.	0.00m.	0.00m.
35	0.0796	0.0173	2.48	0.19	2.48	0.19	0.00	0.00
38*	0.0877	0.0168	2.73	0.16	2.73	0.16	0.00	0.00
44	0.0414	- 0.0269	1.33	- 0.51	1.33	- 0.53	0.00	0.02
47	0.0378	- 0.0343	1.23	- 0.72	1.23	- 0.72	0.00	0.00
49	0.0285	- 0.0309	0.94	- 0.66	0.93	- 0.66	0.01	0.00
52	0.0199	- 0.0140	0.64	- 0.28	0.62	- 0.30	0.02	0.02
53*	0.0162	- 0.0164	0.53	- 0.35	0.53	- 0.37	0.00	0.02
56	0.0141	- 0.0162	0.46	- 0.35	0.47	- 0.37	- 0.01	0.02
59	0.0110	- 0.0226	0.38	- 0.51	0.37	- 0.51	0.01	0.00
61	0.0304	0.0037	0.93	0.16	0.93	0.16	0.00	0.00
62	0.0321	0.0231	0.95	0.61	0.95	0.61	0.00	0.00
63*	0.0372	0.0146	1.12	0.42	1.12	0.42	0.01	0.00
64	0.0372	0.0268	1.10	0.71	1.10	0.71	0.00	0.00

(ÇİZELGE 2'ye devam)

Den.No.	Coğrafi koordinat farkı		Coğrafi koordinat farkı (dönüşümle)		Lambert koordinat farkı		Coğrafi-Lambert koordinat farkı	
	$d\phi$	$d\lambda$	dX	dY	dX'	dY'	dx''	dy''
1	2	3	4	5	6	7	8	9
65	0".0440	0".0192	1.32m.	0.55m.	1.32m.	0.55m.	0.00m.	0.00m.
68 *	0.0528	0.0317	1.58	0.85	1.58	0.85	0.00	0.00
69 *	0.0501	0.0242	1.51	0.66	1.51	0.66	0.00	0.00
71	0.0565	0.0227	1.71	0.64	1.71	0.64	0.00	0.00
73	0.0543	0.0157	1.65	0.46	1.64	0.46	0.01	0.00
75	0.0421	0.0135	1.28	0.38	1.28	0.38	0.00	0.00
76	0.0473	0.0075	1.45	0.25	1.45	0.25	0.00	0.00
78	0.0337	0.0101	1.03	0.29	1.03	0.29	0.00	0.00
79	0.0276	0.0010	0.85	0.06	0.85	0.06	0.00	0.00
82 *	0.0001	- 0.0021	0.00	- 0.05	0.00	- 0.05	0.00	0.00
84	- 0.0079	0.0046	- 0.24	0.11	- 0.24	0.11	0.00	0.00
85	- 0.0111	0.0070	- 0.35	0.15	- 0.35	0.15	0.00	0.00
86	- 0.0142	0.0105	- 0.44	0.23	- 0.44	0.23	0.00	0.00
87	- 0.0110	0.0112	- 0.35	0.25	- 0.35	0.25	0.00	0.00

(ÇİZELGE 2'ye devam)

Den.No.	Coğrafi koordinat farkı		Coğrafi koordinat farkı (dönüşümle)		Lambert koordinat farkı		Coğrafi-Lambert koordinat farkı	
	dφ	dλ	dX	dY	dX'	dY'	dx''	dy''
1	2	3	4	5	6	7	8	9
89	- 0".0135	0".0052	- 0.42m.	0.11m.	- 0.42m.	0.11m.	0.00m.	0.00m.
93	- 0.0048	- 0.0008	- 0.15	- 0.02	- 0.15	- 0.02	0.00	0.00
95	- 0.0028	- 0.0082	- 0.08	- 0.19	- 0.08	- 0.19	0.00	0.00
96	- 0.0074	- 0.0106	- 0.22	- 0.25	- 0.22	- 0.25	0.00	0.00
98	0.0304	- 0.0155	0.95	- 0.32	0.95	- 0.31	0.00	- 0.01
100	0.0265	- 0.0325	0.86	- 0.72	0.85	- 0.72	0.01	0.00
102	0.0204	- 0.0393	0.67	- 0.90	0.67	- 0.90	0.00	0.00
103*	0.0167	- 0.0425	0.57	- 0.98	0.57	- 0.98	0.00	0.00
105	0.0100	- 0.0307	0.34	- 0.72	0.34	- 0.72	0.00	0.00
106	0.0132	- 0.0441	0.46	- 1.03	0.46	- 1.03	0.00	0.00
108	0.0157	- 0.0479	0.54	- 1.12	0.55	- 1.10	- 0.01	- 0.02
114*	0.0168	- 0.0280	0.56	- 0.63	0.56	- 0 61	0.00	- 0.02
115	0.0122	- 0.0312	0.42	- 0.72	0.42	- 0.72	0.00	0.00
117	0.0320	- 0.0016	0.99	- 0.04	0.99	- 0.04	0.00	0.00

(ÇİZELGE 2'ye devam)

Den.No.	Coğrafi koordinat farkı		Coğrafi koordinat farkı (dönüşümle)		Lambert koordinat farkı		Coğrafi-Lambert koordinat farkı	
	$d\phi$	$d\lambda$	dX	dY	dX'	dY'	dx''	dy''
1	2	3	4	5	6	7	8	9
119*	0".0450	- 0".0038	1.40m.	- 0.01m.	1.40m.	- 0.01m.	0.00m.	0.00m.
123	0.0777	- 0.0131	2.41	- 0.15	2.41	- 0.15	0.00	0.00
125*	0.0913	- 0.0018	2.81	- 0.15	2.81	- 0.15	0.00	0.00
128	0.0749	- 0.0090	2.32	- 0.07	2.32	- 0.07	0.00	0.00
135*	0.0910	- 0.0119	2.82	- 0.06	2.82	- 0.06	0.00	0.00
140	0.0922	- 0.0150	2.86	- 0.10	2.86	- 0.11	0.00	0.01
141	0.1064	- 0.0208	3.31	- 0.18	3.31	- 0.18	0.00	0.00
142	0.0865	- 0.0294	2.72	- 0.45	2.72	- 0.45	0.00	0.00
143*	0.0920	- 0.0127	2.85	- 0.04	2.85	- 0.04	0.00	0.00
144	0.0909	- 0.0133	2.82	- 0.06	2.82	- 0.06	0.00	0.00
148	0.0955	- 0.0137	2.96	- 0.07	2.96	- 0.07	0.00	0.00
150*	0.0943	- 0.0111	2.92	- 0.02	2.92	- 0.02	0.00	0.00
171*	0.0653	- 0.0306	2.05	- 0.62	2.05	- 0.62	0.00	0.00
174	0.0414	- 0.0382	1.33	- 0.84	1.33	- 0.85	0.00	0.01

(ÇİZELGE 2'ye devam)

Den.No.	Coğrafi koordinat farkı		Coğrafi koordinat farkı (dönüşümle)		Lambert koordinat farkı		Coğrafi-Lambert koordinat farkı	
	dφ	dλ	dX	dY	dX'	dY'	dx''	dy''
1	2	3	4	5	6	7	8	9
175	0".0263	- 0".0666	0.90m.	- 1.56m.	0.89m.	- 1.56m.	0.01m.	0.00m.
180	- 0.0016	- 0.0717	- 0.03	- 1.74	- 0.03	- 1.74	0.00	0.00
185	- 0.0027	- 0.0619	- 0.01	- 1.49	- 0.01	- 1.51	0.00	0.02
186	0.0077	- 0.0625	0.31	- 1.49	0.32	- 1.49	- 0.01	0.00
188	0.0144	- 0.0586	0.52	- 1.38	0.52	- 1.38	0.00	0.00
192*	0.0042	- 0.0261	0.15	- 0.62	0.16	- 0.62	- 0.01	0.00
194	0.0019	- 0.0136	0.07	- 0.32	0.07	- 0.32	0.00	0.00
196	0.0027	- 0.0024	0.07	- 0.06	0.07	- 0.06	0.00	0.00
198	- 0.0054	0.0061	- 0.17	0.15	- 0.17	0.15	0.00	0.00
200	- 0.0052	0.0090	- 0.16	0.21	- 0.16	0.21	0.00	0.00
201	- 0.0112	0.0106	- 0.35	0.24	- 0.35	0.24	0.00	0.00
204	- 0.0053	- 0.0314	- 0.15	- 0.73	- 0.15	- 0.73	0.00	0.00
205*	0.0013	- 0.0313	0.06	- 0.73	0.06	- 0.73	0.00	0.00
208	- 0.0087	- 0.0523	- 0.25	- 1.22	- 0.25	- 1.22	0.00	0.00

