



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**LOKAL GEOİT ÜZERİNE
C SHARP PROGRAMLAMA DİLİNDE UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat ÇAKAR

**DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Müge AĞCA YILDIRIM**

AKSARAY, 2016



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**LOKAL GEOİT ÜZERİNE
C SHARP PROGRAMLAMA DİLİNDE UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat ÇAKAR

**DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Müge AĞCA YILDIRIM
AKSARAY, 2016**

ÖNSÖZ

GNSS gözlemleriyle noktaların elipsoidal yükseklikleri elde edilir. Pratik haritacılıkta ise ortometrik yükseklikler kullanılır. Elipsoidal yüksekliklerden ortometrik yüksekliklere geçiş için geoit ondülasyonlarının (geoit yüksekliklerinin) bilinmesi gerekir. Bu amaçla, geoit ondülasyonları belirlenmiş alanda, ara noktaların ondülasyon değerlerinin belirlenmesinde ağırlıklı ortalama, polinom yüzeyler, multikuadratik ve Kriging yöntemi kullanılmıştır. Tez çalışmasında, C Sharp Programlama Dilinde ara noktaların geoit ondülasyonlarının ve ortometrik yüksekliklerinin hesaplanması amaçlanmıştır.

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserleri her kullanışımında alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Murat ÇAKAR

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim ve tez çalışmalarımda bilgi ve hoşgörüsüyle yardımlarını ve yönlendirmelerini esirgemeyerek büyük bir özveri gösteren değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Müge AĞCA ve Doç. Dr. Mustafa ACAR'a, Aksaray Üniversitesi'nde Yüksek Lisans eğitimi almama olanak sağlayan ve emekleri geçen tüm hocalarıma ve değerli mesai arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Desteklerini esirgemeyen, anlayışlarıyla ve sabırlarıyla beni yalnız bırakmayan Harita Yük. Mühendisi Ömer SALGIN'a, Harita Teknikeri Sinan BÜYÜKKARA'ya ve Harita Teknikeri Yahya GÜRSOY'a teşekkür ederim.

Ayrıca bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi olan ve bana her konuda destek olan rahmetli babam Recep ÇAKAR'a ve annem Satı ÇAKAR'a sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	iv
DOĞRULUK BEYANI.....	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. JEODEZİDE YÜKSEKLİK	5
2.1 Yükseklik Sistemleri	5
2.1.1 Jeopotansiyel yükseklik	6
2.1.2 Dinamik yükseklik	7
2.1.3 Ortometrik yükseklik	8
2.1.4 Normal yükseklik	9
2.1.5 Elipsoidal yükseklik	10
3. GEOİT VE HESAPLAMA YÖNTEMLERİ.....	12
3.1 Geoit.....	12
3.2 Geoit Hesaplama Yöntemleri.....	12
3.2.1 Global geoit belirleme model yaklaşımı	13
3.2.2 Bölgesel geoit belirleme modelleri	14
3.2.2.1 Gravimetrik yöntemler ile yüksekliği belirleme	14
3.2.2.2 Astrojeodezik yöntem ile geoit yüksekliği belirleme	15
3.2.2.3 GPS/Nivelman yönteminden faydalanarak geoit yüksekliği belirleme	17
4. GEOİT YÜKSEKLİK BELİRLEME YÖNTEMLERİ	19
4.1 Ağırlıklı Aritmetik Ortalama ile Enterpolasyon	20
4.2 Polinomlarla Enterpolasyon	20
4.3 Multiküadratik Enterpolasyon.....	23
4.4 Kriging Enterpolasyon Yöntemi	24

4.4.1 Ordinary ve universal kriging yöntemi	25
5. C SHARP PROGRAMLAMA DİLİNDE LOKAL GEOİT UYGULAMASI	31
5.1 C Sharp Nedir.....	31
5.2 C Sharp Programlamanın Evreleri	33
5.3 C Sharp Kaynak Programının Biçimi	34
5.4 Lokal Geoit 1.0 Programının Tanıtılması	36
5.5 Programa Okutulan Txt Dosya Yapısı	42
5.6 Programa Okutulan Excel Dosya Yapısı.....	43
5.7 Sayısal Uygulama.....	44
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	46
KAYNAKLAR	49
EKLER.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	78

ÖZET

LOKAL GEOİT ÜZERİNE C SHARP PROGRAMLAMA DİLİNDE UYGULAMA

Yükseklik sistemleri jeodezik araştırmaların en önemli çalışma konularından bir tanesidir. Çünkü köprü, baraj, viyadük, yol, demiryolları, hava yolları gibi farklı mühendislik alanlarını da ilgilendiren uygulamalarda yüksek doğruluklu yükseklik bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Yüksek doğruluklu ölçmeler GNSS teknolojisi ile birlikte elde edilmesine rağmen GNSS ile matematiksel bir anlamı olan elipsoidal yükseklikler elde edilmektedir. Mühendislik uygulamalarında ise fiziksel bir anlam ifade eden ortometrik yükseklikler kullanılmaktadır. Bu nedenle, elipsoidal yüksekliklerin ortometrik yüksekliklere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun içinde hem elipsoidal hem de ortometrik yüksekliği bilinen noktalardan yararlanılarak lokal geoit profilleri belirlenmelidir.

Bu çalışmada, geoit profilinin modellenmesi için kullanılan, Ağırlıklı Aritmetik Ortalama ile Enterpolasyon, Polinom katsayıları ile Enterpolasyon, Multiküadratik ve Kriging yöntemleri ayrıntılı olarak anlatılarak C Sharp programlama dilinde geliştirilmiştir.

Anahtar kelimeler; GNSS/GPS, Geoit, Elisoid yükseklik, Ortometrik yükseklik, Ağırlıklı Aritmetik Ortama ile Enterpolasyon, Polinomlarla Enterpolasyon, Multiküadratik Enterpolasyon, Kiging(Lineer) ve C Sharp

ABSTRACT

PROGRAMMING LANGUAGE APPLICATION IN C SHARP ON LOCAL GEOID

Height systems is one of the most important subjects of study of geodetic research. Because bridges, dams, viaducts, roads, railways, airways, such as the application of different interests in the field of engineering knowledge is needed for high-precision height. High-precision measurements GNSS technology with despite a GNSS ellipsoidal heights in the mathematical sense is obtained. In a physical sense engineering practices are used by known height. Therefore, it is necessary to convert ellipsoidal heights to orthometric heights. local geoit profiles should be set using the points of known ellipsoidal and orthometric heights as well as in it.

In this study, used for modeling the geoit profile interpolation Weighted Mean, Interpolation polynomial coefficients, multiquadratic and Kriging methods have been developed in C Sharp programming language, explained in detail.

Key words: GNSS/GPS, Geoit, Ellipsoid Height, Orthometric Height, with the Weighted Mean Interpolation, Interpolation with Polynomials, Multiquadratic Interpolation, Kiging (Linear) and C Sharp

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 2.1: Jeopotansiyel yükseklikler (Yılmaz, 2011).	6
Şekil 2.2: Ortometrik yükseklik (Yılmaz, 2011).	8
Şekil 2.3: Elipsoidal yükseklik (Yiğit, 2003).	11
Şekil 3.1: Astrojeodezik çekül sapması (Yiğit, 2003).	15
Şekil 3.2: Geoitte fark değişimlerinin etkisi (Yiğit, 2003).	16
Şekil 3.3: Elipsoit normali ile çekül eğrisi arasındaki uzunluk farkı (Yiğit, 2003)..	18
Şekil 3.4: Elipsoid, ortometrik ve geoit yüksekliği arasındaki ilişkisi (URL-6).	18
Şekil 5.1: C Sharp (URL-5).	32
Şekil 5.2: Lokal Geoit 1.0 programı ilk açıldığında başlangıç arayüzü.	36
Şekil 5.3: Dayanak noktaları ve yeni noktaların grafik ekranda birlikte görünümü.	37
Şekil 5.4: Seçilen noktalardan yüzey oluştur'a basılması durumunda görünüm.	37
Şekil 5.5: Lokal Geoit 1.0 programı'nın enterpolasyon seçeneklerinin görünümü. ..	38
Şekil 5.6: Yeterli sayıda dayanak noktası seçilememesi durumunda verilen hata mesajı görünümü.	39
Şekil 5.7: Geoit model katsayıları hesaplanmadan yeni noktaların hesaplanması durumunda verilen hata mesajı görünümü.	40
Şekil 5.8: Lokal Geoit 1.0 programının rapor genel görünümü.	40
Şekil 5.9: Lokal Geoit 1.0 programının raporunda nokta uyumu testi görünümü. ..	41
Şekil 5.10: Lokal Geoit 1.0 programının rapor yüzey polinomu katsayıları ve nokta düzeltme görünümü.	41
Şekil 5.11: Hesaplanacak yeni noktaların raporda hesap görünümü.	42
Şekil 5.12: Lokal Geoit 1.0 programında dayanak noktaları txt verisi görünümü.	42
Şekil 5.13: Lokal Geoit 1.0 programında yeni noktaların txt verisi görünümü.	43
Şekil 5.14: Dayanak noktalarının Excel verisi görünümü.	43
Şekil 5.15: Yeni noktaların Excel verisi görünümü.	44

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 5.1: Enterpolasyon yöntemi ve katsayı sayısı.....	38
Çizelge 5.2: Enterpolasyon yöntemi ve hesaplama yöntemi.	38



KISALTMALAR LİSTESİ

BÖHHBÜY	Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
BLUE	Best Linear Unbiased Estimator
EGM96	Earth Gravitational Model 1996
GPS	Global Positioning System
GNSS	Global Navigation Satellite System
IGSN71	International Gravity Standardization Net 1971
OSU91-A	Ohio State University Global Jeoid Model 91 A
YSA	Yapay Sinir Ağı

SİMGELER DİZİNİ

g	Gerçek gravite
G	Newton'un çekim sabiti
GM	Jeosantrik çekim sabiti
H^{din}	Dinamik yükseklik
H	Ortometrik yükseklik
H^*	Normal yükseklik
h	Elipsoidal yükseklik
N	Geoit ondülasyonu (yüksekliği)
N_{GM}	Geoit yüksekliğinin, herhangi bir jeopotansiyel modelden elde edilen uzun dalga boyu parçası
$N_{\Delta g}$	Geoit yüksekliğinin, indirgenmiş gravite anomalilerinin Stokes integralinde kullanılmasıyla elde edilen orta dalga boyu parçası
N_T	Geoit yüksekliğinin, topografik yüksekliklerden elde edilen kısa dalga boyu parçası
R	Yerin ortalama yarıçapı
$S(\psi)$	Stokes veya kernel fonksiyonu
U	Normal (standart) gravite potansiyeli
V	Çekim potansiyeli

W	Gerçek gravite potansiyeli ve Kriging enterpolasyon yönteminde (n+1) elemanlı ağırlık bilinmeyenleri vektörü
W_0	Geoidin potansiyeli
γ	Normal (standart) gravite ve Kriging enterpolasyon yönteminde Dayanak Noktalarının birbirlerine olan uzaklıklarına karşılık gelen (n+1)(n+1) elemanlı variogram matrisi
γ_0	Krigin enterpolasyon yönteminde enterpolasyon noktası ile dayanak noktalarının elemanlarına karşılık gelen (n+1) elemanlı variogram vektörü
$\bar{\gamma}$	Ortalama normal gravite
$\bar{g}$	Ortalama gravite
ζ	Yükseklik anomalisi
$\Phi\Lambda$	Astronomik enlem ve boylam
W	Kriging enterpolasyon yönteminde (n+1) elemanlı ağırlık bilinmeyenleri vektörü
$\phi\lambda$	Jeodezik enlem ve boylam
φ	Jeosantrik enlem
Δg	Gravite anomalisi
$\xi\eta$	Çekül sapması bileşenleri
$\alpha\varepsilon$	Çekül sapmasının herhangi α azimutundaki bileşeni
ψ	Veri noktası ile ölçü noktası arasındaki küresel uzaklık
σ	İntegrasyonun kapsadığı küresel uzaklık ve GPS nivelmanında uyuşum doğruluğu standart sapması

B Düzeltmelerin standart sapması

$F_{1,f-1,1-\alpha_0}$ F- dağılımından hesaplanacak değer

$\tau_{au}(f, 1 - \frac{\alpha_0}{2})$ Tau sınır değeri



1. GİRİŞ

Yerin, kütlesi ve kendi eksenini etrafında dönmesinden kaynaklanan ağırlık alanında her bir noktanın bir ivmesi ve ivme değeri vardır. İvme değerleri eşit olan noktaların birleştirilmesiyle oluşan yüzeylere nivo yüzeyleri ya da seviye yüzeyleri denilmektedir. Nivo yüzeyleri, yatayın tanımlanmasına yardımcı olduklarından fiziksel jeodezi için oldukça önemlidir.

Geoit yerin kütle çekim ve merkezkaç kuvvetlerinin etkisi altında aldığı şekildir. Isı, basınç, yoğunluk, tuzluluk farkı, akıntı ve gelgit gibi etkilerden arındırılmış okyanus yüzeyiyle çakışıp karaların altında da devam ettiği düşünülen nivo yüzeylerine geoit denmektedir. Bu yüzey, gerçek ağırlık alanının nivo yüzeylerinden özel bir tanesine karşılık gelmektedir ve sahip olduğu potansiyel değeri ile tanımlıdır. Geoit, yükseklikler için sıfır yükselti olarak kabul edilen başlangıç yüzeyidir ve yerin temel şekline verilen isimdir. Geoidin matematiksel olarak gösterimi imkânsızdır ancak fiziksel olarak gösterilebildiğinden dolayı jeodezinin temel yüzeyidir. Üzerinde matematiksel işlemler yapılamadığından, bu yüzey bir hesap yüzeyi olarak kullanılamamaktadır. Geoit, yeryüzünün büyük bölümünü oluşturan denizlerle çakıştığından, doğal olaylarla uyumlu, gözle görülebilen ve erişilebilen ender bir yüzeydir. Bu özellikleri nedeniyle, jeodezicilerin geoide verdiği önem daha da artmaktadır.

Yerin biçim ve büyüklüğünü temsil eden geoide; nokta yükseklikleri için başlangıç yüzeyinin tanımlanmasında, ortalama yer elipsoidinin belirlenmesinde, referans sistemlerinin yatay ve düşey datumunun belirlenmesinde, yer kabuğundaki ve deniz yüzeyindeki değişimlerinin incelenmesinde, gravite değişimlerinin belirlenmesinde ihtiyaç duyulmaktadır.

İvme değişimlerinin belirlenmesi diğer bir ifadeyle ivme yöntemi, temel jeofizik yöntemlerinden biridir. Bu yöntemle, yeraltındaki değişik yoğunluklardan oluşan ivmenin küçük değişimleri ölçülmekte ve bu ölçülerden yararlanılarak yeraltında aranan cisim veya jeolojik yapı hakkında bilgi edinilebilmektedir.

Son yıllarda Global Navigation Satellite System (GNSS) teknolojisinin yaygın kullanımı, yükseklikler açısından geoide olan ihtiyacı daha da artırmış, bazı uygulamalar için kaçınılmaz hale getirmiştir. Günümüzde GNSS ile türetilen elipsoid yükseklikler doğal durumu yansıtmadıklarından, yüksekliklerle ilgili hassas pratik ihtiyaçları karşılamaktan uzaktırlar. Ortometrik yüksekliklerin geleneksel nivelman yöntemiyle elde edilmesi, hava şartlarına bağımlı, pahalı, çok fazla işgücü ve zaman gerektiren bir işlemdir. Bu durum topografyasının dağınık olması nedeniyle ülkemiz için de geçerlidir.

GNSS uygulamalarında $H=h-N$ formülünde (H =Ortometrik yükseklik, h =Elipsoid yükseklik ve N =Geoit yüksekliği) kolayca belirlenebilen elipsoid yüksekliklerini ortometrik yüksekliklere dönüştürebilmek için geoit yüksekliklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Geoit yüksekliklerinin bilinmesi, geometrik bir yükseklik türü olan elipsoid yüksekliklerinden fiziksel bir yükseklik türü olan ortometrik yüksekliklere geçişi kolaylaştırmaktadır. Böylece pratik uygulamalar daha hızlı ve daha ekonomik olmaktadır. Bu sebeple elipsoid yüksekliklerinin ortometrik yüksekliklere dönüşümünde kullanılacak en iyi geoit modelinin belirlenmesi oldukça önemlidir (Yılmaz, 2011).

Kalaycı (1997) tarafından "GNSS ile Ortometrik Yüksekliklerin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma" konulu yüksek lisans tezinde "Konya Metropolitan Yüzey Ağı"nın bir bölümünde yapılan çalışmada gravite değerleri olmadığı için yer kontrol noktalarının yükseklikleri yerel geoit geçirilerek belirlenmiştir. Bu çalışmada proje kapsamında bulunan 7 noktanın yükseklikleri arasındaki farklar ile GNSS sonucunda bulunan yükseklik farkları karşılaştırılmıştır.

Tuşat (2000) tarafından "Uydu Teknolojisi ve Yersel Gözlemler yardımıyla Geoit Yüksekliklerinin hesaplanması" konulu yüksek lisans tezinde Selçuk Üniversitesi Kampüs'ü civarında elipsoid yükseklik ve ortometrik yükseklik arasındaki farkın ($N=h-H$) yani geoit yükseklik değişiminin kuzey-güney doğrultusunda bir hat boyunca gözlemek amacıyla yapılmıştır.

Yiğit (2003) tarafından " Elipsoid Yüksekliklerden Ortometrik Yüksekliklerin Hesabında Kullanılan Tüm Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması" konulu yüksek lisans tezinde, Uydu Teknolojisi ve Geometrik Nivelman ölçüleri yardımıyla geoit ondülasyonları belirlenmiş değişik üç test bölgesinde, ortometrik yüksekliği

hesaplanacak noktaların ondülasyon değerlerinin belirlenmesinde en küçük kareler yöntemi, polinomlarla enterpolasyon, Kriging yöntemi ve multiküadratik enterpolasyon sonuçları irdelenmiştir.

Berber (2004) tarafından "Farklı Jeodezik Yüksekliklerin İncelenmesi" konulu yüksek lisans tezinde Jeopotansiyel, Dinamik, Ortometrik ve Normal yükseklik sistemleri ve bunlara getirilen düzeltmeler incelenmiştir.

Kaya (2006) tarafından "Kampüs Nivelman Ağında değişik Baz Uzunluklarına Göre Nivelman-Elipsoidal Yüksekliklerin Karşılaştırılması" konulu yüksek lisans tezinde GNSS ile elde edilen elipsoidal yükseklik bilgilerinin ortometrik yüksekliğe dönüştürülmesi amacıyla geoit yüksekliklerinin belirlenmesinde gravimetrik yöntem, astrojeodezik yöntem ve analitik yöntem (yüzey geçirme) kullanılmıştır.

Akiz (2007) tarafından "Ortometrik yüksekliklerin hesabında kullanılan enterpolasyon yöntemlerinin hassasiyetlerini analiz etmek amacıyla uydu teknolojisinden elde edilen yükseklikler ve geoid ondülasyonları kullanılarak ortometrik yükseklikler hesaplanması" konulu yüksek lisans tezinde mevcut geoit modelleri ile GNSS ile elde edilen elipsoidal yüksekliklerinde ortometrik yüksekliklerin hesaplanması konusunda açıklama ve uygulamalar verilmektedir.

Başçıftçi (2008) tarafından " Jeodezide Kullanılan Dönüşüm Yöntemlerinin Programlanması " konulu yüksek lisans tezinde GNSS/GPS ile elde elipsoidal yüksekliklerin ortometrik yüksekliklere dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada, Transformatör 1.0 isimli program geliştirilmiştir.

Türen (2010) tarafından "Astrojeodezik Nivelman ile Yerel Geoit Belirleme" konulu yüksek lisans tezinde 40x70 km'lik alanı kapsayan altı noktalı bir GNSS/GPS ağında astronomik gözlemler ve çekül sapması bileşenlerine dayalı astrojeodezik nivelman uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

Yılmaz (2011) tarafından "Türkiye için Farklı Yöntem ve Verilerle Belirlenen Geoidlerin Karşılaştırılması" konulu doktora tezinde günümüze kadar Türkiye için yetkili kişi ve kurumlarca belirlenen geoit modelleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Değişik geoit modelleri arasındaki uyumsuzlukların nedenleri ve büyüklükleri araştırılmıştır.

Çakır (2012) tarafından " Ortometrik Yüksekliklerin Uydu Teknolojisinden

Faydalanarak Elde Edilen Verilerle Hesaplanması Yöntemlerin İrdelenmesi" konulu doktora tezinde GNSS/GPS ile elde edilen elipsoidal yüksekliklerden ortometrik yüksekliğe dönüşümde üç farklı test bölgesinde farklı nokta dağılımları için çeşitli hesaplama yöntemleri ile yerel GPS/Nivelman geoitleri oluşturularak yöntemlerin performansları değerlendirilmiştir.

Bolat (2013) tarafından "Lokal Geoit Belirleme Yöntemleri" konulu yüksek lisans tezinde GNSS ölçülerinde elde edilen elipsoidal yüksekliklerden ortometrik yüksekliğe dönüşümde lokal geoit modellerinin belirlenmesi ve belirlenen geoit modellerinin karşılaştırması yapılarak en uygun modelin hangisi olabileceği irdelenmiştir.

Işık (2013) tarafından " Lokal Geoit Belirlemede Yapay Sinir Ağları ve Kriging Yöntemlerinin Karşılaştırılması" konulu yüksek lisans tezinde GNSS/GPS ölçülerinde elde edilen elipsoidal yüksekliklerden ortometrik yüksekliğe dönüşümde Yapay Sinir Ağları (YSA) yönteminin geoit modellemesinde kullanılabilirliği Kriging yöntemiyle karşılaştırılmıştır.

Bu tezlerin tümünde Geoit modellemesi ile ilgili teorik bilgiler verilmiştir. Hesapları yapan bir uygulama programlama dilinde geliştirilmemiştir. Sadece Fuat Başçiftçi tarafından geliştirilen Transformatör 1.0 isimli program mevcuttur. Bu programda Lineer, Kuadratik ve Kübik dönüşüm vardır. Ortogonal olmayan yöntemlerle dönüşüm yapmamaktadır. Manuel veri girişi ve Text dosyadan veri okuyabilmektedir. Transformatör 1.0 programı sadece Text veriyi okuyabilmesi ortogonal olmayan polinomlarla enterpolasyon yapamaması, ortogonal olan polinomlar dışında hesap seçeneği sunamaması ve yaygın olarak kullanılamaması programın dezavantajlarından biridir.

2. JEODEZİDE YÜKSEKLİK

Bir noktanın yüksekliği denince o noktadan geçen eşpotansiyelli yüzeyin (nivo yüzeyinin) bir başlangıç yüzeyine ne kadar uzakta olduğunu anlarız. Bir noktanın bir başka noktaya göre yüksekte olduğunun ifade edilebilmesi için, suyun o noktadan yüksekliği az olan noktaya başka bir dış kuvvet olmasa da akması gerekir. Bu ise noktalardaki gravite değerleri ile ilgilidir. Yüksekliği geometrik bir büyüklük olarak değil fiziksel bir kavram olarak düşünmeliyiz. Bir başka deyişle yükseklik kavramını gravite alanı çerçevesinde irdelemeli, buna göre yükseklik tanımını yapmalıyız. Yüksekliklerin hesabında farklı başlangıç eşpotansiyelli yüzeyler alınabilir. Uluslararası düzeyde en önemlisi geoiddir (Yılmaz, 2011).

2.1 Yükseklik Sistemleri

Yeryuvarı üzerindeki bir noktanın başlangıç alınan yüzeylerden olan düşey mesafesinin çözümü için çeşitli yükseklik sistemleri tanımlanmıştır (Yılmaz, 2011).

