

**GERÇEK ANLAMDA OLMAYAN
PROJEKSİYONLAR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat Cem URAZ

DANIŞMAN

Doç. Dr. İbrahim YILMAZ

JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

Ocak, 2013

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS

GERÇEK ANLAMDA OLMAYAN PROJEKSİYONLAR

Murat Cem URAZ

DANIŞMAN

Doç. Dr. İbrahim YILMAZ

JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

Ocak, 2013

TEZ ONAY SAYFASI

Murat Cem URAZ tarafından hazırlanan “Gerçek Anlamda Olmayan Projeksiyonlar” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 23/01/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri **Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. İbrahim YILMAZ

Başkan :Doç. Dr. İbrahim YILMAZ
Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi
İmza

Üye : Yrd. Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU
Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi
İmza

Üye : Yrd. Doç. Dr. Cemal Özer YİĞİT
Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü,
Mühendislik Fakültesi
İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. Mevlüt DOĞAN
Enstitü Müdürü

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

GERÇEK ANLAMDA OLMAYAN PROJEKSİYONLAR

Murat Cem URAZ
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. İbrahim YILMAZ

Bu araştırmada, harita projeksiyonları, harita projeksiyonlarında deformasyon analizleri, deformasyon gösterim çeşitleri, nicel analiz ve nicel analizlerin yorumlanması için projeksiyonların görselleştirilmesi konuları ele alınmıştır. Harita projeksiyonlarında deformasyon analizleri için farklı yöntemler olan Tissot endikatrisi, renk metodu yöntemi ve eş deformasyon eğrileri yöntemi kullanılarak deformasyonların görselleştirilmesi sağlanmıştır.

Uygulamada gerçek anlamda olmayan (pseudo) projeksiyonlar seçilmiştir. Genellikle dünya haritalarının ve büyük kıta parçalarının gösteriminde kullanılan; bazı harita projeksiyonlarının deformasyon görselleştirilmesi gerçek anlamda olmayan sinüzoidal projeksiyon gibi yaygın olarak kullanılan projeksiyonlarda incelenmiştir. Seçilen her bir harita projeksiyonu için $15^{\circ} \times 15^{\circ}$ coğrafi grid ağı oluşturulmuştur. Harita projeksiyonlarındaki grid noktalarında, minimum uzunluk deformasyonu b , maksimum uzunluk deformasyonu α , paralel boyunca uzunluk deformasyonu k , meridyen boyunca uzunluk deformasyonu h , alan deformasyon değeri p , maksimum açı deformasyonu ω ve koordinat değerleri hesaplanmıştır.

Projeksiyon eşitlikleri verilen harita projeksiyonlarının kısmi türevlerinin çözümü için Mathematica 5.0 yazılımı kullanılmıştır. Hesaplamalarda Microsoft Excel 2007 ve Cad tabanlı programlar kullanılmıştır. Hesap kolaylığı olması için yeryüzü küre olarak; yarı çapı 1 birim olarak kabul edilmiştir. Hesaplanan değerler ArcGIS 9.2 yazılımı, ArcINFO ara yüzünde görselleştirilmiştir.

2013, x + 64 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kartografya, Harita projeksiyonları, Gerçek anlamda olmayan projeksiyonlar, Deformasyon analizi

ABSTRACT
M.Sc Thesis

PSEUDO PROJECTIONS

Murat Cem URAZ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geodesy and Photogrammetry Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. İbrahim YILMAZ

In this work, we discussed these topics; map projections, deformation analysis' in map projections, deformation presentation types, quantitative analysis and visualization of projections for interpretation of quantitative analysis. Tissot indikatrix, colours method, isograms method which are different methods for deformation analysis in map projections are used. Visualizations of deformations are provided. In practise, pseudo projections which aren't be in real terms are preferred. Sinuziodial projection which is generally used in representation of world maps and large part of continent is examined. For each selected map projections a $15^{\circ} \times 15^{\circ}$ geographical grid network is formed. Grid points in map projections, the minimum linear distortion b , the maximum linear distortion α , linear distortion along the parallel k , linear distortion along the meridian h , the areal distortion value p , maximum angular distortion ω and coordinate values have calculated.

Mathematica 5.0 software is used for map projection's partial differentiation's solution. In calculations Microsoft Excel 2007, and Cad-based programs are used. For ease of calculation earth surface is considered of globe and earth's radius is considered of one unit. The calculated values are visualizationed with using ArcGIS 9.2 software and ArcINFO interface.

2013, x + 64 pages

Key Words: Cartography, Map projection, Pseudo projection, Deformation analysis

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, uygulama ve teorik çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi, yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Doç. Dr. İbrahim YILMAZ, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. İbrahim GENÇSOYLU'ya her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı eşim Asiye DEMİR URAZ'a ve canım aileme teşekkür ederim.

Murat Cem URAZ
AFYONKARAHİSAR, 2013

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	4
3. HARİTA PROJEKSİYONLARI	6
3.1 Yeryüzünün Şekli ve Boyutları.....	6
3.2 Coğrafi Koordinat Sistemi	6
3.3 Harita Projeksiyonları ile ilgili Temel Kavramlar ve Matematiksel Esaslar	8
3.4 Harita Projeksiyonlarının Sınıflandırılması	9
3.4.1 Projeksiyonların yüzeyinin konumuna göre sınıflandırma.....	9
3.4.2 Projeksiyonların yüzeylerine göre sınıflandırma.....	10
3.4.3 Projeksiyonlarda oluşan deformasyonlara göre sınıflandırma	11
3.5 Harita Projeksiyonlarında Deformasyonlar	12
3.6 Referans Yüzeyinden Projeksiyon Yüzeyine Dönüşüm	15
3.7 Gauss'un Temel Büyüklükleri	19
3.8 Alan Deformasyonu	20
3.9 Açı Deformasyonu	21
3.10 Uzunluk Deformasyonu	23
4. HARİTA PROJEKSİYONLARINDA DEFORMASYONLAR	24
4.1 Nicel Analizler	24
4.2 Görsel Analizler	25
4.2.1 Grid ağı gösterimi	26
4.2.2 Tissot endikatrısı	27
4.2.3 Grid kareler metodu	28
4.2.4 Renk metodu	29
4.2.5 Eşdeformasyon eğrileri.....	29
4.2.6 Bilinen şekiller metodu	30

5. GERÇEK ANLAMDA OLMAYAN PROJEKSİYONLAR	33
5.1 Collignon Projeksiyonu	36
5.2 Craster Projeksiyonu	41
5.3 Eckert I Projeksiyonu	46
5.4 Eckert III Projeksiyonu	51
5.5 Eckert-Greifendorf Projeksiyonu	57
6. TARTIŞMA VE SONUÇ	63
7. KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	67

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

λ	Enlem
φ	Boylam
λ_0	Orta meridyen
ω	Maksimum açı deformasyonu
h	Meridyen yönündeki uzunluk deformasyonu
k	Paralel daireler yönündeki uzunluk deformasyonu
a	Maksimum uzunluk deformasyonu
b	Minimum uzunluk deformasyonu
P	Alan deformasyonu
R	Referans küre yarıçapı
F	Orijinal yüzey alanı
ds	Orijinal yüzey üzerinde diferansiyel uzunluk
df	Orijinal yüzey üzerinde diferansiyel alan

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1 Coğrafi Koordinat Sistemi.....	7
Şekil 3.2 Küresel yüzeyden düzleme dönüşüm.....	8
Şekil 3.3 Normal, transversal ve eğik konumlu projeksiyonlar.....	10
Şekil 3.4 Normal, Silindirik ve Düzlem konumlu projeksiyonlar	11
Şekil 3.5 Uzunluk deformasyon yönleri	12
Şekil 3.6 Küre üzerinde daire ve deformasyon elipsi	13
Şekil 3.7 Sonsuz derece küçük dairesel dörtgen	16
Şekil 3.8 Sonsuz derecede küçük olan dörtgenin düzleme izdüşümü.....	17
Şekil 3.9 Deformasyon elipsi.....	21
Şekil 3.10 Açık Koruyan Projeksiyon	22
Şekil 4.1 Bazı projeksiyonlara ait grid ağları	26
Şekil 4.2 Plate Carree projeksiyonu	27
Şekil 4.3 Grid Kareler Metodu.....	28
Şekil 4.4 Bonne Projeksiyonunda açı deformasyon değerlerinin renk metodu ile gösterimi	29
Şekil 4.5 Hammer-Aitoff projeksiyonunda maksimum açı deformasyonu eşdeformasyon yöntemi ile gösterimi.....	30
Şekil 4.6 Bilinen şekiller metodu Plate Carree.....	31
Şekil 4.7 Bilinen şekiller metodu Sinüsoidal.....	31
Şekil 4.8 Bilinen şekiller metodu Miller Silindirik.....	31
Şekil 4.9 Mollweide projeksiyonunda çizilmiş bir insan kafası figürünün alan koruyan silindirik projeksiyon ve mercator projeksiyonundaki görünümünü.....	31
Şekil 5.1 Planiglob gösterime bir örnek.....	34
Şekil 5.2 Planisfer gösterime bir örnek.....	34
Şekil 5.3 Kesikli gösterime bir örnek.....	35
Şekil 5.4 Collignon Projeksiyonu coğrafi pafta ağı	36

Şekil 5.5 Collignon projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu eşdeformasyon eğrileri	40
Şekil 5.6 Collignon projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu renk metodu yöntemi	40
Şekil 5.7 Collignon projeksiyonuna ait deformasyon elipsleri.....	41
Şekil 5.8 Craster parabolik Projeksiyonu coğrafi pafta ağı	41
Şekil 5.9 Craster parabolik projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu eşdeformasyon eğrileri	45
Şekil 5.10 Craster Parabolik projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu değerlerinin renk metodu yöntemi ile gösterimi.....	45
Şekil 5.11 Craster Parabolik projeksiyonuna ait deformasyon elipsleri.....	46
Şekil 5.12 Eckert I projeksiyonu coğrafi pafta ağı	46
Şekil 5.13 Eckert I projeksiyonuna ait alan deformasyonu.....	50
Şekil 5.14 Eckert I projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu eşdeformasyon eğrileri.....	50
Şekil 5.15 Eckert I projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu değerlerinin renk metodu yöntemi ile gösterimi.....	51
Şekil 5.16 Eckert I projeksiyonuna ait deformasyon elipsleri.....	51
Şekil 5.17 Eckert III projeksiyonu coğrafi pafta ağı.....	52
Şekil 5.18 Eckert III projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu eşdeformasyon eğrileri.....	55
Şekil 5.19 Eckert III projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu değerlerinin renk metodu yöntemi ile gösterimi.....	56
Şekil 5.20 Eckert III projeksiyonuna ait deformasyon elipsleri.....	56
Şekil 5.21 Eckert III projeksiyonuna ait alan deformasyonu eğrileri.....	57
Şekil 5.22 Eckert-Greifendorf projeksiyonu coğrafi pafta ağı.....	57
Şekil 5.23 Eckert-Greifendorf projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu eşdeformasyon eğrileri.....	61
Şekil 5.24 Eckert-Greifendorf projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu değerlerinin renk metodu yöntemi ile gösterimi.....	62

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1 Silindirik alan koruyan (Lambert) bir projeksiyona ait uzunluk deformasyonları ve deformasyon değerleri	24
Çizelge 5.1 Collignon projeksiyonu deformasyon katsayıları.....	38
Çizelge 5.2 Craster parabolik projeksiyonu deformasyon katsayıları miktarları.....	42
Çizelge 5.3 Eckert I projeksiyonu deformasyon katsayıları	47
Çizelge 5.4 Eckert III projeksiyonu deformasyon katsayıları.....	53
Çizelge 5.5 Eckert-Greifendorf projeksiyonu deformasyon katsayıları	58

1. GİRİŞ

Yeryüzünün tamamının veya bir kısmının belirli bir ölçeğe göre küçültülerek bir plan üzerinde gösterildiği çizime harita denir. Yunanca HARTEN, Fransızca CARTE kelimelerinden gelmektedir. Harita üzerinde gösterilen objelerin ve bazı özelliklerin gerçek boyutları ile harita düzlemindeki gösterimleri, düzleme aktarılırken yaklaşık olarak aynı kalması beklenir. Bu işlemdeki başarı, haritanın oluşturulması için seçilen harita projeksiyonunun özelliğine bağlıdır. Yeryüzü düzleme açılmayan kapalı bir şekil olduğundan küçültme ile birlikte harita projeksiyonları kullanılarak düzleme izdüşüm işlemi yapılır.

Harita projeksiyonlarının amacı yer yüzünü veya bir gezegen için tanımlanmış referans yüzeyi üzerine, belirli koordinat sistemine göre düzlem yada düzleme açılabilen yüzeylere belirli matematiksel bağıntılar yardımı ile aktarılmasıdır. Orijinal yüzeydeki özelliklerin değişime uğramadan projeksiyon yüzeyine aktarılması olanaksızdır. Ancak orijinal yüzeydeki bazı büyüklüklerin (uzunluk, alan ve açı) korunarak düzleme aktarılması mümkündür. Öte yandan projeksiyonu yapılan yüzeyin değişik elemanlarının deformasyonlarının bilinmesi, haritadan alınan büyüklüklerin orijinal değerlerinden farklılığının bilinmesi bakımından önemlidir (Uçar *et al.* 2004a, b).

Harita projeksiyonları farklı amaçlar için tasarlanmış olduğundan, farklı özelliklere sahiptir. Örneğin, Türkiye sınırları içinde küçük bir sahanın düzleme aktarılması istenirse, Türkiye için uygun bir projeksiyon ve sahanın büyüklüğüne göre başka bir projeksiyon özelliği ön plana çıkabilmektedir. Düzlem üzerine aktarılan objelerin nasıl ve ne şekilde değişime uğrayacağı, değişime uğradığı miktar ve deformasyon büyüklükleri literatürde geçen her projeksiyon için farklıdır. Bir projeksiyon yüzeyine göre silindirik, düzlem ve konik biçimde sınıflandırıldığı gibi yüzey konuma göre de, normal konumlu, eğik konumlu ve transversal konumlu olarak sınıflandırılmaktadır. Ayrıca projeksiyonlar barındıkları deformasyona göre, uzunluk, alan ve açı koruyan olmaları bakımından da sınıflandırılmaktadır.

Haritası yapılacak bir bölge de, bölgenin ve haritanın amacı ve üretilecek haritanın ölçeğine göre uygun harita projeksiyonu seçimi oldukça önemlidir. Büyük ölçekli

haritalarda meydana gelen deformasyonlar yerkürenin alanı ile karşılaştırıldığında oldukça küçüktür. Ancak, haritanın ölçeği küçüldükçe yeryüzünün küreselliğinden kaynaklanan hatalar oldukça büyük değerlerde gerçekleşmektedir ve düzleme aktarılan bilgilerin büyük ölçüde sapmasına neden olabilmektedir. Bazı projeksiyonlar özelliklerine göre haritada görselliği ön plana çıkarırken başka bir projeksiyon ölçek veya uzunluk gibi sayısal bir büyüklüğü koruduğundan matematiksel olarak hesap edilirler. Harita projeksiyonunun seçiminde bir başka önemli hususta, harita elemanlarının aktarımında, projeksiyonu yapılacak bölge için mümkün olan en küçük deformasyonu veren projeksiyon yönteminin seçilmesidir. Örneğin kutup bölgelerini ön planda tutmayı hedefleyen bir kartograf yeryüzünün tamamını düzleme aktarırken kutup bölgesinde ki deformasyonun en az olmasını bekler. Deformasyonun matematiksel olarak belirlenmesi nicel olarak ifade edilmesini sağlar ancak nicel olarak ifade edilen değerler görsel olarak incelenir. Bunun için deformasyon analizlerinde deformasyonun görselleştirilmesi oldukça önemlidir.

Uygun harita projeksiyon seçiminde, harita ölçeği, haritanın kullanım amacı ve harita elemanlarının düzleme aktarımında mümkün olduğunca deformasyonu en az olan projeksiyonun tercih edilmesi gibi hususlara dikkat edilmelidir. Örneğin yer yüzeyinin tümü tek bir paftada gösterildiğinde bazı güçlükler ortaya çıkar. Bunlardan biri, sadece bir yarım kürenin gösterimidir ki deformasyonlar özellikle kutup bölgelerinde oldukça fazladır ve yer küreselliğinin algılanması güçleşir. Bir diğer güçlük ise özellikle enleme bağlı konuların algılanmasında bazı güçlükler ortaya çıkması durumudur. Gerçek anlamda olmayan projeksiyonlar bu güçlükleri ortadan kaldırmak amacıyla geliştirilmiştir.

Gerçek anlamda olmayan projeksiyonlar yer yüzünün tamamının gösterilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Bu çalışmada, yer yüzünün gerçek anlamda olmayan projeksiyonlarla gösterimi, deformasyon hesaplarının detaylıca incelenmesi deformasyon gösteriminde eş deformasyon eğrilerinin görselleştirilmesi, renk metodu yöntemi ile deformasyonun görselleştirilmesi ve yorumlanması ve deformasyonların analizi konusu incelenmiştir.

Tez 7 bölümden oluşmaktadır. 1. bölümde giriş. 2. Bölümde literatür bilgileri 3. Bölümde harita projeksiyonları, yeryüzünün şekli ve boyutları, coğrafi koordinat

sistemi, harita projeksiyonları ile İlgili temel kavramlar ve matematiksel esaslar, harita projeksiyonlarının sınıflandırılması, harita projeksiyonlarında deformasyon konuları ele alınmıştır. 4. Bölümde harita projeksiyonlarında deformasyon analizleri verilmiştir. 5. Bölümde gerçek anlamda olmayan projeksiyonlar, sayısal uygulamalar, hesaplama yöntemleri, kullanılan programlar verilmiştir. 6. Bölümde sonuç, deformasyon elamanlarının önemi, kullanılan yöntemlerinler, deformasyon yöntemlerinin görselleştirilmesi konularında elde edilen sonuçlar verilmiştir. 7. Bölümde yararlanılan kaynaklar verilmiştir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Synder (1989) eserinde, temel kullanımda olan ve değişik modifikasyonları ve konumları da incelenen çok sayıda projeksiyonu kapsayan, bu projeksiyonların eşitliklerine yer vermiş ve grid ağlarının nasıl bir görünüme sahip olduğu ve deformasyonlarını görselleştirmek açısından Tissot deformasyon elipslerinin kullanımına değinmiştir. Harita projeksiyonlarında deformasyonların incelenmesi çalışmalarında kullanılabilecek önemli temel kaynaklar arasındadır.

Wikle (1991) eserinde, mevcut harita projeksiyonlarının fazla sayıda ve karmaşık yapıya sahip olduğundan harita projeksiyon konularının araştırmacılar tarafından anlaşılmasının zorluklarından bahsetmiş, haritaların okunabilirliği ve anlaşılabilirliğinin, harita projeksiyonlarından kaynaklanan deformasyonlardan nasıl etkilendiğini kullanıcılara anlatabilmek konusunda genellikle sıkıntı yaşandığından söz etmiştir. Araştırmacılara, mevcut projeksiyonların basit ve anlaşılır bir şekilde avantaj ve dezavantajlarını görmelerini ve bu projeksiyonların karşılaştırmalarını yapabilecekleri “Projection” adlı bir bilgisayar yazılımını tanıtmıştır.

Brainerd and Pang (1998), harita projeksiyonlarını ve bunlarla ilişkili deformasyonları görselleştirme açısından incelemiş ve yeni metotlar önermiştir. Bu metotlar; interaktif harita projeksiyonu sistemi içerisinde şekillendirilen ve kullanıcılarına yeryüzünün küre üzerindeki ve eş zamanlı olarak projeksiyondan sonraki halini sunan ve bu her iki görüntüyü de interaktif olarak ilişkilendiren metotlar tanımlanmaktadır. Projeksiyon ve küre arasındaki ilişki, projeksiyonda seçilen düzleme açılabilir yüzey aracılığı ile yapılmaktadır.

Eldrandaly (2006), çalışmasında harita projeksiyon seçimi konusunu ele almış, CBS projelerinde, projeksiyon seçimi konusunun öneminden bahsetmiş ve ArcGIS ticari CBS yazılımı için geliştirdiği bir uzman projeksiyon seçimi programını tanıtmıştır. Programın detayında, bir CBS analizcisi için projeksiyon seçim aşamasında karar destek sistemi vazifesini gören ve mevcut birçok harita projeksiyonu içerisinde kullanıcıya hangi projeksiyonu seçmesi gerektiğini, çalışmasının amacı ve konumu ile bağlantılı olarak sunan bir uzman sistem anlatılmıştır.

Uçar vd. (2004), kartografik projeksiyonlar hakkında bilgi vermiş ve bazı kartografik projeksiyonların, projeksiyon eşitliklerini vermiş ve sayısal çözümlerini örneklerle açıklamıştır. Harita projeksiyonlarının seçimi konusunda elde edilen sayısal verileri somut örneklerle görselleştirmiştir. Harita projeksiyonlarında deformasyon elipsi kavramını açıklayarak bazı harita projeksiyonlarında meydana gelen deformasyon miktarlarını, deformasyon elipsi şeklinde ifadelendirmiştir.

Kırtıloğlu (2010), Harita projeksiyonlarında deformasyon analizi başlıklı yüksek lisans tezinde, deformasyon konusunu ayrıntılı bir şekilde ele almıştır. Harita projeksiyonlarında meydana gelen deformasyonları Matlap programına yardımcı bir program geliştirerek incelemiştir.

3. HARİTA PROJEKSİYONLARI

3.1 Yeryüzünün Şekli ve Boyutları

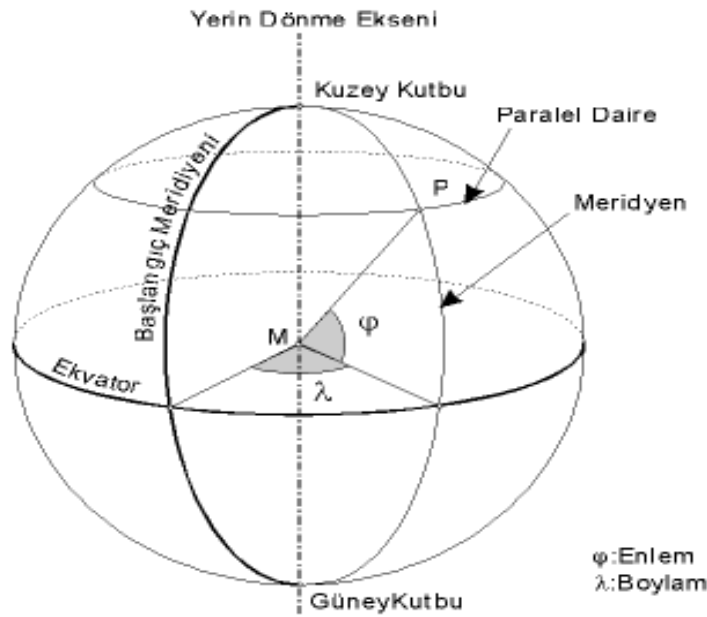
Jeodezi, yeryuvarının modellenmesiyle, yeryuvarında ve dış alanında 4 boyutlu presizyonlu koordinat sistemlerini tanımlayan, referans ağlarını oluşturan, mekansal bilgileri bu ağ ve sistemlerle ilişkilendiren ve zamanı bağlı değişimlerini izleyen bilimdir. Yer, kendi eksenini etrafında dönen tüm gök cisimleri gibi, dönüşünün yol açtığı merkezkaç kuvvetinin etkisi ile basıklaşarak ideal bir küreden çok az sapan görünüm kazanmıştır. Dünya kutup noktalarında basık ekvator bölgesinde şişkindir. Ancak görünüşte küreye benzeyen yeryüzünün şekli jeoit olarak tanımlanmıştır. Jeoit, durgun deniz yüzeyinin karalar altından devam ettiği düşünülen hiçbir dış etkiden etkilenmeyen kapalı ve soyut bir yüzeydir. Düzleme aktarılmasında Jeoit yeryuvarı kütle çekimi alanının, ortalama deniz seviyesine en yakın eş potansiyel yüzeyi olarak tanımlanabilir. Jeoit yüzeyi herhangi bir noktasında, çekül eğrisine diktir. Ancak yeryüzüne daha yakın bir şekil olması referans yüzeyi olarak seçilmesi için yeterli değildir.

Yeryüzü için referans yüzeyi olarak dönel elipsoit kullanılır. Eğer arazi ölçümlerinden temel harita olarak ölçüm yapılacaksa yada harita ölçeği 1:2000000 den küçük ise referans elipsoidi kullanılır. Daha küçük ölçeklerde yeryüzeyinin küre olarak kabul edilmesinden kaynaklanan hatalar, projeksiyon deformasyonlarından ve çizim hatalarından küçük olduğundan yeryüzünü küre olarak kabul etmekte kesinlikle bir sakınca yoktur (Hake 1982).