(ÇİZELGE 2'ye devam)

Den.No.	Coğrafi koordinat farkı		Coğrafi koordinat farkı (dönüşümle)		Lambert koordinat farkı		Coğrafi-Lambert koordinat farkı	
	$d\phi$	$d\lambda$	dX	dX	dX'	dY'	dx"	dy"
1	2	3	4	5	6	7	8	9
213*	- 0".0046	- 0".0652	- 0.12m.	- 1.51m.	- 0.13m.	- 1.51m.	0.01m.	0.00m.
218	0.0000	- 0.0321	0.01	- 0.75	0.00	- 0.75	0.01	0.00
221	0.0026	- 0.0025	0.08	- 0.06	0.08	- 0.06	0.00	0.00
224	- 0.0081	- 0.0661	- 0.23	- 1.54	- 0.23	- 1.54	0.00	0.00
229	- 0.0085	- 0.0712	- 0.25	- 1.65	- 0.25	- 1.65	0.00	0.00
231*	- 0.0089	- 0.0715	- 0.27	- 1.67	- 0.27	- 1.67	0.00	0.00
233	- 0.0089	- 0.0712	- 0.28	- 1.67	- 0.28	- 1.67	0.00	0.00
235	- 0.0083	- 0.0702	- 0.26	- 1.64	- 0.26	- 1.64	0.00	0.00
243	0.0423	- 0.0870	1.27	- 2.05	1.28	- 2.05	- 0.01	0.00
246	0.0534	- 0.1077	1.60	- 2.54	1.60	- 2.54	0.00	0.00
249*	0.0759	- 0.1182	2.28	- 2.81	2.28	- 2.81	0.00	0.00
253	0.0079	- 0.0740	0.22	- 1.73	0.22	- 1.73	0.00	0.00
254*	0.0103	- 0.0640	0.30	- 1.50	0.30	- 1.50	0.00	0.00
257	0.0233	- 0.0611	0.70	- 1.45	0.70	- 1.45	0.00	0.00

(ÇİZELGE 2'ye devam)

Den.No.	Coğrafi koordinat farkı		Coğrafi koordinat farkı (dönüşümle)		Lambert koordinat farkı		Coğrafi-Lambert koordinat farkı	
	$d\phi$	$d\lambda$	dX	dY	dX'	dY'	dx''	dy''
1	2	3	4	5	6	7	8	9
264	0".0332	- 0".0372	1.01m.	- 0.89m.	0.99m.	- 0.87m.	0.02m.	- 0.02m.
265	0.0209	- 0.0117	0.64	- 0.28	0.64	- 0.30	0.00	0.02
266	0.0233	- 0.0196	0.72	- 0.47	0.72	- 0.67	0.00	0.20
268	0.0096	- 0.0135	0.30	- 0.30	0.30	- 0.32	0.00	0.02
270	0.0045	- 0.0131	0.14	- 0.31	0.14	- 0.31	0.00	0.00
272	0.0025	- 0.0123	0.08	- 0.29	0.08	- 0.29	0.00	0.00
273	0.0033	- 0.0010	0.10	- 0.02	0.10	- 0.02	0.00	0.00
276	0.0044	0.0119	0.13	0.28	0.13	0.28	0.00	0.00
278	- 0.0041	0.0033	- 0.13	0.08	- 0.13	0.08	0.00	0.00
280	- 0.0016	0.0127	- 0.05	0.30	- 0.05	0.31	0.00	- 0.01
282*	- 0.0033	0.0244	- 0.11	0.57	- 0.11	0.57	0.00	0.00
284	- 0.0060	0.0213	- 0.19	0.50	- 0.19	0.50	0.00	0.00
285	- 0.0035	0.0194	- 0.11	0.46	- 0.11	0.46	0.00	0.00
287	- 0.0041	0.0171	- 0.13	0.40	- 0.13	0.40	0.00	0.00

(ÇİZELGE 2'ye devam)

Den.No.	Coğrafi koordinat farkı		Coğrafi koordinat farkı (dönüşümle)		Lambert koordinat farkı		Coğrafi-Lambert koordinat farkı	
	dφ	dλ	dX	dY	dX'	dY'	dx''	dy''
1	2	3	4	5	6	7	8	9
289	- 0".0059	0".0138	- 0.19m.	0.32m.	- 0.19m.	0.32m.	0.00m.	0.00m.
293	- 0.0045	0.0081	- 0.14	0.19	- 0.14	0.19	0.00	0.00
294	- 0.0078	0.0040	- 0.24	0.09	- 0.24	0.09	0.00	0.00
295	- 0.0019	0.0035	- 0.06	0.08	- 0.06	0.08	0.00	0.00
296	- 0.0010	0.0019	- 0.12	0.04	- 0.12	0.04	0.00	0.00
300	- 0.0024	- 0.0032	- 0.07	- 0.08	- 0.07	- 0.08	0.00	0.00
301	- 0.0067	- 0.0005	- 0.21	- 0.02	- 0.21	- 0.03	0.00	0.01
303	- 0.0070	- 0.0043	- 0.21	- 0.11	- 0.20	- 0.11	- 0.01	0.00
305	- 0.0087	- 0.0074	- 0.26	- 0.18	- 0.26	- 0.18	0.00	0.00
307	- 0.0105	- 0.0113	- 0.32	- 0.28	- 0.32	- 0.28	0.00	0.00
309	- 0.0131	- 0.0154	- 0.40	- 0.38	- 0.39	- 0.38	- 0.01	0.00
321	- 0.0057	- 0.0274	- 0.16	- 0.66	- 0.17	- 0.66	0.01	0.00
325	- 0.0072	- 0.0365	- 0.19	- 0.89	- 0.20	- 0.91	0.01	0.02
327	- 0.0055	- 0.0397	- 0.14	- 0.96	- 0.14	- 0.96	0.00	0.00
329 *	- 0.0045	- 0.0433	- 0.10	- 1.05	- 0.10	- 1.05	0.00	0.00

(ÇİZELGE 2'ye devam)

Den.No.	Coğrafi koordinat farkı		Coğrafi koordinat farkı (dönüşümle)		Lambert koordinat farkı		Coğrafi-Lambert koordinat farkı	
	$d\phi$	$d\lambda$	dX	dY	dX'	dY'	dx''	dy''
1	2	3	4	5	6	7	8	9
332	- 0".0017	- 0".0572	0.00	- 1.40m.	0.00m	- 1.38m.	0.00m.	- 0.02m.
336	- 0.0028	- 0.0770	0.00	- 1.87	0.00	- 1.87	0.00	0.00
338	- 0.0015	- 0.0801	- 0.05	- 1.95	- 0.05	- 1.95	0.00	0.00
339*	- 0.0005	- 0.0806	- 0.09	- 1.97	- 0.08	- 1.97	- 0.01	0.00
344	0.0023	- 0.0825	0.17	- 2.02	0.17	- 2.03	0.00	0.01
373*	- 0.0952	- 0.0357	- 2.91	- 0.96	- 1.15	- 1.75	- 1.76	0.79
374*	- 0.0875	- 0.0299	- 2.68	- 0.80	- 1.81	- 0.10	- 0.87	- 0.70
375*	- 0.0860	- 0.0413	- 2.69	- 1.07	- 1.55	- 1.65	- 1.14	0.58
377*	- 0.0841	- 0.0446	- 2.57	- 1.15	- 1.72	- 1.39	- 0.85	0.24
401	- 0.0252	- 0.0025	- 0.78	- 0.06	- 0.76	- 0.04	- 0.02	- 0.02
402	- 0.0262	- 0.0025	- 0.81	- 0.06	- 0.79	- 0.07	- 0.02	0.01
403	- 0.0254	- 0.0009	- 0.78	- 0.02	- 0.78	- 0.02	0.00	0.00
405	- 0.0022	0.0038	- 0.07	0.09	- 0.07	0.09	0.00	0.00
409	0.0208	0.0185	0.64	0.44	0.65	0.44	- 0.01	0.00