Teori ve uygulamadaki yükseklik problemlerinin çözümü için jeodezide çeşitli yükseklik sistemleri tanımlanmıştır. Bunlar bilimsel ve pratik yükseklik sistemleri olmak üzere iki sınıf altında düşünülür;

Bilimsel Yükseklikler;

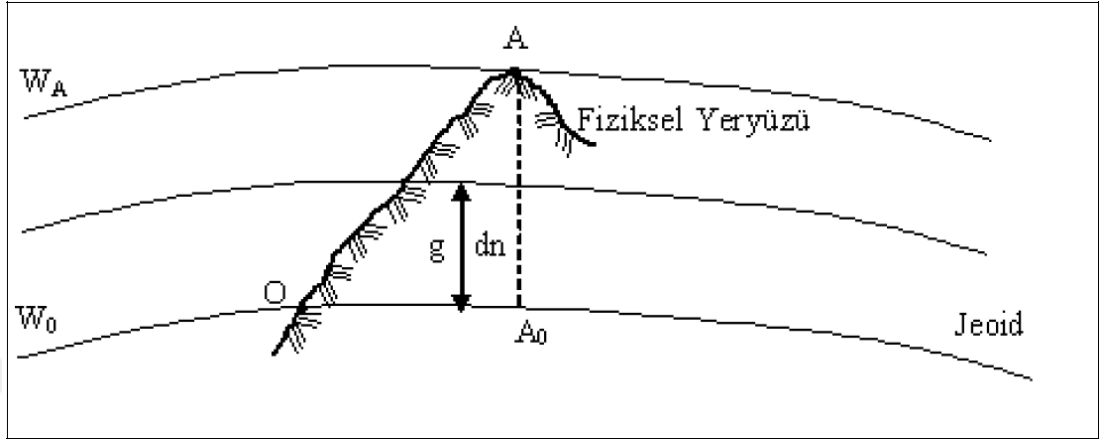
- Jeopotansiyel yükseklik
- Dinamik yükseklik
- Ortometrik yükseklik

Pratik Yükseklikler ise;

- Normal yükseklik
- Elipsoidal yüksekliktir (Yiğit, 2003).

2.1.1 Jeopotansiyel yükseklik

Jeopotansiyel yükseklik (veya jeopotansiyel sayı), bir uzunluk boyutuna sahip değildir ancak yükseklikler için doğal bir ölçüttür. Yükseklik, bu sayının uygun bir gravite değerine oranı biçiminde tanımlanır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Jeopotansiyel yükseklikler (Yılmaz, 2011).

Nivelmanla iki nokta arasında bulunan yükseklik farkı “ $\Delta H = H_2 - H_1$ ” olsun. Ara noktalar boyunca elde edilen ortalama gravite g_{ort} olmak üzere, jeopotansiyel yükseklik farkı “ $\Delta C = g_{ort} \cdot \Delta H$ ” şeklinde hesaplanır. Ülke nivelman ağ noktalarının jeopotansiyel yükseklikleri bu farkların ele alınmasıyla bulunur. Nivelmanla elde edilen yükseklik farkları herhangi bir yükseklik sistemine ilişkin değildir. Bu amaçla jeopotansiyel yüksekliklere geçilerek ilgili yükseklikler tanımlanır ya da nivelmanla elde edilen yükseklik farklarına gravitenin bir fonksiyonu olan düzeltmeler getirilerek ilgili yükseklik sistemindeki yükseklik farkları (örneğin ortometrik yükseklik farkları) yoluyla noktaların istenen yükseklikleri bulunur.

A noktasının jeopotansiyelini hesaplamak için (Şekil 2.1) 'deki eşitlik verilmiştir.

$$C_A = W_0 - W_A = \int_0^A dW = \int_0^A g dn \quad (2.1)$$

Burada;

C_A : A noktasının jeopotansiyel yüksekliği (Jeopotansiyel sayı)

W_0 : Geoidin potansiyeli

W_A : A noktasının potansiyeli

dW : Diferansiyel anlamda potansiyel farkı

dn : Diferansiyel anlamda yükseklik farkı

g : Diferansiyel anlamda yükseklik farkının olduğu yerdeki gravitedir.

Jeopotansiyel sayının birimi 1 g.p.u. = 1 kgal*metre = 10 m².sn² = 1000 gal*metre = 105 cm².sn² şeklinde tanımlanır. Bir eş potansiyelli yüzey üzerindeki tüm noktalarının jeopotansiyel sayıları aynıdır. Bu nedenle, jeopotansiyel sayı her ne kadar uzunluk boyutuna sahip değilse de yükseklikler için doğal bir ölçüttür. Jeopotansiyel yüksekliklerin geometrik boyutu olmaması sebebiyle pratik önemleri yoktur (Yılmaz, 2011).

2.1.2 Dinamik yükseklik

Dinamik Yükseklikler,

$$H_A^{Din} = \frac{C_A}{\gamma_0^{45}} = \frac{W_0 - W_A}{\gamma_0^{45}} \quad (2.2)$$

Jeopotansiyel kotlar, istenildiği gibi seçilebilen sabit bir γ_0 ağırlık değerine, Helmert'in önerisine uygun olarak belirlenen enlemindeki normal ağırlık değerine ($\gamma_0 = 0.9806294$ kGal) bölünürse, başka yükseklik sistemleriyle de karşılaştırılabilen büyüklükte ve metre biriminde dinamik yükseklikler (H_A^{Din}) çıkar. $\gamma_0 = 0.980$ kgal olduğundan jeopotansiyel kotlar, dinamik yüksekliklerden % 2 oranında daha küçüktür.

(2.3) eitiğinde γ_0 yerine (2.1) deki eşiti yazılır ve integral ifadesindeki özdeşliği dikkate alınırsa, nivelman sonuçlarını bir düzeltme terimiyle dinamik yüksekliklere dönüştürmeye yarayan formüller elde edilir.

Jeopotansiyel ve Dinamik yüksekliklerin geometrik bir anlamı yoktur. Dinamik yüksekliklerin bir yükseklik değeri vardır. Sadece aynı yükseklikte dinamik yükselti değerleri aynıdır.

A ve B gibi iki noktanın dinamik yükseklikleri

$$H_A^{Din} = \frac{C_A}{\gamma_0} \quad ve \quad H_B^{Din} = \frac{C_B}{\gamma_0} \quad (2.3)$$

eşitliği ile tanımlanır. Burada,

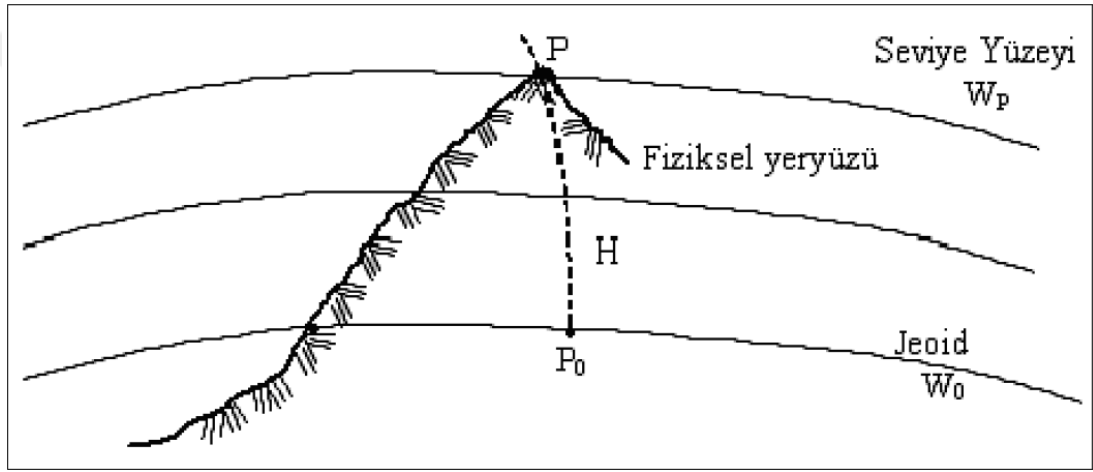
C_A , C_B : A ve B noktalarının jeopotansiyel yükseklikleri

γ_0 : 45° lik enlemdeki normal gravite değeridir.

Jeopotansiyel kotlar ve dinamik yükseklikler bilimsel araştırmalar ve büyük ağ dengelemeleri için uygun sistemlerdir.

2.1.3 Ortometrik yükseklik

P noktasından geçen çekül eğrisinin geoidi deldiği P_0 noktası arasında kalan boyuna ortometrik yükseklik (H) denir (Şekil 2.2). Bu, yükseklik kavramının geometrik anlamda bir tanımıdır. Çekül eğrisinin P- P_0 parçası boyunca nivelman yapıldığı düşünülür.



Şekil 2.2: Ortometrik yükseklik (Yılmaz, 2011).

P'nin jeopotansiyel sayısı C,

$$C = W_0 - W_P \quad (2.4)$$

dir. P_0P çekül eğrisi boyunca (2.1) integrali uygulanırsa

$$C = \int_0^H g dH \quad (2.5)$$

elde edilir. H ortometrik yükseklik daha açık olarak belirlenmek istenirse,

$$dC = -dW = g dH \quad (2.6)$$

$$dH = -\frac{dW}{g} = \frac{dC}{g} \quad (2.7)$$

$$H = -\int_{W_0}^W \frac{dW}{g} = \int_0^C \frac{dC}{g} \quad (2.8)$$

olur. Pratikte (2.8) eşitliği pek kullanışlı değildir. Eğer (2.5) eşitliği yeniden düzenlenirse,

$$C = \int_0^H g dH = H \frac{1}{H} \int_0^H g dH \quad (2.9)$$

$$C = \bar{g} \cdot H \quad (2.10)$$

$$\bar{g} = \frac{1}{H} \int_0^H g dH \quad (2.11)$$

şekline dönüşür. $\bar{g}$ P- P₀ doğrultusu boyunca geoide kadar olan ortalama ağırlık büyüklüğü olup değeri bilinmek zorundadır. (2.10) eşitliği ile P noktasının C potansiyel yüksekliğinden aşağıdaki biçimde (2.12) eşitliği ile ortometrik yükseklik

$$H = C / \bar{g} \quad (2.12)$$

elde edilir.

Burada, $\bar{g}$, jeoide kadar olan ortalama gravite değeridir. Uygulamada P noktasında ölçülen gravite değeri g kullanılarak,

$$\bar{g} = g + 0,0424 \cdot H \quad (2.13)$$

eşitliği elde edilir.

2.1.4 Normal yükseklik

Normal ağırlık alanının çekül eğrileri boyunca fiziksel yeryüzünden (dünyanın ağırlık merkezine doğru) normal yüksekliklere eşit uzaklıktaki noktaların geometrik yeri olarak tanımlanan, genellikle geoidden birkaç desimetre (dm) sapan ve geoide benzeyen kuasi geoid, bir nivo yüzeyi değildir. Geoidin aksine fiziksel önemi yoktur. Kuasi geoidin bir noktasının elipsoidten olan uzaklığına yükseklik anomalisi denir.

Normal potansiyeli gerçek potansiyele eşit olan noktaların belirlediği yüzeye, Finlandiyalı ölçmeci R.A. Hirvonen'in önerisiyle tellüroid adı verilmiştir. Biçimi yeryüzüne benzer. Bir noktanın normal yüksekliği, başka bir anlamda, o noktaya karşılık tellüroid noktasının elipsoidten olan uzaklığına eşittir. Yükseklik anomalisi, fiziksel yeryüzünün tellüroidten olan uzaklığı anlamında da kabul edilebilir.

Geoidin elipsoide uzaklığı N ile gösterilirse ortometrik yükseklik H ile N' nin toplamı elipsoid yüksekliğine eşittir. Normal çekül eğrileri boyunca ortalama değerleri ve jeopotansiyel kotlar yardımıyla normal yükseklikler, hatasız

sayılabilecek bir doğrulukla hesaplanabilmektedir. Nivelman ölçülerinden başka yeryüzünde ölçülen öteki büyüklüklerin (doğrultular, uzaklıklar, astronomik ölçüler, ağırlık ölçüleri) geoide indirgenmesi genellikle zor ve hatalıdır. Bu hatalar, geoidin yukarıdaki kütleler için yoğunluk değerlerinin bir kabule dayanmasından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden Molodenski tarafından geliştirilen yöntemde, yeryüzünde ölçülen büyüklüklerin geoide indirgenmesinden vazgeçilmiş, çekül sapması bileşenleri ve yükseklik anomalisi için fiziksel yeryüzü temel alınmıştır. Yardımcı yüzey olarak kuasi geoid, bir jeodezik ağırlık yeryüzünde ölçülen elemanlarının elipsoid yüzeyine yeterli bir doğrulukla indirgenmesi olanağını sağlar. Molodenski tarafından tanımlanan kuasi geoid, açık denizlerde ve kıyılarda geoid ile çakışır.

Yerin ağırlık alanının normal ağırlık alanına eşit olduğu kabul edilirse ortometrik yüksekliğe normal yükseklik denebilir ve H^* ile gösterilir.

Böylece (2.5)'den (2.11)'e kadar olan eşitlikler böylece

$$W_0 - W_P = C = \int_0^{H^*} \gamma dH^* \quad (2.14)$$

$$H^* = \int_0^C \frac{dC}{\gamma} \quad (2.15)$$

$$C = \bar{\gamma} H^* \quad (2.16)$$

$$H^* = \frac{C}{\bar{\gamma}} \quad (2.17)$$

biçimine girer. Burada $\bar{\gamma}$

$$\bar{\gamma} = \frac{1}{H} \int_0^{H^*} \gamma dH^* \quad (2.18)$$

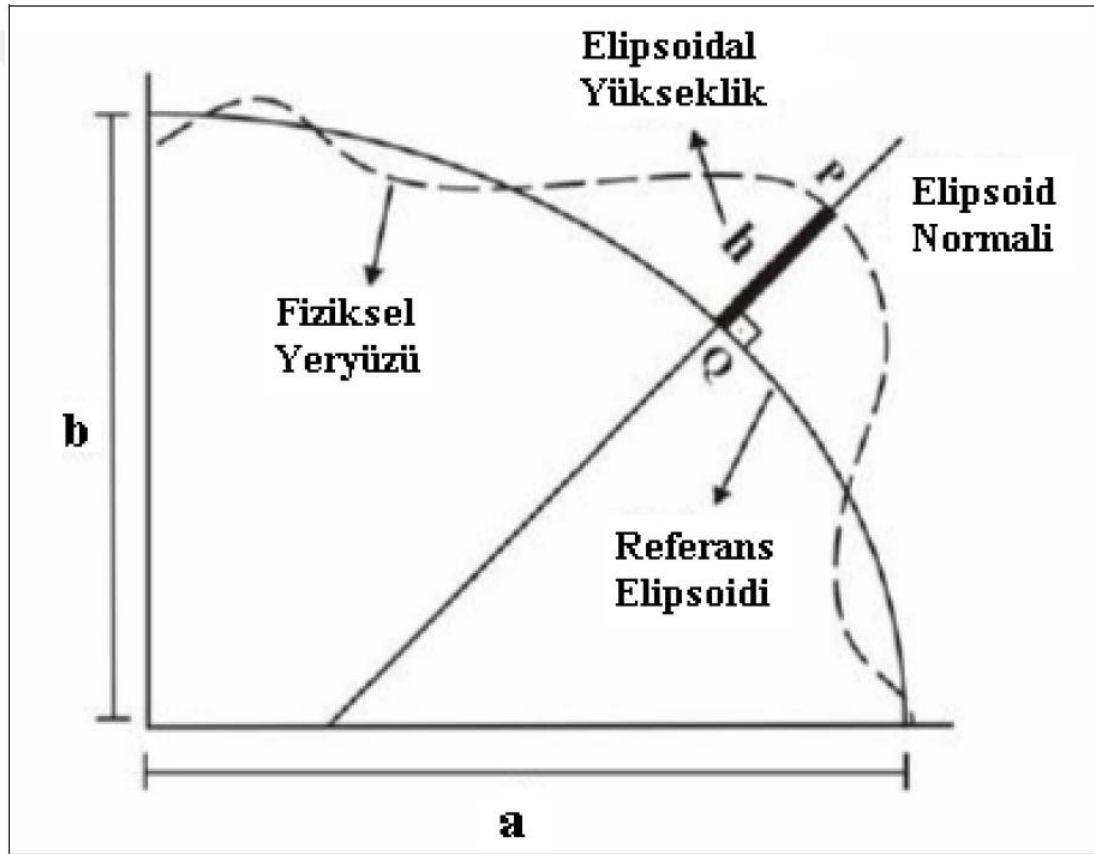
olup P- P₀ doğrultusu boyunca ortalama normal ağırlık değeridir (Yılmaz, 2011).

2.1.5 Elipsoidal yükseklik

Uygulamada, geometrik nivelman ve gravite ölçülerine dayalı olarak hesaplanan ortometrik yükseklikler kullanılır. GNSS ölçüleri ile üç boyutlu geosentrik bir koordinat sisteminde seçilen başlangıç elipsoidine göre elipsoidal yükseklik h (Şekil 2.3), belirlenmekte olup $h=H+N$ formülü ile elipsoidal yükseklik ile ortometrik yükseklik arasında geometrik bir ilişki bulunur. Burada, H ortometrik yükseklik, h elipsoidal yükseklik ve N geoit yüksekliği olup geoit ile elipsoit

arasındaki uzaklıktır. Elipsoidal yükseklikler, yerin çekim alanından tamamen bağımsızdır. Hâlihazırda komşu GNSS noktaları arasındaki mm düzeyinde yükseklik inceliği, hassas nivelman noktalarının inceliğine yetişemez. Verilen elipsoide ilişkin GPS/GNSS yükseklikleri ile ağırlık alanında nivelmanla belirlenmiş yüksekliklerin birlikte değerlendirilmesi için geoidin hassas bilgileri gereklidir. GPS gözlemlerinden türetilen ortometrik yükseklikler, elipsoidal ve geoit yükseklikleri arasındaki ilişkilerin hassasiyetine bağlıdır. Yükseklik belirlemesinin doğruluk istemlerine uygun yerel bir geoit kullanılırsa, mühendislik ölçmeleri için GNSS yükseklikleri kullanılabilir.

Yükseklik, elipsoidin boyutları ve datum tanımı ile ilişkilidir (Yılmaz, 2011).



Şekil 2.3: Elipsoidal yükseklik (Yiğit, 2003).

3. GEOİT VE HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

3.1 Geoit

Geoit Yerkürenin kütle çekim ve merkezkaç kuvvetlerinin etkisi altında aldığı şekildir. Geoit karaların altından da ilerlediği varsayılan durgun okyanus yüzeyi ile temsil edilir. Geoit yüzeyi üzerinde hesap yapma zorluğu nedeniyle elipsoit ile arasındaki matematiksel formüllerin ortaya konulması zorunludur. Uydu teknolojisi ile elde edilen elipsoid yüksekliklerden ortometrik yüksekliklere geçiş için geoit yüksekliklerin bilinmesi gerekliliği geoide olan ihtiyacı her zamankinden daha önemli kılmaktadır (Yiğit, 2003).

3.2 Geoit Hesaplama Yöntemleri

Geoit modelleri birbirleriyle, veri, yöntem, datum, seçilen elipsoid, uygulanabilirlik ve doğruluk bakımından farklılıklar göstermektedir. Geoit yükseklikleri, farklı verilerden veya farklı hesaplama yöntemlerinden ayrı ayrı bulunabildikleri gibi uygun veri ve yöntemlerin birlikte değerlendirilmesiyle de bulunabilirler.

Geoit yükseklikleri, boyutları ortalama yer elipsoidinin boyutlarına eşit ve referans koordinat eksenleri doğal koordinat eksenleri ile özdeş bir referans elipsoidine ait veriler yardımıyla hesaplanıyorsa “mutlak”, aksi takdirde “relatif” olurlar (Yılmaz, 2011).

Pratikte geoidin belirlenmesi birçok bilinmeyenin hesaplanması ile gerçekleşir. Bunlar hesap elipsodine ait değerler ve gerçek gravite alanına ait değerlerdir. Bu iki değerler grubunun karşılıklı farkları alınarak N geoit ondülasyonu, Δg gravite anomalisi ve çekül sapması değerleri η , ξ hesaplanır.

Hesap elipsoidine ait değer;

- Elipsoid yüksekliği - h
- Normal gravite değeri - γ
- Coğrafik enlem ve boylam değeri - (φ, λ)

- Normal potansiyel değeri - U

Gerçek gravite alanı değerleri ise;

- Ortometrik yükseklik - H
- Gravite - g
- Gravite potansiyeli değeri - W 'dir.

Fiziksel yeryüzünün bütün katmanları aynı yoğunluğa sahip değildir. Katmanlardaki yoğunluk farkı düzenli değildir. Yerin fiziksel şekline en uygun olan geoitin şeklide düzenli değildir. Geoit verilerin büyüklüğüne göre farklı şekillerde belirlenir. Veri uluslararası düzeyde ise hesaplanan global geoit olur. Eğer veri bölgesel veya lokal düzeyde ise hesaplanan geoit yereldir. Uydu teknolojisindeki gelişmeler sayesinde lokal veriler GNSS, gravite değerleri, astronomik ölçülerin birleşimidir (Yiğit, 2003).

3.2.1 Global geoit belirleme model yaklaşımı

Dünya üzerinde her ülkenin bir yada birden fazla baz istasyonlarından alınan gravite verileri birleştirilerek oluşturulan uluslararası bir geoit modeldir. Ağırlık ivmesi için dayanak kabul edilen International Gravity Standardization Net 1971 (IGSN71) datumu, Potsam referans sisteminin yerini almıştır. Potsam referans sistemi sarkaç ölçülerine dayanıyordu.

Uydu teknolojisindeki gelişmeler sayesinde ağırlık alanının belirlenmesi GPS/GNSS verileri ve ağırlık bilgilerinin birleştirilmesi ile hesaplanabilmektedir.

1849'da Stokes, geoit yüksekliğini hesaplamak için gravite büyüklüklerini kullanmıştır. Bulduğu formül ise (3.1) eşitliğinde olduğu gibidir (Yiğit, 2003).

$$N = \frac{R}{4\pi G} \iint_{\sigma} \Delta g S(\Psi) d\sigma \quad (3.1)$$

R : Dünyanın yarıçapı

G : Ortalama ağırlık değeri

Δg : Özgür hava ağırlık anamolisi

S(ψ) : Stokes fonksiyonu

Bu formül geotin dış kısmında kitlenin bulunmadığı varsayımına dayanır. Fiziksel jeodezide yukarıdaki formüllerin uygulanabilmesi için geotin dış kısmındaki kitlenin en azından geoitin içine gömülmesi gerekir. Çeşitli ağırlık indirgemelerinin maksadı

budur. Potansiyel teorisinin tesbit ettiği anlamda bir sınır değeri olarak ele alınırsa, geoit yüzeyini belirleyen yerin dışında kitle yoktur kabulü olmak zorundadır. Stokes fonksiyonu bunu gerektirir.

OSU91-A ve EGM 96 modelleri uluslararası geoit modelleridir. Potansiyel katsayılarından geoit yüksekliği hesaplanabilmektedir (Yiğit, 2003).

3.2.2 Bölgesel geoit belirleme modelleri

Bölgesel olarak arazi topoğrafyasından dolayı ülkeler arasında değişkenlik gösteren geoit modellerinin hesabı Stokes İntegralindeki büyüklüklere göre hesaplanır.

$$N = N_{GM} + \frac{R}{4\pi\gamma} \iint_{\sigma} (\Delta g - g_{GM}) S(\Psi) d\sigma \quad (3.2)$$

N : geoit ondülasyonu

N_{GM} : Global geoit modeline göre belirlenen geoit ondülasyonu

R : Yerkürenin yarıçapı

γ : Normal gravite

Δg : Gravite sapması

Δg_{GM} : Global modele göre belirlenen gravite sapması

$S(\Psi)$: Stokes fonksiyonu

σ : İntegrasyonun içine aldığı global aralık

3.2.2.1 Gravimetrik yöntemler ile yüksekliği belirleme

Yer'in gravite alanındaki değişimlere neden olan kitle hareketlerine farklı değişkenler sebep olmaktadır. Bunlar katı yer, okyanus ve atmosfer gel-gitleri, okyanus akıntıları ve okyanus tabanı basıncı değişimleri, yeraltı sularının kitle dağılımındaki değişimler (hidrolojik devir), geoidin içindeki kitle dağılımı değişimi (konveksiyon akımları), tektonik plaka hareketleri ve depremler, post-glacial rebound, global deniz seviyesi yükselmesi, bölgesel deformasyonlardır. Bütün bu etkenler çekül sapmasına neden olmaktadır. Gravimetrik çekül sapması, g' nin indirgemesiyle bulunan Δg ağırlık anomalilerinin fonksiyonu olarak ifade edilebilir. Δg bilinen ise, geoid ondülasyonları ve çekül sapmaları hesaplanabilir (Yiğit, 2003).