3.2 Coğrafi Koordinat Sistemi

Dünya üzerindeki noktaların konumlarını belirlemek amacıyla bütün dünyayı saran bir koordinat ağının var olduğu kabul edilir. Coğrafi koordinat ağı olarak adlandırılan bu sistem paraleller ve meridyenlerden oluşmaktadır. Dünyayı kuzey ve güney yarım küre olarak ikiye ayıran ekvator düzlemine paralel düzlemlerin yerküre ile ara kesitleri paralel daireler oluşturur. Ekvatorun kuzeyinde kalan dairelere kuzey paraleli, güneyinde kalan dairelere ise güney paraleli denir (Yomralıoğlu 2000).

Bir noktadan geçen paralel dairenin ekvatora olan açısal uzaklığına o noktanın enlemi denir. Enlem, o noktadan geçen meridyen düzlemi içinde ölçülür ve (ϕ) simgesi ile gösterilir. Bir noktadan geçen meridyen düzlemi ile başlangıç meridyeni düzlemi arasında kalan açıya o noktanın boylamı denir (Şekil 3.1). Boylam, bu iki düzlem arasında ki en büyük ölçek açıdır, o noktanın paralel düzlemi içinde ya da ekvator düzlemi içinde ölçülür. Bir noktanın boylamı (λ) simgesi ile gösterilir. ϕ ve λ değer çiftine ilgili yeryüzü noktasının “Coğrafi Koordinatları” denir (Koçak 1999).



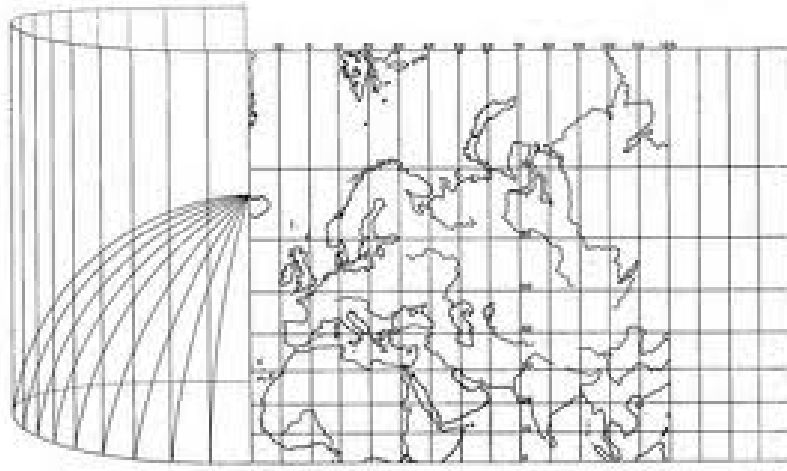
Şekil 3.1. Coğrafi Koordinat Sistemi

Ekvator'un 90 tane kuzeyinde, 90 tane de güneyinde olmak üzere, toplam 180 paralel daire bulunur. Başlangıç paraleli ekvator'dur. Ekvator en büyük paralel dairedir. Ekvator'dan kutuplara doğru gidildikçe paralellerin boyları kısalır. İki paralel arası uzaklığa bir enlem derecesi denir. Paraleller birbirleriyle kesişmezler ve birleşmezler. Paraleller doğu - batı doğrultusunda uzanırlar. Başlangıç meridyeninin 180 tane doğusunda, 180 tane de batısında olmak üzere, toplam 360 meridyen vardır. Başlangıç meridyeni İngiltere'nin başkentindeki Greenwich istasyonundan geçen meridyendir. İki meridyen arası uzaklığa bir boylam derecesi denir. Bütün meridyenler kutuplarda birleşirler. Meridyenler bir paralel boyunca birbirlerinden eşit uzaklıkta bulunurlar.

3.3 Harita Projeksiyonları ile ilgili Temel Kavramlar ve Matematiksel Esaslar

Harita projeksiyonu kavramı, referans yüzeyine indirgenmiş yeryüzü bilgilerinin bir harita düzlemine aktarılmasını sağlayan matematiksel kuralları ve yöntemleri inceler (Koçak 1999).

Bir başka ifadeyle, harita projeksiyonu, üç boyutlu yeryüzünün matematiksel dönüşümlerle iki boyutlu düzlemde temsil edilmesi işlemine denir (Şekil 3.2)



Şekil 3.2 Küresel yüzeyden düzleme dönüşüm

Harita projeksiyonları üç boyutlu küre yüzeyinden iki boyutlu düzlemlere aktarılırken matematiksel dönüşümler kullanılır. Matematiksel ifadelerin kullanılması projeksiyon matematiği kavramını ortaya çıkarmaktadır.

Harita projeksiyonunda kullanılan matematiksel bağıntılar fonksiyonel olarak tanımlanmıştır. Meridyen ve paraleller de bu eşitliklere göre düzleme aktarılırlar. Bu amaçla düzlem üzerine (m, α) kutupsal koordinatları yada (x, y) dik koordinatları kullanılır. Coğrafi koordinatların fonksiyonları ise enlem ve boylam için (ϕ, λ) ifadeleri kullanılır.

Gerçek anlamlı projeksiyonların normal konumlu düzlem koordinatlarla coğrafi koordinatlar arasındaki bağıntı,

$$m = f(\varphi), \alpha = f(\lambda), x = f(\varphi), y = f(\lambda) \quad (3.1)$$

şeklindedir. Gerçek anlamda olmayan projeksiyonların düzlem koordinatlarla coğrafi koordinatlar arasındaki bağıntı ise,

$$m = f_1(\varphi, \lambda), \alpha = f_2(\varphi, \lambda), x = f_3(\varphi, \lambda), y = f_4(\varphi, \lambda) \quad (3.2)$$

şeklinde ifade edilir.

3.4 Harita Projeksiyonlarının Sınıflandırılması

Yeryüzünü temsil etmek üzere kabul edilen referans yüzeyleri düzleme açılabilen yüzeyler olmadıklarından, yeryüzünü deformasyonsuz olarak harita düzlemine aktarmak mümkün değildir. Ancak belli özelliklerin korunması mümkündür. Projeksiyonlarda belirli doğruların uzunlukları, alanlar veya diferansiyel anlamda açılar korunabilir. Bu üç özelliğin üçünün de sağlanması ya da tüm doğruların uzunluklarının korunması mümkün değildir (Uçar *et al.* 2004a, b).

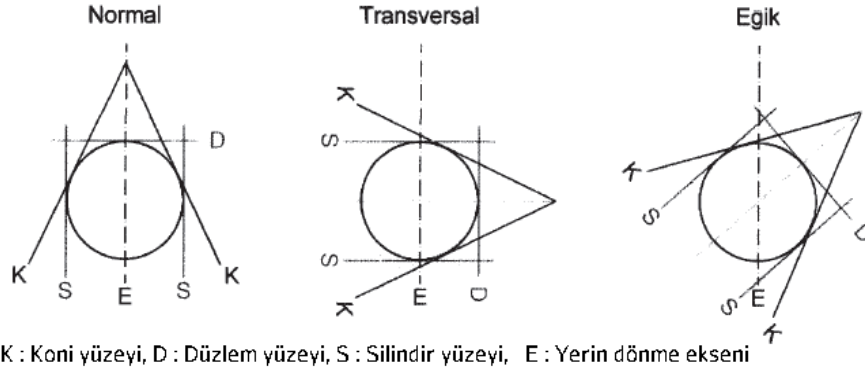
Projeksiyonlar seçilen yüzeylere, projeksiyon yüzeyinin konumuna göre ve deformasyona göre sınıflandırılırlar.

3.4.1 Projeksiyonların yüzeyinin konumuna göre sınıflandırma

Projeksiyonlar yüzeyin konumuna göre 3 grupta sınıflandırılır.

1. Normal konumlu projeksiyonlar
2. Transversal konumlu projeksiyonlar
3. Eğik konumlu projeksiyonlar

Eğik, Transversal ve Normal konumlu projeksiyonlar Şekil 3.3 de gösterilmiştir.



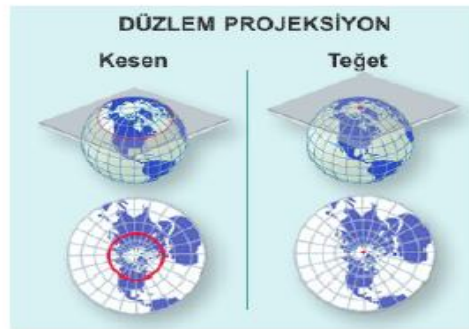
Şekil 3.3 Normal, transversal ve eğik konumlu projeksiyonlar

3.4.2 Projeksiyonların yüzeylerine göre sınıflandırma

Düzleme açılabilme özelliğine sahip koni, silindir ve düzlem (azimutal) projeksiyon yüzeyleri kullanılır. Farklı amaçlar için seçilen yüzey projeksiyonu üç grupta incelenir (Şekil 3.4).

1. Silindirik projeksiyonlar
2. Düzlem projeksiyonlar
3. Koni projeksiyonlar

Bu kapsamdaki projeksiyonlar, projeksiyon yüzeyi gerçek bir yüzey olduğundan gerçek anlamda projeksiyonlar olarak adlandırılır. Projeksiyon yüzeyine göre, haritada coğrafi koordinat ağının görünümü de değişir. Azimutal projeksiyonlarda meridyenler, merkezleri meridyenlerin kesişme noktası olan kapalı daireler şeklindedir. Koni projeksiyonlar da ise meridyenler yine benzer şekilde olup, paraleller ise kapalı olmayan daire yayları biçimindedir. Silindirik projeksiyonlarda ise meridyenler ve paraleller birbirlerini dik kesen doğru parçaları şeklindedir.



Şekil 3.4 Normal, Silindirik ve Düzlem konumlu projeksiyonlar

3.4.3 Projeksiyonlarda oluşan deformasyonlara göre sınıflandırma

Yeryüzünü ifade etmek üzere kabul edilen referans yüzeyleri küre ya da elipsoid düzleme açılabilir yüzeyler olmadıklarından, yeryüzünü deformasyonsuz olarak harita düzlemine aktarmak mümkün değildir. Ancak belli özelliklerin korunması mümkündür. Projeksiyonlarda ya belli doğruların uzunlukları, ya alanlar ya da diferansiyel anlamda açılar korunabilir. Bu üç özelliğin üçünün de sağlanması mümkün değildir. Dolayısıyla harita projeksiyonları bu anlamda üçe ayrılırlar;

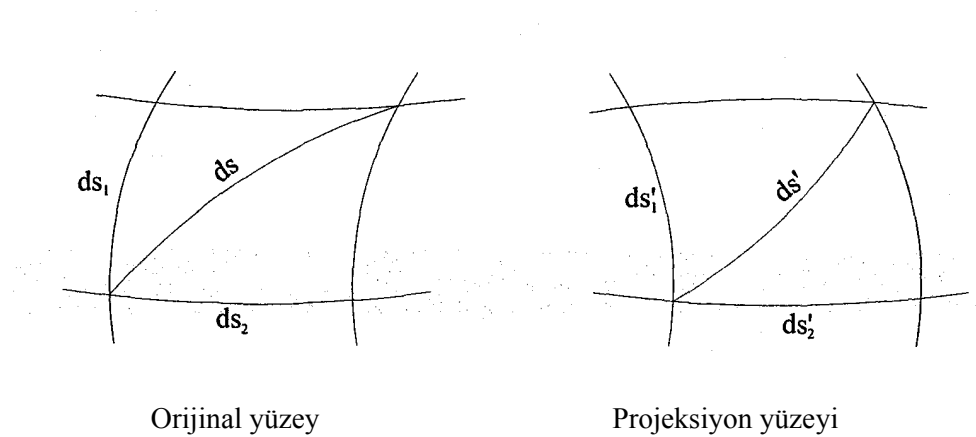
1. Alan koruyan projeksiyonlar
2. Uzunluk koruyan projeksiyonlar
3. Açı koruyan projeksiyonlar

şeklinde sıralanabilir.

3.5 Harita Projeksiyonlarında Deformasyonlar

Yeryüzünün sahip olduğu eğri yüzey düzlem üzerine aktarılırken bazı bozulmaları da beraberinde getirecektir. Uzunluk, açı ve alan deformasyonu olarak nitelendirilen bu bozulmalardan dolayı projeksiyona aktarımda orijinal yüzey üzerindeki noktalar arasındaki ilişkilerde değişir (Şekil 3.5).

Orijinal yüzey üzerindeki ds diferansiyel uzunluğu, df diferansiyel alanı ve α açısı projeksiyon düzlemine aktarıldıklarında ds' , df' ve α' değerlerini almışlarsa bunların orijinal yüzey değerleri ile karşılaştırılması sırasıyla, uzunluk, alan ve açı deformasyonlarını gösterir (Yerci 2002).



Şekil 3.5 Uzunluk deformasyon yönleri

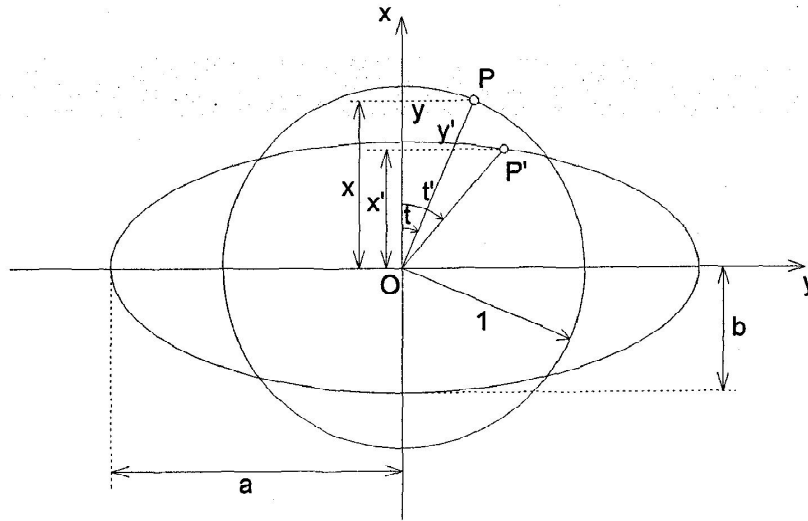
Uzunluk deformasyonu noktadan noktaya değişebildiği gibi aynı zamanda bir noktada çeşitli yönlerde de değişir. Diferansiyel anlamda küçük bir alanda ds köşegen uzunluğu projeksiyon düzlemine aktarıldığında ds' olacaktır. Şekil 3.5 den yararlanarak,

$$\frac{ds_1'}{ds} = h \quad (3.3)$$

$$\frac{ds_2'}{ds} = k \quad (3.4)$$

h meridyen (Kuzey-Güney doğrultusu), yönündeki uzunluk deformasyonu katsayısı, k paralel daireler yönündeki (Doğu-Batı doğrultusu) uzunluk deformasyonudur. Uzunluk

deformasyonu sadece uzunluk elemanının yönüne bağlı olmayıp, aynı zamanda orijinal yüzeydeki ve projeksiyon yüzeyindeki doğrultularda çakışık değildir. Bundan dolayı orijinal yüzeyde birbirine dik olan herhangi iki uzunluk elemanı projeksiyon yüzeyine dik olarak izdüşürülemez. Projeksiyonları deformasyonlar açısından ayrıntılı olarak inceleyen Nicolas Auguste Tissot'a göre hem orijinal yüzeyde hem de projeksiyon yüzeyinde birbirine dik olan en az iki doğrultu vardır. Bu yönlerden birinde uzunluk deformasyonu maksimum (a), diğerinde minimum (b) değerdedir. Bu yönlere ana deformasyon yönleri denir. Gerçek anlamlı projeksiyonlarda meridyenlerin ve paralellerin izdüşümleri birbirine dik olduğundan bu yönler ile ana deformasyon yönleri birbirine çakışık. $h > k$ ise $h = a, k = b$; $h < k$ ise $h = b, k = a$ olur. Orijinal yüzeyde oluşturulan sonsuz küçük dairenin projeksiyon yüzeyinde izdüşümü elipstir. Bu elips "Deformasyon Elipsi" ya da "Tissot Endikatrisi" olarak adlandırılır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Küre üzerinde daire ve deformasyon elipsi

a ve b değerleri de deformasyon elipsinin büyük ve küçük yan eksenleridir. Herhangi bir yönde $r = 1$ ise, projeksiyon bu yönde uzunluk koruyor demektir. Özellikle $h=1$ ise meridyen uzunluğu korunan projeksiyonlardan söz edilir (Uçar *et al.* 2004a, b).

Şekil 3.6 da görüldüğü gibi r yarıçaplı daire üzerindeki herhangi bir P noktasının deformasyon elipsi üzerindeki karşılığı P' olur. OP yarı çapının x eksenine yaptığı açı t ile ifade edilirse, projeksiyon düzlemindeki karşılığı t' olur. Doğrultu deformasyonu

(t'-t) Şekil 3.6 da görülmektedir. OP ve OP' doğrultuları koordinatlar yardımı ile yazılırsa,

$$\tan t = \frac{y}{x} \quad (3.5)$$

$$\tan t' = \frac{y'}{x'} \quad (3.6)$$

eşitlikleri yazılır. x ve y yönündeki deformasyonları dikkate alınarak,

$$y' = a y \quad (3.7)$$

$$x' = a x \quad (3.8)$$

şeklinde yazılır. Buradan (3.5) ve (3.6) eşitlikleri yerine konur ve her iki doğrultu değeri orantılanırsa,

$$\frac{\tan t'}{\tan t} = \frac{\sin t' \cos t}{\cos t' \sin t} = \frac{a}{b} \quad (3.9)$$

elde edilir. Pay ve paydaların bir kere toplanıp çıkarılması ile,

$$\frac{\tan t' - \tan t}{\tan t + \tan t'} = \frac{\sin t' \cos t - \cos t' \sin t}{\cos t' \sin t' + \cos t' \sin t} = \frac{a-b}{b+a} = \frac{\sin (t' - t)}{\sin (t' + t)} \quad (3.10)$$

ifadesi elde edilir. Bu ifadenin düzenlenmesi ile doğrultu deformasyonu bulunur.

$$\sin (t' - t) = \frac{a-b}{b+a} = \sin (t' + t) \quad (3.11)$$

$\sin(t' + t)$ çarpanı, doğrultu deformasyonun en büyük değer olması, $\sin(t' - t) = 1$ olması durumunda maksimum doğrultu deformasyonun elde edilmiş olduğu görülecektir. $(t' + t) = 90^\circ$ olması durumunda bu şart sağlanmış olacaktır. Buna göre maksimum doğrultu deformasyonu,

$$\sin \omega = \frac{a-b}{a+b} \quad (3.12)$$

olur. Bulunan bu iki sonuç iki doğrultunun farkı olarak elde edildiğinden, iki katının alınması durumunda açı deformasyonu bulunur. Açı deformasyonu,

$$w = 2\omega \quad (3.13)$$

olur. F orijinal yüzeydeki alan, F' ise F değerine karşılık gelen projeksiyon yüzeyindeki

alan olarak kabul edilirse,

$$P = \frac{F'}{F} \quad (3.14)$$

İfadesi alan deformasyonu katsayısını verecektir. F' yerine a, b yarı çaplı elipsin alanı, F yerine $r=1$ yarı çaplı dairenin alanı yazılırsa alan deformasyonu aşağıdaki eşitlik ile elde edilir.

$$P = \frac{ab\pi}{1\pi} = ab \quad (3.15)$$

Orijinal yüzeydeki (s) ve projeksiyon yüzeyindeki (s') sonsuz küçük iki uzunluk elemanının oranı ele alınır, bu iki elemanın oranı uzunluk deformasyonunu vermektedir.

$$r = \frac{s'}{s} \quad (3.16)$$

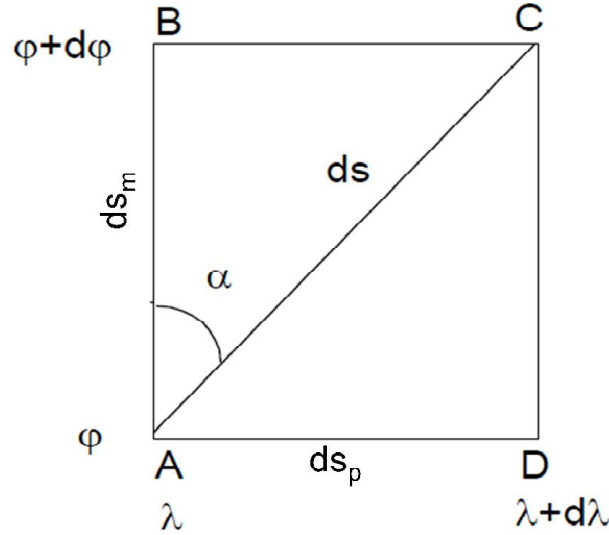
Buradan anlaşıldığı üzere uzunluk deformasyonu bir oran olup, sadece noktadan noktaya değişmemekte, aynı zamanda bir noktada çeşitli yönlerde de değişmektedir. Başka bir ifade ile, uzunluk deformasyonu hem noktanın konumuna, hem de yöne bağlıdır. Orijinal yüzey üzerinde böyle bir s uzunluk elemanı bir nokta etrafında döndürülürse sonsuz küçük bir daire oluşur. Buna karşılık s uzunluk elemanının projeksiyon yüzeyindeki izdüşümü s' bir daire çizmez. Burada uzunluk deformasyonu sonsuz değişik değer alabilir. Bunlardan bazıları önemlidir (Uçar *et al.* 2004a, b).

3.6 Referans Yüzeyinden Projeksiyon Yüzeyine Dönüşüm

Dönüşümü yapılacak olan şekillerin boyutlarını, sonsuz derecede küçük hale gelecek kadar küçültmek oldukça önem kazanmaktadır. Bu durumun iki önemli neticesi,

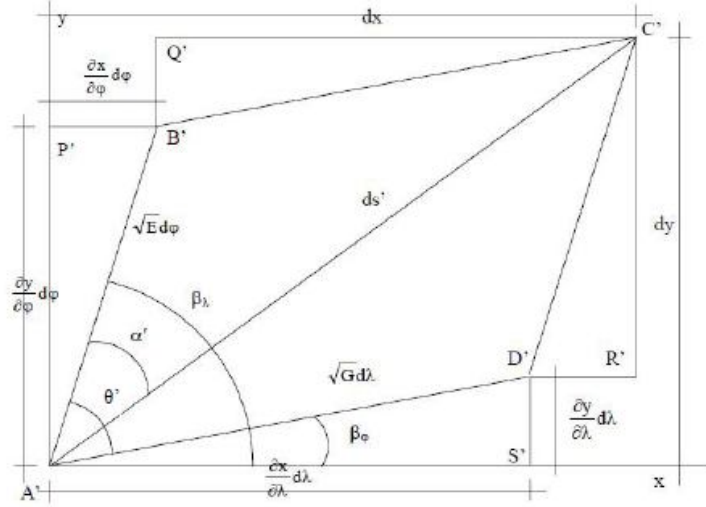
- Birbirinin hem küre hem de düzlem üzerinde karşılığı olan şekillerin çizgileri bir birine çok ama çok yakın derecede denktir
- Çizgi çiftlerinin kesişimi ile oluşan açılar değişmeden kalmaktadır

şeklindedir. Buradan hareketle, meridyen ve paralellerin dik açı ile kesiştiği küresel bir dörtgen, dönüşüm sonrasında düz çizgilerden oluşan ve dört açısı da dik özelliğini koruyan bir şekile dönüşür. Yani Şekil 3.7 de ABCD bir dikdörtgendir.



Şekil 3.7 Sonsuz derece küçük dairesel dörtgen

Harita üzerinde A'B'C'D' şeklinin kenarları ve köşegeni düz çizgilere dönüşmektedir. Ancak Ω gibi açılar korunmaktadır. Şekil 3.8 de bu dönüşümün genişletilmiş bir hali gösterilmektedir. A ve A' noktalarının konumları aynı şekilde tahsis edilmiştir. Enlemde, boylamda, x ve y'de meydana gelen artan değişimler sırasıyla $\delta\phi$, $\delta\lambda$, δx , ve δy şeklinde gösterilmektedir.



Şekil 3.8 Sonsuz derecede küçük olan dörtgenin düzleme izdüşümü

yay uzunluğu hesabından, A noktasında meridyen elemanın uzunluğu,

$$ds_m = R \cdot d\varphi \quad (3.17)$$

Burada R, kürenin yarıçapını ifade etmektedir. Aynı şekilde paralel elemanın uzunluğu,

$$ds_p = R \cdot \cos\varphi \cdot d\lambda \quad (3.18)$$

şeklinde ifade edilir. Ayrıca, ABCD dörtgeninin köşelerindeki açıların dik açılar olmasından dolayı, AC köşegen elemanın uzunluğunu pisagor bağıntısından hesaplanabilir.

$$ds^2 = ds_m^2 + ds_p^2 \quad (3.19)$$

$$ds = \sqrt{(R^2 \cdot d\varphi^2 + R^2 \cdot \cos^2\varphi \cdot d\lambda^2)} \quad (3.20)$$

ifadelendirilir.