(ÇİZELGE 2'ye devam)

Den.No.	Coğrafi koordinat farkı		Coğrafi koordinat farkı (dönüşümle)		Lambert koordinat farkı		Coğrafi-Lambert koordinat farkı	
	$d\phi$	$d\lambda$	dX	dY	dX'	dY'	dx''	dy''
1	2	3	4	5	6	7	8	9
412	0".0521	0".0050	1.61m.	0.10m.	1.61m.	0.10m.	0.00m.	0.00m.
414	0.0332	0.0124	1.03	0.29	1.03	0.30	- 0.00	- 0.01
415*	0.0467	0.0200	1.45	0.46	1.45	0.44	0.00	0.02
416	0.0446	0.0141	1.38	0.32	1.38	0.32	0.00	0.00
449*	0.1658	- 0.0052	5.12	- 0.16	5.29	- 0.72	- 0.17	0.56
451*	0.1605	0.1214	5.11	2.56	5.92	- 0.35	- 0.81	2.91
452	0.2544	0.2046	8.13	4.30	6.57	0.19	1.56	4.11
455*	0.1739	0.1961	5.63	4.27	5.94	0.32	- 0.31	3.95
456	0.0953	0.1412	3.13	3.15	5.17	0.13	- 2.04	3.02
460*	0.1461	- 0.0284	4.46	- 0.90	4.47	- 0.90	- 0.01	0.00
461	0.1406	- 0.0257	4.29	- 0.84	4.29	- 0.85	0.00	0.01
462	0.3171	- 0.0169	4.20	- 0.61	4.20	- 0.62	0.00	0.01
464	0.1208	- 0.0373	3.68	- 1.05	3.68	- 1.05	0.00	0.00
467	0.1065	- 0.0446	3.24	- 1.18	3.24	- 1.18	0.00	0.00

(ÇİZELGE 2'ye devam)

Den.No.	Coğrafi koordinat farkı		Coğrafi koordinat farkı (dönüşümle)		Lambert koordinat farkı		Coğrafi-Lambert koordinat farkı	
	$d\phi$	$d\lambda$	dX	dY	dX'	dY'	dx''	dy''
1	2	3	4	5	6	7	8	9
470*	0".0968	- 0".0490	2.94m.	- 1.26m.	2.95m.	- 1.26m.	- 0.01m.	0.00m.
475	0.0981	- 0.0424	2.99	- 1.12	2.99	- 1.12	0.00	0.00
479	0.1057	- 0.0459	3.22	- 1.22	3.22	- 1.22	0.00	0.00
480	0.0809	- 0.0184	2.48	- 0.52	2.48	- 0.52	0.00	0.00
482	0.0779	- 0.0069	2.39	- 0.23	2.39	- 0.23	0.00	0.00
484	0.0641	- 0.0058	1.97	- 0.18	1.99	- 0.19	- 0.02	0.01
489	0.0499	- 0.0009	1.54	- 0.04	1.54	- 0.04	0.00	0.00
490	0.0537	- 0.0081	1.65	- 0.21	1.65	- 0.21	0.00	0.00
494	0.0504	- 0.0114	1.55	- 0.29	1.56	- 0.29	- 0.01	0.00
498	0.0491	- 0.0136	1.51	- 0.34	1.51	- 0.34	0.00	0.00
499	0.0517	- 0.0104	1.59	- 0.27	1.59	- 0.26	0.00	- 0.01
512	0.0431	- 0.0007	1.33	- 0.03	1.33	- 0.03	0.00	0.00
516	0.0478	- 0.0031	1.47	- 0.08	1.46	- 0.08	0.01	0.00
520	0.0531	- 0.0016	1.64	- 0.04	1.64	- 0.04	0.00	0.00

(ÇİZELGE 2'ye devam)

Den.No.	Coğrafi koordinat farkı		Coğrafi koordinat farkı (dönüşümle)		Lambert koordinat farkı		Coğrafi-Lambert koordinat farkı	
	dϕ	dλ	dX	dY	dX'	dY'	dx''	dx''
1	2	3	4	5	6	7	8	9
523	0".0593	- 0".0067	1.83	- 0.16	1.83	- 0.17	0.00	0.01
524*	0.0620	- 0.0157	1.91	- 0.38	1.92	- 0.39	- 0.01	0.01
526	0.0692	- 0.0219	2.14	- 0.53	2.14	- 0.53	0.00	0.00
530	0.0751	- 0.0262	2.32	- 0.63	2.32	- 0.63	0.00	0.00
533*	0.0759	- 0.0402	2.35	- 0.98	2.35	- 0.99	0.00	0.01
584	0.1190	- 0.0485	3.62	- 1.31	3.62	- 1.31	0.00	0.00
585	0.0897	- 0.0408	2.73	- 1.08	2.75	- 1.10	- 0.02	0.02
586	0.1110	- 0.0467	3.37	- 1.25	3.38	- 1.25	- 0.01	0.00
601	0.1896	0.0306	5.88	0.41	5.88	0.41	0.00	0.00
606	0.1225	- 0.0441	3.72	- 1.26	3.72	- 1.26	0.00	0.00
607*	0.1230	- 0.0414	3.73	- 1.20	3.74	- 1.19	- 0.01	- 0.01
610	1.1268	- 0.0353	3.86	- 1.05	3.86	- 1.05	0.00	0.00
613	0.1352	- 0.0244	4.13	- 0.81	4.15	- 0.80	- 0.02	- 0.01
623*	0.1440	0.1694	4.72	3.62	5.67	3.03	- 0.95	0.59

(ÇİZELGE 2'ye devam)

Den.No.	Coğrafi koordinat farkı		Coğrafi Koordinat farkı (dönüşümle)		Lambert Koordinat farkı		Coğrafi-Lambert koordinat farkı	
	$d\phi$	$d\lambda$	dX	dY	dX'	dY'	dx"	dy"
1	2	3	4	5	6	7	8	9
624*	0".3294	0".5406	10.06m.	11.83m.	6.04m.	3.34m.	4.02m.	8.49m.
626*	0.3681	0.6379	12.47	13.93	5.70	4.43	6.77	9.50
627*	0.3862	0.5116	12.75	11.00	6.75	3.58	6.00	7.42
636*	0.0547	0.1923	2.06	4.33	3.58	1.06	- 1.52	3.27
638*	0.0288	0.2136	1.31	5.06	3.68	1.01	- 2.37	4.05
640*	0.0474	0.1628	1.78	3.68	3.93	0.97	- 2.15	2.71
646*	0.1187	0.0187	3.69	0.10	3.69	0.10	0.00	0.00
654*	0.1563	0.0204	4.84	0.08	4.85	0.08	- 0.01	0.00
657	0.1712	0.0262	5.31	0.21	5.31	0.21	0.00	0.00
658	0.1463	0.0341	4.56	0.48	4.53	0.47	0.03	0.01
660*	0.1389	0.0485	4.36	0.83	4.36	0.82	0.00	0.01
664	0.1493	0.0396	4.66	0.61	4.66	0.61	0.00	0.00
665	0.1500	0.0235	4.65	0.25	4.65	0.25	0.00	0.00
673	0.1783	- 0.0033	5.48	- 0.43	5.48	- 0.44	0.00	0.01

(ÇİZELGE 2'ye devam)