Tuşat'a (2000) göre, gravimetrik yöntemler, bir sınır yüzey için verilen gravite anomalileriyle bu yzeyeye bağlı geoit yükseklikleri ya da yükseklik anomalileri arasındaki ilişkiyi tanımlayan jeodezik sınır değer probleminin çözümü temeline dayanır. Sınır değer probleminin zm Stokes entegrali ile sağlanır.

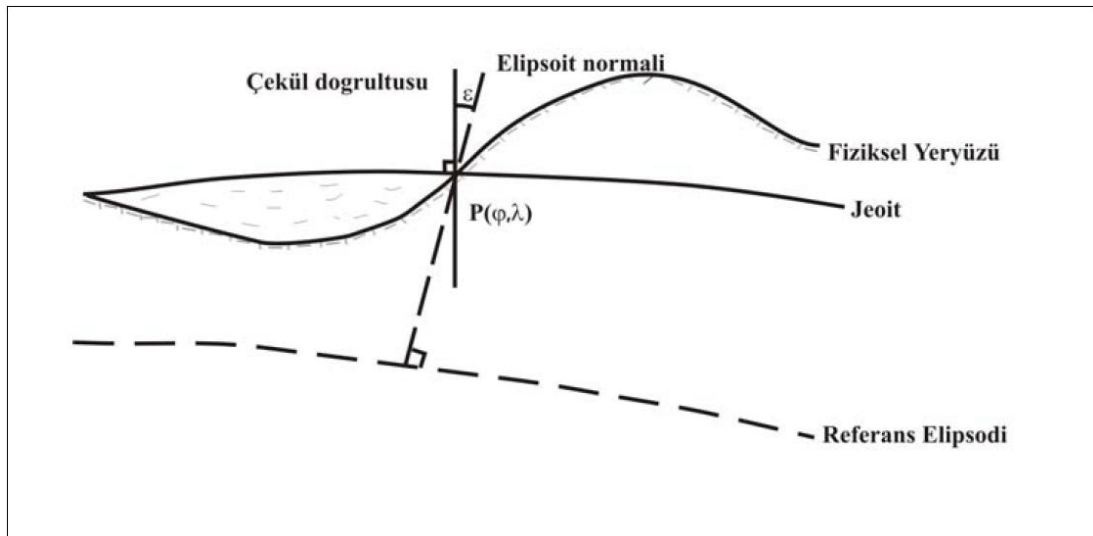
3.2.2.2 Astrojeodezik yöntem ile geoit yüksekliği belirleme

Astrojeodezik yöntemle geoit yüksekliğinin hesabı gravite ivmesinin değişimden hesaplanmaz. ekl eğrisinin sapma bileşenleri geoit yüksekliğini belirler. Bu yöntemde fiziksel yeryüzü üzerindeki iki nokta arasındaki arazi şeklinde çekül sapma bileşenlerinin yakın noktalar arasında bilinmesini gerektirir.

Yer zerindeki bir noktanın kesişen elipsoid normali ile çekül doğrultusu arasındaki sapma miktarına çekül sapması (ϵ) denir (şekil 3.1).

Sideris (1990)'a göre, yer üzerinde jeodezik koordinat sistemlerinde yapılan ölçüleri çekül sapmaları etkiler. İki boyutlu koordinatlar ile üç boyutlu koordinat sistemlerinde jeodezik ve astronomik değerler arasındaki ilişkiler koordinat doğruluğunu geoit yüksekliği ve çekül sapmaları etkilemektedir (Yanar, 1999).

Yerkürede bulunan bir noktanın doğal koordinatları (Φ, Λ) astronomik ölçüler yardımıyla hesaplanabilir. Bir P noktasının doğal koordinatları bir referans elipsoidinin coğrafi koordinatlarıyla (ϕ, λ) karşılaştırılırsa, çekül sapması değerleri hesaplanabilir.



şekil 3.1: Astrojeodezik ekl sapması (Yiğit, 2003).

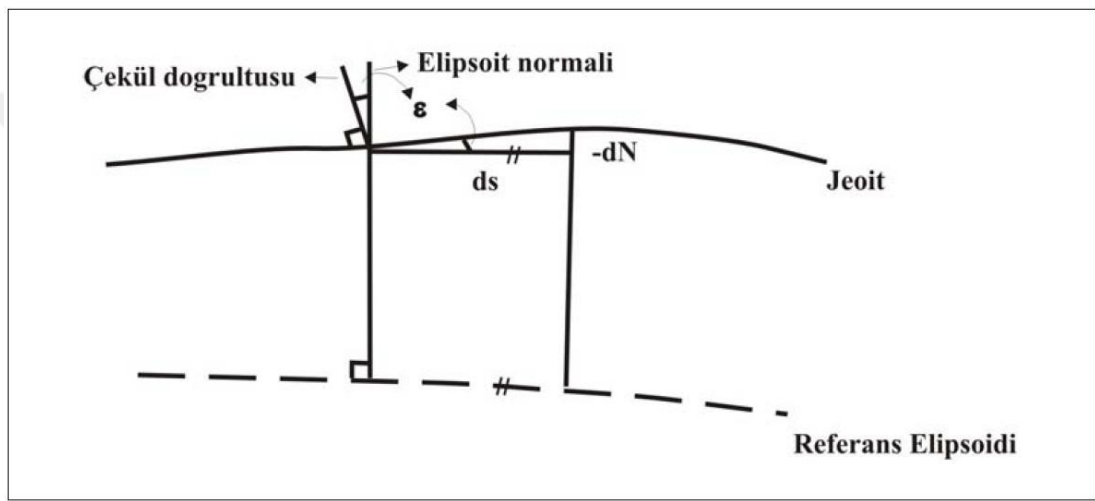
$$\xi = \Phi - \phi \quad (3.3)$$

$$\eta = (\Lambda - \lambda)\cos\phi \quad (3.4)$$

(3.3) ve (3.4) eşitlikleri çekül sapması değerlerinin kuzey-güney ve doğu-batı yönlerindeki sapma formülleridir. Çekül sapması ε ise; herhangi bir α azimutu doğrultusundaki çekül sapması değeri (3.5) eşitliği ile hesaplanır.

$$\varepsilon = \xi\cos\alpha + \eta\sin\alpha \quad (3.5)$$

Geoit ondülasyonun oluşturduğu yüzeyde çekül sapması değişimler oluşturmaktadır. Bu değişimlerin etkisi şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Geoitte fark değişimlerinin etkisi (Yiğit, 2003).

Geoit yüksekliklerinin fark anlamında değişimi,

$$dN = \varepsilon ds \quad (3.6)$$

denklemdir. Başlangıç noktası 1’de geoit yüksekliği biliniyor ise (N_1) 2 profili boyunca N değeri,

$$N_2 - N_1 = - \int_1^2 \varepsilon ds \quad (3.7)$$

formülü ile hesaplanır. Bu formül astrojeodezik nivelman formülüdür.

Geoit hesaplamalarında bu eşitliğe ortometrik düzeltme getirilmeli ya da yeryüzü için geçerli olan (3.3) ve (3.4) eşitlikleriyle hesaplanan çekül sapması bileşenleri ile α azimutundaki çekül sapması geoite indirgenmelidir (Yiğit, 2003).

Çekül sapması bileşenleri profil boyunca bulunan düşey uzunluğu,

$$N_2 - N_1 = -\frac{\varepsilon_{10} + \varepsilon_{20}}{2} s \quad (3.8)$$

formülü ile hesaplanabilir.

Üstün'e (2001) göre, (3.8) formül ile belirlenen geoit ondülasyon farkları, geometrik nivelman dengelemesi mantığı ile dengelenir. Geoit ondülasyonu hesaplanacak noktalar için uygun yüzey modeli belirlenmelidir (Yiğit, 2003).

3.2.2.3 GPS/Nivelman yönteminden faydalanarak geoit yüksekliği belirleme

GPS/GNSS teknolojisinin jeodezi alanındaki etkisi büyük olmuştur. Geçmişte herhangi bir noktanın koordinatlarını elde etmek için, bu noktayı gören noktalara açı ve kenar ölçmelerine gereksinim vardı. GPS/GNSS'le yer noktalarının birbirini görme zorunluluğu, açı ve kenar ölçmelerinin yapılması zorunluluğu ortadan kalkmıştır. Geçmişte ölçüler yatay ve düşey olmak üzere ayrı ayrı değerlendirilirdi; oysa GPS 3 boyutlu bir sistemdir.

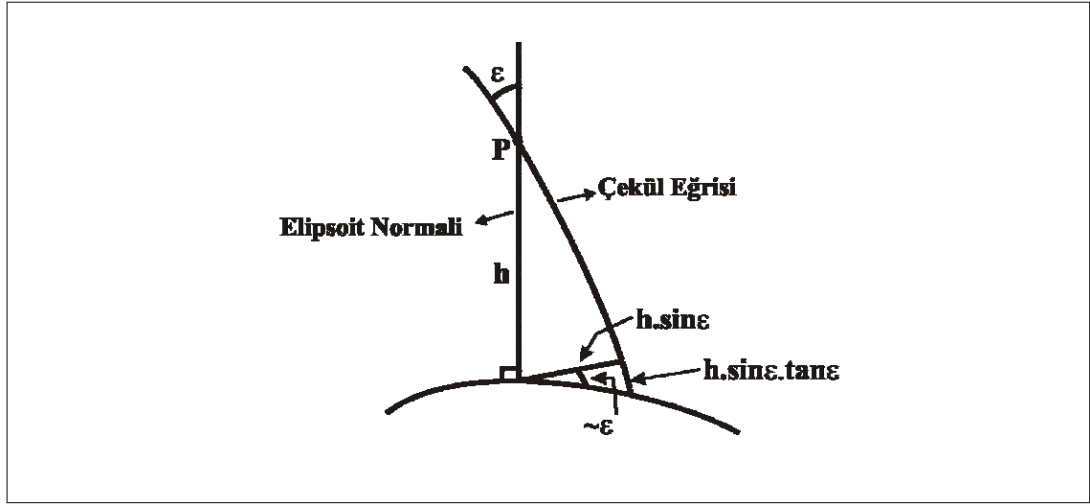
Bununla birlikte GPS/GNSS ile elde edilen yükseklikler, geleneksel yükseklik ölçme yöntemleri (nivelman) ile elde edilen yüksekliklerden farklı bir yükseklik sistemindedir. GPS verilerinden elipsoid yükseklik h kolaylıkla elde edilebilir. Bu yükseklik yeryuvarının basit bir elipsoit modelinin üstünde ya da altındadır ve elipsoid yükseklik (h) olarak adlandırılır. Nivelman ölçmelerinden ortometrik yükseklikler (H) ortometrik düzeltme getirilerek elde edilir. Bu iki yükseklik sistemi arasındaki ilişki aşağıdaki eşitlikle ifade edilir. Bu yöntem küçük alanlarda geoit modeli oluşturmak için kullanılır.

Elipsoit yüksekliği yeryuvarı üzerindeki bir noktadan elipsoit normali üzerinde elipsoide olan uzaklığıdır. Elipsoid normali ile çekül doğrultusu arasında fark vardır. Bu çekül doğrultusunun eğriliğinden dolayıdır (Şekil 3.3). Elipsoit yüksekliği h ise, elipsoid normali ve çekül doğrultusu arasındaki fark;

$$\delta h = h \sin \varepsilon \tan \varepsilon \quad (3.9)$$

formülü ile hesaplanır.

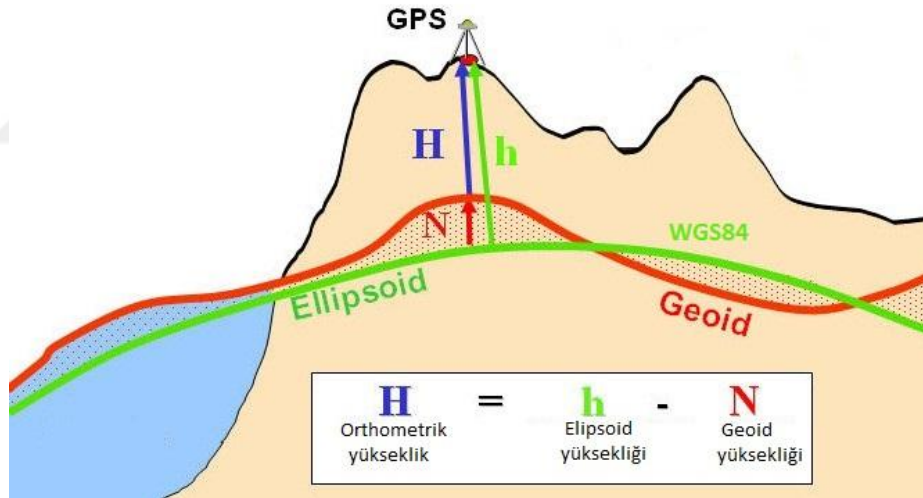
Elipsoid normali ve çekül doğrultusu arasındaki fark yeryuvarı üzerindeki bütün yeryüzü şekilleri için ihmal edilebilir (Jekeli, 2000).



Şekil 3.3: Elipsoit normali ile çekül eğrisi arasındaki uzunluk farkı (Yiğit, 2003).
Ortometrik yükseklik H, geoit yüksekliği N ve elipsoit yüksekliği h olmak üzere,

$$H = h - N \quad (3.10)$$

formülü ile hesaplanır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: Elipsoid, ortometrik ve geoit yüksekliği arasındaki ilişkisi (URL-6).

4. GEOİT YÜKSEKLİK BELİRLEME YÖNTEMLERİ

Geoit belirleme yöntemleri tarihsel olarak kullanılan verilere ve geliştirilen alet ve bilgisayar imkanlarına göre bir gelişim göstermiştir. İlk geoit belirleme, bir noktadaki astronomik enlem ve boylam ile aynı noktadaki jeodezik enlem ve boylam arasındaki farkları (çekül sapmalarını) kullanarak geoit belirlemeye dayanan astro-jeodezik yöntemle yapılmıştır. 1970'li yılların başlarında bilgisayarın hesaplarda kullanılmaya başlamasıyla birlikte düşük dereceli jeopotansiyel modeller geliştirilmiş ve geoit belirlenmiştir. 1980'li yıllarda gravite verilerinin elde edilmesi ve bilgisayarlar sayesinde hızlı fourier transformasyonu kullanılarak geoit belirlenmiştir. Yine bu yıllarda jeopotansiyel model katsayılarının derece ve seviyeleri artırılmış ve geoit belirlemedeki presizyon böylece iyileştirilmiştir. 1990'lı yıllara geldiğimizde artık uydulardan konum belirleme yöntemleri sivil kullanımda da yaygınlaşmış ve böylece GPS/Nivelman yöntemi ile geoit belirleme yöntemi daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca gravite verileri de uydular yardımı ile hem karada hem denizde hem de kutup bölgeleri için oldukça fazla miktarda elde edilmeye başlanmıştır. Bu da gravimetrik geoit belirleme yöntemlerinin doğruluğunu artırmıştır. Bunlara ek olarak yüksek dereceli jeopotansiyel modeller bütün dünyayı kapsayacak şekilde geliştirilmiştir. Son yıllarda GPS/GNSS veri miktarının artması ile geoit herhangi bir bölge için çok parametrelili polinom katsayıları ile belirlenebilir ve bu bölge içinde enlem ve boylamı belli olan bir noktanın geoit yüksekliği de elde edilen polinom katsayıları kullanılarak hesaplanabilir.

Ortometrik yüksekliklerin belirli olduğu noktalarda GPS/GNSS ölçüleri yapılarak aynı noktaların elipsoidal yükseklikleri de belirlenmiş ve böylece bu noktalardaki geoit yükseklikleri elde edilmiştir. Böylece bu bölge içinde enlem ve boylamı belli olan bir noktanın geoit yüksekliği de, model kullanılarak enterpolasyonla hesaplanabilir. Geoit model oluşturulurken ortometrik yüksekliği bilinen noktaların yüksekliği hatasız kabul edilir. Bölgeyi kapsayan tek bir fonsiyonla ortometrik yüksekliği hesaplanacak noktaların yüksekliği belirlenir.

Geoit yüksekliklerinin belirlenmesinde kullanılan enterpolasyon yöntemleri hassasiyeti konusunda dünyanın çeşitli merkezlerinde araştırmalar devam etmektedir. Bu araştırmalarda farklı enterpolasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Geoit belirleme yöntemleri, kullanılan veriler ve modeller dikkate alınarak aşağıda sınıflandırılmıştır.

4.1 Ağırlıklı Aritmetik Ortalama ile Enterpolasyon

Bu yöntemde, enterpolasyon noktasının yüksekliği, çevresinde bulunan dayanak noktalarının yüksekliklerinden ağırlıklı olarak hesaplanır. Her bir dayanak noktasının yüksekliğine verilecek olan ağırlık değeri o noktanın enterpolasyon noktasına olan uzaklığının bir fonksiyonudur. n dayanak noktası sayısı ise, ortometrik yüksekliği hesaplanacak noktaların geoit yüksekliği;

$$P_i = \frac{1}{D^k} \quad (4.1)$$

olmak üzere:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n N_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (4.2)$$

eşitliği ile hesaplanır (Zhan-Ji, 1998). Bu yöntemde, değeri büyüdükçe yeni noktadaki geoit ondülasyonu, komşu noktaların geoit ondülasyonundan daha fazla etkilenir, yani ağırlıklı aritmetik ortalama ile enterpolasyon, en yakın komşuluklu enterpolasyon problemine dönüşür. k değeri önemli bir etkidir. k değeri arttıkça komşu dayanak noktalarının ağırlığı artar. Geoit yüksekliğinin doğru hesaplanabilmesi için yakın noktaların ağırlığının fazla olması gerekir.

4.2 Polinomlarla Enterpolasyon

Yüzey modeli oluşturmada en yaygın olarak kullanılan yöntem polinomlarla enterpolasyon yöntemidir. Bu yöntemin ana fikri çalışılan bölgenin tek bir fonksiyonla ifade edilmesidir. Ortometrik yüksekliği bilinen noktalarının x_i, y_i yatay koordinatları ve N_i geoit yüksekliğinden faydalanan polinom katsayıları hesaplanır. Model yüzeyi bölgenin topoğrafyasına ve geoidin değişme sıklığına göre belirlenir. Ortogonal polinomlarla enterpolasyonda;

$$N(x, y) = \sum_{k=0}^n \sum_{j=k-i}^k a_{ij} x^i x^j \quad (4.3)$$

Ortogonal olmayan polinomlarla enterpolasyonda ise,

$$N(x, y) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n a_{ij} x^i x^j \quad (4.4)$$

eşitliklerinden yararlanılır. Burada;

a_{ij} : Yüzey polinomunun katsayıları

x, y : Noktaların yatay koordinatları

n : Polinomun derecesi (1,2,3) dir.

Yüzey polinomu katsayıları bilinmeyendir. Bilinen sayısı dayanak noktaları sayısından az olmalıdır. Yüzey polinomu katsayıları en küçük kareler yöntemi ilkesine göre hesaplanabilir.

A; Katsayılar matrisi, $L_T = [N_1 N_2 \dots N_n]$

olmak üzere,

$$\begin{aligned} N &= A^T A \\ n &= A^T l \\ x &= N^{-1} n \end{aligned} \quad (4.5)$$

eşitlikleri yazılabilir. N geoit ondülasyon fonksiyonları ortogonal olan ve ortogonal olmayan olmak üzere ikiye ayrılır.

Model yüzeyinin derecesine göre Ortogonal polinomlarla enterpolasyonda;

$$N(x, y) = a_0 + a_1 y + a_2 x \quad (n=1) \quad (4.6)$$

$$N(x, y) = a_0 + a_1 y + a_2 x + a_3 x^2 + a_4 xy + a_5 y^2 \quad (n=2) \quad (4.7)$$

$$N(x, y) = a_0 + a_1 y + a_2 x + a_3 x^2 + a_4 xy + a_5 y^2 + a_6 x^3 + a_7 x^2 y + a_8 xy^2 + a_9 y^3 \quad (n=3) \quad (4.8)$$

fonksiyonları yazılır. Bu fonksiyonlarda kullanılan enterpolasyon yöntemine göre polinom katsayıları sayısı değiştiğinden dengeleme yapabilmek için en az olması gereken dayanak noktası sayısı da değişmektedir.

Model yüzeyinin derecesine göre Ortogonal olmayan polinomlarla enterpolasyonda;

$$N(x, y) = a_0 + a_1 y + a_2 x + a_3 xy \quad (n=1) \quad (4.9)$$

$$N(x,y) = a_0 + a_1y + a_2x + a_3xy + a_4y^2 + a_5xy^2 + a_6x^2 + a_7x^2y + a_8x^2y^2 \quad (n=2) \quad (4.10)$$

$$N(x,y) = a_0 + a_1y + a_2x + a_3xy + a_4y^2 + a_5xy^2 + a_6x^2 + a_7x^2y + a_8x^2y^2 + a_9y^3 + a_{10}xy^3 + a_{11}x^2y^3 + a_{12}x^3 + a_{13}x^3y + a_{14}x^3y^2 + a_{15}x^3y^3 \quad (n=3) \quad (4.11)$$

fonksiyonları yazılır. (4.9), (4.10) ve (4.11) nolu fonksiyonlarda ortogonal olan fonsiyonlara göre polinom katsayıları artmaktadır. Dolayısı ile olması gereken dayanak noktası sayısında artmaktadır (İnal, 1996).

Doğruluk polinomun derecesinin artması ile doğru orantılı değildir. Polinom derecenin artmasıyla yüzeyde gereksiz salınımlar oluşur. Yüzeyde oluşan salınımlar gerçeğe uygun olmayan yükseklik değişimlerine neden olur. Gerçeğe uygun olmayan salınımlar yanlış enterpolasyon seçilmesi anlamına gelir.

Bilindiği üzere en küçük karelerle dengelemede fonksiyonel modeli oluşturan bilinmeyenlerin en uygun değerleri, normal dağılımda olduğu varsayılan ölçülerin hatası kareler toplamının minimum olması koşuluna göre belirlenir. Normal dağılımlı olduğu varsayılan ölçülerle kestirilen parametreler test edilmelidir. Lokal Geoit 1.0 programında düzeltmelerin test edilmesi prensibine göre uyumsuzluk testleri yapılmıştır.

α_0 test düzeyi için bir λ_i ölçüsünün V_i düzeltmesi

$$\frac{V_i}{B_{vi}} > Tau(f, 1 - \alpha_0/2) \quad (4.12)$$

eşitsizliğini sağlıyorsa, bu ölçü seçilen yüzey polinomu ile uyumsuz kabul edilir ve ölçü kümesinden çıkarılır. Burada,

V_i : Ölçünün düzeltmesi

B_{vi} : Düzeltmelerin standart sapması

$$Tau\left(f, 1 - \frac{\alpha_0}{2}\right) = \sqrt{\frac{f * F_{1,f-1,1-\alpha_0}}{f-1+F_{1,f-1,1-\alpha_0}}} \quad (4.13)$$

f : serbestlik derecesi

$F_{1,f-1,1-\alpha_0}$: F- dağılımından hesaplanacak değer

α_0 : $0.05/n$ (n ölçü sayısı) dir.