Düzlemde, A' = (x,y) noktası ve C' = (x+dx, y+dy) dir. Farklı yorumlara yardımcı olması bakımından x eksenine paralel olarak A'S', B'P', C'Q' ve D'R', hatları oluşturulmuştur. Aynı zamanda y eksenine paralel A'P', B'Q', C'R' ve D'S' hatları da oluşturulmuştur.

Şekilde gösterilen her bir çizgi sembolik olarak kısmi türev sembolü ile gösterebilen bir geometrik ifadeye sahiptir. Bu sebeple A'B', A' noktasından olan meridyen yayını, ve A'D' de aynı noktadan olan paralel yayını temsil etmektedir. A'C, A' noktasından olan meridyen yayı ile α' açısını yapan herhangi bir yayı temsil etmektedir. Oluşturulan diğer çizgiler ise aşağıdaki değişkenleri temsil etmektedir. Bunlar,

- $(\frac{\partial y}{\partial \varphi})(d\varphi)$: A'P' enlemdeki $d\varphi$ kadar değişimden kaynaklanan y eksenî yönündeki değişim,
- $(\frac{\partial x}{\partial \varphi})(d\varphi)$: B'P', enlemdeki aynı $d\varphi$ değişiminin neden olduğu x eksenî yönünde değişim,
- $(\frac{\partial x}{\partial \lambda})(d\lambda)$: A'S', boylamdaki $d\lambda$ kadar değişimden kaynaklanan x eksenî yönündeki değişim,
- $(\frac{\partial y}{\partial \lambda})(d\lambda)$: D'S', boylamdaki $d\lambda$ kadar değişimden kaynaklanan y eksenî yönündeki değişim,

olarak sınırlanabilir. Şekil 3.8 den de görülebileceği gibi A' ve C' arasındaki dx artışı, iki lineer elemanın, B'P' ve Q'C' birleşiminden oluşmaktadır. Yani,

$$dx = B'P' + C'Q' \quad (3.21)$$

Bu lineer elemanlarla uyuşan terimlerle yerleri değiştirilirse,

$$dx = (\frac{\partial x}{\partial \varphi})d\varphi + (\frac{\partial x}{\partial \lambda})d\lambda \quad (3.22)$$

şeklinde yazılabilir. Hesaplamalarda bu x'in toplam diferansiyeli olarak anılır. Benzer şekilde A' ve C' arasındaki y'nin toplam diferansiyeline eşit olan, toplam dy artışı da iki lineer elemanın, A'P' ve B'Q', olduğu görülebilmektedir.

$$dy = A'P' + B'Q' \quad (3.23)$$

$$dy = \left(\frac{\partial y}{\partial \varphi}\right)d\varphi + \left(\frac{\partial y}{\partial \lambda}\right)d\lambda \quad (3.24)$$

elde edilir. Pisagor teoreminden den hareketle A'B'C'D' dörtgenin kenarları kenarları ve köşegeni,

$$A'B'^2 = B'P'^2 + A'P'^2 \quad (3.25)$$

$$A'D'^2 = A'S'^2 + D'S'^2 \quad (3.26)$$

$$A'C'^2 = B'P'^2 + Q'C'^2 + A'P'^2 + B'Q'^2 \quad (3.27)$$

$$A'C'^2 = dx^2 + dy^2 \quad (3.28)$$

şeklinde hesaplanabilmektedir (Kırtıloğlu 2010).

3.7 Gauss'un Temel Büyüklükleri

Gauss'un temel eşitlikleri kullanılarak, eşitliklerde bazı basitleştirmeler yapılabilmektedir.

$$E = \left(\frac{\partial y}{\partial \varphi}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \lambda}\right)^2 \quad (3.29)$$

$$F = \left[\left(\frac{\partial y}{\partial \varphi}\right)\left(\frac{\partial y}{\partial \lambda}\right)\right] + \left[\left(\frac{\partial x}{\partial \varphi}\right)\left(\frac{\partial x}{\partial \lambda}\right)\right] \quad (3.30)$$

$$G = \left(\frac{\partial x}{\partial \lambda}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \lambda}\right)^2 \quad (3.31)$$

$$ds'^2 = E.d\varphi^2 + 2F.d\varphi.d\lambda + G.d\lambda^2 \quad (3.32)$$

yandaki bu eşitliklerden yola çıkarak A' noktasını ilgilendiren özel uzunluk deformasyonlarının tanımlamalarını yapmak mümkün olacaktır.

Meridyen yönündeki uzunluk deformasyonu için,

$$A'B'/AB = h \quad (3.33)$$

$$A'B'^2 = B'P'^2 + A'P'^2 \quad (3.34)$$

$$A'B'^2 = \left[\left(\frac{\partial x}{\partial \varphi}\right)d\varphi\right]^2 + \left[\left(\frac{\partial y}{\partial \varphi}\right)d\varphi\right]^2 \quad (3.35)$$

$$A'B' = \sqrt{E}.d\varphi \quad (3.36)$$

Yay elemanı da,

$$h = (\sqrt{E} \cdot d\varphi)/(R \cdot d\varphi) \quad (3.37)$$

$$h = \sqrt{E}/R \quad (3.38)$$

R=1 kabulü kullanılarak,

$$h = \sqrt{E} \quad (3.39)$$

şeklinde meridyen yönündeki ölçek tanımlanır. Paralel yönündeki uzunluk deformasyonu için,

$$A'D'/AD = k \quad (3.40)$$

$$A'D'^2 = A'S'^2 + D'S'^2 \quad (3.41)$$

$$A'D'^2 = \left[\left(\frac{\partial x}{\partial \lambda}\right) d\lambda\right]^2 + \left[\left(\frac{\partial y}{\partial \lambda}\right) d\lambda\right]^2 \quad (3.42)$$

olduğundan,

$$A'D' = \sqrt{G}/d\lambda \quad (3.43)$$

$AD = ds_p$ yay elemanı tanımlandığı üzere,

$$k = (\sqrt{G}/d\lambda)/(R \cos \varphi d\lambda) \quad (3.44)$$

$$k = \sqrt{G}/R \cos \varphi \quad (3.45)$$

paralel yönündeki ölçek tanımlanabilir.

3.8 Alan Deformasyonu

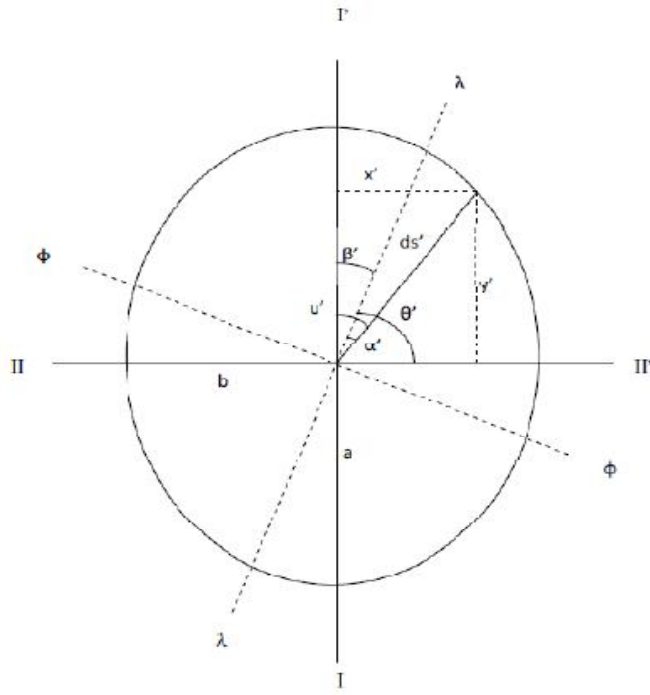
A'B'C'D' gibi küçük bir dörtgenin alanı Şekil 3.9 dan hareketle,

$$P \cdot h \cdot k = \sin \theta' \quad (3.46)$$

yazılabilir. Sonuç olarak aynı zamanda,

$$P = a \cdot b \quad (3.47)$$

de yazılabilir. Buradaki P parametresi özel uzunluk deformasyonları ile aynı birimde tanımlanır. Bu nedenle *alan deformasyonu* olarak ifade edilir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Deformasyon elipsi

Alan koruyan projeksiyonda,

$$a.b = 1 \quad (3.48)$$

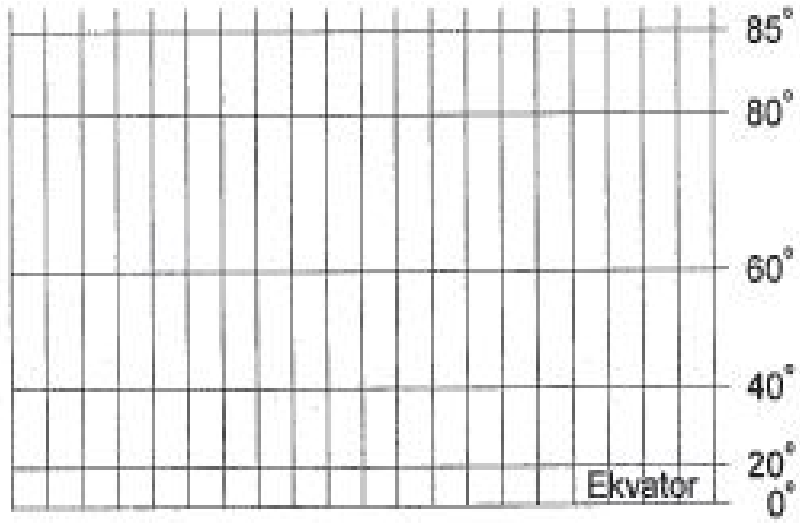
Alan koruyan projeksiyonlar daha çok istatiksel haritaların gösterilmesinde kullanılırlar.

3.9 Açı Deformasyonu

Konform özelliğe sahip bir haritada tüm noktalarda,

$$a = b \quad (3.49)$$

eşitliği sağlanır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Açık Koruyan Projeksiyon

Küre üzerinde sonsuz derecede küçük bir dairenin, harita üzerinde daire olan şeklini devam ettirmesi, aynı zamanda bu özelliğe sahip projeksiyonlarda obje şekillerinin de korunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, bu ifade yalnızca bazı koşullarda geçerli olmaktadır. Sonuç olarak sıfır deformasyonlu bir nokta üzerinde bulunan bir daire, haritanın sınır bölgesine yakın bir bölgede daire olan şeklini devam ettirecek, ancak alanı, dikkate değer bir şekilde büyümüş olacaktır. Bu sebeple, konform özelliğe sahip bir projeksiyonun tüm noktalarda küçük alana sahip objeleri iyi bir şekilde göstermesine rağmen, sıfır deformasyonlu noktalardan uzaklaştıkça uzunluk deformasyonlarında meydana gelen hızlı artış, bu projeksiyonları, okyanuslar ve kıtalar gibi büyük alana sahip objeleri göstermede uygunsuz bir hale getirmektedir.

$\omega = 0^\circ$ değerine sahip olan herhangi bir projeksiyonda, tüm paralel–meridyen kesişimleri ortogonaldır. Bu, çoğunlukla kompleks eğri yapısına sahip meridyen ve paralellerin doğasına bakılmaksızın doğru olmak zorundadır. Eğer bir konform projeksiyon eğri meridyenler ve paralellerden oluşuyorsa, kesişim noktalarında bu her iki hatta çizilen teğetleri göz önüne getirmek oldukça önemlidir. Bu iki teğet birbirine diktir. Tersisi durumla pek karşılaşılmaz. Bu nedenle tüm paralel ve meridyenleri dik kesişiyor diye bir projeksiyonun konform özellik taşıması şart değildir (Kırtıloğlu 2010).

3.10 Uzunluk Deformasyonu

Meridyen yönünde uzunluk deformasyon katsayısı, h paralel daireler yönünde uzunluk deformasyonu katsayısı, k olmak üzere,

$$h = 1.0 \quad (3.50)$$

$$k = 1.0 \quad (3.51)$$

ifadelendirilir. Uzunluk koruyan haritalar genellikle dünya haritaları, büyük kıta parçalarının gösterildiği atlaslarda kullanılır.

4. HARİTA PROJEKSİYONLARINDA DEFORMASYONLAR

Harita projeksiyonlarında deformasyon analizleri grafik anlamlı olabildiği gibi matematiksel analizleri içerebilmektedir. Grafik analizler deformasyon miktarını görsel olarak gösterimini sağlarken matematiksel analizler nicel olarak bir analiz sağlar. Pratikte ise matematiksel değerlerin görsel modeli kullanılmaktadır.

4.1 Nicel Analizler

Bir harita projeksiyonunun deformasyon değerleri hesaplandıktan sonra bu değerleri yorumlamak, projeksiyonun deformasyon karakteristiğini anlamada ve buna bağlı olarak uygun projeksiyon seçimi aşamasında oldukça önemli bir yere sahiptir.

Çizelge 4.1 Silindirik alan koruyan (Lambert) bir projeksiyona ait uzunluk deformasyonları ve deformasyon değerleri

Enlem	Özel Uzunluk Deformasyonları		Alan Deformasyonu	Maksimum Açısal Deformasyon
φ	$k = a$	$h = b$	P	ω
0	1.000	1.000	1.0000	0°
15	1.0353	0.9659	1.0000	3°58'
30	1.1547	0.8660	1.0000	16°25'
45	1.4142	0.7071	1.0000	38°57'
60	2.0000	0.5000	1.0000	73°44'
75	3.8637	0.2588	1.0000	121°57'
90	∞	0.0000	1.0000	180°

Çizelge 4.1 de silindirik alan koruyan (Lambert) bir projeksiyona ait uzunluk deformasyonları ve deformasyon değerleri gösterilmektedir. Bu değerler kullanılarak deformasyon değerlerinin yorumlanması aşamasında dikkat edilmesi gereken hususlar maddeler halinde yorumlanacak olursa,

(1) Sıfır deformasyonlu noktalar ya da hatların konumları hakkında kanıt aranmalıdır. Temel ölçeğin genel olarak $\mu_0 = 1.0$ şeklinde ifade edilmesinden dolayı uzunluk deformasyonu kolonlarında bu değere eş olan değerlere bakılmalıdır. Çizelge 4.1 de $\varphi = 0^\circ$ olduğu 1. satırda her iki ölçeğin de birim değere eşit olduğu görülmektedir. Aynı zamanda $P = 1.0000$ ve $\omega = 0^\circ$ olduğu görülmektedir. Bu durum temel ölçeğin ekvator boyunca korunduğunu ve aynı zamanda sıfır deformasyonlu hat

olduğunu kanıtlamaktadır. Başka herhangi bir yerde özel uzunluk deformasyonlarının birim değere eşit olmadığı görülmektedir. Sonuç olarak, bu projeksiyonda ekvator, sıfır deformasyona sahip tek hattır denebilir.

(2) Projeksiyon özellikleri hakkında kanıt aranmalıdır. Bu, tüm projeksiyon için kurulmuş bir bağıntı olmak zorundadır. Daha önce anlatılan bölümlerde bu bağıntılar, $a = b$, $\alpha = 1/b$, $h = 1.0000$ veya $k = 1.0000$ şeklinde olabilir. Bir konform haritada $\omega = 0^\circ$ ve alan koruyan bir haritada $P = 1.0000$ olacaktır. Çizelge 4.1 de 4. kolondaki $P = 1.0000$ değerlerinden hareketle, bu projeksiyonun alan koruyan bir projeksiyon olduğu söylenebilir. Bir projeksiyonun isimlendirilmesinde kullanılan alan koruyan ya da konform ifadeleri, o projeksiyonun özelliği hakkında yeterli bilgiyi barındırmak zorundadır. Bazı projeksiyonlar genellikle bu gibi bilgileri barındırmayan, sadece özel isimlerle veya başlıklarla anılır (Mercator Projeksiyonu, Bonne Projeksiyonu ya da Twilight Projeksiyonu gibi).

(3) Ana yönlerle ilişkili kanıt aranmalıdır. Bu özel örnekte paralel ve meridyenler ortogonal bir ağ oluşturmaktadır ve bu nedenle ana yönler grid ağı ile çakışmıştır. Bu nedenle, $k = \alpha$ ve $h = b$ 'dir. Böylesine bir projeksiyonla çalışmak, ana yönleri paralel ve meridyenlerle çakışmayan bir projeksiyonla çalışmaktan çok daha kolaydır.

(4) Sıfır ya da sonsuz değerine sahip istisnai noktalar hakkında kanıt aranmalıdır. Bu olay çizelge 4.1 de $\varphi = 90^\circ$ olan son satırında gösterilmektedir. Burada $\alpha = \infty$, $b = 0.0000$, P hesaplanamaz değer ve maksimum açısal deformasyon değeri de $\omega = 180^\circ$ 'dir. Tüm bu ipuçları bizlere, coğrafi kutuplarda bire bir uyum sağlanamadığı göstermektedir (Kırtıloğlu 2010).

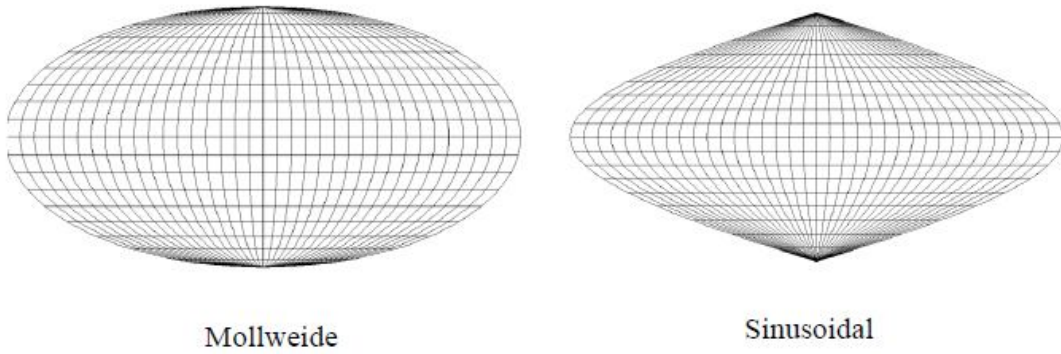
4.2 Görsel Analizler

Harita projeksiyonlarında deformasyonlar, denklemleri verilen eşitliklerden hesaplanırlar. Sayısal değerlerle ifade edilen deformasyon ölçülerinin yorumlanmasında görsel analizler kullanılabilir. Görselleştirme yöntemleri genel olarak harita projeksiyonunun deformasyonu hakkında genel bilgi verme amaçlı kullanılır.

4.2.1 Grid ağı gösterimi

Bazen basılmış bir haritanın üzerinde herhangi bir projeksiyon bilgisi bulunmamasından dolayı projeksiyonunun tanımlanmasının neredeyse imkansız olması nedeniyle haritalardan, daima oluşturuldukları projeksiyon hakkında bir bilgi barındırması beklenmektedir. Kullanılan harita projeksiyonu tanımlanırken, eğer mümkünse, herhangi bir ölçüm yapmadan harita üzerindeki grid ağının görünümüyle, kullanılan projeksiyonun konik, silindirik, düzlem ya da diğer sınıflara ait bir projeksiyon olup olmadığı konusunda kullanıcıda bir ön yargının oluşması önemlidir. Projeksiyon sınıfı tanımlanabilirse haritanın sahip olduğu deformasyon karakteristikleri hakkında yorum yapılabilir (Burgayevskiy and Snyder 1995).

Bazı projeksiyonlara ait grid ağı Şekil 4.1 de verilmiştir.



Şekil 4.1 Bazı projeksiyonlara ait grid ağları

Robinson vd. (1995) hazırlamış olduğu 9 maddelik liste, böyle bir değerlendirmede yardımcı olarak kullanılabilir. Bunlar,

- 1.Paralel dairelerin, projeksiyondan sonra da birbirine paralel olması.
- 2.Paralellerin meridyenler üzerinde eşit aralığa sahip olması.
- 3.Küre üzerindeki meridyenlerin ve büyük dairelerin ortogonal olarak görüntülendiğinde doğru parçaları olarak görünmesi.
- 4.Meridyenlerin kutuplara doğru birbirine yaklaşması ve ekvatorunda ayrılması.
- 5.Meridyenlerin, paraleller üzerinde eşit aralığa sahip olması. Fakat aralıkların

ekvatordan kutuplara doğru azalması.

6.Meriyenlerin ve paralellerin ekvatorda veya yakınında eşit aralığa sahi olması.

7.60° enleminde, meridyen aralıklarının paralellerinkinin yarısı kadar olması.

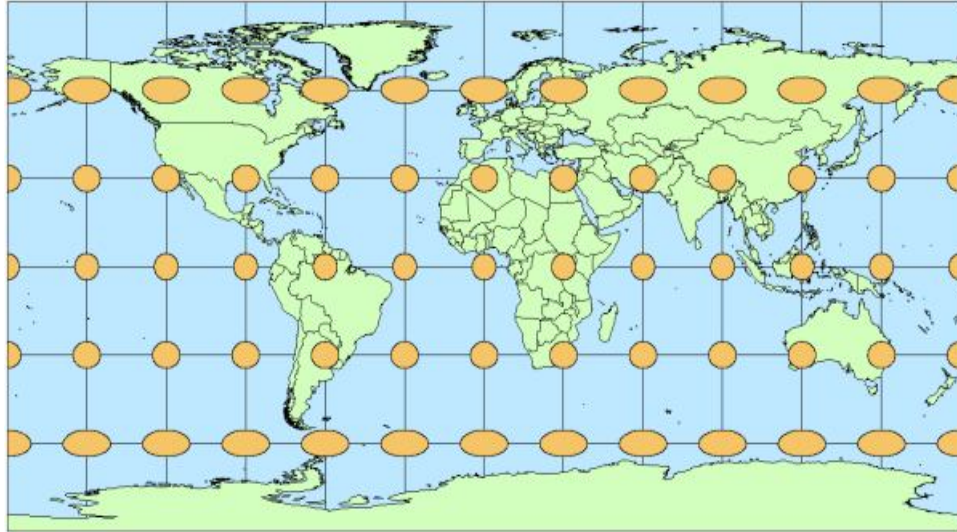
8.Paralel ve meridyenlerin her zaman dik açılarla kesişmesi.

9.Herhangi iki paralel ve iki meridyenle sınırlanan bir alanın, aynı paraleller arasında her yerde aynı olması,

sıralanabilir.

4.2.2 Tissot endikatrisi

Harita projeksiyonlarındaki deformasyonları karakterize etmek için kullanılan bir yöntemdir. Tissot endikatrisi haritaların, uzunluk, alan ve açısal deformasyonlarını birer elips şeklinde ifadelendirir. Tek bir elips, endikatriss olarak adlandırılır ve deformasyon oluşan nokta da, elipsin merkezi deformasyon noktası olacak şekilde orantılanır. Genellikle harita düzleminde meydana gelen deformasyonun mekansal değişimini gösterir.



Şekil 4.2 Plate Carree projeksiyonu

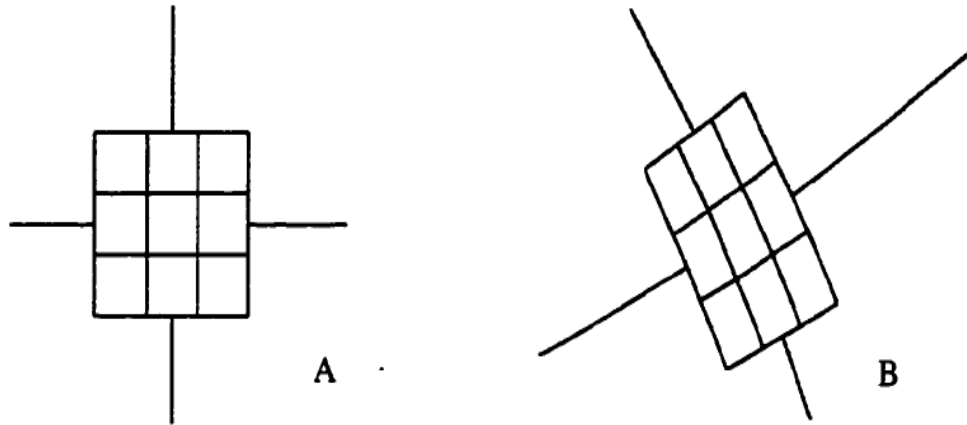
Şekil 4.2 de Plate Carree projeksiyonu verilmiştir. Projeksiyona ait deformasyon değerleri Tissot endikatrissi yöntemine göre görselleştirilmiştir. Şekil 4.2 de görüldüğü

üzere ekvatorдан uzaklaşıldıkça, her bir noktanın endikatrıs çapı değişmektedir, yani deformasyon miktarı artmaktadır.

4.2.3 Grid kareler metodu

Görsel değişkenler açısından, grid kareler metodu, Steinwand vd. (1995) tarafından, Tissot endikatrısine benzer bir şekilde geliştirilmiş ve sunulmuştur. Raster veri yapısında bir görünüme sahiptir ve Tissot endikatrısindeki çemberlerin yerini bu yöntemde kareler almaktadır. Haritanın tamamındaki deformasyonunun çeşidi, miktarı, doğrultusu ve sonuç olarak konumsal dağılımın iletilmesinde bu metot da oldukça etkilidir.

Grid kareler metodu, paralel ve meridyenlerin keşişim noktalarına merkezlenmiş 3x3 vektör gridlerden oluşmaktadır. Uzunluk koruyan silindirik projeksiyonundaki orijinal grid kareleri ve projeksiyondan sonraki durumları şekil 4.3 de gösterilmiştir.

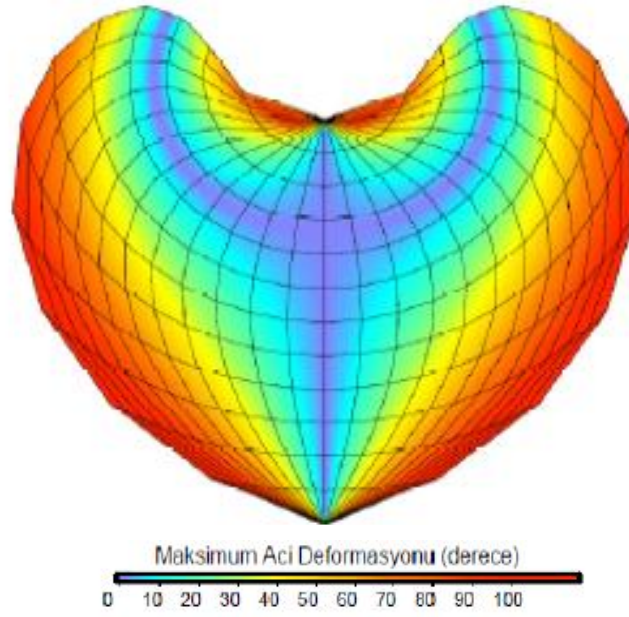


şekil 4.3 Grid kareler metodu

Tissot endikatrısı yerine, grid kareler metodunun kullanılmasının avantajı, bu metodun özellikle iki projeksiyon arasındaki deformasyon karşılaştırmalarının yapılabilmesi için geliştirilmiş olmasıdır ve sadece ileri dönüşümle sınırlandırılmamış olmasıdır. Bunun yanında karelerden oluşan grid kareler metodu, bir raster veri yapısı ile tanımlanabilme avantajına sahiptir (Kırtıloğlu 2010).

4.2.4 Renk metodu

Bu deformasyon görselleştirme metodu, ilk olarak Clarke (1995) tarafından geliştirilmiştir. Bu gösterim metodunda kullanılabilecek görsel değişkenler, renk, doygunluk ve yoğunluk değerlerini içermektedir. **HSI (Hue, Saturation, Intensity)** ya da **RGB (Red, Green, Blue)** kombinasyonları kullanılarak daha kompleks gösterimlerde kullanılabilmektedir.



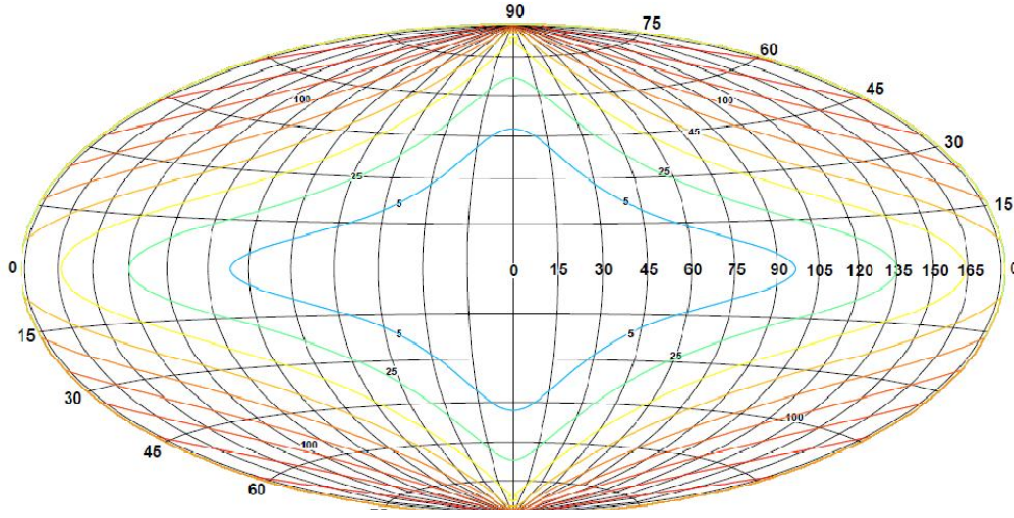
Şekil 4.4 Bonne Projeksiyonunda açı deformasyon değerlerinin renk metodu ile gösterimi

Şekil 4.4 de Bonne projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu değerlerinin renk metodu yöntemine göre gösterimi bulunmaktadır. Clarke vd. (1998) tarafından konumsal hatanın saptanması için de kullanılmıştır (Kırtıloğlu 2010).

4.2.5 Eşdeformasyon eğrileri

Eşdeformasyon eğrileri ile deformasyonların görselleştirilmesi Maling (1992), Canters vd. (1989), Snyder (1989), tarafından projeksiyon düzlemine aktarılan verilerde meydana gelen deformasyonların analizi konusunda çalışma yapılmıştır. Eşdeformasyon eğrileri, ölçek değişiminin veya açısal deformasyonun büyüklüğü ve dağılımının gösterilmesi için etkili yöntemlerden biridir. Verilen bir değişkene göre eşitliği gösteren eğrilerin kullanımı, Tissot endikatrinden sonra en çok kullanılan

deformasyon gösterim yöntemidir.



Şekil 4.5 Hammer- Aitoff Projeksiyonunda maksimum açı deformasyonunun eşdeformasyon eğrileri ile gösterimi

Şekil 4.5 de Hammer-Aitoff projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonunun eşdeformasyon eğrileri yöntemine göre görselleştirilmiş şekli gösterilmektedir. Yöntem büyük ölçüde Maling (1992) and Canters vd. (1989) tarafından tüm dünyanın gösterildiği harita projeksiyonlarında kullanılmıştır.

4.2.6 Bilinen şekiller metodu

Herhangi bir objenin düzlem üzerine, yani projeksiyon yüzeyine aktarılması işlemidir. Bu yöntemle projeksiyondan sonra ortaya çıkan deformasyonlar, kartografik deneyimi olmayan herhangi bir kullanıcı tarafından dahi anlık olarak yorumlanabilir. Bu metot, iyi bir yorumlama aracı olarak kullanılabilmesine rağmen, değerlendirme için uygun bir yöntem değildir (Mulcahy 1999).

Ana yönlerin gösterildiği bir rüzgar gülü Plate Carreé projeksiyonunun grid ağı üzerine çakıştırılmıştır Şekil 4.6 Aynı şeklin Sinüsoidal Şekil 4.7 ve Miller silindirik projeksiyonundaki Şekil 4.8 görünümü şekilde gösterilmiştir. Bilinen şekiller yönteminin mevcut birçok örneğinden biri, bir insan kafası profilinin izdüşürüldüğü çalışmadır (Robinson *et al.* 1995).



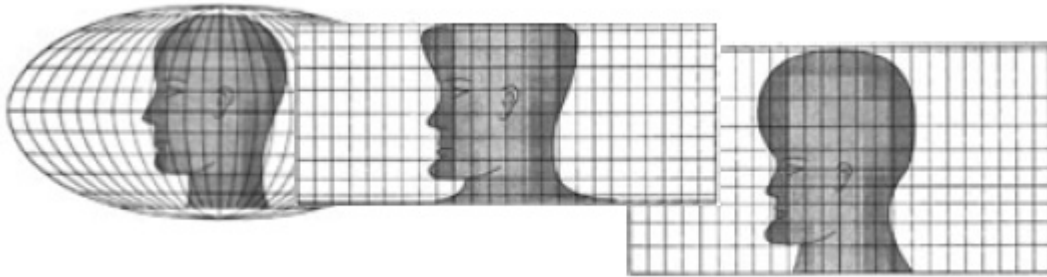
Şekil 4.6 Bilinen şekiller metodu Plate Carree



Şekil 4.7 Bilinen şekiller metodu Sinüsoidal



Şekil 4.8 Bilinen şekiller metodu Miller silindirik



Şekil 4.9 Mollweide projeksiyonunda çizilmiş bir insan kafası figürünün alan koruyan silindirik projeksiyon ve Mercator projeksiyonundaki görünümü

Şekil 4.9 da görüldüğü gibi Mollweide projeksiyonunda oluşturulan bir insan kafası figürü daha sonra Mercator projeksiyonu ve alan koruyan silindirik projeksiyona dönüştürülmüştür. Profilin en iyi görünümünün Mollweide projeksiyonunda olması, bu

projeksiyonun daha iyi olduğu anlamına gelmez. Doğal şekil herhangi bir projeksiyonda çizilebilmekte ve daha sonra diğerlerine dönüştürölmektedir (Robinson *et al.* 1995).

5. GERÇEK ANLAMDA OLMAYAN PROJEKSİYONLAR

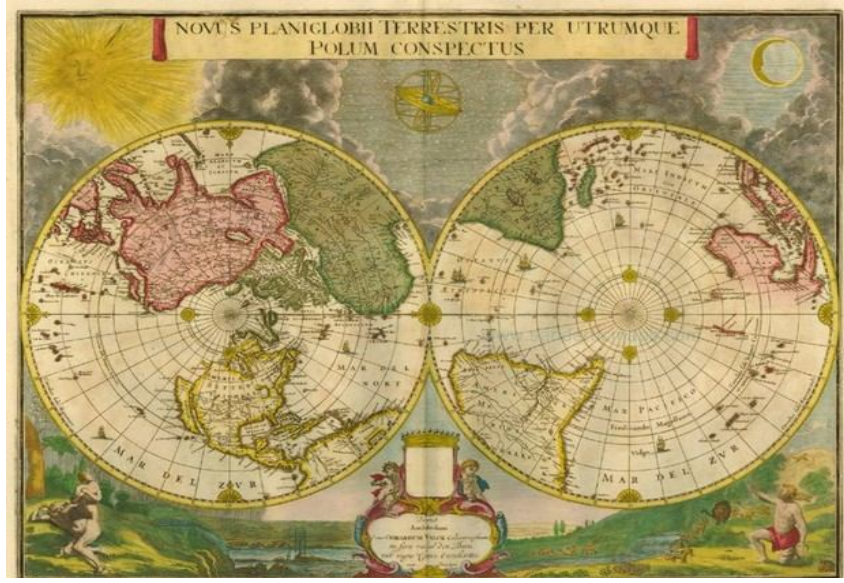
Gerçek bir yüzey kullanılmadan da harita projeksiyonları geliştirilmiştir. Bu gruba giren projeksiyonlar gerçek yüzeyli harita projeksiyonlarından esinlenerek yada başka bir deyişle o projeksiyona itibar edilerek geliştirilmiştir (Koçak 1984).

Gerçek anlamda olmayan projeksiyonların özellikleri,

- Projeksiyonlarda genellikle oval ve elips benzeri bir gösterim kullanılarak yer küreselliğinin hissedilmesi sağlanır.
- Paralel dairelerin izdüşümleri de paralel veya paralele yakın olması istenir. böylelikle enleme bağlı hareketlerin kavranabilmesi kolay olabilmektedir.
- Alan koruma özelliği yada alan deformasyonunun az olması istenir.

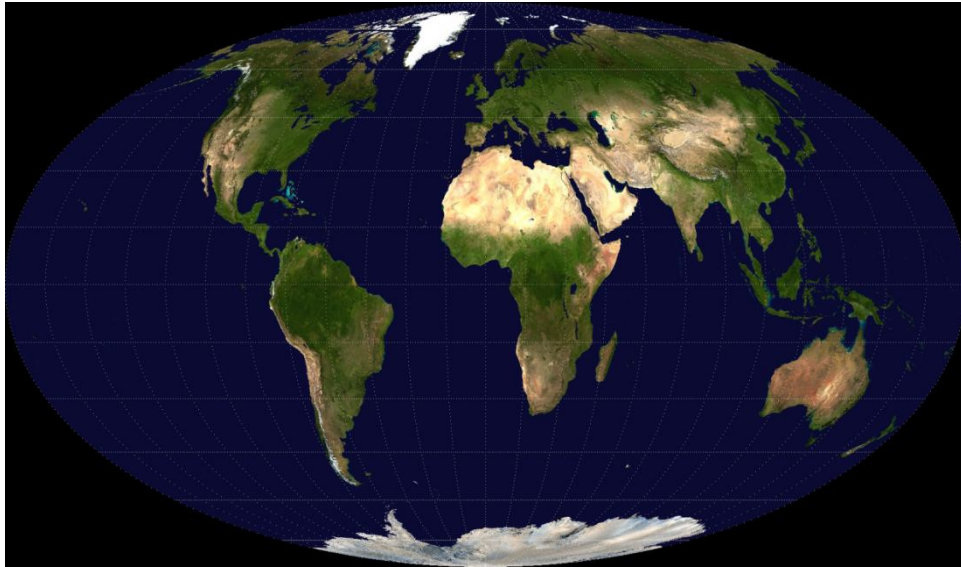
şeklinde sıralanabilir yer kürenin tamamının gösterilmesinde değişik yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlar üç şekildedir.

a) Planiglob Gösterim: Eskiden sık kullanılan ancak günümüzde nadiren rastlanan bu gösterim biçimi yan yana iki daireden oluşur. Her iki daire bir yarı kürenin gösterimini kapsar. Nicolisi'nin (1660) Globular Projeksiyonu'nda ekvator, orta meridyen ve dairesel sınır meridyenleri uzunluk koruyan olarak gösterilir (Şekil5.1). Bu şekilde dairesel olan diğer meridyen ve paralel dairelerinde konumları sabitleşmiş olur (Hake and Grünreich 1994, Uçar *et al.* 2004a, b).



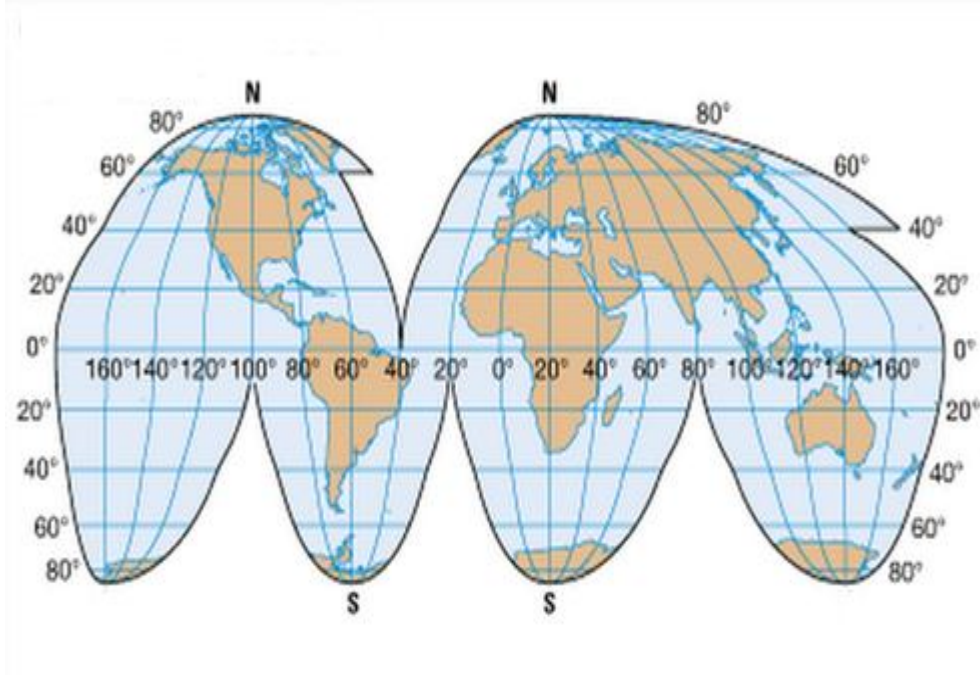
Şekil 5.1 Planiglo0b gösterime bir örnek

Planisfer Gösterim: Planisfer gösterimde yeryüzü tek parça olarak gösterilir. Genellikle eliptik biçimde olup, bazen de kutupların doğru parçası olarak gösterildiği şekiller planisfer gösterimler olarak düşünülebilir. Bu tür projeksiyonlar arasında genel olarak alan koruyan ve her hangi bir elemanı korumayan projeksiyonlar ön plana çıkar (Şekil 5.2).Gerçek anlamda olmayan projeksiyonların çoğunluğu planisfer gösterim özelliğine sahiptir (Uçar *et al.* 2004a, b).



Şekil 5.2 Planisfer gösterime bir örnek

b) Kesikli (Parçalı) Gösterim: Planisfer gösterimlerde orta meridyenden uzaklaştıkça deformasyonlar çok fazla artar. Bu probleme bir çözüm olarak tek bir orta meridyen yerine bir çok orta meridyen kullanılabilir. Bu durumda coğrafi ağın uygun yerlerinden parçalanması gerekir (Şekil 5.3). Bu tür projeksiyonlar kesikli projeksiyonlar ya da kutupsal projeksiyonlar olarak adlandırılır (Hake and Grünreich 1994, Uçar *et al.* 2004a, b).



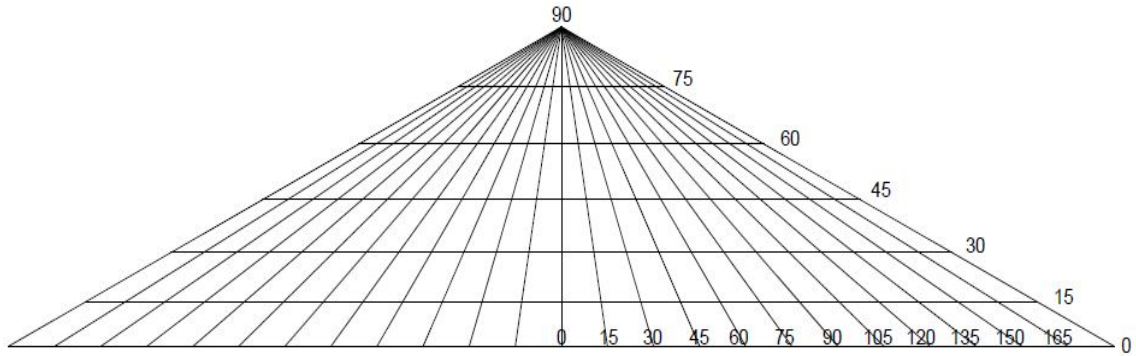
Şekil 5.3 Kesikli gösterime bir örnek

Uygulamada, Dünyayı planisfer başka bir ifadeyle tek parça göstermeye yönelik gerçek anlamda olmayan silindirik, düzlemsel ve konik projeksiyonlar seçilmiştir. 15° aralıklarla meridyen boyunca uzunluk deformasyonu h , paralel boyunca uzunluk deformasyonu k , noktadaki maksimum uzunluk deformasyonu a , noktadaki minimum uzunluk deformasyonu b , maksimum açı deformasyonu ω , alan deformasyonu P değerleri her projeksiyon ayrı ayrı hesap edilerek değerlendirilmeye alınmıştır.

Projeksiyon eşitlikleri verilen her bir projeksiyon için, kısmi türevleri hesaplanarak Matematica 5.0 programında kontrol edilmiştir. Hesaplar ve çizim işlemleri için, Microsoft Office Excel 2007, NetCAD 5.0, AutoCAD 2007 ve ArcGIS ArcINFO 9.2 yazılımları kullanılmıştır.

5.1 Collignon Projeksiyonu

Gerçek anlamda olmayan (pseudo) alan koruyan silindirik bir projeksiyondur. Fransız Edouard tarafından 1865 yılında geliştirilmiştir. Meridyenler kuzey kutbunda kesişen eşit aralıklı doğru parçalarıdır. Paraleller eşit aralıklı olmayan orta meridyene dik doğru parçalarıdır. Kuzey kutbu nokta şeklinde olan projeksiyonun güney kutbu ise doğru şeklinde gösterilmiş olup ekvatorun 1.41 katı uzunluğunda doğru parçası şeklindedir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 Collignon projeksiyonu coğrafi pafta ağı

Orta meridyene göre simetri vardır. 15° 51' kuzey enlemi boyunca ölçek korunur.

Projeksiyon Eşitlikleri,

$$Y = 2R(\lambda - \lambda_0) \frac{\sqrt{1-\sin\phi}}{\sqrt{\pi}} \quad (5.1)$$

$$X = \sqrt{\pi}R[1 - (\sqrt{1-\sin\phi})] \quad (5.2)$$

Yukarıda verilen Collignon projeksiyonu eşitlikleri kullanılarak deformasyonlar incelenmek istenirse $R = 1$ kabulü ve $\lambda_0 = 0$ olduğundan,

$$\frac{\partial y}{\partial \phi} = -\lambda \frac{\cos\phi}{\sqrt{\pi}\sqrt{1-\sin\phi}} \quad (5.3)$$

$$\frac{\partial x}{\partial \phi} = \sqrt{\pi} \frac{\cos\phi}{2\sqrt{1-\sin\phi}} \quad (5.4)$$

$$\frac{\partial y}{\partial \lambda} = 2 \frac{\sqrt{1-\sin\phi}}{\sqrt{\pi}} \quad (5.5)$$

$$\frac{\partial x}{\partial \lambda} = 0 \quad (5.6)$$

elde edilir. Denklemin kısmi türevleri alınmalıdır. Elde edilen kısmi türevler kullanılarak paralel daireler doğrultusundaki uzunluk deformasyon katsayısı,

$$K = \frac{1}{R \cos \varphi} \sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial \lambda}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \lambda}\right)^2} \quad (5.7)$$

Meridyen doğrultusundaki uzunluk deformasyonu,

$$h = \frac{1}{R} \sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial \varphi}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \varphi}\right)^2} \quad (5.8)$$

alan deformasyonu için de,

$$P = \frac{1}{R \cos \varphi} \left(\frac{\partial x}{\partial \varphi} \frac{\partial y}{\partial \lambda} - \frac{\partial x}{\partial \lambda} \frac{\partial y}{\partial \varphi} \right) \quad (5.9)$$

Maksimum açı deformasyonu ise,

$$\omega = 2 \arctan \left(\frac{h^2 + k^2}{4p} - \frac{1}{2} \right) \quad (5.10)$$

eşitliğinden elde edilir. Maksimum ve minimum uzunluk deformasyonu katsayıları,

$$K = \sqrt{h^2 + k^2 + 2p} \quad (5.11)$$

$$L = \sqrt{h^2 + k^2 - 2p} \quad (5.12)$$

olmak üzere,

$$a = \frac{K+L}{2} \quad (5.13)$$

$$b = \frac{K-L}{2} \quad (5.14)$$

şeklinde elde edilir (Francula 1971, Maling 1992, Uçar *et al.* 2004a, b).

Collignon projeksiyonuna ait eşitlikler ve deformasyonlar 15° lik enlem ve boylam değerleri hesaplanarak Çizelge 5.1 de verilmiştir.

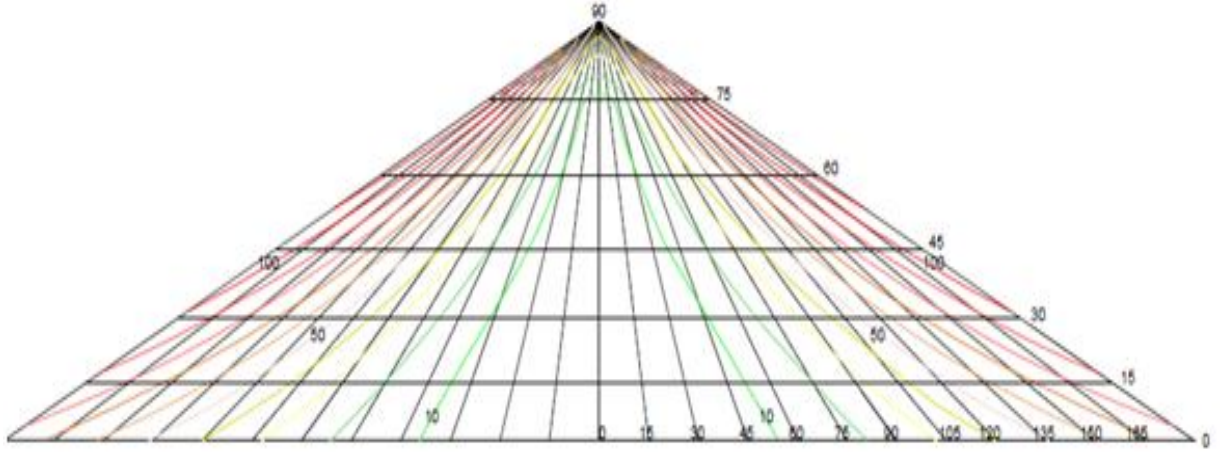
Çizelge 5.1 Collignon projeksiyonu deformasyon katsayıları

N. No	ϕ	λ	y	x	h	k	a	b	p	ω°
1	0	0	0	0	0.8862	1.1284	1.1284	0.8862	1	1.67973
2	0	15	0.2954	0	0.8985	1.1284	1.1518	0.8682	1	2.30454
3	0	30	0.5908	0	0.9342	1.1284	1.2091	0.8271	1	4.17799
4	0	45	0.8862	0	0.9908	1.1284	1.2839	0.7789	1	7.29498
5	0	60	1.1816	0	1.0651	1.1284	1.369	0.7305	1	11.6397
6	0	75	1.477	0	1.1536	1.1284	1.4615	0.6843	1	17.1751
7	0	90	1.7725	0	1.2533	1.1284	1.5598	0.6411	1	23.8303
8	0	105	2.0679	0	1.3618	1.1284	1.6632	0.6013	1	31.4877
9	0	120	2.3633	0	1.477	1.1284	1.7709	0.5647	1	39.9752
10	0	135	2.6587	0	1.5977	1.1284	1.8824	0.5312	1	49.0683
11	0	150	2.9541	0	1.7225	1.1284	1.9974	0.5007	1	58.5042
12	0	165	3.2495	0	1.8507	1.1284	2.1154	0.4727	1	68.0082
13	0	180	3.5449	0	1.9817	1.1284	2.2361	0.4472	1	77.3236
14	15	0	0	0.2465	0.9943	1.0057	1.0057	0.9943	1	0.00372
15	15	15	0.2543	0.2465	1.008	1.0057	1.0865	0.9204	1	0.79047
16	15	30	0.5086	0.2465	1.0481	1.0057	1.1795	0.8478	1	3.14997
17	15	45	0.763	0.2465	1.1117	1.0057	1.2791	0.7818	1	7.07557
18	15	60	1.0173	0.2465	1.195	1.0057	1.385	0.722	1	12.5416
19	15	75	1.2716	0.2465	1.2943	1.0057	1.4968	0.6681	1	19.4828
20	15	90	1.5259	0.2465	1.4062	1.0057	1.614	0.6196	1	27.7704
21	15	105	1.7803	0.2465	1.5279	1.0057	1.7361	0.576	1	37.1917
22	15	120	2.0346	0.2465	1.6572	1.0057	1.8627	0.5369	1	47.4455
23	15	135	2.2889	0.2465	1.7925	1.0057	1.9932	0.5017	1	58.1623
24	15	150	2.5432	0.2465	1.9326	1.0057	2.1273	0.4701	1	68.9479
25	15	165	2.7976	0.2465	2.0765	1.0057	2.2645	0.4416	1	79.4392
26	15	180	3.0519	0.2465	2.2234	1.0057	2.4046	0.4159	1	89.3493
27	30	0	0	0.5191	1.0854	0.9213	1.0854	0.9213	1	0.77129
28	30	15	0.2089	0.5191	1.1004	0.9213	1.1295	0.8853	1	1.70868
29	30	30	0.4178	0.5191	1.1441	0.9213	1.2182	0.8209	1	4.51896
30	30	45	0.6267	0.5191	1.2135	0.9213	1.3229	0.7559	1	9.18906
31	30	60	0.8355	0.5191	1.3045	0.9213	1.4376	0.6956	1	15.6728
32	30	75	1.0444	0.5191	1.4129	0.9213	1.5602	0.6409	1	23.858
33	30	90	1.2533	0.5191	1.535	0.9213	1.6896	0.5919	1	33.5304
34	30	105	1.4622	0.5191	1.6678	0.9213	1.8249	0.548	1	44.3527
35	30	120	1.6711	0.5191	1.809	0.9213	1.9653	0.5088	1	55.8767
36	30	135	1.88	0.5191	1.9567	0.9213	2.1102	0.4739	1	67.5975
37	30	150	2.0889	0.5191	2.1096	0.9213	2.2591	0.4427	1	79.0353
38	30	165	2.2977	0.5191	2.2667	0.9213	2.4114	0.4147	1	89.8083
39	30	180	2.5066	0.5191	2.427	0.9213	2.5666	0.3896	1	99.671
40	45	0	0	0.8132	1.1579	0.8636	1.1579	0.8636	1	2.48066
41	45	15	0.1599	0.8132	1.1739	0.8636	1.1913	0.8394	1	3.54686

Çizelge 5.1 devamı

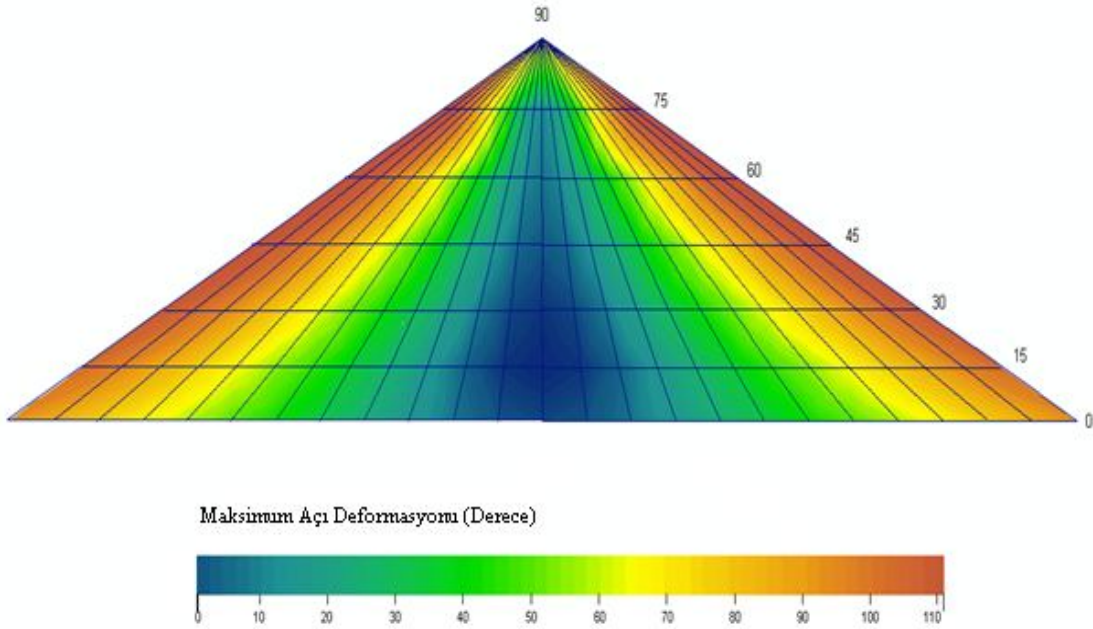
N. No	ϕ	λ	y	x	h	k	a	b	p	ω°
42	45	30	0.3197	0.8132	1.2205	0.8636	1.2717	0.7863	1	6.74103
43	45	45	0.4796	0.8132	1.2946	0.8636	1.3761	0.7267	1	12.039
44	45	60	0.6395	0.8132	1.3916	0.8636	1.495	0.6689	1	19.3656
45	45	75	0.7994	0.8132	1.5073	0.8636	1.6244	0.6156	1	28.5489
46	45	90	0.9592	0.8132	1.6375	0.8636	1.7622	0.5675	1	39.277
47	45	105	1.1191	0.8132	1.7792	0.8636	1.907	0.5244	1	51.0846
48	45	120	1.279	0.8132	1.9299	0.8636	2.0577	0.486	1	63.3943
49	45	135	1.4389	0.8132	2.0875	0.8636	2.2134	0.4518	1	75.6106
50	45	150	1.5987	0.8132	2.2506	0.8636	2.3735	0.4213	1	87.2268
51	45	165	1.7586	0.8132	2.4181	0.8636	2.5373	0.3941	1	97.8959
52	45	180	1.9185	0.8132	2.5892	0.8636	2.7042	0.3698	1	107.443
53	60	0	0	1.1237	1.2106	0.826	1.2106	0.826	1	4.23509
54	60	15	0.1081	1.1237	1.2273	0.826	1.2405	0.8062	1	5.39929
55	60	30	0.2163	1.1237	1.2761	0.826	1.3168	0.7594	1	8.88424
56	60	45	0.3244	1.1237	1.3535	0.826	1.4209	0.7038	1	14.653
57	60	60	0.4325	1.1237	1.455	0.826	1.5424	0.6484	1	22.5996
58	60	75	0.5406	1.1237	1.5759	0.826	1.6762	0.5966	1	32.4938
59	60	90	0.6488	1.1237	1.7121	0.826	1.8198	0.5495	1	43.9352
60	60	105	0.7569	1.1237	1.8602	0.826	1.9711	0.5073	1	56.3539
61	60	120	0.865	1.1237	2.0177	0.826	2.129	0.4697	1	69.0824
62	60	135	0.9731	1.1237	2.1825	0.826	2.2924	0.4362	1	81.4806
63	60	150	1.0813	1.1237	2.353	0.826	2.4604	0.4064	1	93.0518
64	60	165	1.1894	1.1237	2.5281	0.826	2.6324	0.3799	1	103.499
65	60	180	1.2975	1.1237	2.707	0.826	2.8077	0.3562	1	112.71
66	75	0	0	1.4453	1.2426	0.8048	1.2426	0.8048	1	5.48727
67	75	15	0.0545	1.4453	1.2597	0.8048	1.2711	0.7867	1	6.71249
68	75	30	0.1091	1.4453	1.3098	0.8048	1.3458	0.7431	1	10.3778
69	75	45	0.1636	1.4453	1.3893	0.8048	1.4498	0.6898	1	16.4362
70	75	60	0.2181	1.4453	1.4934	0.8048	1.5728	0.6358	1	24.7582
71	75	75	0.2727	1.4453	1.6175	0.8048	1.7093	0.585	1	35.0714
72	75	90	0.3272	1.4453	1.7573	0.8048	1.8562	0.5387	1	46.915
73	75	105	0.3817	1.4453	1.9094	0.8048	2.0115	0.4971	1	59.6533
74	75	120	0.4362	1.4453	2.071	0.8048	2.1737	0.46	1	72.5692
75	75	135	0.4908	1.4453	2.2401	0.8048	2.3417	0.4271	1	85.0069
76	75	150	0.5453	1.4453	2.4152	0.8048	2.5145	0.3977	1	96.488
77	75	165	0.5998	1.4453	2.5949	0.8048	2.6913	0.3716	1	106.753
78	75	180	0.6544	1.4453	2.7785	0.8048	2.8717	0.3482	1	115.729

Çizelgede verilen değerler yardımıyla Collignon projeksiyonuna ait açı deformasyonu eş deformasyon yöntemi ile Şekil 5.5 de gösterilmiştir.



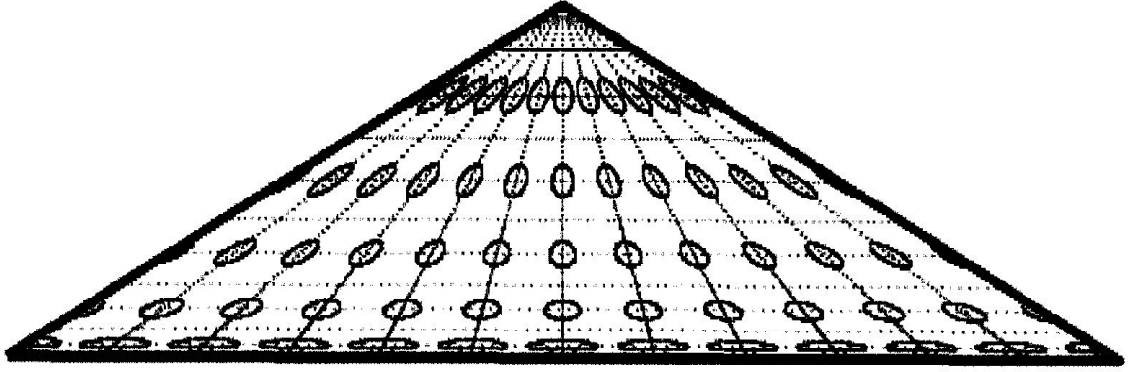
Şekil 5.5 Collignon projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu eşdeformasyon eğrileri

Collignon projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu renk metodu yöntemi ile gösterimi Şekil 5.6 de verilmiştir.



Şekil 5.6 Collignon projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu renk metodu yöntemi

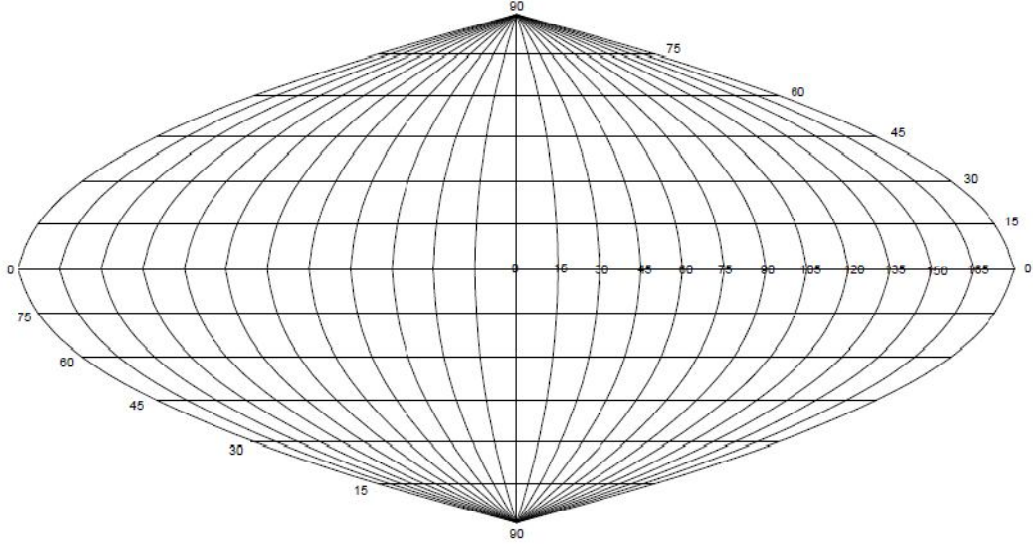
Collignon projeksiyonuna ait deformasyon elipsleri Şekil 5.7 de gösterilmektedir.



Şekil 5.7 Collignon projeksiyonuna ait deformasyon elipsleri

5.2 Craster Projeksiyonu

Gerçek anlamda olmayan alan koruyan bir projeksiyondur. Orta meridyen, ekvatorun yarı uzunluğunda doğru parçasıdır. Diğer meridyenler orta meridyene doğru konkav kutuplarda kesişen eşit aralıkta parabollerdir. Paraleller eşit aralıkta değildir ekvatora doğru aralıkları azalır (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 Craster Parabolik Projeksiyonu coğrafi pafta ağı

Projeksiyon eşitlikleri,

$$y = \sqrt{\frac{3}{\pi}} R\lambda \left(2\cos\left(\frac{2\varphi}{3}\right) - 1 \right) \quad (5.15)$$

$$x = \sqrt{3\pi}R\sin\left(\frac{\varphi}{3}\right) \quad (5.16)$$

36° 46' kuzey ve güney enlemleri boyunca ölçek korunur. 1929 yılında İngiliz John Evelyn Craster tarafından sunulmuş, 1934 de Charles H. Deetz ve O.S. Adams tarafından geliştirilmiştir. Putnins P₄ projeksiyonu olarak da anılır (Synder and Voxland 1989, Uçar *et al.* 2004a, b).

Craster parabolik projeksiyonu eşitlikleri kullanılarak deformasyonları incelenmek istenirse R = 1 kabulü ve $\lambda_0 = 0$ olduğundan,

$$\frac{\partial y}{\partial \varphi} = \frac{4R\lambda\sin\left(\frac{2\varphi}{3}\right)}{\sqrt{3\pi}} \quad (5.17)$$

$$\frac{\partial x}{\partial \varphi} = \sqrt{\frac{\pi}{3}}\cos\left(\frac{\varphi}{3}\right) \quad (5.18)$$

$$\frac{\partial y}{\partial \lambda} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{\pi}}\left(2\cos\left(\frac{2\varphi}{3}\right) - 1\right) \quad (5.19)$$

$$\frac{\partial x}{\partial \lambda} = 0 \quad (5.20)$$

dir. Meridyen doğrultusundaki deformasyon katsayısı (5.8), paralel daireler doğrultusundaki uzunluk deformasyonu katsayısı (5.7), alan deformasyonu katsayısı da (5.9) eşitliklerinden hesaplanacaktır.

Minimum ve maksimum uzunluk deformasyon katsayıları (5.11), (5.12), (5.13), (5.14) eşitliklerinden elde edilir. Maksimum açı deformasyonu ise (5.10) eşitliğinden hesaplanır (Francula 1971, Maling 1992, Uçar *et al.* 2004a, b).

Craster Parabolik projeksiyonuna ait eşitlikler ve deformasyonlar 15° lik enlem ve boylam eğrileri hesaplanarak Çizelge 5.2 de verilmiştir.

Çizelge 5.2 Craster parabolik projeksiyonu deformasyon katsayıları

N. No	φ	λ	y	x	h	k	a	b	p	ω°
1	0	0	0	0	1.0233	0.9772	1.0233	0.9772	1	0.0609
2	0	15	0.2558	0	1.0233	0.9772	1.0233	0.9772	1	0.0609
3	0	30	0.5117	0	1.0233	0.9772	1.0233	0.9772	1	0.0609
4	0	45	0.7675	0	1.0233	0.9772	1.0233	0.9772	1	0.0609

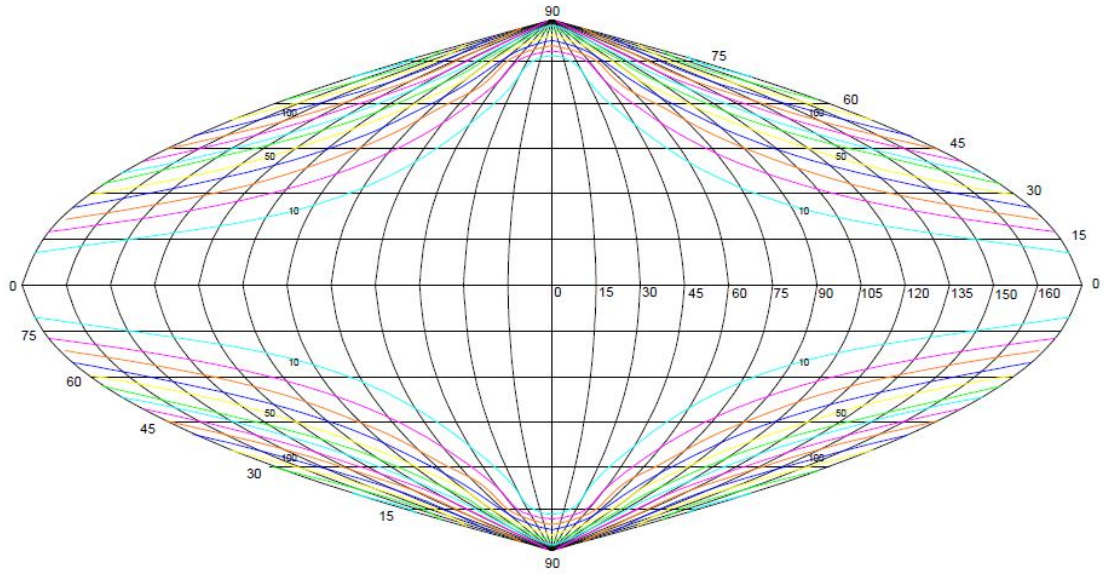
Çizelge 5.2 devamı

N. No	ϕ	λ	y	x	h	k	a	b	p	ω°
5	0	60	1.0233	0	1.0233	0.9772	1.0233	0.9772	1	0.0609
6	0	75	1.2792	0	1.0233	0.9772	1.0233	0.9772	1	0.0609
7	0	90	1.535	0	1.0233	0.9772	1.0233	0.9772	1	0.0609
8	0	105	1.7908	0	1.0233	0.9772	1.0233	0.9772	1	0.0609
9	0	120	2.0467	0	1.0233	0.9772	1.0233	0.9772	1	0.0609
10	0	135	2.3025	0	1.0233	0.9772	1.0233	0.9772	1	0.0609
11	0	150	2.5583	0	1.0233	0.9772	1.0233	0.9772	1	0.0609
12	0	165	2.8142	0	1.0233	0.9772	1.0233	0.9772	1	0.0609
13	0	180	3.07	0	1.0233	0.9772	1.0233	0.9772	1	0.0609
14	15	0	0	0.268	1.0194	0.9809	1.0194	0.9809	1	0.0425
15	15	15	0.2481	0.268	1.0212	0.9809	1.0359	0.9653	1	0.143
16	15	30	0.4961	0.268	1.0263	0.9809	1.0642	0.9397	1	0.4445
17	15	45	0.7442	0.268	1.0348	0.9809	1.095	0.9132	1	0.947
18	15	60	0.9922	0.268	1.0466	0.9809	1.1272	0.8872	1	1.6505
19	15	75	1.2403	0.268	1.0616	0.9809	1.1604	0.8618	1	2.5548
20	15	90	1.4884	0.268	1.0796	0.9809	1.1946	0.8371	1	3.6597
21	15	105	1.7364	0.268	1.1005	0.9809	1.2297	0.8132	1	4.9644
22	15	120	1.9845	0.268	1.1242	0.9809	1.2656	0.7902	1	6.4684
23	15	135	2.2325	0.268	1.1504	0.9809	1.3023	0.7679	1	8.1701
24	15	150	2.4806	0.268	1.179	0.9809	1.3399	0.7463	1	10.068
25	15	165	2.7286	0.268	1.2099	0.9809	1.3783	0.7256	1	12.159
26	15	180	2.9767	0.268	1.2428	0.9809	1.4174	0.7055	1	14.439
27	30	0	0	0.533	1.0078	0.9923	1.0078	0.9923	1	0.0069
28	30	15	0.225	0.533	1.0145	0.9923	1.0606	0.9429	1	0.3968
29	30	30	0.45	0.533	1.0344	0.9923	1.1237	0.8899	1	1.5665
30	30	45	0.6749	0.533	1.0668	0.9923	1.1904	0.8401	1	3.5151
31	30	60	0.8999	0.533	1.1106	0.9923	1.2604	0.7934	1	6.2395
32	30	75	1.1249	0.533	1.1644	0.9923	1.3335	0.7499	1	9.7316
33	30	90	1.3499	0.533	1.227	0.9923	1.4096	0.7094	1	13.975
34	30	105	1.5748	0.533	1.2971	0.9923	1.4886	0.6718	1	18.939
35	30	120	1.7998	0.533	1.3736	0.9923	1.5703	0.6368	1	24.578
36	30	135	2.0248	0.533	1.4554	0.9923	1.6545	0.6044	1	30.825
37	30	150	2.2498	0.533	1.5417	0.9923	1.7411	0.5744	1	37.59
38	30	165	2.4747	0.533	1.6317	0.9923	1.8299	0.5465	1	44.763
39	30	180	2.6997	0.533	1.725	0.9923	1.9207	0.5206	1	52.215
40	45	0	0	0.795	0.9885	1.0117	1.0117	0.9885	1	0.0154
41	45	15	0.1873	0.795	1.0031	1.0117	1.0898	0.9176	1	0.8488
42	45	30	0.3746	0.795	1.0457	1.0117	1.1855	0.8436	1	3.3478
43	45	45	0.5619	0.795	1.113	1.0117	1.2884	0.7762	1	7.5047
44	45	60	0.7491	0.795	1.201	1.0117	1.3979	0.7153	1	13.289
45	45	75	0.9364	0.795	1.3055	1.0117	1.5137	0.6606	1	20.623