Den.No.	Coğrafi koordinat farkı		Coğrafi koordinat farkı (dönüşümle)		Lambert koordinat farkı		Coğrafi-Lambert koordinat farkı	
	dφ	dλ	dX	dY	dX'	dY'	dx"	dy"
1	2	3	4	5	6	7	8	9
674*	0".1703	0".0072	5.25m.	0.16m.	5.25m.	0.16m.	0.00m.	0.00m.
677	0.1938	0.0209	6.00	0.15	6.00	0.16	0.00	- 0.01
719	0.1332	- 0.0386	4.01	- 1.29	4.01	- 1.29	0.00	0.00
720	0.1170	- 0.0394	3.51	- 1.27	3.51	- 1.27	0.00	0.00
722	0.1482	- 0.0221	4.51	- 0.92	4.51	- 0.92	0.00	0.00
725	0.1567	- 0.0144	4.79	- 0.73	4.79	- 0.73	0.00	0.00
727	0.1566	- 0.0192	4.78	- 0.83	4.78	- 0.82	0.00	- 0.01
728*	0.1474	- 0.0209	4.50	- 0.84	4.49	- 0.84	0.01	0.01
731	0.1463	- 0.0171	4.53	- 0.75	4.52	- 0.76	0.01	0.01
733	0.1581	- 0.0201	4.83	- 0.83	4.83	- 0.83	0.00	0.00
740	0.1361	- 0.0281	4.13	- 1.00	4.13	- 1.00	0.00	0.00
753*	0.0619	- 0.0744	1.73	- 1.97	1.73	- 1.97	0.00	0.00
766	0.0415	- 0.0702	1.10	- 1.82	1.10	- 1.82	0.00	0.00
768	0.0533	- 0.0894	1.42	- 2.32	1.42	- 2.32	0.00	0.00

(ÇİZELGE 2'ye devam)

Den.No.	Coğrafi koordinat farkı		Coğrafi koordinat farkı (dönüşümle)		Lambert koordinat farkı		Coğrafi-Lambert koordinat farkı	
	$d\phi$	$d\lambda$	dX	dY	dX'	dY'	dx''	dy''
1	2	3	4	5	6	7	8	9
769*	0".0382	- 0".0957	0.93m.	- 2.44m.	0.93m.	- 2.44m.	0.00m.	0.00m.
771	0.0477	- 0.1111	1.18	- 2.84	1.18	- 2.84	0.00	0.00
774*	0.0564	- 0.1362	1.39	- 3.50	1.39	- 3.50	0.00	0.00
775	0.0484	- 0.1418	1.12	- 3.62	1.12	- 3.62	0.00	0.00
776	0.0609	- 0.1485	1.50	- 3.83	1.50	- 3.83	0.00	0.00
777	0.0635	- 0.1345	1.62	- 3.48	1.62	- 3.48	0.00	0.00
778	0.0831	- 0.1422	2.20	- 3.74	2.19	- 3.73	0.01	- 0.01
780	0.0594	- 0.0985	1.59	- 2.58	1.59	- 2.58	0.00	0.00
782*	0.0704	- 0.0884	1.96	- 2.36	1.96	- 2.36	0.00	0.00

max $|dX|$: 12.75 m. max $|dX'|$: 6.75 m. max $|dx''|$: 6.77 m.

max $|dY|$: 13.93 m. max $|dY'|$: 3.73 m. max $|dy''|$: 9.50 m.

4.1.2. Hata Denklemi Katsayılarının Hesaplanmasında İkinci Türevin Etkisi.

Çizelge 2'nin 6. ve 7. sütunu dengelemeden sonra noktaların aldığı düzeltmeleri göstermektedir. Bu noktaların dX' ve dY' değerleri büyük olanlarından birkaç nokta ele alınmıştır. Bu noktalarda hata denklemleri yazılırken Taylor serisinin birinci terimlerinden başka ikinci terimleri de alınarak bir karşılaştırma yapılmıştır.

(1.3) bağıntısında a ve b katsayıları açık olarak yazılır ve ikinci türev alınırsa :

$$
\begin{aligned}
V_{ij} = & - dZ_i + \frac{y_j^o - y_i^o}{(S^o)^2}\, dX'_i - \frac{x_j^o - x_i^o}{(S^o)^2}\, dY'_i \\
& - \frac{y_j^o - y_i^o}{(S^o)^2}\, dX'_j + \frac{x_j^o - x_i^o}{(S^o)^2}\, dY'_j \qquad (4.7) \\
& + 2\, \frac{(x_j^o - x_i^o)(y_j^o - x_i^o)}{(S^o)^4} \left[(dX'_i)^2 - (dY'_i)^2 + (dX'_j)^2 - (dY'_j)^2 \right] \\
& + 2\, \frac{(y_j^o - y_i^o)^2 (x_j^o - x_i^o)^2}{(S^o)^4} \left(dX'_i dY'_i - dX'_i dY'_j \right. \\
& \qquad \left. + dX'_j dY'_j - dY'_i dX'_j \right) \\
& + 4\, \frac{(4x_j^o - x_i)(y_j^o - y_i^o)}{(S^o)^4} \left(dY'_i dY'_j - dX'_i dX'_j \right) - \ell_{ij}
\end{aligned}
$$

NOT : Bütün katsayılar ρ ile çarpılmalıdır.

şeklini alır.

ÇİZELGE 3

Hata denklemleri katsayılarının hesabında I. ve II. türevin etkisi.

Doğrultu No.	I. türev sonucu	II. türev sonucu
624-626	1".4213	0".0002
626-627	4".7783	0".0002
654-657	5".7234	0".0001
657-658	4".8328	0".0000
658-660	1".8774	-0".0000
733-731	15".3208	-0".0003

(4.7) bağıntısının dZ den sonraki ilk dört terimi I. türevin terimlerini, son üç terim de II. türevin terimlerini göstermektedir. I. derece noktalardan altı nokta çifti ele alınarak, (4.7) bağıntısında gerekli değerler yerine konülmuş I. ve II. türevin değerleri elde edilmiştir. Çizelge 3 de görüldüğü gibi hata denklemlerinde ikinci türevin etkisi pek olmadığından Taylor serisinin birinci terimleri ile yetinilebilir. Dengeleme sonucunda düzeltmelerin büyük olmasının nedeni geçici koordinatların iyi seçilmemiş olmasındandır.

Bölüm 1.2 de sözü edildiği gibi ön dengeleme sonucu elde edilen değerlerle hesaplanan koordinatlar, önceden hesaplanmış olan geçici koordinatlarla karşılaştırılmış 5 m. den büyük fark olan koordinatlarda, ön dengeleme sonucu bulunan koordinatlar ana dengelemeye girmiştir. Genellikle dX', dY' farklarının büyük olduğu zincirler (EK. I) gözlem değerleri AMS'ye gönderilip geçici koordinatların orada hesaplandığı zincirlerdir. Bölüm (1.1) de açıklandığı gibi bu zincirler Ordu, Suşehri, Bayburt,Hasankale, Muş zincirleri ile İzmir, Alaşehir, Antalya, Karapınar ve Silifke zincirleridir. Türkiye'de zincir dengelemesi sonunda elde edilen kesin değerler geçici koordinat olarak tekrar işleme girmiştir.

Geçici koordinatlar keyfi olarak değiştirildiğinde dengeleme sonunda hesaplanan kesin koordinatların orijinal koordinatlardan ne kadar farklı olduğunu sayısal olarak görebilmek amacıyla Ankara metropoliten ağından yararlanılmıştır *(ÖZTÜRK 1982, s. 39)*. Bu ağın dört noktası sabit tutularak 47, 49, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 64 numaralı noktaların geçici koordinatları $\mp$ 0.1 m, $\mp$ 0.5 m., $\mp$ 1 m., $\mp$5 m., $\mp$10 m., $\mp$100 m. değiştirilerek kesin koordinatlar hesaplanmıştır. Hesaplanan bu koordinatların orijinal koordinatlardan (eskiden hesaplanmış olan koordinatlar) olan en büyük farkları Çizelge 4 de görülmektedir. Bu hesaplamanın sonucu, geçici koordinatların 5 m. yaklaşıklıkla bulunmasının yeterli olduğunu göstermektedir. Geçici koordinatları 5 m. farklı hesaplamak dengeli koordinatlarda max $|dx|, |dy|$ 5 mm. fark yapmaktadır.