4.3 Multiküadratik Entropolasyon

Multiküadratik entropolasyon yöntemi ilk olarak 1971 yılında Rolland L. Hardy tarafından önerilmiştir. Harita mühendisliğinin problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. Bu entropolasyon tekniğinin amacı, çalışma bölgesinde ortometrik yüksekliği bilinen noktaları kullanılarak tek bir fonksiyon ile model yüzeyi oluşturmaktır. Model yüzeyi birinci ya da ikinci dereceden polinom olmalıdır (Leber, 1973).

Bu entropolasyon yönteminde, Yer üzerindeki bir noktanın yatay koordinatları kullanılarak geoit yüksekliği;

$$N(x, y) = N_{trend} + \sum_{i=1}^n C_i [(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 \delta^2]^{1/2} \quad (4.14)$$

eşitliği ile hesaplanır. (5.10) eşitliğinde;

n : dayanak noktalarının sayısı

C_i : dayanak noktalarının bilinen N (x,y) değerlerinden yararlanarak hesaplanan katsayılar

δ : geometrik parametredir.

δ değerinin büyüklüğü konusunda birçok araştırma yapılmıştır (Fogel ve Tinny, 1996).

$$\delta^2 = \frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^n [(X_i - Y_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2]}{n(n-1)} \quad (4.15)$$

C_i katsayılarını hesaplamak için aşağıdaki yol izlenir.

$$C_1.a_{n1} + C_2.a_{n2} + \dots + C_n.a_{nn} = \Delta N$$

$$C_1.a_{21} + C_2.a_{22} + \dots + C_n.a_{2n} = \Delta N_2$$

$$\dots \dots \dots$$

$$C_1.a_{n1} + C_2.a_{n2} + \dots + C_n.a_{nn} = \Delta N$$

Matris gösterimi ile bilinmeyen

C_i katsayıları ;

$$C_i = A^{-1} \Delta N \quad (4.16)$$

olur. (4.16) eşitliğindeki a_{ij} katsayıları dayanak noktalarının koordinatlarından yararlanarak;

$$a_{ij} = [(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + \delta^2]^{1/2} \quad (4.17)$$

eşitliği hesaplanır. ΔN_i ; i noktasında modelden hesaplanan N değeri ile gerçek N değeri arasındaki farktır. bu yöntemin avantajları ise şöyledir (Uluğtekin, 1994).

- Ortometrik yüksekliği bilinen noktaların uygun dağılımda olmaması hassasiyeti çok az değiştirmektedir.
- Yeni hesaplanacak noktaların ortometrik yüksekliği bilinen noktalara olan mesafelerinin artması durumunda uzak olan ve ortometrik yüksekliği bilinen noktaların model hesabına etkisi o oranda azalmaktadır.
- Ortometrik yüksekliği bilinen noktalarının geoid ondülasyon farkları sıfırlanmaktadır.

4.4 Kriging Enterpolasyon Yöntemi

Kriging yöntemi ilk olarak 1951 yılında D.G. Krige tarafından önerilmiş geoistatistiksel bir enterpolasyon yöntemidir. Bu yöntem, matematiksel jeodezide en iyi lineer yansız hesaplayıcı (BLUE [Best Linear Unbiased Estimator]) olarak tanımlanır.

Kriging yönteminin temeli bölgesel değişkenler teorisine dayanır. Yüzey, sabit bir ortalama yada eğilimden oluşan yapısal bir bileşen, rastgele fakat konumsal olarak korelasyonlu bileşen ve konumsal olarak korelasyonsuz kalıntı hata terimi olmak üzere üç ana bileşenin toplamı olarak ifade edilir. Kriging yöntemi ağırlıklı ortalama yöntemine benzer bir şekilde yakındaki noktalardan daha fazla etkilenmeyi sağlayan bir ağırlık modeli kullanır.

Kriging enterpolasyon yöntemi bilinen yakın noktalardan alınan verileri kullanarak diğer noktalardaki verilerin optimum değerlerini kestiren bir enterpolasyon metodudur. Kriging daha önceden tanımlanmış bir kovaryans modelinden hesap varyansını minimize eden lineer regresyon setidir. Kriging enterpolasyon yönteminde bir bölgede enterpole edilecek olan parametrelerin bölgesel bir değişken olduğu kabul edilir. Birbirine yakın noktalardaki veri değerlerinin daha korelasyonlu olması için bölgesel değişken konumsal olarak sürekli bir eşitlik gösterir. Bu enterpolasyon

yöntemi 3 çeşittir. Bunlar simple kriging, ordinary kriging ve universal krigindir. Bu üç çeşit enterpolasyon yönteminin hesaplama teknikleri farklıdır (Nielsen, 1997).

(İnal vd., 2003) Kriging yöntemi ağırlıklı ortalama yöntemine benzer bir şekilde yakındaki noktalardan daha fazla etkilenmeyi sağlayan bir ağırlık modeli kullanır. Kriging yönteminin genel denklemi,

$$Z_p = \sum_{i=1}^n W_i Z_i \quad (4.18)$$

şeklindedir. Burada;

Z_p P noktasının aranan ondülasyon değeri

W_i Z_p nin hesabında kullanılan her bir Z_i ye karşılık ağırlık değerleri

Z_i Z_p nin hesabında kullanılan noktaların ondülasyon değerleri

n Z_p nin hesabında kullanılan nokta sayısı

Bu formüllerde Z değerleri konumları ile belli ondülasyon değerlerini göstermek.

Bugün Kriging yöntemleri yaygın olarak aşağıda sıralanan adlarla çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Kullanılan bu yöntemler;

Genel problemimiz ağırlık faktörü olan W_i 'yi en iyi yolla belirlemek olacaktır. Varigram hesap modelini W_i ağırlıkları direk etkilemektedir ve bu modelin fonsiyonudur. Kriging enterpolasyon yönteminde ağırlıkların tarafsız olması gerekir. Bu sebeple kriging enterpolasyon yöntemine yukarıda denildiği gibi BLUE adı verilir. Gerçek değerler ile tahmin değerleri arasındaki farkların ortalaması, tahminlerin sapmasız olması gerekliliğinden sıfır olmalıdır. Bu Kriging yönteminin ayırt edici özelliğidir (Isaaks ve Srivastava, 1989).

4.4.1 Ordinary ve universal kriging yöntemi

Bilinen (ölçülmüş) değer ile tahmin edilmiş değer arasındaki nihai farkı en aza indiren doğrusal tahmin tekniğine ordinary kriging denir. Normal dağılım yapısı gösteren ve dönüşüme gerek duyulmayan dağılımlar için idealdir. Tahmin işlemi tarafsızdır, yani yansız olarak yürütülmüştür. Doğrusal tahminin anlamı, ağırlıkların örnek değerine ve üretilen tahmin değerine direkt olarak uygulanmasıdır.

Ağırlıklar,

$$\text{Var}[\hat{Z}_p - Z_p] \quad (4.19)$$

koşulunun gerçekleşmesi için

$$W_1\gamma(h_{11}) + W_2\gamma(h_{12}) + \dots W_n\gamma(h_{1n}) = \gamma(h_{1p})$$

$$W_1\gamma(h_{21}) + W_2\gamma(h_{22}) + \dots W_n\gamma(h_{2n}) = \gamma(h_{2p})$$

$$\begin{array}{cccc} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{array}$$

$$W_1\gamma(h_{n1}) + W_2\gamma(h_{n2}) + \dots W_n\gamma(h_{nn}) = \gamma(h_{np}) \quad (4.20)$$

denklemleri oluşturulur. Matris g

lineer denklem sistemine göre çözümlenir. Matrisel olarak

$$\gamma W = \gamma_0 \quad (4.21)$$

yazılabilir. Burada;

γ dayanak noktaları arasında oluşan olası tüm çiftlerin variogram değerlerine ilişkin n boyutlu kare matris

W n-boyutlu ağırlık bilinmeyenleri vektörü γ_0 enterpole edilecek nokta ile dayanak noktaları arasındaki variogram değerleri vektörü (n-boyutlu)

Ayrıca enterpolasyonun yansız olması için;

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1 \quad (4.22)$$

şartı ileri sürülür ve bu durumda (4.19) nolu denklem sistemi ;

$$W_1\gamma(h_{11}) + W_2\gamma(h_{12}) + \dots W_n\gamma(h_{1n}) = \gamma(h_{1p})$$

$$W_1\gamma(h_{21}) + W_2\gamma(h_{22}) + \dots W_n\gamma(h_{2n}) = \gamma(h_{2p})$$

$$\begin{array}{cccc} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{array}$$

$$W_1\gamma(h_{n1}) + W_2\gamma(h_{n2}) + \dots W_n\gamma(h_{nn}) = \gamma(h_{np})$$

$$W_1 + W_2 + \dots W_n = 1 \quad (4.23)$$

şeklini alır. Burada n tane bilinmeyen için (n+1) tane denkleme ihtiyaç vardır. (4.21) nolu denlem sistemi ile bu gerçekleşir. Lagrange çarpanı (λ) ile denklemlerin sayısını bilinmeyen sayısına eşitlenir. Lagrange çarpanı; bilinmeyen sayısını denklemlerin sayısına eşitlemek için hem gözlemleri hem de koşulları içeren lineer bir denklemler sistemine bilinmeyen olarak katılan denklemdir. Aynı zamanda kararsız çarpan olarak da isimlendirilir (ASCE, ACSM, ASPRS 1994) ve (4.23) nolu denklemler sistemi;

$$W_1\gamma(h_{11}) + W_2\gamma(h_{12}) + \dots W_n\gamma(h_{1n}) + \lambda = \gamma(h_{1p})$$

$$W_1\gamma(h_{21}) + W_2\gamma(h_{22}) + \dots W_n\gamma(h_{2n}) + \lambda = \gamma(h_{2p})$$

$$\begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix}$$

$$W_1\gamma(h_{n1}) + W_2\gamma(h_{n2}) + \dots W_n\gamma(h_{nn}) + \lambda = \gamma(h_{np})$$

$$W_1 + W_2 + \dots W_n = 1 \quad (4.24)$$

olur. Matris gösterimi ile,

$$\gamma W = \gamma_0 \quad (4.25)$$

yazılabilir. Burada;

$$= \begin{bmatrix} \gamma(h_{11}) & \gamma(h_{12}) & \dots & \gamma(h_{1n}) & 1 \\ \gamma(h_{21}) & \gamma(h_{22}) & \dots & \gamma(h_{2n}) & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \gamma(h_{n1}) & \gamma(h_{n2}) & \dots & \gamma(h_{nn}) & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$W = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_p \\ \lambda \end{bmatrix} \gamma_0 = \begin{bmatrix} \gamma(h_{1n}) \\ \gamma(h_{2n}) \\ \vdots \\ \gamma(h_{np}) \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4.26)$$

olmak üzere W bilinmeyenler vektörü,

$$W = \gamma^{-1} \gamma_0 \quad (4.27)$$

formülü ile hesaplanır ve enterpolasyon noktasının Kriging varyansı,

$$\sigma_{OK}^2 = W_{\gamma_0}^T \quad (4.28)$$

denklemine göre bulunur.

Ağırlıklar belirlendikten sonra Kriging genel denkleminde çalışma bölgesindeki herhangi bir nokta için enterpolasyon değeri (4.18) formülüne göre belli edilir. Kovaryans fonksiyonlarından ya da variogram fonksiyonlarından yararlanılarak ağırlıklar bulunabilir. Genellikle geoistatistikte ağırlıklar variogram parametrelerine yukarıdaki denklem sistemlerine göre bulunur. Çalışma bölgesindeki herhangi bir P noktasında enterpolasyon değerine ulaşmak için kullanılan dayanak nokta sayısı hesap edilecek ağırlıkların sayısını etkilemektedir. Her bir dayanak noktası için bir ağırlık hesap edilmektedir. Farklı konumlarda olan ve aynı noktaları dayanak noktası olarak kullanan noktalarda ağırlık farklı olacaktır. Bunun anlamı şudur, helmert ortometrik yüksekliği hesaplanacak her nokta için ağırlık hesabının yapılması gerekir.

Uygulamada lokal değişkenlerin farklılık gösterdiği ve genel bir eğilim gösterdiği durumlarla karşılaşılabilir. Eldeki bilgilerin bir eğilim göstermesi ve bu eğilim dikkate alınarak Kriging yöntemiyle çözümlemesi Universal Kriging olarak tanımlanır. Model yüzeyinin derecesi genellikle fourier serisi veya 1. ya da 2.dereceden polinom seçilir. Bu enterpolasyon yönteminde ortalama değer iki farklı şekilde uygulanabilir. Ortama değer bilinen fonksiyonların lineer kombinasyonudur.

Bunlardan ilki bir lokal alanda uluslararası trend yüzeyi geçirilir. Geçirilen yüzeye göre geoit yükseklik değerleri ölçü değerlerinden çıkarılarak kalan artıklarla hesap yapılır. Doğru yüzeyi elde etmek ise trend değeri hesaplar sonunda eklenir (Isaaks ve Srivastava, 1989).

İlk aşamada yapılması gereken trend değişkenleri hesaplanır, hesaplanan trend yüzeyinden ölçüler çıkarılır ve artık hataları bulunur, artıklardan variogram modeli oluşturulur ve seçilen variogram fonksiyonuna ait bilinmeyen değişkenler hesaplanır, Ordinary Kriging yöntemi bu yüzeye uygulanır ve elde edilen değerlere trend değeri geri eklenir.

Ortalama değeri ikinci uygulanma biçimi ise, trend bilinmeyen değişkenleri sınırlandırıcı başka denklemler olarak eklenir ve ağırlıklarla ortak olarak hesaplamaya sokulur. Daha ayrıntılı çözümleme için bakınız (Bardosy, 2002).

İkincil uygulamada Ordinary Kriging denklemlerine sınırlandırıcı olarak belirlenen bir drift modeli eklenir. Drift trend yüzeyiyle aynıdır. Drift olarak genellikle 1. yada 2. dereceden polinomlar düşünülür.

1. dereceden polinomal drift,

$$D_p = \alpha_1 y_i + \alpha_2 x_i \quad (4.29)$$

2. dereceden polinomal drift,

$$D_p = \alpha_1 y_i + \alpha_2 x_i + \alpha_3 y_i x_i + \alpha_4 y_i^2 + \alpha_5 x_i^2 \quad (4.30)$$

şeklinde ifade edilir. Birinci dereceden drift seçilmiş olduğunda matrisler

$$= \begin{bmatrix} \gamma(h_{11}) & \gamma(h_{12}) & \dots & \gamma(h_{1n}) & 1 & y_1 x_1 \\ \gamma(h_{21}) & \gamma(h_{22}) & \dots & \gamma(h_{2n}) & 1 & y_2 x_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \gamma(h_{n1}) & \gamma(h_{n2}) & \dots & \gamma(h_{nn}) & 1 & y_n x_n \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 & 0 & 0 \\ & y_1 y_2 & \dots & y_n & 0 & 0 & 0 \\ & x_1 x_2 & \dots & x_n & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$W = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \\ \lambda \\ \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{bmatrix} \gamma_0 = \begin{bmatrix} \gamma(h_{p1}) \\ \gamma(h_{p2}) \\ \vdots \\ \gamma(h_{pn}) \\ 1 \\ y_p \\ x_p \end{bmatrix} \quad (4.31)$$

şeklini alır. W bilinmeyenler matrisi;

$$W = \gamma^{-1} \gamma_0 \quad (4.32)$$

Tahmin varyansı;

$$\sigma_{UK}^2 = W_{y0}^T \quad (4.33)$$

şeklinde bulunur. Herhangi bir p noktasının enterpolasyon değeri (4.18) nolu formüle göre belirlenir.

Universal Kriging sisteminde drift'in ilavesi Ordinary Kriging yöntemine göre daha fazla veriyi gerektirir. Bu da Universal Kriging sisteminin bir dezavantajı olarak görülebilir.



5. C SHARP PROGRAMLAMA DİLİNDE LOKAL GEOİT UYGULAMASI

5.1 C Sharp Nedir

Yazılım sektöründe gelişmeler 1950’li yıllardan başlamış ve günümüzde devam etmektedir. Bu gelişim içerisinde bir çok programlama dili geliştirilmiştir. Bu diller farklı disiplinlere hizmet vermektedir. Nesneye yönelik programlama alanında iki dil önemlidir. Bu dillerden birincisi java ikincisi ise .net kütüphanesi ile öne çıkan kullanımı kolay diğer dillerle uyumlu yapısı ile C Sharp programlama dilidir.

C Sharp yazılım dili Şekil 5.1’ de görüldüğü gibi C, C++ ve Java dillerinde etkilenecek türetilmiş bir dildir. C Sharp programlama dili birçok açıdan benzerlik gösterir. Nesne tabanlı bir dil olması en önemli avantajlarından. Nesnelerin bir örneği oluşturulur. Oluşturulan örneğinden metodlar çağrılarak ve amaca uygun kodlar yazılarak programlar geliştirilebilir. Microsoft tarafından geliştirilmiştir. C, C++ ve Visual Basic dillerinin dezavantajları dikkate alınarak nesne yönelimli diller arasında en iyi olmayı başarmıştır.

Derleyicisi yeterli güvenlikte olup hataları kullanıcıya sunmaktadır. Kullanıcı Sınıf (Class) ve söz dizimi (syntax) hatalarını farklı bir ekranda detaylı olarak görmekte ve hatalarını düzeltebilmektedir. C Sharp kullanıcı sayısı bakımından en yoğun kullanılan bir dil olması programcılardan yardım alma şansını artırmaktadır. Net Framework C Sharp için geliştirilmiş çalışma ortamıdır. Bu iki kavram tamamen birbirinden farklıdır. C Sharp nesne tabanlı bir dildir.C Sharp .Net Framework' ün kütüphanelerini kullanır.

C Sharp programlama dilinde kodlar önce ara dil olarak isimlendirilen dosya haline dönüştürülür. Ara dile dönüştürülen kodlar Microsoft’un standart haline getirdiği bir assembly dili haline dönüştürür. Bu ara dil de saklanan dosyalar çalıştırılmak istendiğinde ise CLR adı verilen sistem MSIL kodlarını çalıştırır.



Şekil 5.1: C Sharp (URL-5).

C Sharp Programlama dilinin özellikleri;

- C Sharp basit, modern, genel-amaçlı, nesneye yönelik programlama dili olarak tasarlanmıştır.
- Çünkü yazılımın sağlamlılığı, güvenilirliği ve programcılarının üretkenliği önemlidir. C Sharp yazılım dili, güçlü tiplendirme kontrolü (strong type checking), dizin sınırlar kontrolü (array bound checking), tanımlanmamış değişkenlerin kullanım tespiti, (sourcecodeportability), ve otomatik artık veri toplama gibi özelliklerine sahiptir.
- Programcı portatifliği özellikle C ve C++ dilleri ile tecrübesi olanlar için çok önemlidir.
- Enternasyonal hale koymak için verilen destek çok önemlidir.
- C Sharp programlama dili sunucu ve gömülü sistemler için tasarlanmıştır. Bununla birlikte C Sharp programlama dili en basit işlevselli fonksiyondan işletim sistemini kullanan en teferruatlısına kadar kapsamaktadır.
- C Sharp uygulamaları hafıza ve işlemci gereksinimleri ile tutumlu olmak üzere tasarlanmıştır. Buna rağmen C# programlama dili performans açısından C veya assembly dili ile rekabet etmek için tasarlanmamıştır.

C Sharp dilinin Başlıca Uygulamaları:

- Konsol uygulaması geliştirme
- Windows uygulaması geliştirme

- ASP.NET uygulaması geliştirme
- Web servisleri yazma
- Mobil uygulama geliştirme (PDA, cep telefonları vb. için)
- DLL yazma

Lokal Geoit 1.0 C Sharp Programlama dilinin Windows Form uygulamasıdır.

5.2 C Sharp Programlamanın Evreleri

C Sharp dilinde programlama üç aşamada gerçekleşir.

1.Kaynak programı yazma:

Tasarlanan algoritmaya uygun kodlar yazılır. Program, C Sharp programlama dilinin yazma biçimine uygun olmalıdır.

2.Derleme:

Yazılan kod parçacıkları önce ara dile dönüştürülür. C Sharp programlama dilinin ara dili IL 'dir. Farklı dillerin aradilleride farklı olabilir.

3.Aradil kodları bilgisayarın anladığı dile dönüştürülür:

Programın yürütülebilir (çalışabilir, koşabilir - executable) olabilmesi için, kullanılan işletim sisteminin anladığı dile (makina dili) dönüşmesi gerekir. Windows işletim Sisteminde yürütülebilir programların dosya adları .exe uzantısını alır.

Pratik uygulamalarda programda istenilen şeylerin tümü koda yazılarak yapılmaz. Önceden yazılmış kullanılmaya hazır kütüphaneler vardır. Yazılımcı bu kütüphaleleri projelerine ekleyerek kullanabilir. C Sharp dilinin kütüphanesi bir çok ihtiyacı giderecek şekilde tasarlanmıştır. Diğer programların kütüphaneleri farklıda olsa kullanım olanakları mümkündür. C Sharp programlama dilinde yazılan projelerin uzantısı cs'dir.

Windows işletim sisteminde .exe uzantılı dosyaları kullanıcı yürütebilir (koşturabilir). Örneğin,

Proje1.cs

adlı bir C Sharp kaynak programı bütün aşamalardan geçip makina diline dönüşünce

Proje1.exe

adını alır. Bu programı koşturmak için

Proje1

yazıp Enter tuşuna basmak yetecektir. Aynı işi, Windows'un görsel arayüzünde yapmak için, Windows Explorer ile Proje1.exe dosyasını bulup üstüne tıklamak yetecektir.

5.3 C Sharp Kaynak Programının Biçimi

C Sharp programlama dilinde yazılan kod parçası programın yazım şeklidir denilebilir. Örneğin, `MessageBox.Show("Aksaray Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Tezi");` bir kod parçasıdır. Her kod parçasının bitiminde `(;)` kullanmak zorundayız. `(;)` kullanılmaz ise derleme aşamasında derleme hatası alırız. Kod parçasında kullanılan C Sharp deyimleri arasında en az bir boşluk bırakmak zorundayız. Boşluk karakterleri bir veya birden fazla olabilir. Derleme aşamasında bunlar bir boşluk olarak algılanır.

Lokal Geoit 1.0 programından matris işlemlerinde kullanılan metotlardan bir kısım kod parçacığı;

```
class Sınıf1 {  
  
    public YeniMetod1()  
  
        {  
  
            string metin = "metin yazısı";  
  
            int plakaNo = 68;  
  
        }  
  
    }  
}
```

şeklinde yazabiliriz. YeniMetod1 metodu içerisindeki boşluk, tab, satırbaşı karakterleri derleme aşamasında yok sayılacaktır.

Programda matris işlemleri için yazılan kod parçacıkları ekler bölümünde EK 6' da verilmiştir.

1.İsimuzayı (namespace):

.NET içerisindeki tüm kütüphaneler, .NET Framework ismi verilen ortak çatıdır. Bu çatı altındaki tüm kütüphaneler amaçlarına göre namespace denilen isim alanı içerisinde sınıflar, ara yüzler ve modüller bulunur.

.NET içerisinde veritabanı uygulamaları geliştirmek için System.Data.dll kütüphanesine ihtiyaç duyulur. Bu kütüphane Visual Studio .NET içerisindeki tüm proje şablonlarında otomatik olarak yer alır. System.Data.dll kütüphanesi içerisinde;

- System.Data
- System.Data.Common
- System.Data.SqlClient
- System.Data.OleDb
- System.Data.SqlTypes
- System.Xml

isim alanları yer alır.

2.Sınıflar (class):

Sınıflar nesne yönelimli programlamanın en önemli ögesidir. Sınıflar sayesinde programlarımızı parçalara bölüp karmaşıklığını azaltırız.

C Sharp'ta metotlar ve özellikler mutlaka bir sınıfın içinde olmalıdır. Metotlar bir veya daha fazla komutun bir araya getirilmiş halidir; parametre alabilirler, geriye değer döndürebilirler. Özellikler ise bellek gözeneklerinin programlamadaki karşılıklarıdır. Bu bakımdan özellikler değişkenlere benzerler. Aradaki en temel fark değişkenlerin bir metot içinde tanımlanıp yalnızca tanımlandığı metot içinde etkinlik gösterebilmesine rağmen özelliklerin tıpkı metotlar gibi bir üye eleman olmasıdır. Bu bakımdan özelliklerin tuttuğu değerlere daha fazla yerden erişilebilir.