Çizelge 5.2 devamı

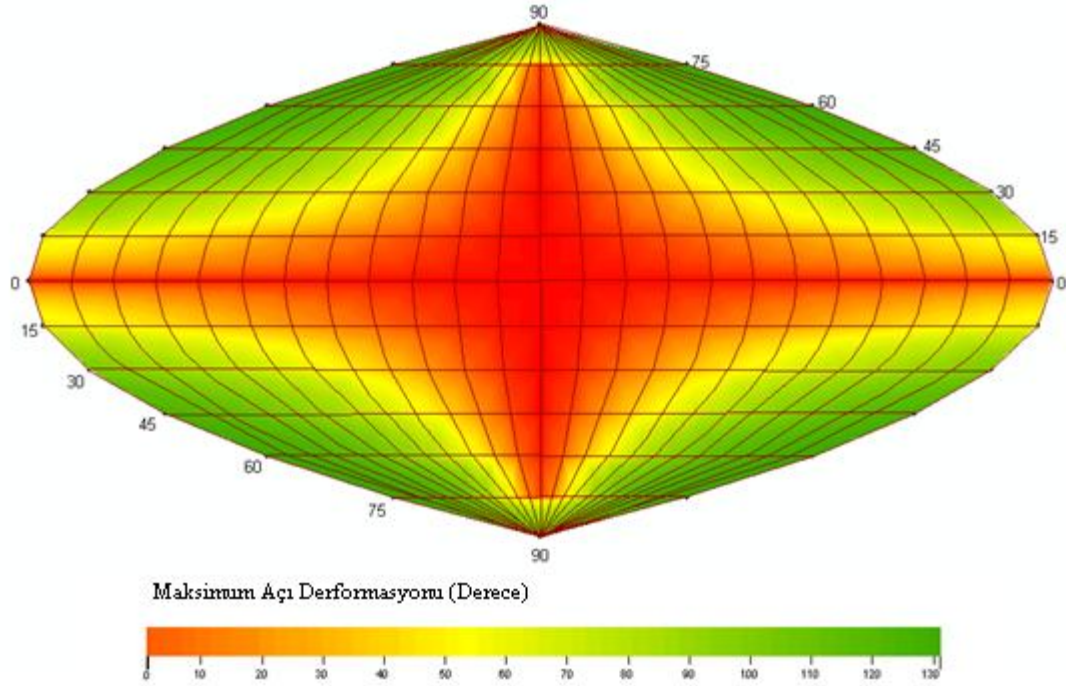
N. No	ϕ	λ	y	x	h	k	a	b	p	ω°
46	45	90	1.1237	0.795	1.4228	1.0117	1.6352	0.6116	1	29.356
47	45	105	1.311	0.795	1.55	1.0117	1.7617	0.5676	1	39.24
48	45	120	1.4983	0.795	1.6849	1.0117	1.8929	0.5283	1	49.929
49	45	135	1.6855	0.795	1.8257	1.0117	2.0282	0.4931	1	61.012
50	45	150	1.8728	0.795	1.9713	1.0117	2.1671	0.4614	1	72.061
51	45	165	2.0601	0.795	2.1206	1.0117	2.3093	0.433	1	82.7
52	45	180	2.2474	0.795	2.2728	1.0117	2.4542	0.4075	1	92.649
53	60	0	0	1.05	0.9616	1.0399	1.0399	0.9616	1	0.1757
54	60	15	0.1361	1.05	0.9863	1.0399	1.1232	0.8903	1	1.5528
55	60	30	0.2723	1.05	1.0569	1.0399	1.2472	0.8018	1	5.68
56	60	45	0.4084	1.05	1.1651	1.0399	1.3846	0.7222	1	12.521
57	60	60	0.5445	1.05	1.3015	1.0399	1.5329	0.6524	1	21.94
58	60	75	0.6806	1.05	1.4583	1.0399	1.6906	0.5915	1	33.609
59	60	90	0.8168	1.05	1.6295	1.0399	1.8565	0.5386	1	46.942
60	60	105	0.9529	1.05	1.8112	1.0399	2.0295	0.4927	1	61.12
61	60	120	1.089	1.05	2.0004	1.0399	2.2086	0.4528	1	75.245
62	60	135	1.2251	1.05	2.1952	1.0399	2.3928	0.4179	1	88.553
63	60	150	1.3613	1.05	2.3942	1.0399	2.5814	0.3874	1	100.55
64	60	165	1.4974	1.05	2.5965	1.0399	2.7737	0.3605	1	111.03
65	60	180	1.6335	1.05	2.8013	1.0399	2.9691	0.3368	1	120.01
66	75	0	0	1.297	0.9274	1.0782	1.0782	0.9275	1	0.6513
67	75	15	0.0731	1.297	0.9636	1.0782	1.1622	0.8605	1	2.6069
68	75	30	0.1461	1.297	1.0646	1.0782	1.3083	0.7644	1	8.4602
69	75	45	0.2192	1.297	1.2144	1.0782	1.4759	0.6776	1	18.104
70	75	60	0.2922	1.297	1.3974	1.0782	1.6589	0.6028	1	31.157
71	75	75	0.3653	1.297	1.6022	1.0782	1.8544	0.5393	1	46.771
72	75	90	0.4384	1.297	1.8216	1.0782	2.0604	0.4853	1	63.615
73	75	105	0.5114	1.297	2.0508	1.0782	2.2749	0.4396	1	80.202
74	75	120	0.5845	1.297	2.2869	1.0782	2.4964	0.4006	1	95.357
75	75	135	0.6575	1.297	2.528	1.0782	2.7237	0.3672	1	108.47
76	75	150	0.7306	1.297	2.7728	1.0782	2.9557	0.3383	1	119.44
77	75	165	0.8037	1.297	3.0203	1.0782	3.1916	0.3133	1	128.46
78	75	180	0.8767	1.297	3.2699	1.0782	3.4308	0.2915	1	135.82

Çizelgede verilen değerler yardımı ile maksimum açı deformasyon eğrileri Şekil 5.9 da verilmiştir.



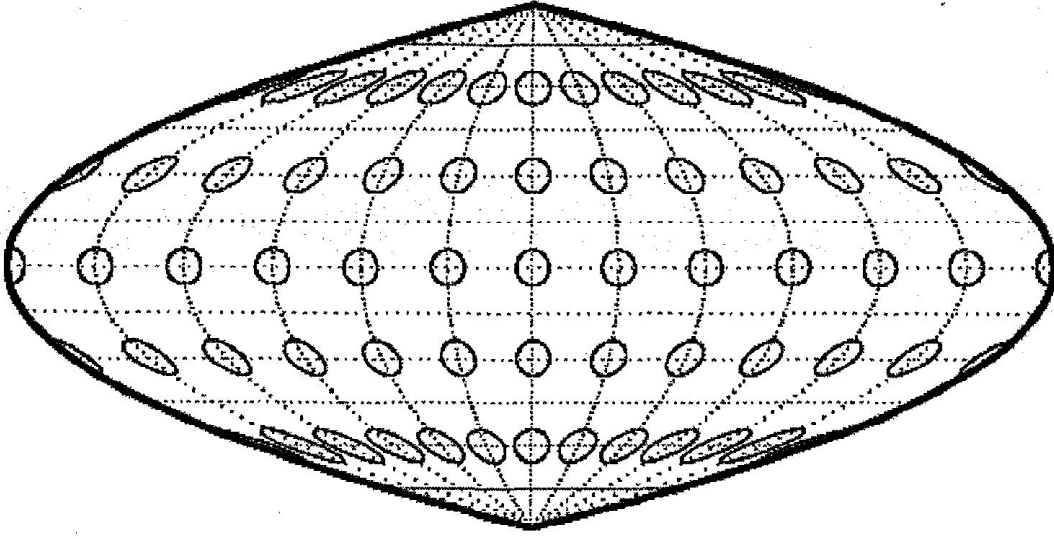
Şekil 5.9 Craster parabolik projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu eşdeformasyon eğrileri

Craster parabolik projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu renk metodu yöntemi ile Şekil 5.10 da gösterilmiştir.



Şekil 5.10 Craster Parabolik projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu değerlerinin renk metodu yöntemi ile gösterimi

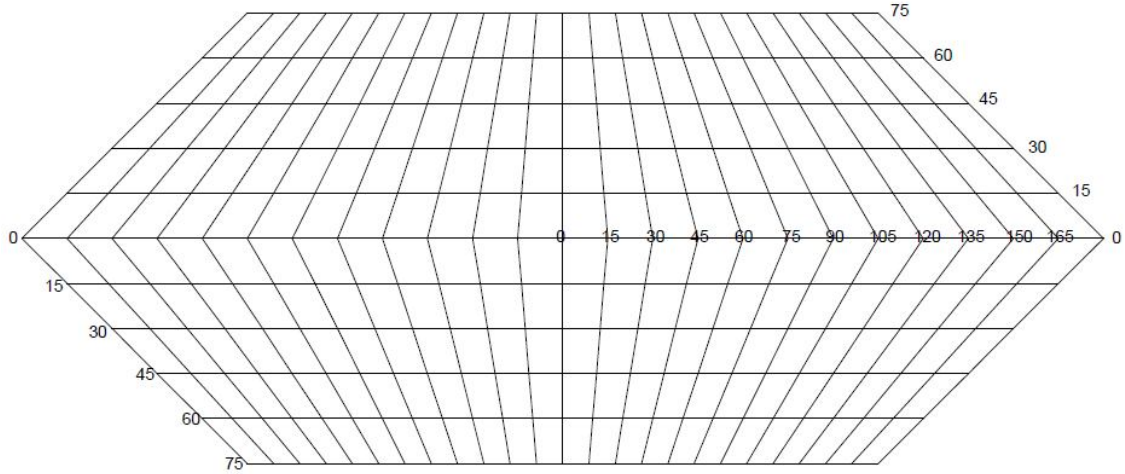
Craster parabolik projeksiyonuna ait deformasyon elipsleri Şekil 5.11 de verilmiştir.



Şekil 5.11 Craster parabolik projeksiyonuna ait deformasyon elipsleri

5.3 Eckert I Projeksiyonu

1906 yılında Alman Max Eckert tarafından geliştirilmiştir. Tüm yer kürenin alanını koruyan, gerçek anlamda olamayan silindirik bir projeksiyondur (Şekil 5.12).



Şekil 5.12 Eckert I projeksiyonu coğrafi pafta ağı

Orta meridyen ekvatorun yarı uzunluğunda doğru parçasıdır. Kutuplar ekvatorun yarı uzunluğunda doğru parçaları şeklinde gösterilir. Orta meridyen ve ekvatora göre simetri vardır. 47°10' kuzey ve güney enlemleri boyunca ölçek korunur. Projeksiyon eşitlikleri,

$$y = 2\sqrt{\frac{2}{3\pi}} R\lambda \left(1 - \frac{|\varphi|}{3}\right) \quad (5.21)$$

$$x = 2\sqrt{\frac{2}{3\pi}} R\varphi \quad (5.22)$$

şeklindedir. Eckert I projeksiyonu eşitlikleri kullanılarak deformasyonlar incelemek istenirse $R = 1$ kabulü ve $\lambda_0 = 0$ olduğundan,

$$\frac{\partial y}{\partial \varphi} = -\frac{2\sqrt{2}\lambda}{\sqrt{3}\pi^3} \quad (5.23)$$

$$\frac{\partial x}{\partial \varphi} = 2\sqrt{\frac{2}{3\pi}} \cos\left(\frac{\varphi}{3}\right) \quad (5.24)$$

$$\frac{\partial y}{\partial \lambda} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{\pi}} \left(2\cos\left(\frac{2\varphi}{3}\right) - 1\right) \quad (5.25)$$

$$\frac{\partial x}{\partial \lambda} = 0 \quad (5.26)$$

olacaktır. Meridyen doğrultusundaki deformasyon katsayısı (5.8), paralel daireler doğrultusundaki uzunluk deformasyonu katsayısı (5.7), alan deformasyonu katsayısı da (5.9) eşitliklerinden hesaplanacaktır.

Minimum ve maksimum uzunluk deformasyon katsayıları (5.11), (5.12), (5.13), (5.14) eşitliklerinden elde edilir. Maksimum açı deformasyonu ise (5.10) eşitliğinden hesaplanır (Francula 1971, Maling 1992, Uçar *et al.* 2004a, b).

Eckert I projeksiyonuna ait eşitlikler ve deformasyonlar 15° lik enlem ve boylam eğerleri hesaplanarak Çizelge 5.3 de verilmiştir.

Çizelge 5.3 Eckert I projeksiyonu deformasyon katsayıları

N. No	φ	λ	y	x	h	k	a	b	p	ω°
1	0	0	0	0	0.9213	0.9213	0.9213	0.9213	0.8488	0
2	0	15	0.2412	0	0.9245	0.9213	0.9605	0.8837	0.8488	0.1989

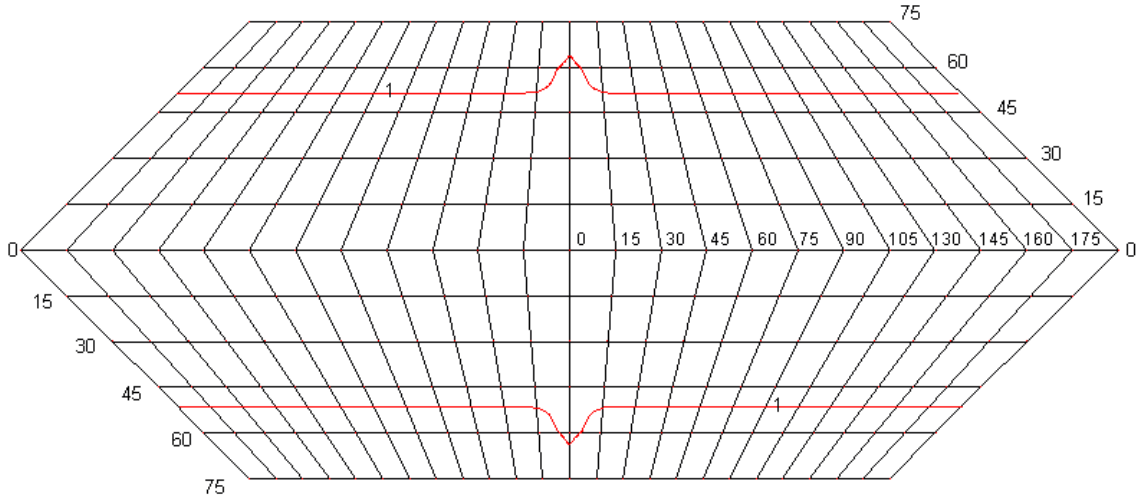
Çizelge 5.3 devamı

N. No	ϕ	λ	y	x	h	k	a	b	p	ω°
3	0	30	0.4824	0	0.934	0.9213	1.0013	0.8477	0.8488	0.7958
4	0	45	0.7236	0	0.9497	0.9213	1.0437	0.8133	0.8488	1.7903
5	0	60	0.9648	0	0.9712	0.9213	1.0876	0.7805	0.8488	3.1823
6	0	75	1.206	0	0.9981	0.9213	1.133	0.7492	0.8488	4.9705
7	0	90	1.4472	0	1.0301	0.9213	1.18	0.7193	0.8488	7.1527
8	0	105	1.6884	0	1.0666	0.9213	1.2284	0.691	0.8488	9.7248
9	0	120	1.9296	0	1.1073	0.9213	1.2783	0.6641	0.8488	12.68
10	0	135	2.1708	0	1.1516	0.9213	1.3295	0.6385	0.8488	16.009
11	0	150	2.412	0	1.1993	0.9213	1.382	0.6142	0.8488	19.698
12	0	165	2.6532	0	1.2498	0.9213	1.4357	0.5912	0.8488	23.727
13	0	180	2.8944	0	1.3029	0.9213	1.4907	0.5694	0.8488	28.072
14	15	0	0.2211	0.2412	0.9213	0.8743	0.9213	0.8743	0.8055	0.0785
15	15	15	0.4422	0.2412	0.9245	0.8743	0.9437	0.8536	0.8055	0.2881
16	15	30	0.6633	0.2412	8.846	0.8743	8.8887	0.0906	0.8055	175.23
17	15	45	0.8844	0.2412	13.229	0.8743	13.258	0.0608	0.8055	177.88
18	15	60	1.1055	0.2412	17.62	0.8743	17.642	0.0457	0.8055	178.81
19	15	75	1.3266	0.2412	22.014	0.8743	22.031	0.0366	0.8055	179.24
20	15	90	1.5477	0.2412	26.41	0.8743	26.424	0.0305	0.8055	179.47
21	15	105	1.7688	0.2412	30.807	0.8743	30.819	0.0261	0.8055	179.61
22	15	120	1.9899	0.2412	35.204	0.8743	35.215	0.0229	0.8055	179.7
23	15	135	2.211	0.2412	39.601	0.8743	39.611	0.0203	0.8055	179.76
24	15	150	2.4321	0.2412	43.999	0.8743	44.008	0.0183	0.8055	179.81
25	15	165	2.6532	0.2412	48.397	0.8743	48.405	0.0166	0.8055	179.84
26	15	180	0	0.4824	52.796	0.8743	52.803	0.0153	0.8055	179.87
27	30	0	0.201	0.4824	0.9213	0.8865	0.9213	0.8865	0.8168	0.0424
28	30	15	0.402	0.4824	4.4944	0.8865	4.5775	0.1784	0.8168	160.83
29	30	30	0.603	0.4824	8.846	0.8865	8.8899	0.0919	0.8168	175.17
30	30	45	0.804	0.4824	13.229	0.8865	13.259	0.0616	0.8168	177.85
31	30	60	1.005	0.4824	17.62	0.8865	17.642	0.0463	0.8168	178.79
32	30	75	1.206	0.4824	22.014	0.8865	22.032	0.0371	0.8168	179.23
33	30	90	1.407	0.4824	26.41	0.8865	26.425	0.0309	0.8168	179.46
34	30	105	1.608	0.4824	30.807	0.8865	30.819	0.0265	0.8168	179.61
35	30	120	1.809	0.4824	35.204	0.8865	35.215	0.0232	0.8168	179.7
36	30	135	2.01	0.4824	39.601	0.8865	39.611	0.0206	0.8168	179.76
37	30	150	2.211	0.4824	43.999	0.8865	44.008	0.0186	0.8168	179.81
38	30	165	2.412	0.4824	48.397	0.8865	48.406	0.0169	0.8168	179.84
39	30	180	0	0.7236	52.796	0.8865	52.803	0.0155	0.8168	179.87
40	45	0	0.1809	0.7236	0.9213	0.9772	0.9772	0.9213	0.9003	0.0994
41	45	15	0.3618	0.7236	4.4944	0.9772	4.5952	0.1959	0.9003	158.92
42	45	30	0.5427	0.7236	8.846	0.9772	8.8993	0.1012	0.9003	174.67
43	45	45	0.7236	0.7236	13.229	0.9772	13.265	0.0679	0.9003	177.63

Çizelge 5.3 devamı

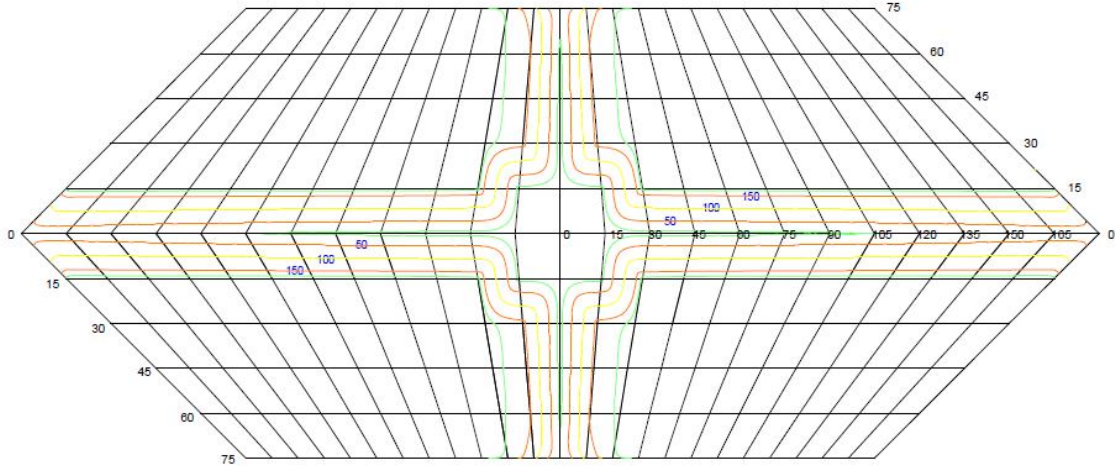
N. No	ϕ	λ	y	x	h	k	a	b	p	ω°
44	45	60	0.9045	0.7236	17.62	0.9772	17.647	0.051	0.9003	178.67
45	45	75	1.0854	0.7236	22.014	0.9772	22.036	0.0409	0.9003	179.15
46	45	90	1.2663	0.7236	26.41	0.9772	26.428	0.0341	0.9003	179.41
47	45	105	1.4472	0.7236	30.807	0.9772	30.822	0.0292	0.9003	179.56
48	45	120	1.6281	0.7236	35.204	0.9772	35.217	0.0256	0.9003	179.67
49	45	135	1.809	0.7236	39.601	0.9772	39.613	0.0227	0.9003	179.74
50	45	150	1.9899	0.7236	43.999	0.9772	44.01	0.0205	0.9003	179.79
51	45	165	2.1708	0.7236	48.397	0.9772	48.407	0.0186	0.9003	179.82
52	45	180	0	0.9648	52.796	0.9772	52.805	0.0171	0.9003	179.85
53	60	0	0.1608	0.9648	0.9213	1.2284	1.2284	0.9213	1.1318	2.387
54	60	15	0.3216	0.9648	4.4944	1.2284	4.6529	0.2432	1.1318	153.79
55	60	30	0.4824	0.9648	8.846	1.2284	8.93	0.1267	1.1318	173.31
56	60	45	0.6432	0.9648	13.229	1.2284	13.286	0.0852	1.1318	177.02
57	60	60	0.804	0.9648	17.62	1.2284	17.663	0.0641	1.1318	178.33
58	60	75	0.9648	0.9648	22.014	1.2284	22.048	0.0513	1.1318	178.93
59	60	90	1.1256	0.9648	26.41	1.2284	26.438	0.0428	1.1318	179.26
60	60	105	1.2864	0.9648	30.807	1.2284	30.831	0.0367	1.1318	179.45
61	60	120	1.4472	0.9648	35.204	1.2284	35.225	0.0321	1.1318	179.58
62	60	135	1.608	0.9648	39.601	1.2284	39.62	0.0286	1.1318	179.67
63	60	150	1.7688	0.9648	43.999	1.2284	44.016	0.0257	1.1318	179.73
64	60	165	1.9296	0.9648	48.397	1.2284	48.413	0.0234	1.1318	179.78
65	60	180	0	1.206	52.796	1.2284	52.81	0.0214	1.1318	179.81
66	75	0	0.1407	1.206	0.9213	2.0765	2.0765	0.9213	1.9131	19.783
67	75	15	0.2814	1.206	4.4944	2.0765	4.9357	0.3876	1.9131	139.4
68	75	30	0.4221	1.206	8.846	2.0765	9.0841	0.2106	1.9131	168.9
69	75	45	0.5628	1.206	13.229	2.0765	13.39	0.1429	1.9131	175.01
70	75	60	0.7035	1.206	17.62	2.0765	17.742	0.1078	1.9131	177.18
71	75	75	0.8442	1.206	22.014	2.0765	22.112	0.0865	1.9131	178.19
72	75	90	0.9849	1.206	26.41	2.0765	26.491	0.0722	1.9131	178.74
73	75	105	1.1256	1.206	30.807	2.0765	30.876	0.062	1.9131	179.08
74	75	120	1.2663	1.206	35.204	2.0765	35.265	0.0543	1.9131	179.29
75	75	135	1.407	1.206	39.601	2.0765	39.656	0.0482	1.9131	179.44
76	75	150	1.5477	1.206	43.999	2.0765	44.048	0.0434	1.9131	179.55
77	75	165	1.6884	1.206	48.397	2.0765	48.442	0.0395	1.9131	179.63
78	75	180	0.7236	1.4472	52.796	2.0765	52.836	0.0362	1.9131	179.69

Eckert I projeksiyonuna ait alan deformasyon değerleri Şekil 5.13 de verilmiştir.



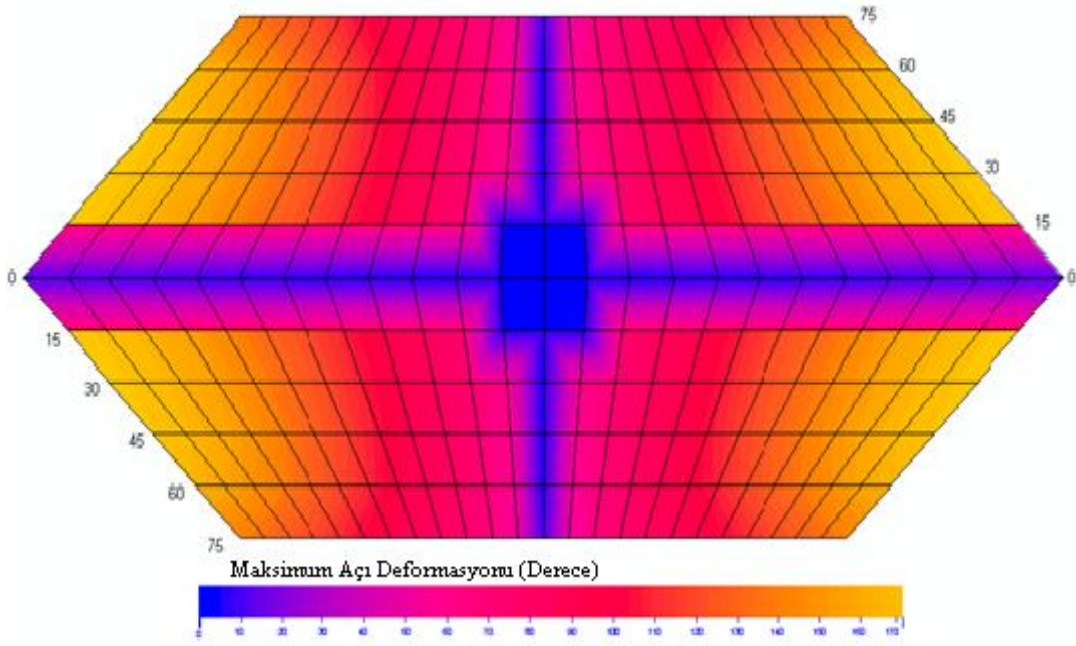
Şekil 5.13 Eckert I projeksiyonuna ait alan deformasyonu

Çizelgede verilen değerler yardımı ile maksimum açı deformasyon eğrileri Şekil 5.14 de verilmiştir.