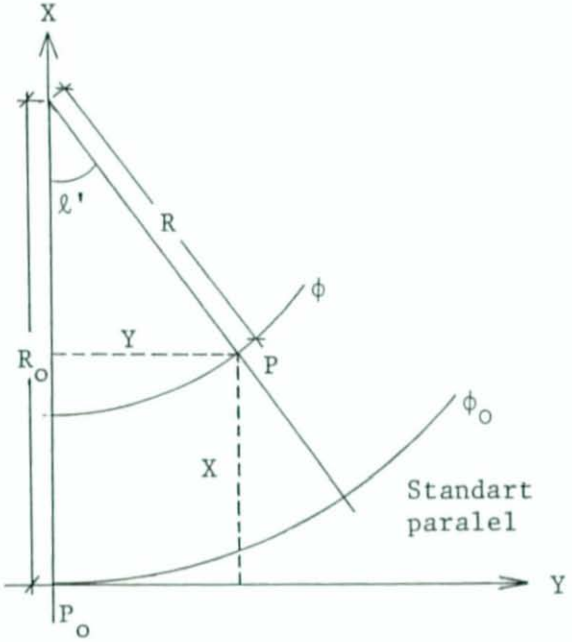
ÇİZELGE 4

Geçici koordinatlar keyfi olarak değiştirildiğinde elde edilen sonuçlar.

Yaklaşık koor. değişmesi	Orijinal koor.-Değişmiş kesin koor.	
	max. |dy|	max. |dx|
- 0.1 m.	0.005 m.	0.002 m.
0.1 m.	0.005 m.	0.002 m.
- 0.5 m.	0.005 m.	0.002 m.
0.5 m.	0.005 m.	0.002 m.
- 1.0 m.	0.005 m.	0.002 m.
1.0 m.	0.005 m.	0.002 m.
- 5.0 m.	0.005 m.	0.002 m.
5.0 m.	0.005 m.	0.002 m.
- 10.0 m.	0.025 m.	0.020 m.
10.0 m.	0.025 m.	0.020 m.
- 100.0 m.	2.729 m.	0.885 m.
100.0 m.	2.721 m.	0.725 m.

4.2. KAPALI FONKSİYONLARLA LAMBERT KOORDİNATLARININ HESAPLANMASI

Hristow bağıntıları adı verilen (4.1) ve (4.3) bağıntıları seriye açınımlardan elde edilmişlerdir. Serilerle yapılan hesapların sonunda atılan terimlerle olan kayıpları ortadan kaldırmak için daha önce Hristow bağıntıları ile hesaplanmış olan 71 noktanın koordinatları bir kere de kapalı fonksiyonlarla hesaplanmıştır *(GROSSMANN 1976, s. 193 ; JORDAN, EGGERT, KNEISSL 1961, s. 1202)*.



Şekil : 14

Lambert konform konik projeksiyonu.

Hesaplamalarda,

$$\alpha = \sin\phi_o$$
$$\ell' = \alpha.\ell$$
$$\ell = \lambda - \lambda_o$$
$$R_o = N_o.\cot\phi_o$$

$$R = R_o.\underline{e}^{-\alpha.dq} \qquad (4.8)$$

$$dq = q - q_o$$

$$\underline{e} = 2.718282$$

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} \quad \text{(Hayford elipsoidinde)}$$

$$q_o = \text{Lntan}\left(\frac{\phi_o}{2} + 45^o\right) - e^2.\sin\phi_o - \frac{1}{3}e^4.\sin^3\phi_o - \frac{1}{5}e^6.\sin^5\phi_o$$

$$q = \text{Lntan}\left(\frac{\phi}{2} + 45^o\right) - e^2.\sin\phi - \frac{1}{3}e^4.\sin^3\phi - \frac{1}{5}e^6.\sin^5\phi$$

bağıntıları kullanılarak (HRISTOW 1943a, s. 46) aranan Lambert koordinatları *(GROSSMANN 1976, s. 194)*,

$$X = R_o - R.\cos\ell' = R_o.\left[1 - \underline{e}^{-\alpha.dq}.\cos(\alpha.\ell)\right] \qquad (4.9)$$
$$Y = R.\sin\ell' = R_o.\underline{e}^{-\alpha.dq}.\sin(\alpha.\ell)$$

bağıntıları ile bulunmuştur. Hesap işlemleri İTÜ bilgisayar merkezinde yapılmış ve sonuçları AMS raporunda verilen Lambert koordinatları ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca bu karşılaştırma Hristow bağıntıları ile hesaplanan koordinatlar ile de yapılmıştır (Çizelge 5). Kapalı fonksiyonla hesaplanan Lambert koordinatlarına Grossmann koordinatları denilmiştir.

Kesin koordinatlarla karşılaştırma

ÇİZELGE 5

AMS Lambert koordinatları ile kapalı fonksiyonlarla hesaplanan koordinatların karşılaştırılması

Den. No.	AMS Lambert-Grossmann$_L$ dX_G	dY_G	Hristow$_L$-Grossmann$_L$ dX_{HG}	dY_{HG}
4	- 0.002m.	- 0.002m.	- 0.007m.	- 0.005m.
10*	0.002	- 0.002	- 0.006	- 0.012
19*	- 0.001	- 0.002	- 0.008	- 0.008
29*	- 0.008	- 0.002	- 0.006	- 0.008
38*	- 0.001	0.000	- 0.007	- 0.001
53*	- 0.005	- 0.001	- 0.007	- 0.002
63*	0.003	- 0.002	- 0.001	- 0.002
68*	- 0.001	- 0.001	- 0.005	- 0.002
69*	- 0.002	- 0.003	- 0.003	- 0.003
82*	- 0.003	- 0.001	- 0.003	0.000
103*	- 0.006	- 0.001	- 0.006	- 0.001
119*	- 0.001	- 0.002	0.000	0.000
125*	- 0.004	0.002	- 0.006	0.002
135*	0.005	0.000	0.002	0.003
143*	0.005	0.001	- 0.004	0.006
150*	0.004	0.000	0.000	0.004
159	0.005	0.000	0.002	0.006
164	0.001	0.000	- 0.001	0.002
167	- 0.004	0.001	- 0.007	0.003
171*	0.001	0.001	0.002	0.001
192*	- 0.002	0.001	- 0.004	0.000
205*	- 0.005	0.000	- 0.009	- 0.001
213*	- 0.008	- 0.002	- 0.010	- 0.002
231*	- 0.006	- 0.006	- 0.010	0.000
249*	- 0.005	0.000	- 0.006	0.001
254*	- 0.002	0.001	- 0.003	0.000
282*	0.001	- 0.001	0.000	- 0.001
317*	0.001	0.000	0.001	0.000
329*	0.000	0.000	0.000	0.000
339*	0.006	0.000	0.007	0.001
359*	0.006	- 0.001	0.003	0.002

(ÇİZELGE 5'e devam)

Den. No.	AMS Lambert-Grossmann$_L$ dX_G	dY_G	Hristow$_L$-Grossmann$_L$ dX_{HG}	dY_{HG}
367*	- 0.001m.	0.001m.	- 0.005m.	0.003m.
373*	- 0.008	- 0.001	- 0.009	0.000
374*	0.005	0.002	0.003	0.001
375*	0.003	0.000	0.003	0.000
377*	- 0.005	- 0.002	- 0.006	0.000
410*	- 0.001	0.001	0.001	0.000
415*	0.000	0.001	- 0.001	0.000
430*	- 0.002	0.002	- 0.005	0.001
439*	- 0.002	0.001	- 0.004	0.001
446	- 0.005	0.001	0.004	0.001
449	0.006	- 0.007	0.005	0.000
451	0.007	0.000	0.005	0.001
452	0.006	0.000	0.006	0.002
455	0.006	0.000	0.004	0.001
460*	- 0.007	0.000	0.009	0.001
470	0.003	0.001	0.002	0.000
524*	0.003	0.000	0.003	0.000
533*	- 0.001	0.000	- 0.006	- 0.001
539*	- 0.002	0.000	- 0.005	0.002
575*	- 0.002	0.000	- 0.001	0.000
607*	- 0.002	0.001	- 0.003	0.000
620*	0.000	0.002	- 0.002	- 0.002
623*	- 0.002	0.000	- 0.006	0.002
624*	- 0.005	0.000	- 0.008	0.003
626*	- 0.002	0.001	- 0.006	0.003
627*	0.000	0.000	- 0.004	0.002
636*	0.006	0.001	0.002	0.005
638*	0.004	0.001	0.001	0.005
640*	0.006	0.002	0.001	0.004
646*	0.004	0.000	- 0.004	0.006
654*	0.005	0.001	0.000	0.003
660*	0.002	- 0.001	0.001	0.001
674*	0.001	- 0.001	0.000	- 0.001
728*	0.006	0.001	0.001	- 0.003

(ÇİZELGE 5'e devam)

Den. No.	AMS Lambert-Grossmann_L dX_G	dY_G	Hristow_L-Grossmann_L dX_{HG}	dY_{HG}
744	0.001 m.	- 0.003 m.	- 0.001m.	- 0.001m.
753*	0.002	0.000	- 0.007	- 0.002
761*	0.002	0.002	- 0.008	0.006
769*	0.006	- 0.001	- 0.004	- 0.009
774*	0.010	0.000	0.000	- 0.010
782*	0.009	- 0.001	0.001	- 0.008

max $|dX_G|$: 1 cm. max $|dX_{HG}|$: 1 cm.
max $|dY_G|$: 1 cm. max $|dY_{HG}|$: 1 cm.