3.Bloklar:

Güzel parantez denilen bloklar en küçük birim olarak metodlardır. Sınıflar bir veya birden fazla metod içeren büyük bloklardır. Örnek olarak yeni metod isminde bir sınıf oluşturalım.

```
class yeniSınıf
```

```
{
```

```
}
```

bu sınıf bir bloktur. Benzer olarak,

```
public yeniMetod()
```

```
{
```

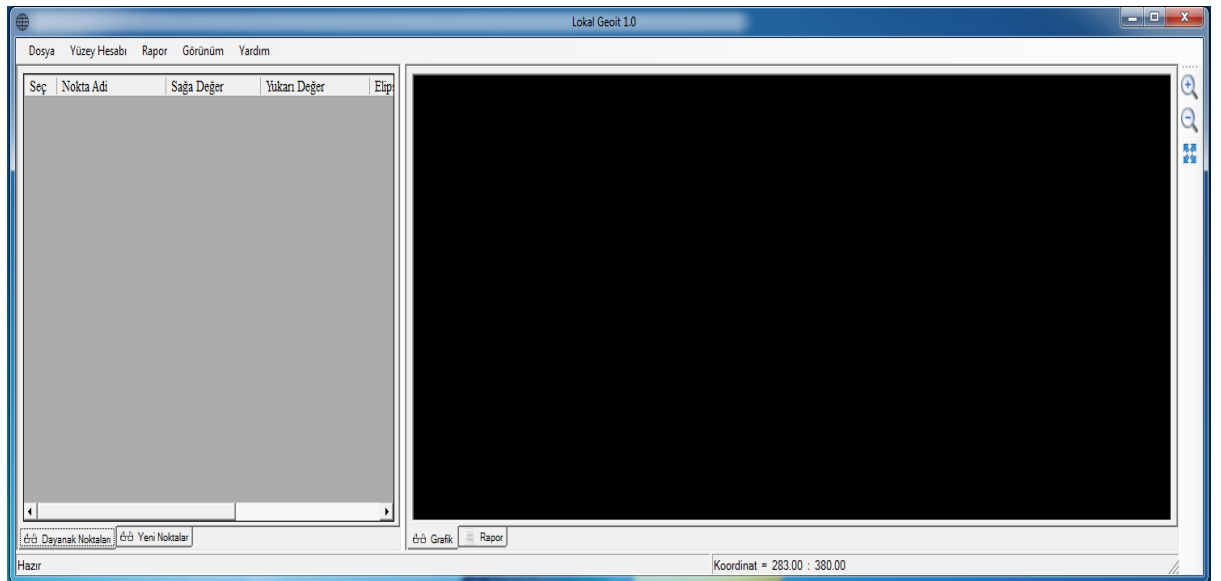
```
}
```

metodu da bir bloktur. Sınıfların içindeki metodlardan oluştuğunu belirtmiştik. Yani sınıfların içerisi iç-içe bloklardan oluşur demektir. Sınıflarda iç-içe sınıflardan oluşabilir. Bloklar açılırken { işareti açılır. Kapama işareti } dir. İç-içe boloklar oluşturulurken açma ve kapama işaretleri sayısı aynı olmalıdır. Eğer eksik veya fazla olursa program blok hatası verecektir.

Program bloklardan oluşan bir bütündür. Kodların okunurluğunu kolaylaştırmak için iç-içe bloklarda boşluklar bırakmak uzman yazılımcıların belirtisidir. Kod blokları arttığında yazılımcı için düzen, anlaşılabilirlik, kolay ulaşılabilirlik önem kazanır. Çok karmaşık, birbirine karışmış kod blokları yazılımcı için içinden çıkılmaz bir hal alabilir. Bu nedenle blokların düzenli olması önem kazanır.

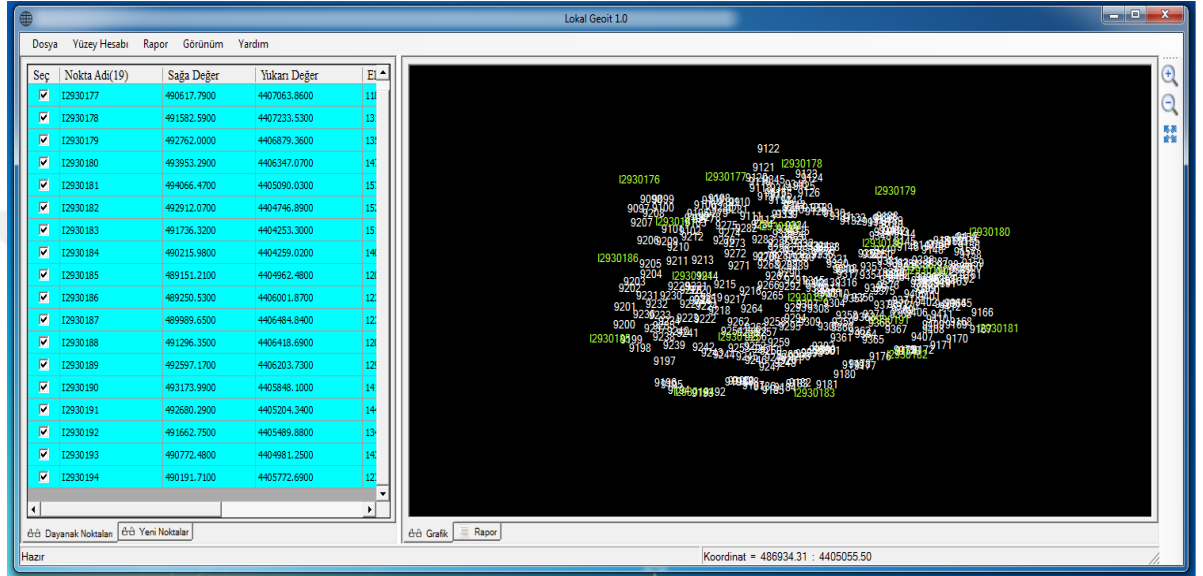
5.4 Lokal Geoit 1.0 Programının Tanıtılması

Program başlatıldığında Şekil 5.2’ de görülen programın başlangıç arayüzü ile karşılaşılır.



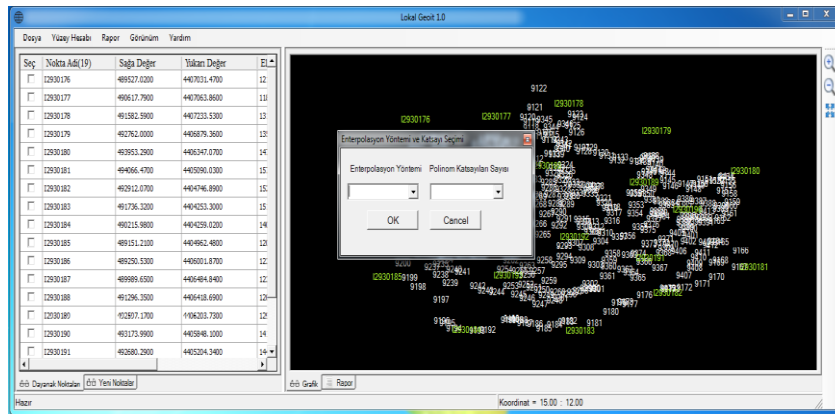
Şekil 5.2: Lokal Geoit 1.0 programı ilk açıldığında başlangıç arayüzü.

Programa ilk önce veri girişi yapılır. Text ve excel veriyi okuyabilmektedir. Veri girişi önceden hazırlanmış text ve excel dosyasından veri okutulmaktadır. Veri girişi menüden dosya dan txt oku veya excel oku ile dayanak noktaları ve yeni noktalar program içine aktarılmaktadır. Veri okutulduktan sonra grafik ekranda dayanak noktaları yeşil, yeni noktalar beyaz renkte, programın solunda okutulan dayanak ve yeni noktaların listesi Şekil 5.3' de olduğu gibi görünmektedir. Program görüntüsündeki veri Ankara ili Gölbaşı ilçesi halihazır projesinden alınmıştır.



Şekil 5.3: Dayanak noktaları ve yeni noktaların grafik ekranda birlikte görünümü.

Menüden yüzey hesabı seçilen noktalardan yüzey oluştur kısmına basılması durumunda Şekil 5.4' de olduğu gibi "Enterpolasyon Yöntemleri ve Katsayı seçimi" kutucuğu ile karşılaşılır. Bu kutucukta Tablo5.1 ve Tablo5.2 gösterilen enterpolasyon yöntemi, polinom katsayıları ve hesaplama yöntemi seçenekleri ile karşılaşılacaktır.



Şekil 5.4: Seçilen noktalardan yüzey oluştur'a basılması durumunda görünüm.

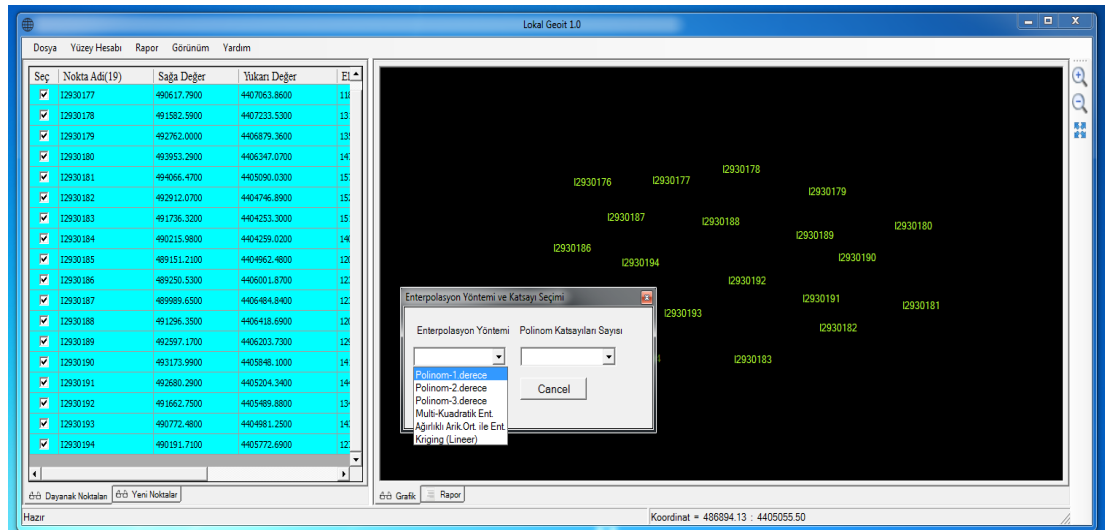
Çizelge 5.1: Enterpolasyon yöntemi ve katsayı sayısı.

Enterpolasyon Yöntemi	Polinom Katsayıları Sayısı
Polinom 1.Derece	3,4
Polinom 2.Derece	6,9
Polinom 3.Derece	10,16
Multi Kuadratik	4,6,9
Ağırlıklı Aritmetik Ortalama ile Enterpolasyon	1,2,3,4,6

Çizelge 5.2: Enterpolasyon yöntemi ve hesaplama yöntemi.

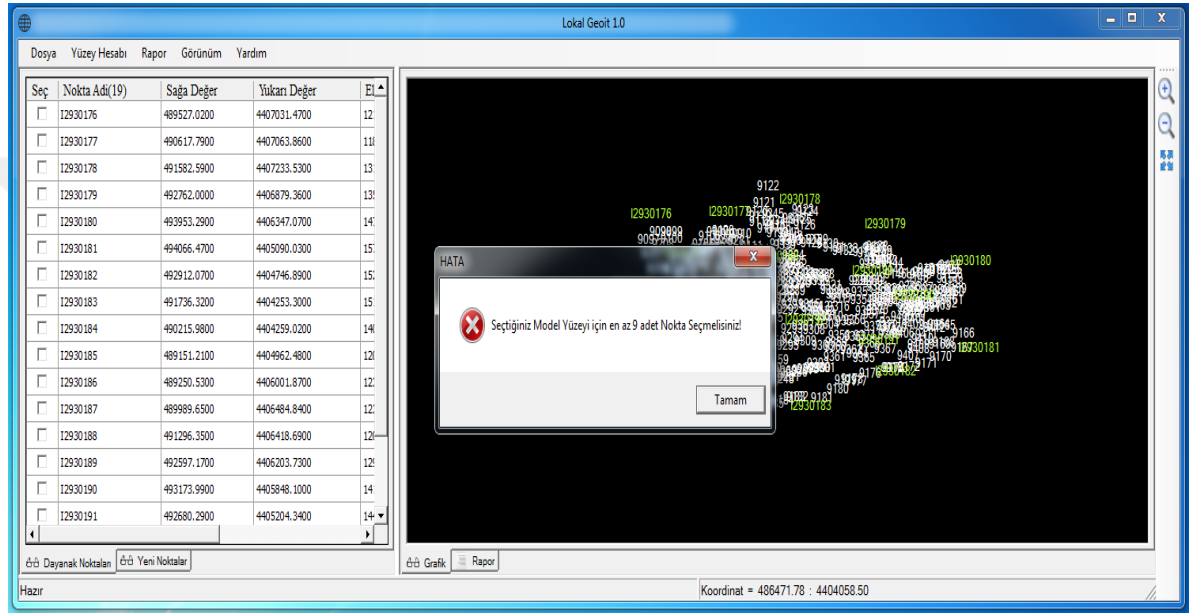
Enterpolasyon Yöntemi	Hesap Yöntemi
Kriging (Lineer)	Ordinary, Universal

Enterpolasyon yöntemi ve kayıt seçimi kutucuğunda kısmında enterpolasyon yöntemi seçeneğindeki oka tıklanması durumunda Şekil 5.5’ de olduğu gibi enterpolasyon seçenekleri ile karşılaşılır.



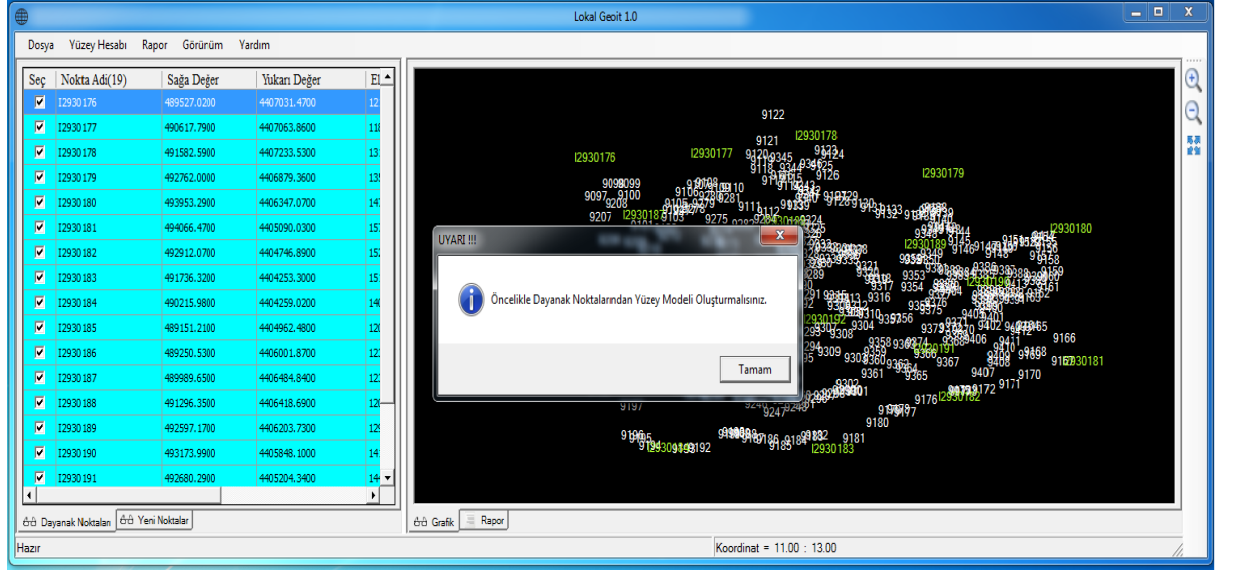
Şekil 5.5: Lokal Geoit 1.0 programı'nın enterpolasyon seçeneklerinin görünümü.

Geoit model yüzeyinin katsayılarının hesaplanabilmesi için yeterli sayıda dayanak noktalarının seçiminin yapılması gerekir. Yeterli sayıda dayanak noktası seçilmezse istenen enterpolasyon yöntemine göre Şekil 5.6’ da olduğu gibi hata mesajı ile karşılaşılacaktır. Dayanak noktaları seçimi ise, çek kutucukları birer birer işaretlenerek veya mausun sağ tuşuna basıldığında açılan menüden tüm noktaları işaretle ile gerçekleştirilir. Dayanak noktaları seçildiğinde Şekil 5.3’ de olduğu gibi Turkuaz rengine bürünür. Nokta seçiminin iptal edilmesi yani noktaların çekinin kaldırılması ile nokta satırının tekrar beyaz renge büründüğü görülecektir.



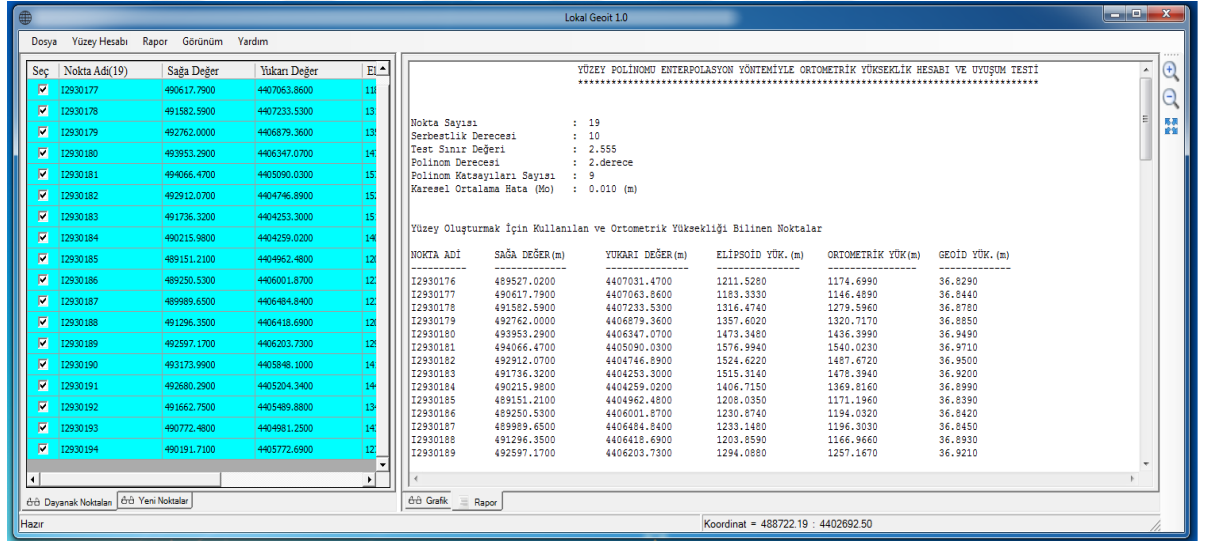
Şekil 5.6: Yeterli sayıda dayanak noktası seçilememesi durumunda verilen hata mesajı görünümü.

Şekil 5.5’ de gelen enterpolasyon yöntemleri ve katsayı sayısı seçilerek Geoit model yüzey katsayıları en küçük kareler yöntemine göre hesaplanır. Geoit model yüzeyi katsayıları hesaplanmadan yeni noktaların hesabı yapılmaya çalışılırsa Şekil 5.7’ de olduğu gibi "Öncelikle Dayanak Noktalarından Yüzey Modeli Oluşturmalısınız." şeklinde hata mesajı ile karşılaşılacaktır.

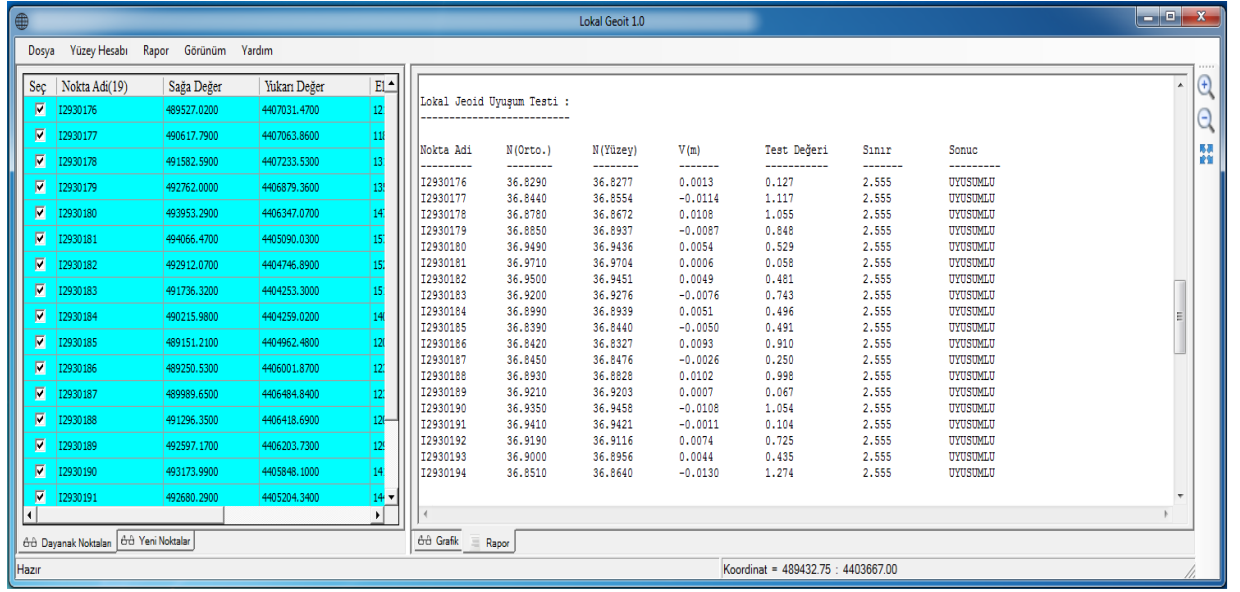


Şekil 5.7: Geoit model katsayıları hesaplanmadan yeni noktaların hesaplanması durumunda verilen hata mesajı görünümü.

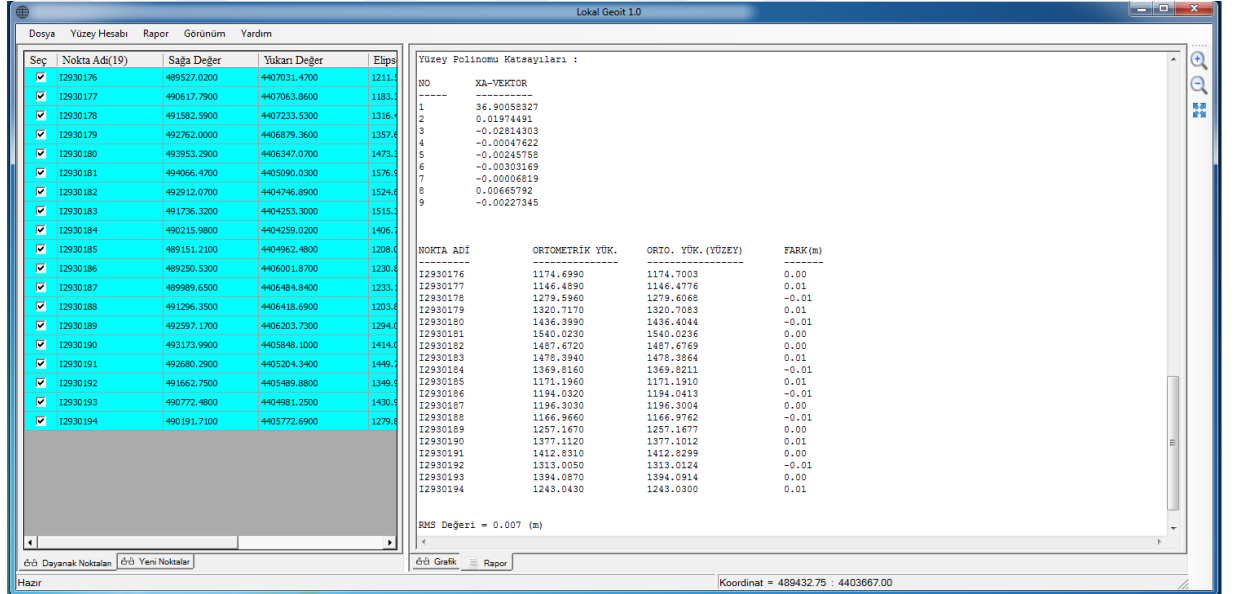
Yeterli sayıda dayanak noktası seçiminden sonra menüden "Seçilen Noktalardan Yüzey Oluştur" 'a basılırsa rapor penceresinde Şekil 5.8, Şekil 5.9 ve Şekil 5.10 ' da olduğu gibi hesap sonuçları ile karşılaşılacaktır.