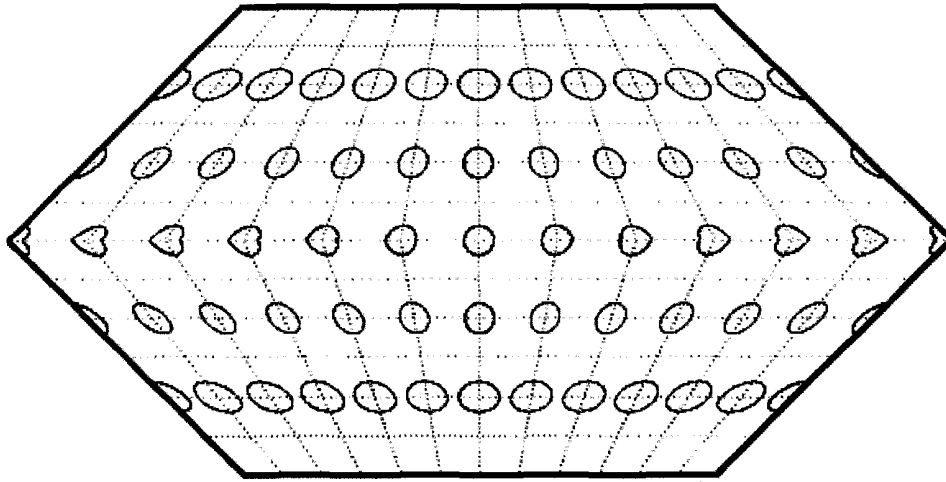
Şekil 5.14 Eckert I projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu eşdeformasyon eğrileri

Eckert I projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu renk metodu yöntemi ile Şekil 5.15 de gösterilmiştir.



Şekil 5.15 Eckert I projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu değerlerinin renk metodu yöntemi ile gösterimi

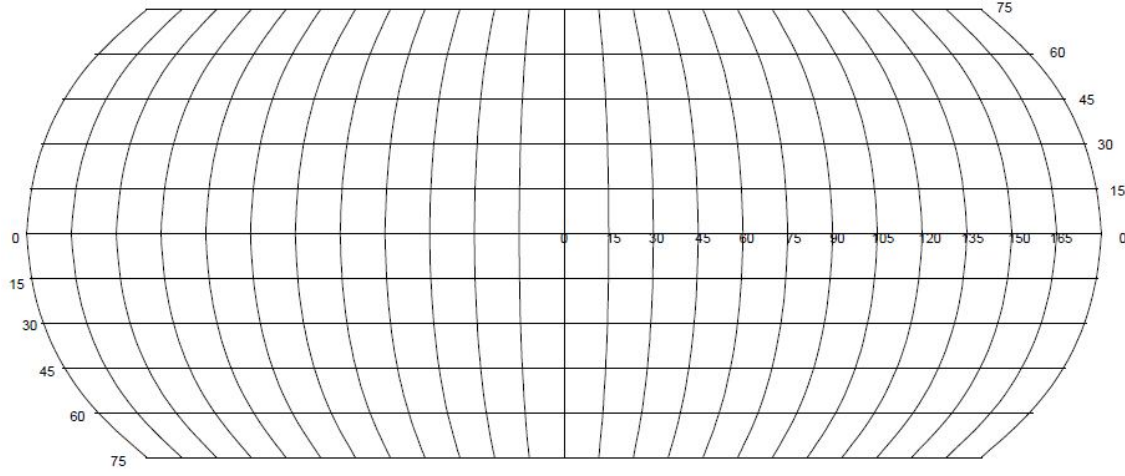
Eckert I projeksiyonuna ait deformasyon elipsleri Şekil 5.16 da verilmiştir.



Şekil 5.16 Eckert I projeksiyonuna ait deformasyon elipsleri

5.4 Eckert III Projeksiyonu

Gerçek anlamda olmayan silindirik projeksiyondur. Yalnızca tüm yer kürenin alanını koruyan, buna karşın paralel daireler arasındaki kuşak alanını korumayan bir projeksiyondur. Orta meridyen ekvatorun yarısı uzunluğunda doğru parçasıdır (Şekil 5.17).



Şekil 5.17 Eckert III projeksiyonu coğrafi pafta ağı

Sınır meridyenleri olan 180° doğu ve batı meridyenleri yarım daire şeklindedir. Diğer meridyenler orta meridyene doğru konkav eğriler şeklindedir. Orta meridyene dik olan paraleller arası mesafe eşittir. Kutuplar, ekvatorun yarı uzunluğunda doğru parçaları şeklinde gösterilir. 35° 58' kuzey ve güney enlemleri boyunca ölçek korunur. Projeksiyon eşitlikleri,

$$y = \frac{2R\lambda(1 + \sqrt{1 - \frac{4\phi^4}{\pi^2}})}{\sqrt{4\pi + \pi^2}} \quad (5.27)$$

$$x = 4 \frac{R\phi}{\sqrt{4\pi + \pi^2}} \quad (5.28)$$

dır. Eckert III projeksiyonu eşitlikleri kullanılarak deformasyonlar incelemek istenirse $R = 1$ kabulü ve $\lambda_0 = 0$ olduğundan ;

$$\frac{\partial y}{\partial \phi} = - \frac{8\lambda\phi}{\sqrt{1 - \frac{4\phi^2}{\pi^2}} \sqrt{4\pi + \pi^2} \sqrt{\pi^4}} \quad (5.29)$$

$$\frac{\partial x}{\partial \phi} = \frac{4}{\sqrt{4\pi + \pi^2}} \quad (5.30)$$

$$\frac{\partial y}{\partial \lambda} = \frac{2(1 + \sqrt{1 - \frac{4\phi^4}{\pi^2}})}{\sqrt{4\pi + \pi^2}} \quad (5.31)$$

$$\frac{\partial x}{\partial \lambda} = 0 \quad (5.32)$$

olur. Meridyen doğrultusundaki deformasyon katsayısı (5.8), paralel daireler doğrultusundaki uzunluk deformasyonu katsayısı (5.7), alan deformasyonu katsayısı da (5.9) eşitliklerinden hesaplanacaktır.

Minimum ve maksimum uzunluk deformasyon katsayıları (5.11), (5.12), (5.13), (5.14) eşitliklerinden elde edilir. Maksimum açı deformasyonu ise (5.10) eşitliğinden hesaplanır (Francula 1971, Maling 1992, Uçar *et al.* 2004a, b).

Eckert I projeksiyonuna ait eşitlikler ve deformasyonlar 15° lik enlem ve boylam değerleri hesaplanarak Çizelge 5.4 de verilmiştir.

Çizelge 5.4 Eckert III projeksiyonu deformasyon katsayıları

N. No	ϕ	λ	y	x	h	k	a	b	p	ω°
1	0	0	0	0	0.8445	0.8445	1.276	0.575	0.7131	0
2	0	15	0.2211	0	0.8445	0.8445	1.276	0.575	0.7131	0
3	0	30	0.4422	0	0.8445	0.8445	1.276	0.575	0.7131	0
4	0	45	0.6633	0	0.8445	0.8445	1.276	0.575	0.7131	0
5	0	60	0.8843	0	0.8445	0.8445	1.276	0.575	0.7131	0
6	0	75	1.1054	0	0.8445	0.8445	1.276	0.575	0.7131	0
7	0	90	1.3265	0	0.8445	0.8445	1.276	0.575	0.7131	0
8	0	105	1.5476	0	0.8445	0.8445	1.276	0.575	0.7131	0
9	0	120	1.7687	0	0.8445	0.8445	1.276	0.575	0.7131	0
10	0	135	1.9898	0	0.8445	0.8445	1.276	0.575	0.7131	0
11	0	150	2.2108	0	0.8445	0.8445	1.276	0.575	0.7131	0
12	0	165	2.4319	0	0.8445	0.8445	1.276	0.575	0.7131	0
13	0	180	2.653	0	0.8445	0.8445	1.276	0.575	0.7131	0
14	15	0	0	0.2211	0.8445	0.8682	1.3051	0.5569	0.7331	0.0219
15	15	15	0.2195	0.2211	0.8446	0.8682	1.305	0.5569	0.7331	0.0274
16	15	30	0.4391	0.2211	0.8448	0.8682	1.305	0.5571	0.7331	0.044
17	15	45	0.6586	0.2211	0.8452	0.8682	1.3048	0.5575	0.7331	0.0717
18	15	60	0.8781	0.2211	0.8458	0.8682	1.3046	0.5579	0.7331	0.1104
19	15	75	1.0977	0.2211	0.8466	0.8682	1.3044	0.5585	0.7331	0.1601
20	15	90	1.3172	0.2211	0.8475	0.8682	1.304	0.5593	0.7331	0.221
21	15	105	1.5368	0.2211	0.8486	0.8682	1.3037	0.5601	0.7331	0.2928
22	15	120	1.7563	0.2211	0.8498	0.8682	1.3032	0.5611	0.7331	0.3758
23	15	135	1.9758	0.2211	0.8512	0.8682	1.3028	0.5623	0.7331	0.4698
24	15	150	2.1954	0.2211	0.8528	0.8682	1.3022	0.5635	0.7331	0.5748
25	15	165	2.4149	0.2211	0.8546	0.8682	1.3016	0.5649	0.7331	0.6909
26	15	180	2.6344	0.2211	0.8565	0.8682	1.3009	0.5665	0.7331	0.8181

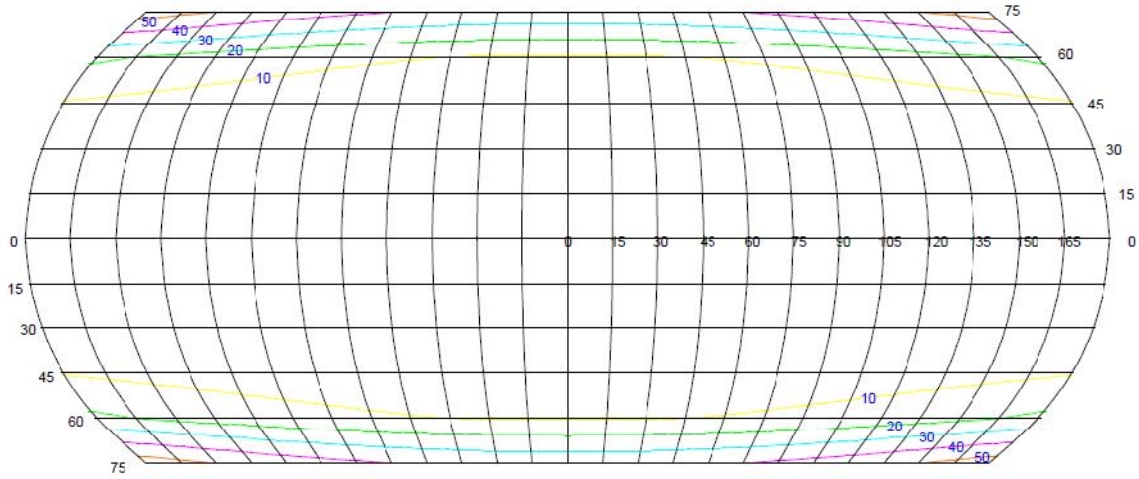
Çizelge 5.4 devamı

N. No	ϕ	λ	y	x	h	k	a	b	p	ω°
27	30	0	0	0.4422	0.8445	0.9472	1.3979	0.5022	0.7999	0.3782
28	30	15	0.2148	0.4422	0.8448	0.9472	1.3978	0.50246	0.7999	0.4003
29	30	30	0.4295	0.4422	0.8459	0.9472	1.3975	0.50322	0.7999	0.4668
30	30	45	0.6443	0.4422	0.8478	0.9472	1.3971	0.50449	0.7999	0.5777
31	30	60	0.859	0.4422	0.8503	0.9472	1.3964	0.50628	0.7999	0.7329
32	30	75	1.0738	0.4422	0.8536	0.9472	1.3956	0.50858	0.7999	0.9324
33	30	90	1.2886	0.4422	0.8576	0.9472	1.3946	0.51139	0.7999	1.1762
34	30	105	1.5033	0.4422	0.8622	0.9472	1.3933	0.51473	0.7999	1.4644
35	30	120	1.7181	0.4422	0.8676	0.9472	1.3919	0.5186	0.7999	1.7969
36	30	135	1.9329	0.4422	0.8737	0.9472	1.3903	0.523	0.7999	2.1737
37	30	150	2.1476	0.4422	0.8804	0.9472	1.3884	0.52794	0.7999	2.5947
38	30	165	2.3624	0.4422	0.8877	0.9472	1.3863	0.53343	0.7999	3.06
39	30	180	2.5771	0.4422	0.8957	0.9472	1.3839	0.53947	0.7999	3.5695
40	45	0	0	0.6633	0.8445	1.1143	1.5825	0.40614	0.941	2.2158
41	45	15	0.2063	0.6633	0.8455	1.1143	1.5824	0.4067	0.941	2.266
42	45	30	0.4125	0.6633	0.8484	1.1143	1.5819	0.40837	0.941	2.4167
43	45	45	0.6188	0.6633	0.8532	1.1143	1.5812	0.41117	0.941	2.6679
44	45	60	0.8251	0.6633	0.86	1.1143	1.5802	0.41509	0.941	3.0195
45	45	75	1.0314	0.6633	0.8686	1.1143	1.5789	0.42015	0.941	3.4714
46	45	90	1.2376	0.6633	0.879	1.1143	1.5772	0.42635	0.941	4.0237
47	45	105	1.4439	0.6633	0.8911	1.1143	1.5752	0.43371	0.941	4.6761
48	45	120	1.6502	0.6633	0.9049	1.1143	1.5728	0.44223	0.941	5.4285
49	45	135	1.8565	0.6633	0.9202	1.1143	1.57	0.45195	0.941	6.2806
50	45	150	2.0627	0.6633	0.9371	1.1143	1.5669	0.46288	0.941	7.2322
51	45	165	2.269	0.6633	0.9555	1.1143	1.5632	0.47504	0.941	8.2828
52	45	180	2.4753	0.6633	0.9751	1.1143	1.5591	0.48848	0.941	9.4318
53	60	0	0	0.8843	0.8445	1.4739	1.9648	0.24552	1.2447	9.0996
54	60	15	0.1929	0.8843	0.8468	1.4739	1.9647	0.24654	1.2447	9.1902
55	60	30	0.3859	0.8843	0.8538	1.4739	1.9643	0.24962	1.2447	9.462
56	60	45	0.5788	0.8843	0.8653	1.4739	1.9636	0.25474	1.2447	9.9146
57	60	60	0.7717	0.8843	0.8812	1.4739	1.9627	0.26193	1.2447	10.548
58	60	75	0.9647	0.8843	0.9012	1.4739	1.9614	0.27119	1.2447	11.361
59	60	90	1.1576	0.8843	0.9251	1.4739	1.9598	0.28253	1.2447	12.353
60	60	105	1.3505	0.8843	0.9525	1.4739	1.9578	0.29597	1.2447	13.524
61	60	120	1.5435	0.8843	0.9832	1.4739	1.9554	0.31153	1.2447	14.871
62	60	135	1.7364	0.8843	1.0169	1.4739	1.9525	0.32924	1.2447	16.392
63	60	150	1.9293	0.8843	1.0532	1.4739	1.9491	0.34914	1.2447	18.086
64	60	165	2.1223	0.8843	1.092	1.4739	1.945	0.37126	1.2447	19.948
65	60	180	2.3152	0.8843	1.133	1.4739	1.9402	0.39567	1.2447	21.976
66	75	0	0	1.1054	0.8445	2.5332	3.1018	-0.0802	2.1392	36.864
67	75	15	0.1716	1.1054	0.8511	2.5332	3.1018	-0.0784	2.1392	36.999

Çizelge 5.4 devamı

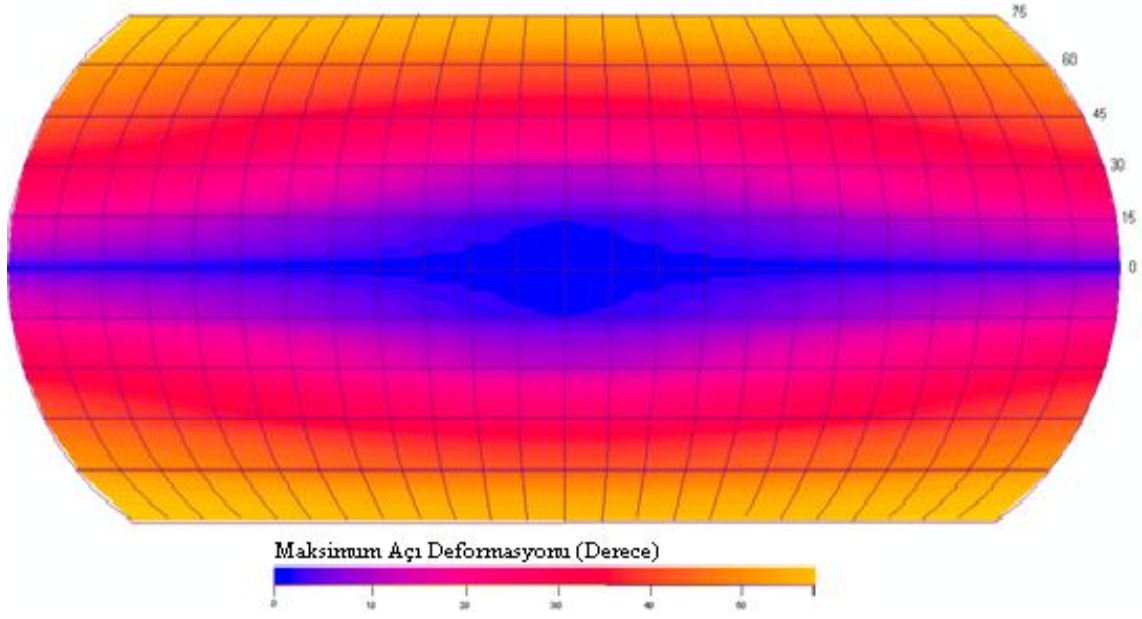
N. No	ϕ	λ	y	x	h	k	a	b	p	ω°
68	75	30	0.3433	1.1054	0.8707	2.5332	3.102	-0.0729	2.1392	37.405
69	75	45	0.5149	1.1054	0.9025	2.5332	3.1022	-0.0638	2.1392	38.08
70	75	60	0.6866	1.1054	0.9451	2.5332	3.1024	-0.0511	2.1392	39.02
71	75	75	0.8582	1.1054	0.9973	2.5332	3.1026	-0.0348	2.1392	40.221
72	75	90	1.0299	1.1054	1.0575	2.5332	3.1028	-0.0149	2.1392	41.676
73	75	105	1.2015	1.1054	1.1246	2.5332	3.1028	0.00872	2.1392	43.378
74	75	120	1.3732	1.1054	1.1973	2.5332	3.1026	0.03593	2.1392	45.317
75	75	135	1.5448	1.1054	1.2747	2.5332	3.1021	0.06678	2.1392	47.481
76	75	150	1.7165	1.1054	1.356	2.5332	3.1012	0.10128	2.1392	49.859
77	75	165	1.8881	1.1054	1.4405	2.5332	3.0997	0.13945	2.1392	52.434
78	75	180	2.0598	1.1054	1.5277	2.5332	3.0975	0.18133	2.1392	55.191

Çizelgede verilen değerler yardımı ile maksimum açı deformasyon eğrileri Şekil 5.18 de verilmiştir.



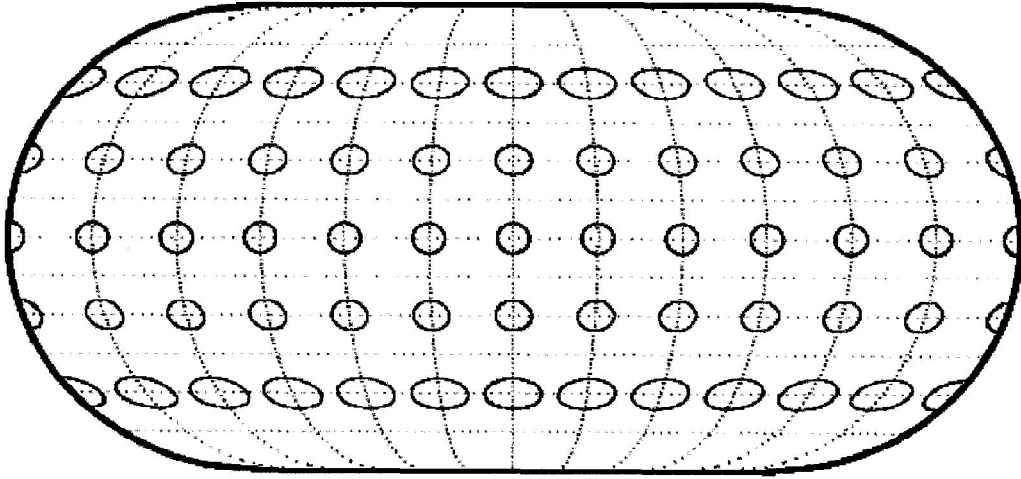
Şekil 5.18 Eckert III projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu eşdeformasyon eğrileri

Eckert III projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu renk metodu yöntemi ile Şekil 5.19 da gösterilmiştir.



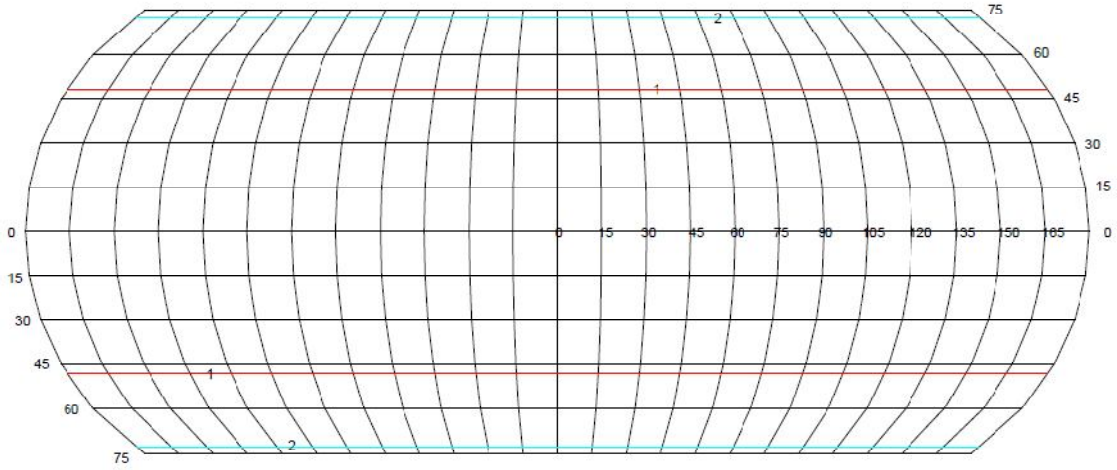
Şekil 5.19 Eckert III projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu değerlerinin renk metodu yöntemi ile gösterimi

Eckert III projeksiyonuna ait deformasyon elipsleri Şekil 5.20 de verilmiştir.



Şekil 5.20 Eckert III projeksiyonuna ait deformasyon elipsleri

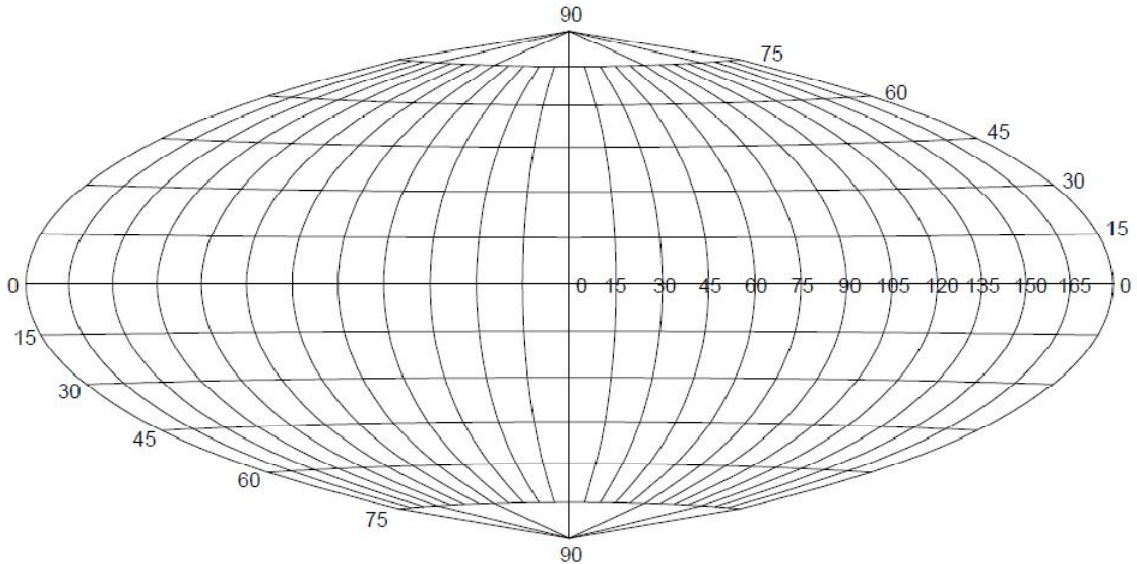
Eckert III projeksiyonuna ait alan deformasyon eğrileri Şekil 5.21 de verilmiştir.



Şekil 5.21 Eckert III projeksiyonuna ait alan deformasyonu eğrileri

5.5 Eckert-Greifendorf Projeksiyonu

Gerçek anlamda olmayan düzlem projeksiyondur. 1935 yılında Alman Max Eckert-Grendorf tarafından ortaya atılmıştır. Orta meridyen ekvatorun 0.46 katı uzunluğunda doğru parçasıdır. Diğer meridyenler orta meridyene doğru konkav, ekvator boyunca eşit aralıklı olmayan karmaşık eğrileridir (Şekil 5.22).



Şekil 5.22 Eckert-Greifendorf projeksiyonu coğrafi pafta ağı

Ekvator doğru parçasıdır. Diğer paraleller orta meridyen üzerinde, eşit aralıklı olmayan en yakın kutba doğru konkav karmaşık eğrilerdir. Kutuplar nokta şeklinde gösterilir. Projeksiyon eşitlikleri,

$$W = 0.25 \quad (5.33)$$

$$D = 2 \frac{1}{\cos \varphi \cos [W(\lambda - \lambda_0)]} \quad (5.34)$$

$$y = \frac{2\sqrt{D}}{W} \cos \varphi \sin [W(\lambda - \lambda_0)] \quad (6.35)$$

$$x = \sqrt{D} \sin \varphi \quad (5.36)$$

dir. Eckert – Greifendorf projeksiyonu eşitlikleri kullanılarak deformasyonlar incelemek istenirse $R = 1$ kabulü ve $\lambda_0 = 0$ olduğundan,

$$\frac{\partial y}{\partial \varphi} = \frac{\cos \varphi \sqrt{2}}{\sqrt{1 + \cos \varphi \cos(\frac{\lambda}{2})}} + \frac{\sin^2 \varphi \cos(\frac{\lambda}{2}) \sqrt{2}}{\sqrt[3]{1 + \cos \varphi \cos(\frac{\lambda}{2})}} \quad (5.37)$$

$$\frac{\partial x}{\partial \varphi} = 2 \frac{\sin \varphi \sin(\frac{\lambda}{2})(-\sqrt{2})}{1 + \cos \varphi \cos(\frac{\lambda}{2})} + \frac{\sin \varphi \sin(\frac{\lambda}{2}) \cos \varphi \cos(\frac{\lambda}{2}) \sqrt{2}}{\sqrt[3]{1 + \cos \varphi \cos(\frac{\lambda}{2})}} \quad (5.37)$$

$$\frac{\partial y}{\partial \lambda} = \frac{\sin \varphi \sin(\frac{\lambda}{2}) \cos \varphi \sqrt{2}}{4 \sqrt[3]{1 + \cos \varphi \cos(\frac{\lambda}{2})}} + \frac{\sin \varphi \sin(\frac{\lambda}{2}) \cos \varphi \cos(\frac{\lambda}{2}) \sqrt{2}}{\sqrt[3]{1 + \cos \varphi \cos(\frac{\lambda}{2})}} \quad (5.38)$$

$$\frac{\partial x}{\partial \lambda} = \frac{\cos \varphi \sqrt{2} \cos(\frac{\lambda}{2})}{\sqrt{1 + \cos \varphi \cos(\frac{\lambda}{2})}} + \frac{\cos^2 \varphi \sin^2(\frac{\lambda}{2}) \sqrt{2}}{2 \sqrt[3]{1 + \cos \varphi \cos(\frac{\lambda}{2})}} \quad (5.39)$$

olur. Meridyen doğrultusundaki deformasyon katsayısı (5.8), paralel daireler doğrultusundaki uzunluk deformasyonu katsayısı (5.7), alan deformasyonu katsayısı da (5.9) eşitliklerinden hesaplanacaktır.

Minimum ve maksimum uzunluk deformasyon katsayıları (5.11), (5.12), (5.13), (5.14) eşitliklerinden elde edilir. Maksimum açı deformasyonu ise (5.10) eşitliğinden hesaplanır (Francula 1971, Maling 1992, Uçar *et al.* 2004a, b).

Eckert I projeksiyonuna ait eşitlikler ve deformasyonlar 15° lik enlem ve boylam eğerleri hesaplanarak Çizelge 5.5 de verilmiştir.

Çizelge 5.5 Eckert-Greifendorf projeksiyonu deformasyon katsayıları

N. No	φ	λ	y	x	h	k	a	b	p	ω°
1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
2	0	15	0.2618	0	1.001	1.0003	1.0005	1.0003	1.0008	0

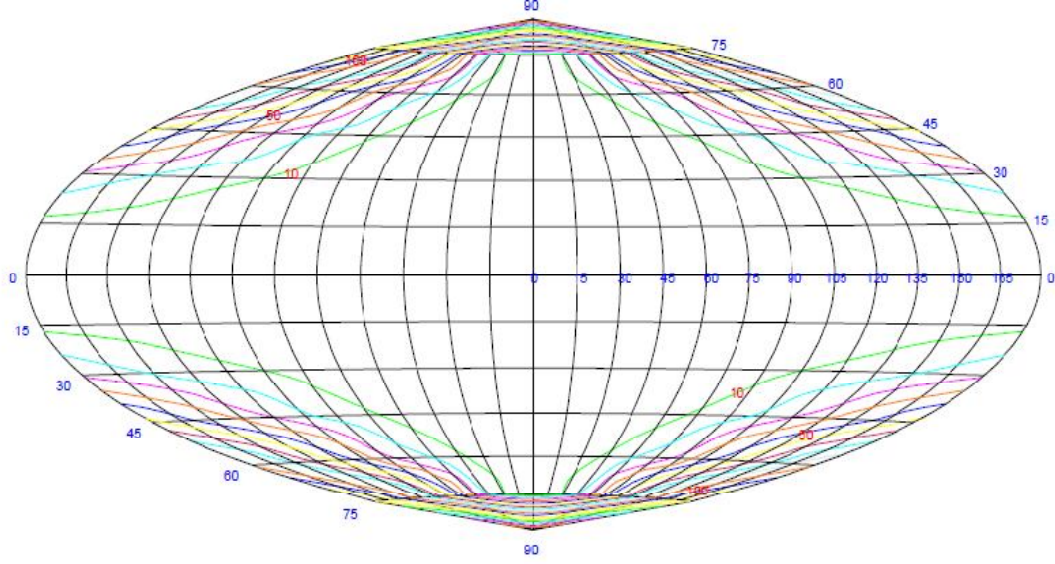
Çizelge 5.5 devamı

N. No	ϕ	λ	y	x	h	k	a	b	p	ω°
3	0	30	0.5232	0	1.002	1.0012	1.0021	1.0012	1.0033	0
4	0	45	0.7841	0	1.005	1.0026	1.0048	1.0026	1.0074	0
5	0	60	1.0442	0	1.009	1.0044	1.0086	1.0044	1.0131	0.0005
6	0	75	1.3032	0	1.014	1.0066	1.0135	1.0066	1.0202	0.00135
7	0	90	1.5607	0	1.02	1.0089	1.0196	1.0089	1.0287	0.00317
8	0	105	1.8166	0	1.027	1.0112	1.0268	1.0112	1.0383	0.00674
9	0	120	2.0706	0	1.035	1.0132	1.0353	1.0132	1.0489	0.0133
10	0	135	2.3223	0	1.045	1.0147	1.045	1.0147	1.0603	0.02482
11	0	150	2.5715	0	1.056	1.0153	1.056	1.0153	1.0722	0.04426
12	0	165	2.818	0	1.068	1.0149	1.0685	1.0149	1.0844	0.07596
13	0	180	3.0615	0	1.082	1.0129	1.0824	1.0129	1.0963	0.12623
14	15	0	0	0.261	1.008	1.0086	1.0086	1.008	1.0167	0
15	15	15	0.255	0.261	1.009	1.0089	1.0273	0.9905	1.0175	0.03807
16	15	30	0.5097	0.262	1.013	1.0096	1.0475	0.9736	1.0199	0.15317
17	15	45	0.7639	0.262	1.019	1.0106	1.0691	0.9575	1.0237	0.34814
18	15	60	1.0172	0.263	1.028	1.012	1.0922	0.9421	1.029	0.62771
19	15	75	1.2693	0.265	1.039	1.0136	1.1171	0.9271	1.0356	0.99857
20	15	90	1.52	0.266	1.053	1.0152	1.1437	0.9123	1.0435	1.4695
21	15	105	1.769	0.268	1.071	1.0167	1.1723	0.8977	1.0524	2.05145
22	15	120	2.016	0.27	1.091	1.0178	1.2029	0.8831	1.0622	2.7578
23	15	135	2.2607	0.273	1.115	1.0182	1.2356	0.8682	1.0727	3.60461
24	15	150	2.5028	0.275	1.143	1.0176	1.2706	0.8529	1.0837	4.61106
25	15	165	2.7421	0.279	1.174	1.0159	1.308	0.837	1.0947	5.79994
25	15	165	2.7421	0.279	1.174	1.0159	1.308	0.837	1.0947	5.79994
26	15	180	2.9782	0.282	1.21	1.0125	1.3478	0.8203	1.1056	7.19841
27	30	0	0	0.518	1.026	1.0353	1.0353	1.026	1.0622	0.00233
28	30	15	0.2347	0.518	1.03	1.0353	1.0712	0.9922	1.0628	0.16826
29	30	30	0.469	0.519	1.04	1.0354	1.1137	0.956	1.0646	0.66933
30	30	45	0.7028	0.52	1.058	1.0355	1.1589	0.9213	1.0677	1.51536
31	30	60	0.9356	0.522	1.083	1.0355	1.2071	0.8879	1.0718	2.72254
32	30	75	1.1672	0.524	1.116	1.0353	1.2586	0.8558	1.077	4.31328
33	30	90	1.3973	0.527	1.155	1.0347	1.3135	0.8246	1.0832	6.3158
34	30	105	1.6256	0.53	1.202	1.0336	1.3723	0.7943	1.0901	8.76351
35	30	120	1.8516	0.535	1.257	1.0318	1.4353	0.7647	1.0976	11.6941
36	30	135	2.0753	0.539	1.319	1.0289	1.5026	0.7358	1.1056	15.148
37	30	150	2.2961	0.544	1.389	1.0248	1.5746	0.7073	1.1137	19.1663
38	30	165	2.5138	0.55	1.466	1.0191	1.6514	0.6793	1.1218	23.7878
39	30	180	2.7281	0.557	1.551	1.0114	1.7334	0.6516	1.1294	29.0447
40	45	0	0	0.765	1.036	1.0824	1.0824	1.036	1.1213	0.05507

Çizelge 5.5 devamı

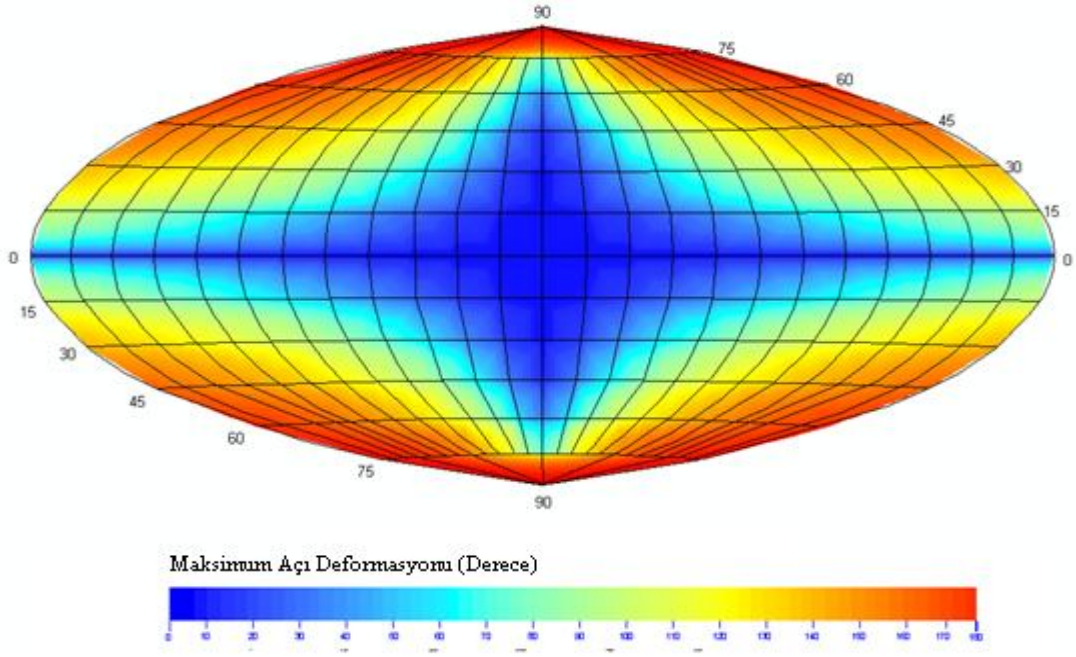
N. No	ϕ	λ	y	x	h	k	a	b	p	ω°
41	45	15	0.2003	0.766	1.045	1.0821	1.13	0.9926	1.1217	0.4822
42	45	30	0.4003	0.767	1.071	1.0811	1.1994	0.9361	1.1228	1.76925
43	45	45	0.5997	0.768	1.113	1.0794	1.275	0.882	1.1246	3.93234
44	45	60	0.798	0.771	1.17	1.0769	1.356	0.8311	1.127	6.99577
45	45	75	0.9951	0.774	1.242	1.0736	1.4426	0.7833	1.13	10.9875
46	45	90	1.1905	0.778	1.326	1.0692	1.535	0.7384	1.1334	15.9326
47	45	105	1.3839	0.782	1.422	1.0636	1.6332	0.6963	1.1373	21.8432
48	45	120	1.5751	0.788	1.528	1.0566	1.7376	0.6568	1.1413	28.7067
49	45	135	1.7635	0.794	1.644	1.048	1.8483	0.6197	1.1454	36.4717
50	45	150	1.949	0.8	1.769	1.0375	1.9653	0.5848	1.1493	45.0366
51	45	165	2.1311	0.808	1.902	1.0249	2.0888	0.5519	1.1528	54.2426
52	45	180	2.3094	0.816	2.043	1.0099	2.2186	0.5209	1.1558	63.879
53	60	0	0	1	1.01	1.1547	1.1547	1.0104	1.1667	0.51157
54	60	15	0.1511	1	1.03	1.1538	1.207	0.9666	1.1667	1.41894
55	60	30	0.3019	1.001	1.085	1.1512	1.3051	0.8941	1.1669	4.14501
56	60	45	0.452	1.003	1.172	1.1467	1.4186	0.8228	1.1673	8.69469
57	60	60	0.6011	1.006	1.285	1.1404	1.5425	0.757	1.1677	15.0527
58	60	75	0.749	1.009	1.418	1.1322	1.6754	0.6972	1.1681	23.1492
59	60	90	0.8952	1.013	1.567	1.1218	1.8165	0.6433	1.1685	32.8191
60	60	105	1.0394	1.018	1.728	1.1093	1.9651	0.5948	1.1687	43.7681
61	60	120	1.1814	1.023	1.898	1.0945	2.1206	0.5511	1.1688	55.5692
62	60	135	1.3207	1.029	2.077	1.0772	2.2826	0.5119	1.1685	67.7066
63	60	150	1.4569	1.036	2.261	1.0572	2.4503	0.4766	1.1678	79.6584
64	60	165	1.5899	1.044	2.451	1.0343	2.6233	0.4446	1.1664	90.9857
65	60	180	1.7191	1.053	2.646	1.0083	2.8008	0.4157	1.1643	101.389
66	75	0	0	1.218	0.914	1.2605	1.2605	0.9143	1.1524	2.97919
67	75	15	0.0854	1.218	0.955	1.2588	1.3145	0.8766	1.1522	4.76523
68	75	30	0.1705	1.219	1.067	1.2536	1.4387	0.8006	1.1518	10.1008
69	75	45	0.2551	1.22	1.232	1.245	1.5959	0.7212	1.151	18.8686
70	75	60	0.3389	1.222	1.429	1.233	1.7728	0.6486	1.1499	30.7245
71	75	75	0.4218	1.224	1.648	1.2175	1.9635	0.5849	1.1484	44.9547
72	75	90	0.5033	1.227	1.879	1.1984	2.1645	0.5297	1.1466	60.4622
73	75	105	0.5834	1.231	2.117	1.1758	2.3731	0.4822	1.1443	75.988
74	75	120	0.6616	1.235	2.359	1.1495	2.5869	0.4413	1.1416	90.4643
75	75	135	0.7379	1.239	2.603	1.1196	2.8041	0.406	1.1384	103.253
76	75	150	0.8118	1.244	2.846	1.086	3.0229	0.3754	1.1347	114.151
77	75	165	0.8832	1.25	3.087	1.0486	3.2419	0.3487	1.1305	123.241
78	75	180	0.9518	1.256	3.326	1.0073	3.4595	0.3254	1.1256	130.749

Çizelgede verilen değerler yardımı ile maksimum açı deformasyon eğrileri Şekil 5.23 de verilmiştir.



Şekil 5.23 Eckert-Greifendorf projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu eşdeformasyon eğrileri

Eckert-Greifendorf projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu renk metodu yöntemi ile Şekil 5.24 de gösterilmiştir.



Şekil 5.24 Eckert-Greifendorf projeksiyonuna ait maksimum açı deformasyonu değerlerinin renk metodu yöntemi ile gösterimi

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Harita projeksiyonların amacı, dünyanın tamamının veya bir kısmının belirli bir koordinat sistemine göre ya da düzleme açılabilen yüzeyler üzerine, matematiksel bağıntılar kullanarak aktarılmasıdır. Üç boyutlu yeryüzünü iki boyutlu bir düzlem üzerine aktarırken mutlaka bozulmalar oluşacaktır. Yani gerçek değerler düzleme aktarılırken değişime uğrar ve bozulmalar oluşur. Ancak özgün yüzeydeki bazı değerleri (alan, uzunluk ve açı) korunarak aktarılabilir. Aktarma sırasında oluşan bozulmaların miktarının da bilinmesi oldukça önemlidir. Bu amaçla Dünya'nın tamamının veya büyük bir kısmının haritası yapılırken, harita projeksiyonuna ait deformasyonların bilinmesi gerekir.

Gerçek anlamlı projeksiyonlarda dünyanın tümü tek pafta halinde gösterildiğinde bazı zorluklar oraya çıkar. Düzlem projeksiyonlarda yerkürenin ancak bir kısmı, silindirik ve konik projeksiyonlarda tamamı gösterilebilir. Ancak gerçek anlamlı projeksiyonlar, kutup bölgelerinde deformasyonun çok fazla artması ve küreselliğin algılanmasını güçleştirir. Özellikle enleme bağlı konuların doğru kavranabilmesi için, harita üzerinde paralel dairelerin izdüşümlerinin yatay ve birbirine paralel olması istenir. Bu görünüm silindirik projeksiyonlarla elde edilebilir ancak bu aşamada küreselliğin algılanma güçlüğü ortaya çıkar. Gerçek anlamda olmayan projeksiyonlar yukarıda değinilen sorunları gidermek amacıyla geliştirilmiştir. Özellikle gerçek anlamda olmayan silindirik projeksiyonlar enleme bağlı olayların anlaşılmasında kullanılabilir.

Bu tez çalışmada, temel kaynak olarak alınan literatürlerde geçen ve diğerlerine örnek olabilecek şekilde gerçek anlamda olmayan silindirik, düzlem projeksiyonlar seçilerek 15° aralıklarla coğrafi ağ oluşturulmuş ve uzunluk, açı ve alan bozulmaları bakımından incelenmiştir. Elde edilen deformasyon katsayıları nicel olarak ifadelendirilir ancak bu değerlerin yorumlanması ve hesaplanması uzmanlık gerektiren bir işlemdir. Bu çalışma ile harita kullanıcılarına, projeksiyona ait deformasyonlar hakkında anlık bilgi verilmesi sağlanmıştır. Öte yandan farklı görselleştirme yöntemlerinin kullanılması deformasyonların karşılaştırılması yönünden de önemlidir.

Örneğin Deniz ve hava ulaşımında kullanılan haritalarda alan deformasyonun bir önemi yoktur çünkü, güzergahın belirlenmesi doğru açı ile olacağından harita projeksiyonun açı koruyan özelliğe sahip olması önemlidir.

7. KAYNAKLAR

- Brainerd, J., Pang, A. (1998). Floating Ring: A New Tool for Visualizing Distortion in Map Projections. Computer Graphics International 98. June 22-26 1998. Hannover, Germany.
- Burgayevskiy, L. M., Snyder, J. P. (1995). Map Projections: A Reference Manual. London: Taylor and Francis Ltd.
- Eldrandaly, K. A., (2006). A COM-Based Expert System For Selecting the Suitable Map Projection in ArcGIS. Expert Systems with Applications 31: 94–100, Elsevier.
- Fracula, N., (1971). Die Vorteilhaftesten Abbildungen in der Atlaskartographie, Dissertation, Rheinischen Friedrich-Wilhelms Universität, Bonn.
- Fiala, F., (1957). Mathematische Kartographie, Berlin, VEB Verlag Technik, 316.
- Hake, G., Grünreich, D., (1994). Kartographie, Walter de Gruyter, Berlin.
- Kırtiloğlu, O.S., (2011). Harita Projeksiyonlarında Deformasyon Analizleri, Yüksek Lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Koçak, E. (1999). Harita Projeksiyonları, Zonguldak ISBN-975-7137-10-3.
- Maling, D. H., (1992). Coordinate Systems and Map Projections, 2nd ed. Oxford: Pergamon Press: 100-152.
- Mulcahy, K. A., (1999). Spatial Data Sets and Map Projections: An Analysis of Distortion, PhD Thesis, The City University of New York.
- Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., Stephen, C. G., (1995). Elements of Cartography. 6th ed. New York: J. Wiley&Sons Inc.

- Snyder, J. P., (1989). An Album of Map Projections, U.S. Geological Survey, University Minnesota, U.S. Geological Survey Professional Paper 1453.
- Tobler, W. R., (1962). A Classification of Map Projections. Annals of the Association of American Geographers., U.S.A. 167-175.
- Uçar, D., İpbüker C., Bildirici, İ. Ö., (2004). Matematiksel Kartografya: Harita M Projeksiyonları Teorisi ve Uygulamaları. Atlas Yayın Dağıtım, Yayın No:35.
- Uçar, D., İpbüker C., Bildirici, İ. Ö., (2004). Kartografik projeksiyonlarda Deformasyon elipslerinin Grafik Görselleştirilmesi, Harita dergisi, Sayı 119, Sayfa 30-44, Harita Genel Komutanlığı, Ankara.
- Yerci, M., (2002). Harita Projeksiyonları, Ders Notları, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Yomralıoğlu, T., (2000). Coğrafi Bilgi Sistemleri Karadeniz Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Wikle, T. 1991 Computer Software for Displaying Map Projections and Comparing Distortions. Journal of Geography, 90:264.

İnternet Kaynakları

- <http://www.mathworks.com/> 05.05.2012
- https://www.e-education.psu.edu/natureofgeoinfo/c2_p29.html/ 10.12.2013
- <http://www.beyince.net/yazi/projeksiyonlar/> 10.12.2013
- [http://www.teknolojikarastirmalar.com/pdf/tr/06_0_1_2_67_432.pdf /](http://www.teknolojikarastirmalar.com/pdf/tr/06_0_1_2_67_432.pdf/) 11.11.2013
- [http://picsbox.biz/key/plate%20carree%20map%20projection /](http://picsbox.biz/key/plate%20carree%20map%20projection/) 12.12.2013

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Murat Cem URAZ
Doğum Yeri ve Tarihi : Afyonkarahisar 1983
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 0537 264 4367 cemuraz@adu.edu.tr

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : (1998-2002) Afyon Lisesi
Lisans : (2005-2009) Afyon Kocatepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi/ Jeodezi ve Fotogrametri
mühendisliği
Yüksek Lisans : 2011 - 2013 Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen
Bilimleri Enstitüsü
Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği
Ana Bilim Dalı

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : 2009 – 2011 Arı Mühendislik Ltd. Şti.
2011 – Devam ediyor Adnan Menderes
Üniversitesi/ Atça Meslek Yüksek Okulu/ Öğretim
Görevlisi