Çizelge 5 de yapılan karşılaştırmalardan görüldüğü gibi kapalı fonksiyonlarla hesaplanan (Grossmann) koordinatlar, AMS Lambert koordinatlarından max $|dX_G|$, max $|dY_G|$: 1 cm. farklıdır. Yine bu koordinatların (Grossmann), Hristow bağıntıları ile (serilerle 5 terimli) hesaplanan koordinatlardan max $|dX_{HG}|$, max $|dY_{HG}|$: 1 cm. farklı olduğu görülür. Bütün bu hesaplamaların ve karşılaştırmaların sonucunda dönüşüm işlemlerinin doğruluğu kanıtlanmış olur.

Hazırlanmış programla KÜ Bilgi İşlem Merkezinde, bulunan sayısal diziye sistematiklik testi uygulanmış ve dizinin normal dağılımda olduğu ve kaba ölçülerin bulunmadığı görülmüştür.

AMS Lambert koordinatları ile Grossmann bağıntılarıyla hesaplanan koordinatlar arasındaki farklardan elde edilen dizide dx için : Hatalar ortalaması = 0.000704

Standart sapma = 0.004365

dy için :

Hatalar ortalaması = - 0.000183

Standart sapma = 0.001476

olarak hesaplanmıştır.

dx için hipotez :

$$H_o : \mu = 0$$

Kıyaslama büyüklüğü

$$T = \frac{X-\mu}{\sigma} = 0.2$$

$$\alpha = \frac{1-S}{2} = 0.025$$

$$f = \eta-1 = 70$$

$$t_{f,\alpha} = 2.00$$

$T < t$, $(0.2 < 2.00)$ bulunduğundan H_o hipotezi geçerlidir.

dy için hipotez :

$$H_o : \mu = 0$$

$$T = \frac{X-\mu}{\sigma} = - 0.2$$

$$\alpha = 0.025$$

$$f = 70$$

$$t_{70,\ 0.975} = 2.00$$

$T < t$, $- 0.2 < 2.0$ bulunduğundan H_o hipotezi geçerlidir.

Aynı işlemler Hristow bağıntıları ile hesaplanan koor - dinatlarla Grossmann bağıntıları ile hesaplanan koordinatlar arasındaki farklardan oluşan diziye de uygulanmıştır. Burada,

dx için :

$$H_o : \mu = 0$$

Hatalar ortalaması = - 0.001986

Standart sapma = 0.004537

$$T = -0.44$$
$$f = 70$$
$$\alpha = 0.025$$
$$t_{f,\alpha} = 2.00$$

$T < t$, $-0.44 < 2.00$ bulunduğundan H_o hipotezi geçerlidir.

dy için :

$$H_o : \mu = 0$$

Hatalar ortalaması = 0.0000435

Standart sapma = 0.0038037

$$T = 0.02$$
$$f = 70$$
$$\alpha = 0.025$$
$$t_{f,\alpha} = 2.00$$

$T < t$, $0.02 < 2.00$ bulunduğundan H_o hipotezi geçerlidir.

4.3. AMS'DE GEÇİCİ LAMBERT KOORDİNATLARINDA YAPILAN DÜZELTMELER

Çizelge 2'de dengeleme numarası 373,374,375,377,449, 451 452, 455, 456, 623, 624, 626, 627, 636, 638,640 olan 16 noktada koordinatlar arasında uyumsuzluk görülmektedir. Bu noktalar çizelge 6'da bir araya getirilmiştir. Görüldüğü gibi bu noktaların coğrafi koordinat farklarından bölüm 4.1.1 de anlatılan dönüşümle elde edilen dX dY ile Lambert koordinat farklarından elde edilen dX', dY' farkları birbirini tutmamaktadır.

ÇİZELGE 6

Çizelge 2 deki uyumsuz noktaların bir araya toplanması

Den.No.	Coğrafi koordinat farkı (dönüşümle)		Lambert koordinat farkı		Coğrafi-Lambert koordinat farkı	
	dX	dY	dX'	dY'	dx"	dy"
1	2	3	4	5	6	7
373*	- 2.91m.	- 0.96m.	- 1.15m.	- 1.75m.	- 1.76m.	0.79m.
374*	- 2.68	- 0.80	- 1.81	- 0.10	- 0.87	- 0.70
375*	- 2.69	- 1.07	- 1.55	- 1.65	- 1.14	0.58
377*	- 2.57	- 1.15	- 1.72	- 1.39	- 0.85	0.24
449*	5.12	- 0.16	5.29	- 0.72	- 0.17	0.56
451*	5.11	2.56	5.92	- 0.35	- 0.81	2.91
452	8.13	4.30	6.57	0.19	1.56	4.11
455*	5.63	4.27	5.94	0.32	- 0.31	3.95
456	3.13	3.15	5.17	0.13	- 2.04	3.02
623*	4.72	3.62	5.67	3.03	- 0.95	0.59
624*	10.06	11.83	6.04	3.34	4.02	8.49
626*	12.47	13.93	5.70	4.43	6.77	9.50
627*	12.75	11.00	6.75	3.58	6.00	7.42
636*	2.06	4.33	3.58	1.06	- 1.52	3.27
638*	1.31	5.06	3.68	1.01	- 2.37	4.05
640*	1.78	3.68	3.93	0.97	- 2.15	2.71

Bu noktalarda dönüşüm işlemleri, Hristow bağıntıları (4.1a) ve (4.1b) ile hem geçici coğrafi koordinatlara hem de kesin koordinatlara uygulanmıştır. Hesaplanan geçici Lambert ve kesin Lambert koordinatlarına Hristow koordinatları denilerek AMS raporunda verilen Lambert koordinatları ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 7,8).

ÇİZELGE 7

Geçici koordinatlarla karşılaştırma.
(AMS Geçici Lambert koor.-Geçici Hristow$_L$ koor.)

Den.No.	dX^o_H	dY^o_H
373*	- 1.760m.	0.816m.
374*	- 0.867	- 0.705
375*	- 1.138	0.570
377*	- 0.852	0.233
449*	- 0.172	0.552
451*	- 0.810	2.908
452	1.554	4.111
455*	- 0.302	3.947
456	- 2.043	3.018
623*	- 0.942	0.595
624*	5.023	8.486
626*	6.688	9.498
627*	6.004	7.419
636*	- 1.508	3.264
638*	- 2.359	3.889
640*	- 2.142	2.709

$\max |dX^o_H| : 6.69$ m

$\max |dY^o_H| : 9.50$ m

Çizelge 7 de görüldüğü gibi geçici coğrafi koordinatlardan hesaplanan Hristow koordinatları, AMS raporunda verilen Lambert koordinatları arasında max $|dX_H^o|$: 6.69 m. max $|dY_H^o|$: 9.50 m. fark vardır. Buna karşılık aynı bağıntılar kullanılarak hesaplanan kesin Hristow koordinatları ile kesin Lambert koordinatları arasındaki fark max $|dX_H|$: 5 mm. max $|dY_H|$: 7 mm. dir Dolayısıyla dönüşümün doğru sonuç verdiği görülür (Çizelge 8).