Şekil 5.8: Lokal Geoit 1.0 programının rapor genel görünümü.



Şekil 5.9: Lokal Geoit 1.0 programının raporunda nokta uyuşum testi görünümü.



Şekil 5.10: Lokal Geoit 1.0 programının rapor yüzey polinomu katsayıları ve nokta düzeltme görünümü.

Rapor kısmında dayanak noktalarından uyuşumuz olanlar nokta listesinden çeki kaldırılarak çıkarılabilir. Yeniden hesap yapılarak geoit model yüzey katsayıları belirlenebilir. Geoit model yüzey katsayıları belirlendikten sonra hesaplanacak yeni noktaların geoit ondülasyonları (N) ve helmert ortometrik yükseklikleri hesabına geçilir. Menüden "Yeni Noktaların N ve H Değerlerinin Hesabı" kısmına tıkladığında rapor penceresinde Şekil 5.11 ' de olduğu gibi karşımıza çıkmaktadır.

Lokal Geoit 1.0

Dosya Yüzey Hesabı Rapor Görünüm Yardım

Seç	Nokta Adı(19)	Sağa Değer	Yukarı Değer	Ek
☒	12930176	489527.0200	4407031.4700	121
☒	12930177	490617.7900	4407063.8600	118
☒	12930178	491582.5900	4407233.5300	131
☒	12930179	492762.0000	4406879.3600	133
☒	12930180	493953.2900	4406347.0700	147
☒	12930181	494066.4700	4405090.0300	157
☒	12930182	492912.0700	4404746.8900	152
☒	12930183	491736.3200	4404253.3000	151
☒	12930184	490215.9800	4404259.0200	146
☒	12930185	489151.2100	4404962.4800	126
☒	12930186	489250.5300	4406001.8700	122
☒	12930187	489989.6500	4406484.8400	121
☒	12930188	491256.3500	4406418.6900	125
☒	12930189	492597.1700	4406203.7300	125
☒	12930190	493173.9900	4405948.1000	141
☒	12930191	492880.2900	4405204.3400	144

YÜZEY POLİNOMU ENTERPOLASYON YÖNTEMİYLE YENİ NOKTALARIN ORTOMETRİK YÜKSEKLİK HESABI

Sıra	Nokta No	Sağa Değer (m)	Yukarı Değer (m)	Elipsoid Yük. (m)	Orto. Yük. (Yüzey) (m)	Geoid Yük. (Yüzey) (m)
1	9097	489631.1500	4406655.750	1208.893	1172.058	36.835
2	9098	489790.9800	4406774.270	1224.123	1187.285	36.838
3	9099	489947.0700	4406775.620	1227.496	1190.653	36.843
4	9100	489945.8000	4406669.300	1230.905	1194.061	36.844
5	9101	490067.3300	4406381.010	1246.549	1209.698	36.851
6	9102	490281.4700	4406354.630	1244.472	1207.615	36.857
7	9103	490352.4900	4406464.530	1221.980	1185.122	36.858
8	9104	490360.3500	4406528.740	1222.114	1185.257	36.857
9	9105	490381.6400	4406590.470	1217.937	1181.080	36.857
10	9106	490476.4900	4406703.530	1215.129	1178.272	36.857
11	9107	490578.1700	4406764.890	1221.842	1184.983	36.859
12	9108	490660.0600	4406784.740	1209.413	1172.552	36.861
13	9109	490774.4100	4406739.060	1201.236	1164.372	36.864
14	9110	490903.1000	4406735.540	1174.714	1137.847	36.867
15	9111	491056.5700	4406558.550	1218.542	1181.668	36.874
16	9112	491228.7700	4406510.040	1204.355	1167.476	36.879
17	9113	491453.8600	4406584.130	1263.465	1226.582	36.883
18	9114	491417.2900	4406755.440	1283.687	1246.809	36.878

Çıkış Dayanak Noktaları Çıkış Yeni Noktalar Çıkış Grafik Rapor

Hazır

Koordinat = 488604.47 - 4403667.00

Şekil 5.11: Hesaplanacak yeni noktaların raporda hesap görünümü.

5.5 Programa Okutulan Txt Dosya Yapısı

Geoit model yüzey katsayıları hesabında kullanılan tüm enterpolasyon yöntemlerinde dayanak noktalarına ait dosya yapısı Şekil 5.12 ' de, geoit ondülasyon (N) değeri ve ortometrik yüksekliği hesaplanacak noktalara ait dosya yapısı Şekil 5.13 ' de olduğu gibidir. Her iki dosya yapısında da değerler arasındaki boşluklar en az bir olmak üzere isteğe bağlı olarak artırılabilir.

Dayanak.txt - Not Defteri

Dosya Düzen Biçim Görünüm Yardım

E3030020	502043.21	4640370.98	110.767	80.031
E302H003	506855.47	4644253.07	79.642	49.264
E301H005	513159.29	4646468.36	63.686	33.344
E303H037	517988.37	4649156.40	148.242	118.153
E3020012	526191.71	4652993.31	101.498	71.804
D3030001	529365.18	4653503.28	119.031	89.392
E30-G001	534886.09	4651609.60	354.205	324.218
E3030122	536959.54	4650735.86	54.890	24.742
E3030131	525879.95	4649090.13	246.815	216.489
E3030038	520092.29	4646637.54	209.744	179.227
E3030059	513860.60	4644329.86	319.838	289.240
E3030057	510296.32	4642091.51	352.107	321.305
E303H014	501369.79	4639264.91	171.559	140.716

Şekil 5.12: Lokal Geoit1.0 programında dayanak noktaları txt verisi görünümü.

Geioit 1.0 - Not Defteri

Dosya	Düzen	Biçim	Görünüm	Yardım
P.004	505049.85	4641248.94	595.742	
P.005	505160.98	4641297.83	604.761	
P.006	507409.49	4641990.76	84.187	
P.007	507496.40	4642151.59	91.563	
P.008	507586.97	4642276.81	82.160	
P.009	507982.37	4642447.25	54.620	
P.010	507990.56	4642339.56	55.849	
P.011	510239.05	4643443.67	287.130	
P.012	510314.80	4643341.82	273.390	
P.013	510313.43	4643266.53	281.530	
P.014	511712.29	4643827.65	293.706	
P.015	511608.71	4643786.83	298.880	
P.017	518605.65	4648942.21	221.084	
P.018	518594.54	4648878.31	221.524	
P.019	517438.19	4647812.12	84.196	
P.020	517444.78	4647875.46	89.808	
P.021	517471.80	4647754.16	78.338	
P.022	516917.47	4647443.07	94.728	

Şekil 5.13: Lokal Geoit 1.0 programında yeni noktaların txt verisi görünümü.

Verilerin sıralanışı soldan sağa doğru aralarında en az bir boşluk olmak üzere dayanak noktalarında Nokta No, Sağa Değer, Yukarı Değer, Elipsoid yüksekliği, Ortometrik Yüksekliği şeklinde, yeni noktalarda ise Nokta No, Sağa Değer, Yukarı Değer, Elipsoid yüksekliği şeklindedir.

5.6 Programa Okutulan Excel Dosya Yapısı

Geoit model yüzey katsayıları hesabında kullanılan tüm enterpolasyon yöntemlerinde dayanak noktalarına ait dosya yapısı Şekil 5.14 ' de, geoit ondülasyon (N) değeri ve ortometrik yüksekliği hesaplanacak noktalara ait dosya yapısı Şekil 5.15 ' de olduğu gibidir. Dayanak noktaları verisinde başlık kısmı bulunmakta ve beş kolondan oluşmaktadır. Hesaplanacak yeni noktalar ise, dört kolondan oluşmaktadır.

Dayanaklar - Microsoft Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	NOKTA NO	SAĞA DEĞER	YUKARI DEĞER	ELİPSOİD YÜK.	ORTOMETRİK YÜK.												
2	12930176	489527.0200	4407031.4700	1211.5280	1174.6990												
3	12930177	490617.7900	4407063.8600	1183.3330	1146.4890												
4	12930178	491582.5900	4407233.5300	1316.4740	1279.5960												
5	12930179	492762.0000	4406879.3600	1357.6020	1320.7170												
6	12930180	493953.2900	4406347.0700	1473.3480	1436.3990												
7	12930181	494066.4700	4405090.0300	1576.9940	1540.0230												
8	12930182	492912.0700	4404746.8900	1524.6220	1487.6720												
9	12930183	491736.3200	4404253.3000	1515.3140	1478.3940												
10	12930184	490215.9800	4404259.0200	1406.7150	1369.8160												
11	12930185	489151.2100	4404962.4800	1208.0350	1171.1960												
12	12930186	489250.5300	4406001.8700	1230.8740	1194.0320												
13	12930187	489989.6500	4406484.8400	1233.1480	1196.3030												
14	12930188	491296.3500	4406418.6900	1203.8590	1166.9660												
15	12930189	492597.1700	4406203.7300	1294.0880	1257.1670												
16	12930190	493173.9900	4405848.1000	1414.0470	1377.1120												
17	12930191	492680.2900	4405204.3400	1440.7720	1412.8310												

Şekil 5.14: Dayanak noktalarının Excel verisi görünümü.

	A	B	C	D
1	9097	489631.1500	4406655.7500	1208.8930
2	9098	489790.9800	4406774.2700	1224.1230
3	9099	489947.0700	4406775.6200	1227.4960
4	9100	489945.8000	4406669.3000	1230.9050
5	9101	490067.3300	4406381.0100	1246.5490
6	9102	490281.4700	4406354.6300	1244.4720
7	9103	490352.4900	4406464.5300	1221.9800
8	9104	490360.3500	4406528.7400	1222.1140
9	9105	490381.6400	4406590.4700	1217.9370
10	9106	490476.4900	4406703.5300	1215.1290
11	9107	490578.1700	4406764.8900	1221.8420
12	9108	490660.0600	4406784.7400	1209.4130
13	9109	490774.4100	4406739.0600	1201.2360
14	9110	490903.1000	4406735.5400	1174.7140
15	9111	491056.5700	4406558.5500	1218.5420
16	9112	491228.7700	4406510.0400	1204.3550
17	9113	491453.8600	4406584.1300	1263.4650
18	9114	491417.2900	4406755.4400	1283.6870
19	9115	491442.7200	4406832.6500	1300.9760
20	9116	491363.5500	4406857.8400	1285.3820
21	9117	491278.9400	4406812.2700	1260.3530

Şekil 5.15: Yeni noktaların Excel verisi görünümü.

Verilerin sıralanışı soldan sağa doğru kolon olarak dayanak noktalarında Nokta No, Sağa Değer, Yukarı Değer, Elipsoid yüksekliği, Ortometrik Yüksekliği şeklinde, yeni noktalarda ise Nokta No, Sağa Değer, Yukarı Değer, Elipsoid yüksekliği şeklindedir.

5.7 Sayısal Uygulama

Veriler Ankara Gölbaşı ilçesi Yaylacık köyü imar projesinden alınmıştır. Dayanak noktası 19, ortometrik yüksekliği hesaplanacak nokta (yeni nokta) 32 adettir.

Bölüm 4’de açıklanan polinom yüzeylerinden bi-lineer, bi-kuadratik, bi-kübik olmak üzere toplam 3 farklı polinom yüzeyi ile multikuadratik enterpolasyondan bi-lineer, bi-kuadratik trend yüzeyi kullanılmıştır. Polinom yüzeylerinin bilinmeyen parametreleri dayanak noktalarından yararlanılarak en küçük kareler yöntemine belirlenmiştir.

Kullanılan bütün polinom yüzeylerine uyumsuz ölçü testi yapılmıştır. Yapılan test sonucunda dayanak noktalarından tümünün uyumlu olduğu belirlenmiş ve 19 dayanak noktası ile yüzey bilinmeyenleri yeniden çözümlenmiştir. Bulunan bilinmeyenler yardımıyla yeni noktaların geoit yüksekliği ve ortometrik yüksekliği hesaplanmıştır.

Hesap sonuçlarının program çıktıları ekler bölümünde verilmiştir. Polinomlarla enterpolasyonda bi-lineer polinom yüzeyi ile program çıktıları Ek1’ de, bi-kuadratik polinom yüzeyi ile program çıktıları EK 2’ de, bi-kübik polinom yüzeyi ile program

ıktıları EK 3’ de, multikuadratik enterpolasyon yönteminden bi-lineer trend yüzeyi program ıktıları EK 4’ de ve bi-kuadratik trend yüzeyi program ıktıları ise EK 5’ de verilmiştir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yükseklik sistemleri jeodezik araştırmaların en önemli çalışma konularından bir tanesidir. Çünkü köprü, baraj, viyadük, yol, demiryolları, hava yolları gibi farklı mühendislik alanlarını da ilgilendiren uygulamalarda yüksek doğruluklu yükseklik bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Yüksek doğruluklu ölçmeler GNSS teknolojisi ile birlikte elde edilmesine rağmen GNSS ile matematiksel bir anlamı olan elipsoidal yükseklikler elde edilmektedir. Mühendislik uygulamalarında ise fiziksel bir anlam ifade eden ortometrik yükseklikler kullanılmaktadır. Bu nedenle, elipsoidal yüksekliklerin ortometrik yüksekliklere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun içinde hem elipsoidal hem de ortometrik yüksekliği bilinen noktalardan yararlanılarak lokal geoit profilleri belirlenmelidir. Bu çalışma ile, söz konusu bu dönüşümlerin teorik alt yapısı incelenmiş ve noktaların konum duyarlılıkları da göz önünde bulundurularak kullanımı kolay bir program geliştirilmiştir.

Çalışma bölgesinde kaçınıcı dereceden bir yüzey polinomunun kullanılacağı ilk bakışta kestirilemez. Bunun belirlenmesi için yüzey polinomunun derecesi birinci dereceden başlatılmak üzere dengeleme sonuçlarının istatistiksel analizleri ile belirlenebilir. Polinomun derecesi arttırıldıkça soncul varyans değeri küçülür. Soncul varyansın büyümeye başladığı polinom derecesinin bir eksiği en uygun derece kabul edilir. Polinom derecesinin çok yüksek olması, bilinmeyen sayısının artması yanında yüzeyinde duyarsızlaşmasına neden olabilir.

Ağırlıklı aritmetik ortalama ile enterpolesyonda ağırlık fonksiyonu olarak (4.1) denklemi kullanıldığında k değerinin seçimi önem kazanacaktır. Ağırlıklı aritmetik ortalama yönteminde kullanılan ağırlık modeli uzaklıkla ters orantılı olduğundan özellikle uzaktaki noktaların ondülasyon değerlerinin enterpolasyon noktalarına etkisi k tam sayı sabitinin artmasıyla azalacaktır. Bu durumda çok fazla dayanak noktası içeren büyük bölgelerde uzaktaki noktaların etkisini azaltmak amacıyla k değeri 3 ve üzeri alınmalıdır. k değeri büyüdükçe özellikle 4 ve üzeri değerlerde yaklaşık aynı sonuçlar ortaya çıkmakta ve ağırlıklı aritmetik ortalama ile enterpolasyon en yakın komşulukla enterpolasyona dönüşmektedir.

Ağırlıklı ortalama yönteminde interpolasyon noktaları için çalışma alanında n tane olan tüm dayanak noktalarının kullanılması yerine interpolasyon noktası civarındaki m tane dayanak nokta sayısının kullanılması önerilmektedir. Kullanılacak dayanak noktalarının seçimi için genellikle interpolasyon noktası merkez alınmak suretiyle belirlenmiş olan bir kritik daire yada dikdörtgen kullanılabilir. Bu durumda kritik dairenin boyutlarının belirlenmesi problemi ile karşılaşılır. Kritik daire yada dikdörtgen boyutları dayanak noktalarının konumsal dağılımıyla doğrudan ilişkilidir.

Bu alternatif çözümden başka farklı bir düşüncede sadece interpolasyon noktasının doğal komşularını kullanmaktır. Doğal komşuluk hesapsal geometride önemli bir yer tutmaktadır.

Multiquadratik interpolasyon tekniğinde yüzey modeli çalışma bölgesindeki noktaların dağılımından anlamlı bir şekilde etkilenmez, hatta eğer dayanak noktaları bölge içerisinde iyi bir şekilde dağılmamış bile olsa. Eğer dayanak noktası ile interpolasyonu yapılacak noktalar arasındaki mesafe artarsa, yüzey modeline dayanak noktasının katkısı azalır. Multiquadratik interpolasyon tekniğinde yüzey modeli dayanak noktalarından geçer.

Kriging interpolasyon yönteminde ağırlıklar, yansızlık ve en küçük varyans kitleleri göz önüne alınarak oluşturulan doğrusal denklem sisteminin çözümünden elde edilir. Doğrusal denklem sisteminin katsayılarını variogram fonksiyonunun değerleri oluşturur. Dolayısıyla optimum kriging ağırlıklarının seçiminde örneklerin birbirlerine uzaklıkları kadar kestirilecek nokta yada bloğa göre uzaklıklarda dikkate alınır.

Kriging yönteminin diğer kestirim yöntemlerine göre en önemli üstünlüğü esnek oluşudur. Ağırlıklar keyfi kurallara göre belirlenmez. Veriler sistemli ve objektif bir şekilde önceden analiz edilir ve bu analiz sonucunda variogram fonksiyonu belirlenir. Variogram fonksiyonu daha sonra ağırlıkların belirlenmesinde kullanılır.

Kriging yönteminin diğer bir üstünlüğü, kriging varyansı aracılığı ile kestirim hatasının büyüklüğünü değerlendirecek bir olanak sunmasıdır. Kriging varyansı, verilerin gerçek değerlerine bağlı değildir. Daha çok veri sayısının ve veriler arasındaki uzaklığın bir fonksiyonudur.

Trend yüzey olarak kuadratik yüzey seçilerek gerçekleştirilen multi-kuadratik enterpolasyon en duyarlı sonucu vermiştir. Kübik ve bi-kübik yüzey polinomlarından elde edilen geoit yükseklik ve ortometrik yükseklik değerlerinin duyarlılıklarının da jeodezik çalışmaların çoğu için yeterli olacağı söylenebilir. Dayanak noktaları olarak seçilecek noktaların uygulama bölgesine homojen bir dağılım göstermesi ve yeterli sıklıkta seçilmesi, multi-kuadratik enterpolasyon yönteminden diğer noktaların geoit yükseklik değerleri ve ortometrik yüksekliklerinin hesaplanması önerilir.

Lokal Geoit 1.0 yazılımında hesaplanan ortometrik yükseklikler "Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği" (BÖHKBÜY) ve teknik kriterlere göre uygun olduğu test edilmiştir.

Lokal Geoit 1.0 programının geliştirilebilir bir programdır. Grafik ekran üzerinde noktalar seçilerek istenilen noktalardan enterpolasyon hesabı için menüler eklenebilir. Ayrıca grafik ekranda eşyüksekti eğri görünümü eklenebilir. Programın polinomlarla enterpolasyon yönteminde 3.derece kadar hesap seçeneği vardır. Polinomun derecesi örneğin 10.dereceye kadar artırılarak hesapların yapılması seçeneği eklenerek artırılabilir. Diğer enterpolasyon yöntemlerinde farklı parametre seçenekleri eklenerek kullanıcıya hesap yapmada esneklik kazandırılabilir.

KAYNAKLAR

- Aksoy A., Ayan T. ve Deniz R., 1998. Global bölgesel ve ülke jeodezik ağıları hakkında, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, No: 84, Ankara.
- Aktaş V., 2014. Her yönüyle C Sharp 6.0, 16.Baskı, İnkılap Yayınevi, İstanbul.
- Arslan K., 2007. Kaan Arslan ders notları, Sistem Programcıları Derneği, İstanbul.
- Ayan T., 1978, 1976 Türkiye geoidi , Harita Dergisi, No: 85, Ankara.
- Başçiftçi F., 2008. Jeodezide kullanılan dönüşüm yöntemlerinin kullanılması, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Konya
- Bayrak T., 2011. Dengeleme hesabı-II ders notları, Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği, Gümüşhane.
- Çorumluoğlu Ö., Özbay Y., Kalaycı İ. ve Şanlıoğlu İ., 2005. GNSS/GPS yüksekliklerinden ortometrik yüksekliklerin elde edilmesinde yapay sinir ağı tekniğinin kullanımı, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Mühendislik Ölçmeleri Komisyonu 2.Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul.
- Fogel D.N., ve Tinney L.R., 1996. Image Registration Using Multiquadratic Functions, The Finite Element Method, Bivariate Mapping Polynomials and Thin Plate Spline, Technical Report, 37, Santa Barbara.
- Gökçe B., Mühendislik eğitimi C Sharp ders notları, <http://www.muhendislikegitimi.com/itemlist/category/134-visual-c-sharp-ders-notlari.html>, 25 Eylül 2015.
- Isaaks E.H. and Srivastava R.M., 1989. An Introduction to Applied Geostatistics, Oxford University Press, 561, Oxford.
- İnal C. ve Yiğit C.Ö., 2004. Elipsoid yüksekliklerden ortometrik yüksekliğe dönüşümde enterpolasyon yöntemlerinin kullanılabilirliği, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, cilt 19, No: 1, Konya.
- İnal C. ve Yiğit C.Ö., 2003. Jeodezik uygulamalarda kriging enterpolasyon yönteminin kullanılabilirliği, Türkiye Ulusal Jeodezik Kurultayı 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, Konya.

- İnal C., Turgut B. ve Yiğit C.Ö., 2002. Lokal alanlarda geoit ondülasyonlarının belirlenmesinde kullanılan enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30.Yıl Sempozyumu, Konya.
- Jekeli, C., 2000. Calibration/Validation Methods for GRACE, Geodesy Beyond 2000-The Challenges of the First Decade, IAG Symposia, Vol. 121, K.P. Schwarz (Derl.), Springer Verlag, Berlin, 83-88.
- Leber, F., 1973. Interpolation In A Square Grid DTM, ITC Journal, 1973-75.
- Mastar M., C SharpDersleri.<http://www.muhammedmastar.com/csharp-dersleri>, 06 Mart 2014.
- Şanlıoğlu İ., Ceylan A., İnal C., Çorumluoğlu Ö. ve Kalaycı İ., 2002. Konya bölgesi için GNSS/GPS ile elde edilen elipsoidal yüksekliklerden ortometrik yüksekliklerin hesaplanması, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30.Yıl Sempozyumu, Konya.
- Teke K. ve Yalçinkaya M., 2005. Yerel geoit yüzeyinin belirlenmesinde kullanılan enterpolasyon yöntemleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği, Trabzon.
- T.C. Resmi Gazete, Büyük ölçekli harita ve harita bilgileri üretim yönetmeliği. (2005/9070), 29.04.2005, 6-10.
- Tuşat E., 2000. Uydu teknolojisi ve yersel gözlemler yardımıyla Geoit Ondilasyonların hesaplanması, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Uluğtekin N., 1994. Sayısallaştırılmış Kadastro paftalarının geometrik niteliğinin yükseltilmesi, İTÜ Dergisi, 52, 1-2, İstanbul.
- Yanık M., 2014. Visual Studio 2012/2013 eşliğinde C Sharp 5.0, Birinci Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Yılmaz, N., 2011. Türkiye için farklı yöntem ve verilerle belirlenen geoitlerin karşılaştırılması, Doktora Tezi, KTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yiğit C.Ö.,2003. Elipsoidal yüksekliklerin ortometrik yüksekliğe dönüşümde kullanılan enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Zhan-Ji.Y., 1998. Precise Determination Of Local Geoid And Its Geophysical Interpretation, Doktora Tezi, Hong Kong Polytechnich University,Hong Kong.
- URL-1, <http://www.csharpdersnotlari.com>, C Sharp ders notları, 17 Ağustos 2015.
- URL-2, <http://veriakademi.com/c-sharp-nedir>, C Sharp nedir, 5 Aralık 2015.

URL-3,<http://www.baskent.edu.tr/~tkaracay/etudio/ders/prg/csharp/ch01.pdf>,
Programlamanın Temelleri, 20 Mayıs 2016.

URL-4,http://www.hakankocaman.com/surfer_8_de_2_ve_3_boyutlu-harita_yapimi#more-183, Surfer 8'de 2 ve 3 Boyutlu Harita Yapımı, 21 Mayıs 2016

URL-5,<http://www.google.com.tr/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.squaremelons.com%2Fimages%2Fc-sharp-development.png&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.squaremelons.com%2Fc-c-sharp-development&docid=1WPincCcA7z13M&tbnid=TPMnYAWaHY1yhM%3A&w=405&h=275&bih=979&biw=1920&ved=0ahUKEwjhv4PKvJrNAhWG6RQKHaiXCWEQMwhqKDEwMQ&iact=mrc&uact=> Alındığı Tarih: 8,9 Mart 2016.

URL-6, http://www.google.com.tr/imgres?imgurl=http%3A%2F%2F4.bp.blogspot.com%2F-uIQ5YpxZ31M%2FTol7RXenfNI%2FAAAAAAAAAAGE%2Fn5T9WSypJrg%2Fs1600%2Fgeoid_ellipsoidal-orthometric_height.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fsam5427.blogspot.com%2F&docid=81Gsnx4CjXHNvM&tbnid=0fA408Gw0i77vM%3A&w=666&h=373&bih=979&biw=1920&ved=0ahUKEwj1nJT7vprNAhUJPxQKHVU9Dtc4yAEQMwhoKF8wXw&iact=mrc&uact= Alındığı Tarih: 8,9 Haziran 2016.

EKLER

EK 1. Polinomlarla Enterpolasyonda Bi-Lineer Polinom Yüzeyi ile Program Çıktıları

EK 2. Polinomlarla Enterpolasyonda Bi-Kuadratik Polinom Yüzeyi ile Program Çıktıları

EK 3. Polinomlarla Enterpolasyonda Bi-Kübik Polinom Yüzeyi ile Program Çıktıları

EK 4. Multikuadratik Enterpolasyonda Bi-Lineer Trend Yüzeyi ile Program Çıktıları

EK 5. Multikuadratik Enterpolasyonda Bi-Kuadratik Trend Yüzeyi ile Program Çıktıları

EK 6. Lokal Geoit 1.0 Programında Matris İşlemlerinde Kullanılan Kod Parçacığı

EK 1. Polinomlarla Enterpolasyonda-Bi-Lineer Polinom Yüzeyi ile Program Çıktıları

YÜZEY POLİNOMU ENTERPOLASYON YÖNTEMİYLE

Bİ-LİNEER POLİNOM YÜZEYİ İLE HESAP

Nokta Sayısı : 19

Serbestlik Derecesi : 15

Test Sınır Değeri : 2.704

Polinom Derecesi : 1.derece

Polinom Katsayıları Sayısı : 4

Karesel Ortalama Hata (Mo) : 0.010 (m)

Yüzey Oluşturmak İçin Kullanılan ve Ortometrik Yüksekliği Bilinen Noktalar

NOKTA NO SAĞA DEĞER(m) YUKARI DEĞER(m) ELİP. YÜK.(m) ORTO. YÜK(m) GEOİT YÜK.(m)

I2930176	489527.0200	4407031.4700	1211.5280	1174.6990	36.8290
I2930177	490617.7900	4407063.8600	1183.3330	1146.4890	36.8440
I2930178	491582.5900	4407233.5300	1316.4740	1279.5960	36.8780
I2930179	492762.0000	4406879.3600	1357.6020	1320.7170	36.8850
I2930180	493953.2900	4406347.0700	1473.3480	1436.3990	36.9490
I2930181	494066.4700	4405090.0300	1576.9940	1540.0230	36.9710
I2930182	492912.0700	4404746.8900	1524.6220	1487.6720	36.9500
I2930183	491736.3200	4404253.3000	1515.3140	1478.3940	36.9200
I2930184	490215.9800	4404259.0200	1406.7150	1369.8160	36.8990
I2930185	489151.2100	4404962.4800	1208.0350	1171.1960	36.8390
I2930186	489250.5300	4406001.8700	1230.8740	1194.0320	36.8420
I2930187	489989.6500	4406484.8400	1233.1480	1196.3030	36.8450
I2930188	491296.3500	4406418.6900	1203.8590	1166.9660	36.8930
I2930189	492597.1700	4406203.7300	1294.0880	1257.1670	36.9210
I2930190	493173.9900	4405848.1000	1414.0470	1377.1120	36.9350
I2930191	492680.2900	4405204.3400	1449.7720	1412.8310	36.9410
I2930192	491662.7500	4405489.8800	1349.9240	1313.0050	36.9190

I2930193	490772.4800	4404981.2500	1430.9870	1394.0870	36.9000
I2930194	490191.7100	4405772.6900	1279.8940	1243.0430	36.8510

Bİ-LİNEER (1.Dereceden 4 Bilinmeyenli) Yüzey Polinomu İle Hesaplanan Ortometrik Yükseklik(H) ve Geoit Yüksekliği(N)

NOKTA NO SAĞA DEĞER(m) YUKARI DEĞER(m) ELİP. YÜK.(m) ORTO. YÜK(m) GEOİT YÜK.(m)

I2930176	489527.0200	4407031.4700	1211.5280	1174.700	36.828
I2930177	490617.7900	4407063.8600	1183.3330	1146.481	36.852
I2930178	491582.5900	4407233.5300	1316.4740	1279.603	36.871
I2930179	492762.0000	4406879.3600	1357.6020	1320.697	36.905
I2930180	493953.2900	4406347.0700	1473.3480	1436.404	36.944
I2930181	494066.4700	4405090.0300	1576.9940	1540.019	36.975
I2930182	492912.0700	4404746.8900	1524.6220	1487.669	36.953
I2930183	491736.3200	4404253.3000	1515.3140	1478.383	36.931
I2930184	490215.9800	4404259.0200	1406.7150	1369.825	36.890
I2930185	489151.2100	4404962.4800	1208.0350	1171.185	36.850
I2930186	489250.5300	4406001.8700	1230.8740	1194.037	36.837
I2930187	489989.6500	4406484.8400	1233.1480	1196.301	36.847
I2930188	491296.3500	4406418.6900	1203.8590	1166.980	36.879
I2930189	492597.1700	4406203.7300	1294.0880	1257.173	36.915
I2930190	493173.9900	4405848.1000	1414.0470	1377.111	36.936
I2930191	492680.2900	4405204.3400	1449.7720	1412.835	36.937
I2930192	491662.7500	4405489.8800	1349.9240	1313.018	36.906
I2930193	490772.4800	4404981.2500	1430.9870	1394.095	36.892
I2930194	490191.7100	4405772.6900	1279.8940	1243.030	36.864

Lokal Geoit Uyuşum Testi :

Nokta Adi	N(Orto.)	N(Yüzey)	V(m)	Test Değeri	Sınır	Sonuc
I2930176	36.8290	36.8275	0.0015	0.143	2.704	UYUSUMLU
I2930177	36.8440	36.8519	-0.0079	0.775	2.704	UYUSUMLU
I2930178	36.8780	36.8707	0.0073	0.711	2.704	UYUSUMLU
I2930179	36.8850	36.9047	-0.0197	1.923	2.704	UYUSUMLU
I2930180	36.9490	36.9442	0.0048	0.473	2.704	UYUSUMLU

I2930181	36.9710	36.9754	-0.0044	0.430	2.704	UYUSUMLU
I2930182	36.9500	36.9527	-0.0027	0.266	2.704	UYUSUMLU
I2930183	36.9200	36.9311	-0.0111	1.087	2.704	UYUSUMLU
I2930184	36.8990	36.8897	0.0093	0.907	2.704	UYUSUMLU
I2930185	36.8390	36.8502	-0.0112	1.096	2.704	UYUSUMLU
I2930186	36.8420	36.8369	0.0051	0.496	2.704	UYUSUMLU
I2930187	36.8450	36.8471	-0.0021	0.204	2.704	UYUSUMLU
I2930188	36.8930	36.8793	0.0137	1.342	2.704	UYUSUMLU
I2930189	36.9210	36.9147	0.0063	0.621	2.704	UYUSUMLU
I2930190	36.9350	36.9362	-0.0012	0.113	2.704	UYUSUMLU
I2930191	36.9410	36.9372	0.0038	0.372	2.704	UYUSUMLU
I2930192	36.9190	36.9056	0.0134	1.307	2.704	UYUSUMLU
I2930193	36.9000	36.8921	0.0079	0.771	2.704	UYUSUMLU
I2930194	36.8510	36.8638	-0.0128	1.250	2.704	UYUSUMLU

Yüzey Polinomu Katsayıları :

NO XA-VEKTOR

1	36.89518074
2	0.01870319
3	-0.02476223
4	-0.00154330

NOKTA ADI ORTO. YÜK. ORTO.YÜK.(YÜZEY) FARK(m)

I2930176	1174.6990	1174.7005	0.00
I2930177	1146.4890	1146.4811	0.01
I2930178	1279.5960	1279.6033	-0.01
I2930179	1320.7170	1320.6973	0.02
I2930180	1436.3990	1436.4038	0.00
I2930181	1540.0230	1540.0186	0.00
I2930182	1487.6720	1487.6693	0.00
I2930183	1478.3940	1478.3829	0.01
I2930184	1369.8160	1369.8253	-0.01
I2930185	1171.1960	1171.1848	0.01

I2930186	1194.0320	1194.0371	-0.01
I2930187	1196.3030	1196.3009	0.00
I2930188	1166.9660	1166.9797	-0.01
I2930189	1257.1670	1257.1733	-0.01
I2930190	1377.1120	1377.1108	0.00
I2930191	1412.8310	1412.8348	0.00
I2930192	1313.0050	1313.0184	-0.01
I2930193	1394.0870	1394.0949	-0.01
I2930194	1243.0430	1243.0302	0.01

RMS Değeri = 0.009 (m)



EK 2. Polinomlarla Enterpolasyonda Bi-Kuadratik Polinom Yüzeyi ile Program Çıktıları

YÜZEY POLİNOMU ENTERPOLASYON YÖNTEMİYLE

Bİ-KUADRATİK POLİNOM YÜZEYİ İLE HESAP

Nokta Sayısı : 19

Serbestlik Derecesi : 10

Test Sınır Değeri : 2.555

Polinom Derecesi : 2.derece

Polinom Katsayıları Sayısı : 9

Karesel Ortalama Hata (Mo) : 0.010 (m)

Yüzey Oluşturmak İçin Kullanılan ve Ortometrik Yüksekliği Bilinen Noktalar

NOKTA NO SAĞA DEĞER(m) YUKARI DEĞER(m) ELİP. YÜK.(m) ORTO. YÜK(m) GEOİT YÜK.(m)

I2930176	489527.0200	4407031.4700	1211.5280	1174.6990	36.8290
I2930177	490617.7900	4407063.8600	1183.3330	1146.4890	36.8440
I2930178	491582.5900	4407233.5300	1316.4740	1279.5960	36.8780
I2930179	492762.0000	4406879.3600	1357.6020	1320.7170	36.8850
I2930180	493953.2900	4406347.0700	1473.3480	1436.3990	36.9490
I2930181	494066.4700	4405090.0300	1576.9940	1540.0230	36.9710
I2930182	492912.0700	4404746.8900	1524.6220	1487.6720	36.9500
I2930183	491736.3200	4404253.3000	1515.3140	1478.3940	36.9200
I2930184	490215.9800	4404259.0200	1406.7150	1369.8160	36.8990
I2930185	489151.2100	4404962.4800	1208.0350	1171.1960	36.8390
I2930186	489250.5300	4406001.8700	1230.8740	1194.0320	36.8420
I2930187	489989.6500	4406484.8400	1233.1480	1196.3030	36.8450
I2930188	491296.3500	4406418.6900	1203.8590	1166.9660	36.8930
I2930189	492597.1700	4406203.7300	1294.0880	1257.1670	36.9210
I2930190	493173.9900	4405848.1000	1414.0470	1377.1120	36.9350
I2930191	492680.2900	4405204.3400	1449.7720	1412.8310	36.9410
I2930192	491662.7500	4405489.8800	1349.9240	1313.0050	36.9190
I2930193	490772.4800	4404981.2500	1430.9870	1394.0870	36.9000

I2930194	490191.7100	4405772.6900	1279.8940	1243.0430	36.8510
----------	-------------	--------------	-----------	-----------	---------

Bİ-KUADRATİK (2.Dereceden 9 Bilinmeyenli) Yüzey Polinomu İle Hesaplanan Ortometrik Yükseklik(H) ve Geoit Yüksekliği(N)

NOKTA NO	SAĞA DEĞER(m)	YUKARI DEĞER(m)	ELİP. YÜK.(m)	ORTO. YÜK(m)	GEOİT YÜK.(m)
----------	---------------	-----------------	---------------	--------------	---------------

I2930176	489527.0200	4407031.4700	1211.5280	1174.700	36.828
I2930177	490617.7900	4407063.8600	1183.3330	1146.478	36.855
I2930178	491582.5900	4407233.5300	1316.4740	1279.607	36.867
I2930179	492762.0000	4406879.3600	1357.6020	1320.708	36.894
I2930180	493953.2900	4406347.0700	1473.3480	1436.404	36.944
I2930181	494066.4700	4405090.0300	1576.9940	1540.024	36.970
I2930182	492912.0700	4404746.8900	1524.6220	1487.677	36.945
I2930183	491736.3200	4404253.3000	1515.3140	1478.386	36.928
I2930184	490215.9800	4404259.0200	1406.7150	1369.821	36.894
I2930185	489151.2100	4404962.4800	1208.0350	1171.191	36.844
I2930186	489250.5300	4406001.8700	1230.8740	1194.041	36.833
I2930187	489989.6500	4406484.8400	1233.1480	1196.300	36.848
I2930188	491296.3500	4406418.6900	1203.8590	1166.976	36.883
I2930189	492597.1700	4406203.7300	1294.0880	1257.168	36.920
I2930190	493173.9900	4405848.1000	1414.0470	1377.101	36.946
I2930191	492680.2900	4405204.3400	1449.7720	1412.830	36.942
I2930192	491662.7500	4405489.8800	1349.9240	1313.012	36.912
I2930193	490772.4800	4404981.2500	1430.9870	1394.091	36.896
I2930194	490191.7100	4405772.6900	1279.8940	1243.030	36.864

Lokal Geoit Uyuşum Testi :

Nokta Adi	N(Orto.)	N(Yüzey)	V(m)	Test Değeri	Sınır	Sonuc
I2930176	36.8290	36.8277	0.0013	0.127	2.555	UYUSUMLU
I2930177	36.8440	36.8554	-0.0114	1.117	2.555	UYUSUMLU
I2930178	36.8780	36.8672	0.0108	1.055	2.555	UYUSUMLU
I2930179	36.8850	36.8937	-0.0087	0.848	2.555	UYUSUMLU
I2930180	36.9490	36.9436	0.0054	0.529	2.555	UYUSUMLU

I2930181	36.9710	36.9704	0.0006	0.058	2.555	UYUSUMLU
I2930182	36.9500	36.9451	0.0049	0.481	2.555	UYUSUMLU
I2930183	36.9200	36.9276	-0.0076	0.743	2.555	UYUSUMLU
I2930184	36.8990	36.8939	0.0051	0.496	2.555	UYUSUMLU
I2930185	36.8390	36.8440	-0.0050	0.491	2.555	UYUSUMLU
I2930186	36.8420	36.8327	0.0093	0.910	2.555	UYUSUMLU
I2930187	36.8450	36.8476	-0.0026	0.250	2.555	UYUSUMLU
I2930188	36.8930	36.8828	0.0102	0.998	2.555	UYUSUMLU
I2930189	36.9210	36.9203	0.0007	0.067	2.555	UYUSUMLU
I2930190	36.9350	36.9458	-0.0108	1.054	2.555	UYUSUMLU
I2930191	36.9410	36.9421	-0.0011	0.104	2.555	UYUSUMLU
I2930192	36.9190	36.9116	0.0074	0.725	2.555	UYUSUMLU
I2930193	36.9000	36.8956	0.0044	0.435	2.555	UYUSUMLU
I2930194	36.8510	36.8640	-0.0130	1.274	2.555	UYUSUMLU

Yüzey Polinomu Katsayıları :

NO XA-VEKTOR

1	36.90058327
2	0.01974491
3	-0.02814303
4	-0.00047622
5	-0.00245758
6	-0.00303169
7	-0.00006819
8	0.00665792
9	-0.00227345

NOKTA ADI ORTO. YÜK. ORTO.YÜK.(YÜZEY) FARK(m)

I2930176	1174.6990	1174.7003	0.00
I2930177	1146.4890	1146.4776	0.01
I2930178	1279.5960	1279.6068	-0.01
I2930179	1320.7170	1320.7083	0.01
I2930180	1436.3990	1436.4044	-0.01

I2930181	1540.0230	1540.0236	0.00
I2930182	1487.6720	1487.6769	0.00
I2930183	1478.3940	1478.3864	0.01
I2930184	1369.8160	1369.8211	-0.01
I2930185	1171.1960	1171.1910	0.01
I2930186	1194.0320	1194.0413	-0.01
I2930187	1196.3030	1196.3004	0.00
I2930188	1166.9660	1166.9762	-0.01
I2930189	1257.1670	1257.1677	0.00
I2930190	1377.1120	1377.1012	0.01
I2930191	1412.8310	1412.8299	0.00
I2930192	1313.0050	1313.0124	-0.01
I2930193	1394.0870	1394.0914	0.00
I2930194	1243.0430	1243.0300	0.01

RMS Değeri = 0.007 (m)

EK 3. Polinomlarla Enterpolasyonda Bi-Kübik Polinom Yüzeyi ile Program Çıktıları

YÜZEY POLİNOMU ENTERPOLASYON YÖNTEMİYLE

Bİ-KÜBİK POLİNOM YÜZEYİ İLE HESAP

Nokta Sayısı : 19

Serbestlik Derecesi : 3

Test Sınır Değeri : 1.727

Polinom Derecesi : 3.derece

Polinom Katsayıları Sayısı : 16

Karesel Ortalama Hata (Mo) : 0.012 (m)

Yüzey Oluşturmak İçin Kullanılan ve Ortometrik Yüksekliği Bilinen Noktalar

NOKTA NO	SAĞA DEĞER(m)	YUKARI DEĞER(m)	ELİP. YÜK.(m)	ORTO. YÜK(m)	GEOİT YÜK.(m)
----------	---------------	-----------------	---------------	--------------	---------------

I2930176	489527.0200	4407031.4700	1211.5280	1174.6990	36.8290
I2930177	490617.7900	4407063.8600	1183.3330	1146.4890	36.8440
I2930178	491582.5900	4407233.5300	1316.4740	1279.5960	36.8780
I2930179	492762.0000	4406879.3600	1357.6020	1320.7170	36.8850
I2930180	493953.2900	4406347.0700	1473.3480	1436.3990	36.9490
I2930181	494066.4700	4405090.0300	1576.9940	1540.0230	36.9710
I2930182	492912.0700	4404746.8900	1524.6220	1487.6720	36.9500
I2930183	491736.3200	4404253.3000	1515.3140	1478.3940	36.9200
I2930184	490215.9800	4404259.0200	1406.7150	1369.8160	36.8990
I2930185	489151.2100	4404962.4800	1208.0350	1171.1960	36.8390
I2930186	489250.5300	4406001.8700	1230.8740	1194.0320	36.8420
I2930187	489989.6500	4406484.8400	1233.1480	1196.3030	36.8450
I2930188	491296.3500	4406418.6900	1203.8590	1166.9660	36.8930
I2930189	492597.1700	4406203.7300	1294.0880	1257.1670	36.9210
I2930190	493173.9900	4405848.1000	1414.0470	1377.1120	36.9350
I2930191	492680.2900	4405204.3400	1449.7720	1412.8310	36.9410
I2930192	491662.7500	4405489.8800	1349.9240	1313.0050	36.9190
I2930193	490772.4800	4404981.2500	1430.9870	1394.0870	36.9000
I2930194	490191.7100	4405772.6900	1279.8940	1243.0430	36.8510

Bİ-KÜBİK (3.Dereceden 16 Bilinmeyenli) Yüzey Polinomu İle Hesaplanan Ortometrik Yükseklik(H) ve Geoit Yüksekliği(N)

NOKTA NO SAĞA DEĞER(m) YUKARI DEĞER(m) ELİP. YÜK.(m) ORTO. YÜK(m) GEOİT YÜK.(m)

I2930176	489527.0200	4407031.4700	1211.5280	1174.699	36.829
I2930177	490617.7900	4407063.8600	1183.3330	1146.485	36.848
I2930178	491582.5900	4407233.5300	1316.4740	1279.598	36.876
I2930179	492762.0000	4406879.3600	1357.6020	1320.715	36.887
I2930180	493953.2900	4406347.0700	1473.3480	1436.401	36.947
I2930181	494066.4700	4405090.0300	1576.9940	1540.025	36.969
I2930182	492912.0700	4404746.8900	1524.6220	1487.669	36.953
I2930183	491736.3200	4404253.3000	1515.3140	1478.395	36.919
I2930184	490215.9800	4404259.0200	1406.7150	1369.814	36.901
I2930185	489151.2100	4404962.4800	1208.0350	1171.198	36.837
I2930186	489250.5300	4406001.8700	1230.8740	1194.034	36.840
I2930187	489989.6500	4406484.8400	1233.1480	1196.308	36.840
I2930188	491296.3500	4406418.6900	1203.8590	1166.971	36.888
I2930189	492597.1700	4406203.7300	1294.0880	1257.167	36.921
I2930190	493173.9900	4405848.1000	1414.0470	1377.106	36.941
I2930191	492680.2900	4405204.3400	1449.7720	1412.830	36.942
I2930192	491662.7500	4405489.8800	1349.9240	1313.014	36.910
I2930193	490772.4800	4404981.2500	1430.9870	1394.090	36.897
I2930194	490191.7100	4405772.6900	1279.8940	1243.028	36.866

Lokal Geoit Uyuşum Testi :

Nokta Adi	N(Orto.)	N(Yüzey)	V(m)	Test Değeri	Sınır	Sonuc
I2930176	36.8290	36.8292	-0.0002	0.015	1.727	UYUSUMLU
I2930177	36.8440	36.8481	-0.0041	0.336	1.727	UYUSUMLU
I2930178	36.8780	36.8758	0.0022	0.180	1.727	UYUSUMLU
I2930179	36.8850	36.8874	-0.0024	0.197	1.727	UYUSUMLU
I2930180	36.9490	36.9469	0.0021	0.173	1.727	UYUSUMLU
I2930181	36.9710	36.9689	0.0021	0.173	1.727	UYUSUMLU
I2930182	36.9500	36.9531	-0.0031	0.250	1.727	UYUSUMLU