ÇİZELGE 8

Kesin koordinatlarla karşılaştırma.
(AMS kesin Lambert koor.-Kesin Hristow koor.)

Den No.	dX_H	dY_H
373*	0.001m.	- 0.001m.
374*	0.002	0.001
375*	0.000	0.000
377*	0.001	- 0.002
449*	0.001	- 0.007
451*	0.002	- 0.001
452	0.000	- 0.002
455*	0.002	- 0.001
456	- 0.001	0.001
623*	0.004	- 0.002
624*	0.003	- 0.003
626*	0.003	- 0.002
627*	0.004	- 0.003
636*	0.004	- 0.004
638*	0.003	- 0.004
640*	0.005	0.005

max $|dX_H|$: 5 mm, max $|dY_H|$: 7 mm

Yapılan bu dönüşümler ile hatalı olan koordinatın geçici coğrafi koordinatlar olduğunu ortaya koymuştur. (4.3a) ve (4.3b) bağıntıları kullanılarak ters dönüşümle KÜ Bilgi İşlem Merkezinde, hazırlanan programla geçici Lambert koordinatlarından geçici coğrafi koordinatlar yeniden hesaplanmıştır. Hesaplanan geçici coğrafi koordinatlar AMS raporunda verilen geçici coğrafi koordinatlar ile karşılaştırıldığında max $|d\phi|$: 0".19, max $|d\lambda|$: 0".43 kadar farklı olduğu görülür (Çizelge 9).

ÇİZELGE 9

(AMS geçici coğrafi koor.-Geçici coğrafi Hristow koor.)

Den.No.	$d\phi^o$	$d\lambda^o$
373*	0".0564	- 0".0348
374*	0.0286	- 0.0276
375*	0.0040	- 0.0232
377*	0.0274	- 0.0101
449*	0.0066	- 0.0230
451*	0.0316	- 0.1218
452	- 0.0422	- 0.1794
455*	0.0174	- 0.1670
456	0.0718	- 0.1228
623*	0.0319	- 0.0224
624*	- 0.1422	- 0.3787
626*	- 0.1924	- 0.4290
627*	- 0.1121	- 0.3307
636*	- 0.0069	- 0.1411
638*	0.0869	- 0.1569
640*	0.0767	- 0.1071

max $|d\phi^o|$: 0".19

max $|d\lambda^o|$: 0".43

Sözü edilen bu noktalar için hesaplanan geçici coğrafi koordinatlar ile kesin coğrafi koordinat farkları yeniden hesaplanmıştır (4.6a) ve (4.6b) bağıntıları ile $d\phi$ $d\lambda$ farkları dX, dY şekline dönüştürülmüştür(Çizelge 10, sütun 1-2). Lambert koordinat farkları dX', dY' ile karşılaştırılmıştır (çizelge 10, sütun 5-6).

ÇİZELGE 10

Temel nirengi ağındaki uyumsuz noktaların uyumlu hale gelmesi.

Den.No.	Coğrafi koordinat farkı (dönüşümle)		Lambert koordinat farkı		Coğrafi-Lambert koordinat farkı	
	dX	dY	dX'	dY'	dx"	dy"
	1	2	3	4	5	6
373*	- 1.15m.	- 1.78m.	- 1.15m.	- 1.78m.	0.00m.	0.00m.
374*	- 1.81	- 0.10	- 1.81	- 0.10	0.00	0.00
375*	- 1.55	- 1.66	- 1.55	- 1.65	0.00	-0.01
377*	- 1.72	- 1.38	- 1.72	- 1.39	0.00	0.01
449*	5.30	- 0.70	5.29	- 0.72	0.01	0.02
451*	5.92	- 0.35	5.92	- 0.35	0.00	0.00
452	6.57	0.20	6.57	0.19	0.00	0.01
455*	5.94	0.32	5.94	0.32	0.00	0.00
456	5.18	0.14	5.17	0.13	0.01	0.01
623*	5.68	3.01	5.67	3.03	0.01	0.02
624*	6.04	3.34	6.04	3.34	0.00	0.00
626*	5.78	4.43	5.79	4.43	- 0.01	0.00
627*	6.75	3.59	6.75	3.58	0.00	0.01
636*	3.60	1.06	3.58	1.06	0.02	0.00
638*	3.70	1.02	3.68	1.01	0.02	0.01
640*	3.94	0.97	3.93	0.97	0.01	0.00

max |dx"|: 0.02 m , max |dy"|: 0.02 m.

Sonuçta Akdeniz yöresindeki ve Doğu Karadeniz yöresindeki sözü edilen noktalarda (Şekil 3 a,b,c) uyumsuzluk tamamiyle yok olmuştur.

Doğu Karadenizde 96, 97, 100, 101, 102, 103, 122, 123, 124 numaralı zincirlerde (şekil 3)yer alan 449, 451, 452 455, 456, 623, 624 , 626, 636, 638, 640, 646 , 654 , 660 numaralı I. derece noktaların geçici Lambert koordinatları bölüm 2.1 de anlatıldığı gibi kendi içinde düzeltilmiş ve ana dengelemeye öyle girilmiştir. Bu düzeltme geçici Lambert koordinatlarında yapılmıştır. Bundan dolayı çizelge 6 da görülen dx", dy" farkları ortaya çıkmıştır. Çizelge 10 da koordinat farkları arasında uyum sağlanmıştır.

---

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bugün gelişen bilgisayarlarla birlikte, dengeleme yöntemlerinde de gelişmeler olmuştur. 1954 yılında dengelenen Türkiye temel nirengi ağı, o günün koşullarında, ABD'de Lambert projeksiyonu yüzeyinde düzlemde dengelenmiştir. Bu çalışmada temel nirengi ağının dengelenmesinde, Lambert projeksiyonunun sonuç değerlerine etkisi araştırılmıştır. Coğrafi koordinatlardan, Lambert koordinatlarına geçerken, aynı şekilde ters işlemle Lambert koordinatlarından, coğrafi koordinatlara geçerken, dönüşüm işlemlerinden dolayı koordinatlarda kayıp olup olmadığı incelenmiştir.

Bölüm 4.1 de dönüşümler, Hristow bağıntıları ile yapılmış, elde edilen koordinatlara Hristow koordinatları denilmiştir. Geçici coğrafi koordinatlardan, geçici Hristow koordinatları hesaplanmış AMS raporunda verilen Lambert koordinatları ile karşılaştırılmıştır. max $|dX_H^o|$, max $|dY_H^o|$:1.5 cm.olarak bulunmuştur. Yine aynı noktaların kesin coğrafi koordinatları ile kesin Hristow koordinatları hesaplanmış, sonuçlar dengeli Lambert koordinatları ile karşılaştırılmış max $|dX_H|$, max $|dY_H|$:1 cm.olarak bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçlar dönüşüm işlemlerinin doğru olduğunu göstermektedir.

Bölüm 4.1 de, (dengeli-geçici) coğrafi koordinat fark - ları ile (dengeli-geçici) Lambert koordinat farkları karşılaştırılmıştır. Ek I de bu farklar, yani dengelemeden sonra geçici koordinatlara eklenen büyüklükler vektörlerlerle gösterilmiştir. Ağın büyük bir bölümünde yaklaşık koordinatların iyi seçilmediği görülmektedir. 219 noktada yapılan bu karşılaştırmada doğu Karadeniz ve Akdeniz yöresinde toplam 16 noktada max $|dx''|$: 6.77 m. , max $|dy''|$: 9.50 m. ye ulaşan farklar görülmüştür. Bölüm 4.3 de koordinat farkları arasındaki bu uyumsuzluğun nedeni araştırılmış, geçici Lambert koordinatları ile yeniden hesaplamalar yapılarak değiştirildikleri anlaşılmıştır. Bölüm 1.2 de açıklandığı üzere; AMS Raporunda Ordu-Bayburt-Ardahan-Hasankale zincirinde geçici koordinatlar, farklı yollardan hesaplanmış ve ortalama alınarak kooorditlar arasında uyum sağlanmıştır denilmektedir. Geçici Lambert koordinatlarından ters işlemle geçici coğrafi koordinatlar hesaplanmış, yeni geçici coğrafi koordinatlarla yapılan hesaplamaların sonucunda doğu Karadeniz zincirlerinde ve Akdeniz yöresindeki zincirlerde uyumsuzluğun ortadan kalkmış olduğu görülmüştür.

Türkiye temel nirengi ağının bugünün koşullarında Türkiyede dengelenmesi düşünüldüğünde iki yolu ayrı ayrı tasarlamak gerekir. Bunlardan birincisi herşeyi Türkiye ölçüsünde düşünerek çözüm yöntemlerini araştırmaktır. İkincisi ise ileride Türkiye temel nirengi ağının Avrupa nirengi ağı ile birlikte ele alınması düşünüldüğünde dengeleme yöntemini ona göre saptamak gerekir. Birinci -

si için dengeleme yöntemi elipsoid üzerinde olabileceği gibi projeksiyon yüzeyinde de olabilir. Projeksiyon yüzeyinde dengeleme sadece bir ara işlemdir. Türkiye te - mel nirengi ağı da Lambert projeksiyon yüzeyinde dengelenmiştir. Lambert projeksiyon yüzeyinde dengeleme hata denklemlerinin katsayılarını yalınlaştırmış ve işe kolaylık sağlamıştır.

Türkiye temel nirengi ağının Avrupa nirengi ağı ile birlikte ele alınması düşünüldüğünde ilkelerin Avrupa ni - rengi ağının dengeleme ilkelerine uyması gerekir. Avru - pa'da dengeleme işlemi için projeksiyon yüzeyi kullanılmamakta elipsoid yüzeyinde dengeleme yapılmaktadır. Bu - gün, temel nirengi ağı elde bulunan ölçülerle elipsoid yüzeyinde dengelenebilir. Seçilecek yönteme göre ve elde bulunan ölçüleri desteklemek için ek uzunluk ölçüleri, başucu açısı ölçüleri, astronomik gözlemler ve gravite ölçüleri yapılmalıdır. Temel nirengi ağının Türkiyede dengelenmesi ile tereddütlü olarak görülen geçici koordinat hesapları ve Türkiye Ulusal Datumunun Avrupa Datumu 1950'ye dönüştürülmesi daha güvenilir olarak hesaplanabilecektir.

K A Y N A K L A R

ADAMS, O.S. 1918 : General Theory of Lambert Conformal Conic Projection, U.S. Coast and Geodetic Survey S.P: 47

AMS Raporu 1954 : The Adjustment of the First Order Triangulation of Turkey. Harita Genel Müdürlüğü (Yayınlanmamıştır).

AKSOY, A. 1976 : Jeodezi I Ders Notu. İ.T.Ü. Jeodezi Kürsüsü Yayını No. 3.

AKSOY, A.; GÜNEŞ, İ.H. 1980 : Jeodezi II. İ.T.Ü. Jeodezi Kürsüsü Yayını No: 5

BOMFORD, G. 1980 : Geodesy. Oxford.

DUFOUR, H.M. 1952 : Etude Générale de la Correction Angulaire Finie Pour Une Courbe Quelconque Tracée Sur le Plan ou sur la Sphère. Bulletin Geodesique No: 25.

DUPUY, M. 1952 : Nouvelle Formule Employée Pour la Correction Angulaire Finie en Projection Conique Conforme, Bulletin Geodesique No: 25

ERBUDAK, M. ; TUĞLUOĞLU, A. 1976 : Fiziksel Geodezi. İ.D.M.M.A., Sayı 129.

FIALA, F. (Çev. Özgen, Aksoy, Demirağ) 1976 : Matematiksel Kartografya. İ.T.Ü. Sayı 1072.

FOSTER, F. 1967 : Adjustment of Astrogeodetic Triangulation Network. AMS, Tecnical Report No: 60, Washington.

GİGAS, E. 1949 : Formulas and Tables for the Computation of Geodetic Positions from Azimut on Distance, Bamberg.

GROSSMANN, W. 1934 : Entwicklung und Transformation ebener Querachsiger Koordinaten, ZFV. 21.

GROSSMANN, W. 1976 : Geodätische Rechnungen und Abbildungen in der Landesvermessung, Stuttgart.

GÜRKAN, O. 1978 : Türkiye I. Derece Triyangülasyon Ağında Laplace Kapanmaları K.T.Ü. Bilimsel Rapor : 3

GÜRKAN, O. 1979 : Astrojeodezik Ağların Deformasyonu ve Türkiye I. Derece Triyangülasyon Ağı. K.T.Ü. Doçentlik Tezi.

HRISTOW, WL.K. 1935 : Ueber die Transformation von Mercator-und Gauss-Krügerschen Koordinaten in Mecklenburgische Koordinaten und Umgekehrt, ZFV, 5.

HRISTOW, WL.K. 1937 : Potenzreihen zwischen den Stereographischen und den Geographischen Koordinaten und umgekehrt, ZFV, 3.

HRISTOW, WL.K. 1943 a : Die Gauss-Krüger'schen Koordinaten auf dem Ellipsoid, Leipzig-Berlin.

HRISTOW, WL.K. 1943 b : Die Mecklenburgischen Koordinaten, ZFV, 11. s. 232.

JORDAN, EGGERT, KNEISSL 1961 : Handbuch der Vermessungskunde, Band I. IV. Stuttgart

KOÇAK, E. 1974 : Şehir Haritalarında Ayrı Triyangülasyon Ağlarının Birleştirilmesi, K.T.Ü.Doktora Tezi.

K.Ü. Orman Kadastrosu Sorunları Çalışma Grubu 1978 : Orman Kadastrosu Sorunu ve Çözom Önerileri. Orman Bakanlığı, Sayı 626, Ankara.

LEVALLOIS, J.J. 1970 : Geodesie Générale II. Paris.

ÖZTÜRK, E. 1982 : Jeodezik Ağlarda Güven Ölçütleri ve Ölçme Planının En Uygunlaştırılması. K.T.Ü.Doçentlik Tezi.

PİRSELİMOĞLU, F. 1978 : Türkiye Ulusal Datumu ile Avrupa Datumu 1950, Arasındaki Dönüşümün İki Parametreyle Gerçekleştirilmesi. K.T.Ü.Seminer.

TEVGÖR, S. 1951 : Türkiye I. Derece Nirengi İşine ve Şebekesine Genel Bakış. Harita Dergisi, No: 43, s. 10.

THOMAS, P.P. 1949 : Conformal Proje~~k~~ctions in Geodesy and Cartography, U.S. Coast and Geodetic Survey S.P. 251.

UĞUR, E. 1976 : Türkiye I. Derece Triyangülasyon Ağının Dengelenmesi. Harita Dergisi No : 83

UĞUR, E. 1979 : Türkiye Temel Nirengi Ağının Sıklaştırılmasında Uzun Kenarlı Poligonasyon. K.T.Ü.Doçentlik Tezi.

ULSOY, E. 1977 : Matematiksel Geodezi. İDMMA, Sayı 144.

ÜNAL, T. 1981 : Ülke Nirengi Ağlarını Yerleştirme Yöneltme ve Dengeleme Yöntemleri. İDMMA Doçentlik Tezi.

WOLF, H. 1950 : Die Azimutausgleichung für das Zentraleuropäische Netz. Bamberg No: 5.

WOLF, H. 1968 : Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. Bonn.

Ö Z G E Ç M İ Ş

1952 yılında Istanbul'da doğdum. İlk, Orta ve Liseyi Trabzon'da bitirdim. 1969 yılında KTÜ Jeodezi Bölümüne girip 1974 yılında mezun oldum. 1974-1976 yılları arasında ADMMA İnşaat Bölümü Topografya Kürsüsünde Asistan olarak çalıştım. 1976-1981 yılları arasında MTA, Temel Araştırmalar Dairesinde "Depremlerin önceden Kestiril - mesinde Jeodezik Yöntemlerin Uygulanması" projesinde Ankara'da çalıştım. 1981 yılında Istanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Kürsüsüne Asistan olarak atandım ve halen bu görevimi sürdürmekteyim.