I2930183	36.9200	36.9186	0.0014	0.111	1.727	UYUSUMLU
I2930184	36.8990	36.9009	-0.0019	0.157	1.727	UYUSUMLU
I2930185	36.8390	36.8370	0.0020	0.160	1.727	UYUSUMLU
I2930186	36.8420	36.8402	0.0018	0.148	1.727	UYUSUMLU
I2930187	36.8450	36.8399	0.0051	0.419	1.727	UYUSUMLU
I2930188	36.8930	36.8882	0.0048	0.396	1.727	UYUSUMLU
I2930189	36.9210	36.9205	0.0005	0.038	1.727	UYUSUMLU
I2930190	36.9350	36.9410	-0.0060	0.490	1.727	UYUSUMLU
I2930191	36.9410	36.9424	-0.0014	0.118	1.727	UYUSUMLU
I2930192	36.9190	36.9103	0.0087	0.715	1.727	UYUSUMLU
I2930193	36.9000	36.8969	0.0031	0.253	1.727	UYUSUMLU
I2930194	36.8510	36.8657	-0.0147	1.202	1.727	UYUSUMLU

Yüzey Polinomu Katsayıları :

NO XA-VEKTOR

1	36.89997085
2	0.01127583
3	-0.03304981
4	-0.01649185
5	0.00084279
6	0.01848701
7	0.00045078
8	0.00648687
9	-0.00625701
10	0.00462890
11	0.02297034
12	-0.00181919
13	0.00323386
14	0.00957125
15	-0.00719660
16	-0.01450815

NOKTA ADI ORTO. YÜK. ORTO.YÜK.(YÜZEY) FARK(m)

I2930176	1174.6990	1174.6988	0.00
I2930177	1146.4890	1146.4849	0.00
I2930178	1279.5960	1279.5982	0.00
I2930179	1320.7170	1320.7146	0.00
I2930180	1436.3990	1436.4011	0.00
I2930181	1540.0230	1540.0251	0.00
I2930182	1487.6720	1487.6689	0.00
I2930183	1478.3940	1478.3954	0.00
I2930184	1369.8160	1369.8141	0.00
I2930185	1171.1960	1171.1980	0.00
I2930186	1194.0320	1194.0338	0.00
I2930187	1196.3030	1196.3081	-0.01
I2930188	1166.9660	1166.9708	0.00
I2930189	1257.1670	1257.1675	0.00
I2930190	1377.1120	1377.1060	0.01
I2930191	1412.8310	1412.8296	0.00
I2930192	1313.0050	1313.0137	-0.01
I2930193	1394.0870	1394.0901	0.00
I2930194	1243.0430	1243.0283	0.01

RMS Değeri = 0.005 (m)

EK 4. Multiküadratik Enterpolasyonda Bi-Lineer Trend Yüzeyi ile Program Çıktıları

MULTİ-KUADRATİK ENTERPOLASYON YÖNTEMİYLE

Bİ-LİNEER TREND YÜZEYİ İLE HESAP

Nokta Sayısı : 19

Serbestlik Derecesi : 15

Test Sınır Değeri : 2.704

Polinom Derecesi : 2.derece

Polinom Katsayıları Sayısı : 4

Karesel Ortalama Hata (Mo) : 0.010 (m)

Yüzey Oluşturmak İçin Kullanılan ve Ortometrik Yüksekliği Bilinen Noktalar

NOKTA NO	SAĞA DEĞER(m)	YUKARI DEĞER(m)	ELİP. YÜK.(m)	ORTO. YÜK(m)	GEOİT YÜK.(m)
----------	---------------	-----------------	---------------	--------------	---------------

I2930176	489527.0200	4407031.4700	1211.5280	1174.6990	36.8290
I2930177	490617.7900	4407063.8600	1183.3330	1146.4890	36.8440
I2930178	491582.5900	4407233.5300	1316.4740	1279.5960	36.8780
I2930179	492762.0000	4406879.3600	1357.6020	1320.7170	36.8850
I2930180	493953.2900	4406347.0700	1473.3480	1436.3990	36.9490
I2930181	494066.4700	4405090.0300	1576.9940	1540.0230	36.9710
I2930182	492912.0700	4404746.8900	1524.6220	1487.6720	36.9500
I2930183	491736.3200	4404253.3000	1515.3140	1478.3940	36.9200
I2930184	490215.9800	4404259.0200	1406.7150	1369.8160	36.8990
I2930185	489151.2100	4404962.4800	1208.0350	1171.1960	36.8390
I2930186	489250.5300	4406001.8700	1230.8740	1194.0320	36.8420
I2930187	489989.6500	4406484.8400	1233.1480	1196.3030	36.8450
I2930188	491296.3500	4406418.6900	1203.8590	1166.9660	36.8930
I2930189	492597.1700	4406203.7300	1294.0880	1257.1670	36.9210
I2930190	493173.9900	4405848.1000	1414.0470	1377.1120	36.9350
I2930191	492680.2900	4405204.3400	1449.7720	1412.8310	36.9410
I2930192	491662.7500	4405489.8800	1349.9240	1313.0050	36.9190
I2930193	490772.4800	4404981.2500	1430.9870	1394.0870	36.9000
I2930194	490191.7100	4405772.6900	1279.8940	1243.0430	36.8510

MULTİ-KUADRATİK Enterpolasyon Yöntemi İle Hesaplanan Ortometrik Yükseklik(H) ve Geoit Yüksekliği(N)

NOKTA NO SAĞA DEĞER(m) YUKARI DEĞER(m) ELİP. YÜK.(m) ORTO. YÜK(m) GEOIT YÜK.(m)

I2930176	489527.0200	4407031.4700	1211.5280	1174.700	36.828
I2930177	490617.7900	4407063.8600	1183.3330	1146.481	36.852
I2930178	491582.5900	4407233.5300	1316.4740	1279.603	36.871
I2930179	492762.0000	4406879.3600	1357.6020	1320.697	36.905
I2930180	493953.2900	4406347.0700	1473.3480	1436.404	36.944
I2930181	494066.4700	4405090.0300	1576.9940	1540.019	36.975
I2930182	492912.0700	4404746.8900	1524.6220	1487.669	36.953
I2930183	491736.3200	4404253.3000	1515.3140	1478.383	36.931
I2930184	490215.9800	4404259.0200	1406.7150	1369.825	36.890
I2930185	489151.2100	4404962.4800	1208.0350	1171.185	36.850
I2930186	489250.5300	4406001.8700	1230.8740	1194.037	36.837
I2930187	489989.6500	4406484.8400	1233.1480	1196.301	36.847
I2930188	491296.3500	4406418.6900	1203.8590	1166.980	36.879
I2930189	492597.1700	4406203.7300	1294.0880	1257.173	36.915
I2930190	493173.9900	4405848.1000	1414.0470	1377.111	36.936
I2930191	492680.2900	4405204.3400	1449.7720	1412.835	36.937
I2930192	491662.7500	4405489.8800	1349.9240	1313.018	36.906
I2930193	490772.4800	4404981.2500	1430.9870	1394.095	36.892
I2930194	490191.7100	4405772.6900	1279.8940	1243.030	36.864

Lokal Geoit Uyuşum Testi :

Nokta Adi	N(Orto.)	N(Yüzey)	V(m)	Test Değeri	Sınır	Sonuc
I2930176	36.8290	36.8275	0.0015	0.143	2.704	UYUSUMLU
I2930177	36.8440	36.8519	-0.0079	0.775	2.704	UYUSUMLU
I2930178	36.8780	36.8707	0.0073	0.711	2.704	UYUSUMLU
I2930179	36.8850	36.9047	-0.0197	1.923	2.704	UYUSUMLU
I2930180	36.9490	36.9442	0.0048	0.473	2.704	UYUSUMLU
I2930181	36.9710	36.9754	-0.0044	0.430	2.704	UYUSUMLU
I2930182	36.9500	36.9527	-0.0027	0.266	2.704	UYUSUMLU

I2930183	36.9200	36.9311	-0.0111	1.087	2.704	UYUSUMLU
I2930184	36.8990	36.8897	0.0093	0.907	2.704	UYUSUMLU
I2930185	36.8390	36.8502	-0.0112	1.096	2.704	UYUSUMLU
I2930186	36.8420	36.8369	0.0051	0.496	2.704	UYUSUMLU
I2930187	36.8450	36.8471	-0.0021	0.204	2.704	UYUSUMLU
I2930188	36.8930	36.8793	0.0137	1.342	2.704	UYUSUMLU
I2930189	36.9210	36.9147	0.0063	0.621	2.704	UYUSUMLU
I2930190	36.9350	36.9362	-0.0012	0.113	2.704	UYUSUMLU
I2930191	36.9410	36.9372	0.0038	0.372	2.704	UYUSUMLU
I2930192	36.9190	36.9056	0.0134	1.307	2.704	UYUSUMLU
I2930193	36.9000	36.8921	0.0079	0.771	2.704	UYUSUMLU
I2930194	36.8510	36.8638	-0.0128	1.250	2.704	UYUSUMLU

Yüzey Polinomu Katsayıları :

NO	XA-VEKTOR
-----	-----
1	36.89518074
2	0.01870319
3	-0.02476223
4	-0.00154330

NOKTA ADI ORTO. YÜK. ORTO.YÜK.(YÜZEY) FARK(m)

I2930176	1174.699	1174.700	-0.001
I2930177	1146.489	1146.481	0.008
I2930178	1279.596	1279.603	-0.007
I2930179	1320.717	1320.697	0.020
I2930180	1436.399	1436.404	-0.005
I2930181	1540.023	1540.019	0.004
I2930182	1487.672	1487.669	0.003
I2930183	1478.394	1478.383	0.011
I2930184	1369.816	1369.825	-0.009
I2930185	1171.196	1171.185	0.011
I2930186	1194.032	1194.037	-0.005
I2930187	1196.303	1196.301	0.002

I2930188	1166.966	1166.980	-0.014
I2930189	1257.167	1257.173	-0.006
I2930190	1377.112	1377.111	0.001
I2930191	1412.831	1412.835	-0.004
I2930192	1313.005	1313.018	-0.013
I2930193	1394.087	1394.095	-0.008
I2930194	1243.043	1243.030	0.013

RMS Değeri = 0.009 (m)

MULTİ-KUADRATİK Enterpolasyon Yöntemiyle Artık Geoit Ondülasyon Değerinin Hesabı :

Artık Geoid Ondülasyon Değerinin Hesabında Kullanılan Katsayılar :

NO C Katsayıları

1	-0.00365216
2	0.01532083
3	-0.01185502
4	0.02905972
5	-0.01252357
6	0.00242632
7	0.00125868
8	0.01492157
9	-0.01310828
10	0.01226080
11	-0.01424552
12	-0.00259674
13	-0.01360293
14	-0.01410402
15	0.00593331
16	-0.00366507
17	-0.00844373
18	-0.00827292
19	0.02307733

(Geometrik parametre = 0 alınmıştır.)

Nokta Adi	N(Orto.)	N(Yüzey)	Fark(ort-yüz)	deltaN	N(Yüz.)+deltaN	Kontrol
I2930176	36.829	36.828	0.001	0.001	36.829	0.0000
I2930177	36.844	36.852	-0.008	-0.008	36.844	0.0000
I2930178	36.878	36.871	0.007	0.007	36.878	0.0000
I2930179	36.885	36.905	-0.020	-0.020	36.885	0.0000
I2930180	36.949	36.944	0.005	0.005	36.949	0.0000
I2930181	36.971	36.975	-0.004	-0.004	36.971	0.0000
I2930182	36.950	36.953	-0.003	-0.003	36.950	0.0000
I2930183	36.920	36.931	-0.011	-0.011	36.920	0.0000
I2930184	36.899	36.890	0.009	0.009	36.899	0.0000
I2930185	36.839	36.850	-0.011	-0.011	36.839	0.0000
I2930186	36.842	36.837	0.005	0.005	36.842	0.0000
I2930187	36.845	36.847	-0.002	-0.002	36.845	0.0000
I2930188	36.893	36.879	0.014	0.014	36.893	0.0000
I2930189	36.921	36.915	0.006	0.006	36.921	0.0000
I2930190	36.935	36.936	-0.001	-0.001	36.935	0.0000
I2930191	36.941	36.937	0.004	0.004	36.941	0.0000
I2930192	36.919	36.906	0.013	0.013	36.919	0.0000
I2930193	36.900	36.892	0.008	0.008	36.900	0.0000
I2930194	36.851	36.864	-0.013	-0.013	36.851	0.0000

EK 5. Multikuadratik Enterpolasyonda Bi-Kuadratik Trend Yüzeyi ile Program Çıktıları

MULTİ-KUADRATİK ENTERPOLASYON YÖNTEMİYLE

Bİ-KUADRATİK TREND YÜZEYİ İLE HESAP

Nokta Sayısı : 19

Serbestlik Derecesi : 10

Test Sınır Değeri : 2.555

Polinom Derecesi : 2.derece

Polinom Katsayıları Sayısı : 9

Karesel Ortalama Hata (Mo) : 0.010 (m)

Yüzey Oluşturmak İçin Kullanılan ve Ortometrik Yüksekliği Bilinen Noktalar

NOKTA NO	SAĞA DEĞER(m)	YUKARI DEĞER(m)	ELİP. YÜK.(m)	ORTO. YÜK(m)	GEOİT YÜK.(m)
----------	---------------	-----------------	---------------	--------------	---------------

I2930176	489527.0200	4407031.4700	1211.5280	1174.6990	36.8290
I2930177	490617.7900	4407063.8600	1183.3330	1146.4890	36.8440
I2930178	491582.5900	4407233.5300	1316.4740	1279.5960	36.8780
I2930179	492762.0000	4406879.3600	1357.6020	1320.7170	36.8850
I2930180	493953.2900	4406347.0700	1473.3480	1436.3990	36.9490
I2930181	494066.4700	4405090.0300	1576.9940	1540.0230	36.9710
I2930182	492912.0700	4404746.8900	1524.6220	1487.6720	36.9500
I2930183	491736.3200	4404253.3000	1515.3140	1478.3940	36.9200
I2930184	490215.9800	4404259.0200	1406.7150	1369.8160	36.8990
I2930185	489151.2100	4404962.4800	1208.0350	1171.1960	36.8390
I2930186	489250.5300	4406001.8700	1230.8740	1194.0320	36.8420
I2930187	489989.6500	4406484.8400	1233.1480	1196.3030	36.8450
I2930188	491296.3500	4406418.6900	1203.8590	1166.9660	36.8930
I2930189	492597.1700	4406203.7300	1294.0880	1257.1670	36.9210
I2930190	493173.9900	4405848.1000	1414.0470	1377.1120	36.9350
I2930191	492680.2900	4405204.3400	1449.7720	1412.8310	36.9410
I2930192	491662.7500	4405489.8800	1349.9240	1313.0050	36.9190
I2930193	490772.4800	4404981.2500	1430.9870	1394.0870	36.9000
I2930194	490191.7100	4405772.6900	1279.8940	1243.0430	36.8510

MULTİ-KUADRATİK Enterpolasyon Yöntemi İle Hesaplanan Ortometrik Yükseklik(H) ve Geoit Yüksekliği(N)

NOKTA NO SAĞA DEĞER(m) YUKARI DEĞER(m) ELİP. YÜK.(m) ORTO. YÜK(m) GEOİT YÜK.(m)

I2930176	489527.0200	4407031.4700	1211.5280	1174.700	36.828
I2930177	490617.7900	4407063.8600	1183.3330	1146.478	36.855
I2930178	491582.5900	4407233.5300	1316.4740	1279.607	36.867
I2930179	492762.0000	4406879.3600	1357.6020	1320.708	36.894
I2930180	493953.2900	4406347.0700	1473.3480	1436.404	36.944
I2930181	494066.4700	4405090.0300	1576.9940	1540.024	36.970
I2930182	492912.0700	4404746.8900	1524.6220	1487.677	36.945
I2930183	491736.3200	4404253.3000	1515.3140	1478.386	36.928
I2930184	490215.9800	4404259.0200	1406.7150	1369.821	36.894
I2930185	489151.2100	4404962.4800	1208.0350	1171.191	36.844
I2930186	489250.5300	4406001.8700	1230.8740	1194.041	36.833
I2930187	489989.6500	4406484.8400	1233.1480	1196.300	36.848
I2930188	491296.3500	4406418.6900	1203.8590	1166.976	36.883
I2930189	492597.1700	4406203.7300	1294.0880	1257.168	36.920
I2930190	493173.9900	4405848.1000	1414.0470	1377.101	36.946
I2930191	492680.2900	4405204.3400	1449.7720	1412.830	36.942
I2930192	491662.7500	4405489.8800	1349.9240	1313.012	36.912
I2930193	490772.4800	4404981.2500	1430.9870	1394.091	36.896
I2930194	490191.7100	4405772.6900	1279.8940	1243.030	36.864

Lokal Geoit Uyuşum Testi :

Nokta Adı	N(Orto.)	N(Yüzey)	V(m)	Test Değeri	Sınır	Sonuc
I2930176	36.8290	36.8277	0.0013	0.127	2.555	UYUSUMLU
I2930177	36.8440	36.8554	-0.0114	1.117	2.555	UYUSUMLU
I2930178	36.8780	36.8672	0.0108	1.055	2.555	UYUSUMLU
I2930179	36.8850	36.8937	-0.0087	0.848	2.555	UYUSUMLU
I2930180	36.9490	36.9436	0.0054	0.529	2.555	UYUSUMLU
I2930181	36.9710	36.9704	0.0006	0.058	2.555	UYUSUMLU

I2930182	36.9500	36.9451	0.0049	0.481	2.555	UYUSUMLU
I2930183	36.9200	36.9276	-0.0076	0.743	2.555	UYUSUMLU
I2930184	36.8990	36.8939	0.0051	0.496	2.555	UYUSUMLU
I2930185	36.8390	36.8440	-0.0050	0.491	2.555	UYUSUMLU
I2930186	36.8420	36.8327	0.0093	0.910	2.555	UYUSUMLU
I2930187	36.8450	36.8476	-0.0026	0.250	2.555	UYUSUMLU
I2930188	36.8930	36.8828	0.0102	0.998	2.555	UYUSUMLU
I2930189	36.9210	36.9203	0.0007	0.067	2.555	UYUSUMLU
I2930190	36.9350	36.9458	-0.0108	1.054	2.555	UYUSUMLU
I2930191	36.9410	36.9421	-0.0011	0.104	2.555	UYUSUMLU
I2930192	36.9190	36.9116	0.0074	0.725	2.555	UYUSUMLU
I2930193	36.9000	36.8956	0.0044	0.435	2.555	UYUSUMLU
I2930194	36.8510	36.8640	-0.0130	1.274	2.555	UYUSUMLU

Yüzey Polinomu Katsayıları :

NO XA-VEKTOR

1	36.90058327
2	0.01974491
3	-0.02814303
4	-0.00047622
5	-0.00245758
6	-0.00303169
7	-0.00006819
8	0.00665792
9	-0.00227345

NOKTA ADI ORTO. YÜK. ORTO.YÜK.(YÜZEY) FARK(m)

I2930176	1174.699	1174.700	-0.001
I2930177	1146.489	1146.478	0.011
I2930178	1279.596	1279.607	-0.011
I2930179	1320.717	1320.708	0.009
I2930180	1436.399	1436.404	-0.005

I2930181	1540.023	1540.024	-0.001
I2930182	1487.672	1487.677	-0.005
I2930183	1478.394	1478.386	0.008
I2930184	1369.816	1369.821	-0.005
I2930185	1171.196	1171.191	0.005
I2930186	1194.032	1194.041	-0.009
I2930187	1196.303	1196.300	0.003
I2930188	1166.966	1166.976	-0.010
I2930189	1257.167	1257.168	-0.001
I2930190	1377.112	1377.101	0.011
I2930191	1412.831	1412.830	0.001
I2930192	1313.005	1313.012	-0.007
I2930193	1394.087	1394.091	-0.004
I2930194	1243.043	1243.030	0.013

RMS Değeri = 0.007 (m)

MULTİ-KUADRATİK Enterpolasyon Yöntemiyle Artık Geoit Ondülasyon Değerinin Hesabı :

Artık Geoid Ondülasyon Değerinin Hesabında Kullanılan Katsayılar :

NO C Katsayıları

1	-0.00155450
2	0.01967238
3	-0.01377041
4	0.01478393
5	-0.01061852
6	0.00096851
7	-0.01066734
8	0.01201587
9	-0.00692074
10	0.00862533
11	-0.01572744

12	-0.00338576
13	-0.01252037
14	-0.00821454
15	0.01729744
16	0.00345078
17	-0.00632964
18	-0.00770679
19	0.02159074

(Geometrik parametre = 0 alınmıştır.)

Nokta Adi	N(Orto.)	N(Yüzey)	Fark(ort-yüz)	deltaN	N(Yüz.)+deltaN	Kontrol
I2930176	36.829	36.828	0.001	0.001	36.829	0.0000
I2930177	36.844	36.855	-0.011	-0.011	36.844	0.0000
I2930178	36.878	36.867	0.011	0.011	36.878	0.0000
I2930179	36.885	36.894	-0.009	-0.009	36.885	0.0000
I2930180	36.949	36.944	0.005	0.005	36.949	0.0000
I2930181	36.971	36.970	0.001	0.001	36.971	0.0000
I2930182	36.950	36.945	0.005	0.005	36.950	0.0000
I2930183	36.920	36.928	-0.008	-0.008	36.920	0.0000
I2930184	36.899	36.894	0.005	0.005	36.899	0.0000
I2930185	36.839	36.844	-0.005	-0.005	36.839	0.0000
I2930186	36.842	36.833	0.009	0.009	36.842	0.0000
I2930187	36.845	36.848	-0.003	-0.003	36.845	0.0000
I2930188	36.893	36.883	0.010	0.010	36.893	0.0000
I2930189	36.921	36.920	0.001	0.001	36.921	0.0000
I2930190	36.935	36.946	-0.011	-0.011	36.935	0.0000
I2930191	36.941	36.942	-0.001	-0.001	36.941	0.0000
I2930192	36.919	36.912	0.007	0.007	36.919	0.0000
I2930193	36.900	36.896	0.004	0.004	36.900	0.0000
I2930194	36.851	36.864	-0.013	-0.013	36.851	0.0000

EK 6. Lokal Geoit 1.0 Programında Matris İşlemlerinde Kullanılan Kod Parçası

```
Class Matrisİşlemleri {
```

```
// Matrisin Transpozesi Hesabı Metodu...
```

```
public double[,] matrisinTranspozesiHesabi(double[,] dizi1, double[,] dizi2, int satir,  
int sutun)
```

```
{
```

```
    for (int i = 0; i < satir; i++)
```

```
    {
```

```
        for (int j = 0; j < sutun; j++)
```

```
        {
```

```
            dizi2[j, i] = dizi1[i, j];
```

```
        }
```

```
    }
```

```
    return dizi2;
```

```
}
```

```
// Matrislerde Toplama ve Çıkarma Hesabı Metodu...
```

```
public double[,] matrisToplamaCikarmaHesabi(int sayi, double[,] dizi1, double[,]  
dizi2, double[,] dizi3, int satir, int sutun)
```

```
{
```

```
    if (sayi == 1)
```

```
    {
```

```
        for (int i = 0; i < satir; i++)
```

```
        {
```

```
            for (int j = 0; j < sutun; j++)
```

```
            {
```

```

        dizi3[i, j] = dizi1[i, j] + dizi2[i, j];
    }
}
}
if (sayi == -1)
{
    for (int i = 0; i < satir; i++)
    {
        for (int j = 0; j < sutun; j++)
        {
            dizi3[i, j] = dizi1[i, j] - dizi2[i, j];
        }
    }
}
return dizi3;
}

```

// Matris Çarpımı Hesabı Metodu...

```

public double[,] matrisCarpimiHesabi(double[,] dizi1, double[,] dizi2, double[,]
dizi3, int satir, int sutun, int ortak)
{
    for (int i = 0; i < satir; i++)
    {
        for (int j = 0; j < sutun; j++)
        {
            for (int k = 0; k < ortak; k++)
            {

```

```
        dizi3[i, j] += dizi1[i, k] * dizi2[k, j];  
    }  
}  
}  
return dizi3;  
}}
```



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Murat ÇAKAR

Doğum Tarihi ve Yeri: 18.10.1969 Elazığ Ağın

E-posta adresi : gpsckr@gmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lisans : 1988-1992 Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,
Jeodezi ve Fotogrametri, Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans : 2012-2016 Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı