T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEODEZİDE KULLANILAN DÖNÜŞÜM YÖNTEMLERİNİN PRGRAMLANMASI

Fuat BAŞÇİFTÇİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ
ANABİLİM DALI
Konya, 2008

T.C

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEODEZİDE KULLANILAN DÖNÜŞÜM YÖNTEMLERİNİN PROGRAMLANMASI

Fuat BAŞÇİFTÇİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ ANABİLİM DALI

Bu tez 18/01/2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / ~~oy çokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Cevat İNAL
(Danışman)

Yrd. Doç. Dr. Bayram TURGUT
Üye

Yrd. Doç. Dr. Ayhan CEYLAN
Üye

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

JEODEZİDE KULLANILAN DÖNÜŞÜM YÖNTEMLERİNİN PROGRAMLANMASI

Fuat BAŞÇİFTÇİ

Selçuk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Cevat İNAL

2008, 98 sayfa

Jüri: Prof. Dr. Cevat İNAL
Yrd. Doç. Dr. Bayram TURGUT
Yrd. Doç. Dr. Ayhan CEYLAN

Farklı bir koordinat sisteminde yapılmış haritaların yeni seçilen bir sisteme göre yeniden çizilmesi, seçilmiş bir eksen sisteminin yanlış belirlenmesi ve buna bağlı olarak doğru sistemdeki karşılıklarının bulunması, GPS ile belirlenen koordinatların pratikte kullanılabilir hale getirilebilmesi için ülke koordinat sistemine dönüştürülmesi, fotogrametride alet koordinatlarından resim koordinatlarına geçişte, resim koordinatlarından arazi koordinatlarına geçişte koordinat dönüşümlerinden yararlanılır.

Koordinat Dönüşümü; bir koordinat sisteminde verilmiş ya da hesaplanmış nokta koordinatlarının başka sistemdeki karşılıklarının bulunması olarak tanımlanabilir. Bu işlem, dönüşüm formülleri adı verilen, geometrik anlamları farklı çeşitli formüllerle yapılabilir. Dönüşüm formüllerinde yer alan dönüşüm parametreleri, her iki sistemde koordinatları bilinen ortak noktalardan hareketle ve genellikle en küçük kareler yöntemi ile bulunur ve bir sistemdeki koordinatlar diğer sisteme dönüştürülür.

GPS ile elde edilen yükseklikler elipsoidal yüksekliklerdir. Uygulamada ise ortometrik yükseklikler kullanılmaktadır. Bu nedenle GPS ile elde edilen elipsoidal yüksekliklerin ortometrik yüksekliklere dönüştürülmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, jeodezide kullanılan dönüşüm yöntemlerinin teorik altyapısı sunulmuş ve bunları gerçekleştiren bir uygulama programı geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dönüşüm, Koordinat Dönüşümü, Benzerlik, Afin, Projektif, Yükseklik Dönüşümü, Jeoit, Elipsoidal Yükseklik, Ortometrik Yükseklik

ABSTRACT

Masters Thesis

IS PROGRAMMING OF THE TRANSFORMATION METHODS USED IN GEODESY

Fuat BAŞÇİFTÇİ

Selcuk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geodesy and Photogrammetry

Supervisor: Prof.Dr. Cevat İNAL
2008, 98 Pages

Jurry: Prof.Dr. Cevat İNAL
Assoc. Prof. Dr. Bayram TURGUT
Assoc. Prof. Dr. Ayhan CEYLAN

Coordinate Transformation is benefited from re-drawing of the maps with a new chosen system which were drawn in a different coordinate system before, finding out the right equivalents of an axis system in the correct system due to the wrong determination, transforming the determined coordinates with GPS into coordinate system of the country in order to make them useful in practice, transition from the instrument coordinates to the photo coordinates, and transition from the photo coordinates to the ground coordinates.

Coordinate Transformation can be defined as finding out the equivalents of the point coordinates in other coordinate systems which were given or calculated in a coordinate system.

Transformation parameters in transformation formulas are generally calculated with least squares method by using the common points of which coordinates are known in both systems, and coordinates in a system transformed to other system. Heights which are obtained by GPS are ellipsoidal heights, but orthometric elevations are used in application. For this reason ellipsoidal heights have to be converted into orthometric heights.

In this study, the theoretical background of the transformation methods used in geodesy were presented, and an application program which was performed the transformation was developed.

Keywords: Transformation, Coordinate transformation, Similarity, Affine, Projective, Height transformation, Geoid, Ellipsoidal height, Orthometric height.

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması süresince bilimsel tecrübelerini aktaran, yol gösteren, her türlü kolaylığı sağlayarak yardımlarını esirgemeyen çok kıymetli danışmanım sayın Prof. Dr. Cevat İNAL'a, lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca bilgilerini aktaran ve üzerimde emeği olan tüm saygıdeğer hocalarıma, dönüşüm programı için Delphi kodlarını yazan ve bilgisayarla ilgili her türlü sıkıntılarımda yanımda olan abim Yrd. Doç. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ' ye teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında kendileriyle fazla ilgilenemediğim güzel kızım Aynur' a ve sevgili eşim Fadime'ye, manevi desteklerini hep hissettiğim ve haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim anne ve babama teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA NO**

ÖZET i
ABSTRACT iii
TEŞEKKÜR v
İÇİNDEKİLER vi
ŞEKİL LİSTESİ viii
ÇİZELGE LİSTESİ xi
1. GİRİŞ 1
2. JEODEZİDE KULLANILAN DÖNÜŞÜMLER 4
2.1. Tek Boyutlu Dönüşümler 4
2.1.1. Yükseklik sistemleri 4
2.1.2. Elipsoidal yükseklik-ortometrik yükseklik ilişkisi 5
2.1.3. Enterpolasyon yöntemleri ile yükseklik dönüşümü 7
2.1.3.1. Ağırlıklı aritmetik ortalama ile enterpolasyon 8
2.1.3.2. Polinom yüzeyleriyle enterpolasyon 9
2.1.3.3. Multikuadratik enterpolasyon 11
2.2. İki Boyutlu Dönüşümler 12
2.2.1. Benzerlik dönüşümü 13
2.2.2. Afin dönüşümü 18
2.2.3. Projektif dönüşüm 21
2.3. Üç Boyutlu Dönüşümler 23
2.3.1. Benzerlik dönüşümleri 24
2.3.1.1. Bursa - Wolf modeli 25
2.3.1.2. Molodensky-Badekas modeli 28
2.3.1.3. Veis modeli 29
2.3.1.4. Krakiwsky-Thomson modeli 30
2.3.2. Afin dönüşümü 32
2.4. Uyuşumsuz Ölçülerin Belirlenmesi 33
3. DÖNÜŞÜMLERİN PROGRAMLANMASI 37
3.1. Kullanılan Yazılım, Yöntem ve Programlar 37
3.1.1. Delphi 37

3.2. Geliştirilen Uygulama Programının Tanıtılması 38
3.2.1. Bir boyutlu dönüşüm 39
3.2.2. İki boyutlu koordinat dönüşümleri 44
3.2.3. Üç boyutlu koordinat dönüşümleri 51
3.3. Text Dosya Yapısı 55
4. SAYISAL UYGULAMALAR 59
4.1. Bir Boyutlu Dönüşüm 59
4.2. İki Boyutlu Dönüşümler 62
4.3. Üç Boyutlu Benzerlik Dönüşümü 65
5. SONUÇ 67
6. KAYNAKLAR 70
EKLER 74
EK – 1. Bir Boyutlu Dönüşüm Program Çıktıları 75
Ek 1.1. Lineer yöntem 75
Ek 1.2. Quadratik yöntem 80
Ek 1.3. Kübik yöntem 83
EK – 2. İki Boyutlu Koordinat Dönüşümleri Program Çıktıları 87
Ek 2.1. Benzerlik Dönüşümü 87
Ek 2.1.1. Konum Duyarlıksız Benzerlik Dönüşümü 87
Ek 2.1.2. Konum Duyarlıklı Benzerlik Dönüşümü 89
Ek 2.2. Afin Dönüşümü 90
Ek 2.2.1. Konum Duyarlıksız Afin Dönüşümü 90
Ek 2.2.2. Konum Duyarlıklı Afin Dönüşümü 91
Ek 2.3. Projektif Dönüşümü 93
Ek 2.3.1. Konum Duyarlıksız Projektif Dönüşümü 93
Ek 2.3.2. Konum Duyarlıklı Projektif Dönüşümü 94
EK – 3. Üç Boyutlu Benzerlik Dönüşümü Program Çıktıları 96
Ek 3.1. Konum Duyarlıksız 96
Ek 3.2. Konum Duyarlıklı 97

ŞEKİL LİSTESİ **SAYFA NO**

Şekil 2.1 Ortalama deniz yüzeyi ve jeoid ilişkisi.....5
Şekil 2.2 Ortometrik ve elipsoidal yükseklik arasındaki ilişki 6
Şekil 2.3 Benzerlik dönüşümü sonucunda oluşan şekil 14
Şekil 2.4 Dönüşüm yapılacak iki dik koordinat sistemi.....14
Şekil 2.5 Afin dönüşümü sonucunda oluşan şekil 19
Şekil 2.6 Üç boyutta benzerlik dönüşümü 25
Şekil 2.7 Molodensky-Badekas Modeli 28
Şekil 3.1 Geliştirilen uygulama programının başlangıç arayüzü 38
Şekil 3.2 Bir Boyutlu Dönüşüm arayüzü 39
Şekil 3.3 Lineer yöntem başlatma arayüzü 39
Şekil 3.4 Kuadratik yöntem başlatma arayüzü.....40
Şekil 3.5 Kübik yöntem başlatma arayüzü.....40
Şekil 3.6 Lineer yöntem hesaplama arayüzü.....40
Şekil 3.7 Kuadratik yöntem hesaplama arayüzü 41
Şekil 3.8 Kübik yöntem hesaplama arayüzü 41
Şekil 3.9 Noktaların kaydı yaz ile manuel olarak girilmesi 42
Şekil 3.10 Nokta verilerini içeren dosyanın seçilmesi 42
Şekil 3.11 Noktaların program ekranda görülmesi 43
Şekil 3.12 Lineer yöntem yeterli nokta uyarı mesajı 43
Şekil 3.13 Kuadratik yöntem yeterli nokta uyarı mesajı.....43
Şekil 3.14 Kübik yöntem yeterli nokta uyarı mesajı.....44
Şekil 3.15 İki boyutlu koordinat dönüşümleri arayüzü.....44
Şekil 3.16 Benzerlik dönüşümü konum duyarlıksız-konum duyarlıklı başlatma arayüzü 45
Şekil 3.17 Afin dönüşümü konum duyarlıksız-konum duyarlıklı başlatma arayüzü.45
Şekil 3.18 Projektif dönüşümü konum duyarlıksız-konum duyarlıklı başlatma arayüzü 46
Şekil 3.19 Benzerlik dönüşümü konum duyarlıksız-konum duyarlıklı hesaplama arayüzü 46

Şekil 3.20 Afin dönüşümü konum duyarlıksız-konum duyarlıklı hesaplama arayüzü 46
Şekil 3.21 Projektif dönüşümü konum duyarlıksız-konum duyarlıklı hesaplama arayüzü 47
Şekil 3.22 İki Boyutlu konum duyarlıksız noktaların kaydı yaz ile manuel olarak girilmesi 47
Şekil 3.23 İki Boyutlu konum duyarlıklı noktaların kaydı yaz ile manuel olarak girilmesi 48
Şekil 3.24 İki boyutlu nokta koordinatlarını içeren dosyanın seçilmesi 48
Şekil 3.25 İki boyutlu konum duyarlıksız nokta koordinatlarının program ekranda görülmesi 49
Şekil 3.26 İki boyutlu konum duyarlıklı nokta koordinatlarının program ekranda görülmesi 49
Şekil 3.27 Benzerlik Dönüşümü yeterli nokta uyarı mesajı 50
Şekil 3.28 Afin Dönüşümü yeterli nokta uyarı mesajı 50
Şekil 3.29 Projektif Dönüşümü yeterli nokta uyarı mesajı 50
Şekil 3.30 Üç boyutlu koordinat dönüşümleri arayüzü 51
Şekil 3.31 Benzerlik dönüşümü konum duyarlıksız-konum duyarlıklı başlatma arayüzü 51
Şekil 3.32 Benzerlik dönüşümü konum duyarlıksız hesaplama arayüzü 52
Şekil 3.33 Benzerlik dönüşümü konum duyarlıklı hesaplama arayüzü 52
Şekil 3.34 Üç boyutlu konum duyarlıksız noktaların kaydı yaz ile manuel olarak girilmesi 53
Şekil 3.35 Üç boyutlu konum duyarlıklı noktaların kaydı yaz ile manuel olarak girilmesi 53
Şekil 3.36 Üç boyutlu nokta koordinatlarını içeren dosyanın seçilmesi 54
Şekil 3.37 Üç boyutlu konum duyarlıksız nokta koordinatlarının program ekranda görülmesi 54
Şekil 3.38 Üç boyutlu konum duyarlıklı nokta koordinatlarının program ekranda görülmesi 55
Şekil 3.39 Üç Boyutlu Benzerlik Dönüşümü yeterli nokta uyarı mesajı 55
Şekil 3.40 Bir Boyutlu Dayanak Noktalarına Ait Dosya Yapısı 56

Şekil 3.41 Bir Boyutlu Hesaplanacak Noktalara Ait Dosya Yapısı.....56
Şekil 3.42 İki Boyutlu Koordinat Dönüşümleri Konum Duyarlıksız Noktalara Ait Dosya Yapısı.....57
Şekil 3.43 İki Boyutlu Koordinat Dönüşümleri Konum Duyarlıklı Noktalara Ait Dosya Yapısı.....57
Şekil 3.44 İki Boyutlu Koordinat Dönüşümleri Hesaplanacak Noktalara Ait Dosya Yapısı.....57
Şekil 3.45 Üç Boyutlu Koordinat Dönüşümleri Konum Duyarlıksız Noktalara Ait Dosya Yapısı.....58
Şekil 3.46 Üç Boyutlu Koordinat Dönüşümleri Konum Duyarlıklı Noktalara Ait Dosya Yapısı.....58
Şekil 3.47 Üç Boyutlu Koordinat Dönüşümleri Hesaplanacak Noktalara Ait Dosya Yapısı.....58
Şekil Ek 1.1 Dayanak ve kontrol noktaları.....86
Şekil Ek 2.1 İki boyutlu dönüşümde ortak ve ikici sistem koordinatları hesaplanacak noktalar.....95
Şekil Ek 3.1 Üç boyutlu dönüşümde ortak ve ikici sistem koordinatları hesaplanacak noktalar.....98

ÇİZELGE LİSTESİ **SAYFA NO**

Çizelge 4.1 Dayanak noktalarına ait konum ve ondülasyon bilgileri 59
Çizelge 4.2 Kontrol noktalarının ondülasyon bilgileri.....60
Çizelge 4.3 Polinomlarla enterpolasyon sonucu elde edilen karesel ortalama hatalar.....62
Çizelge 4.4 İki boyutlu dönüşümde ortak noktaların her iki sistemdeki koordinatları.....62
Çizelge 4.5 İki boyutlu dönüşümde dönüşüm katsayıları.....63
Çizelge 4.6 İki boyutlu dönüşümde koordinat duyarlıkları dikkate alınmadan hesaplanan dönüştürülmüş koordinatlar.....63
Çizelge 4.7 İki boyutlu dönüşümde koordinat duyarlıkları dikkate alınarak hesaplanan dönüştürülmüş koordinatlar.....63
Çizelge 4.8 İki boyutlu dönüşümde dönüştürülmüş koordinatlar arasındaki farklar.64
Çizelge 4.9 İki boyutlu dönüşümde farklı yöntemlerle dönüştürülmüş koordinatlar arasındaki farklar (koordinat duyarlıksız).....64
Çizelge 4.10 İki boyutlu dönüşümde farklı yöntemlerle dönüştürülmüş koordinatlar arasındaki farklar (koordinat duyarlıklı).....64
Çizelge 4.11 İki boyutlu dönüşüm sonucu elde edilen karesel ortalama hatalar.....64
Çizelge 4.12 Üç boyutlu dönüşümde, ortak noktaların her iki sistemdeki koordinatları.....65
Çizelge 4.13 Üç boyutlu dönüşümde dönüşüm katsayıları.....66
Çizelge 4.14 Üç boyutlu dönüşümde, yeni noktaların ikinci sisteme dönüştürülmüş koordinatları.....66
Çizelge 4.15 Üç boyutlu dönüşümde, dönüştürülmüş koordinatlar arasındaki Farklar.....66

1. GİRİŞ

Yeryüzünde insanların hayatını kolaylaştırmak ve düzenlemek için çok çeşitli sayıda ve büyüklükte mühendislik projeleri yapılmaktadır. Bir mühendislik projesinin amacına uygun oluşturulması ve kullanılabilmesi için etrafındaki diğer projelerle bağlantılı olması ve yeryüzündeki konumunun belirlenmesi gereklidir. Bu nedenle yeryüzünün her bölgesi için yapılacak çalışmalarla ilgili tek anlamlı farklı koordinat sistemleri tanımlanmıştır. Tanımlanan farklı koordinat sistemlerine dayalı olarak oluşturulan projelerin daha sonra birbirleriyle ilişkilendirilmesi için bir koordinat sisteminde elde edilen koordinatın diğer bir koordinat sistemindeki değerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu nedenle koordinat sistemleri tanımlanırken diğer koordinat sistemleriyle arasındaki dönüşüm bağıntıları belirlenmelidir. Koordinat dönüşümü, jeodezik çalışmalarda çok fazla ihtiyaç duyulan bir uygulamadır.

Jeodezi üç boyutlu zaman değişkenli uzayda çekim alanları da kapsamda olmak koşulu ile yerin ve diğer gök cisimlerinin şekil ve boyutlarının belirlenmesi ile ilgilenen bilim dalıdır.

Jeodezi biliminde yapılan jeodezik ölçülerin değerlendirilebilmesi için matematiksel ve geometrik olarak tanımlanabilen hesap yüzeylerine ihtiyaç duyulur. Jeodezik ölçümler fiziksel yeryüzünde yapılır. Jeodezi, fiziksel yeryüzünde yapılan jeodezik ölçmeler yardımıyla yeryüzünde belirli noktaların konumlarını belirli bir koordinat sistemi içerisinde tanımlamayı amaçlar. Bu amaç sağlanırken fiziksel ve model koordinat sistemlerinden yararlanılabilir. Jeodezinin bir görevi de bu koordinat sistemleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesidir.

Dönüşümler sadece yersel gözlemlere dayalı koordinat sistemleriyle, uydu sistemleri arasında bir ihtiyaç değil, farklı başlangıçlı, farklı referans yüzeyli, koordinat sistemleri arasında da bir gereksinim vardır.

Bir koordinat sisteminde verilmiş ya da hesaplanmış nokta koordinatlarının başka sistemdeki karşılıklarının bulunmasına **“koordinat dönüşümü”** denir. Farklı bir koordinat sisteminde yapılmış haritaların yeni seçilen bir sisteme göre yeniden çizilmesi, seçilmiş bir eksen sisteminin yanlış belirlenmesi ve buna bağlı olarak doğru sistemdeki karşılıklarının bulunması, GPS ile belirlenen koordinatların pratikte

kullanılabilir hale getirilebilmesi için ülke koordinat sistemine dönüştürülmesi, fotogrametride alet koordinatlarından resim koordinatlarına geçişte, resim koordinatlarından arazi koordinatlarına geçişte koordinat dönüşüm uygulanır.

Koordinat dönüşümlerinde, hesap yüzeyinin şekli, dönüşümün amacı, her iki sistemde bilinen nokta sayısı vb. faktörlere göre değişik dönüşüm modelleri vardır. Dönüşüm ile noktaların fiziksel yerlerinde herhangi bir değişiklik olmaz. Sadece noktaların koordinatları bir sistemden diğerine dönüştürülür.

Yükseklik probleminde ise, haritalama çalışmalarında ve mühendislik projelerinde yükseklik olarak ortometrik yükseklikler kullanılır. Ortometrik yükseklikler nivelman ile belirlenen yüksekliklere ortometrik düzeltme getirilmesi sonucu bulunur. GPS ile belirlenen yükseklikler elipsoidal yüksekliklerdir. Bu bağlamda, elipsoidal yüksekliklerin ortometrik yüksekliklere dönüşüm problemi ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla jeoit ondülasyonlarının bilinmesi gerekmektedir. Jeoit ondülasyonlarının belirlenmesinde global ve lokal teknikler mevcuttur.

Yeryüzünde çeşitli amaçlarla yapılan ölçüler gerçek değerin yanında birçok hatayı da içerirler ve tam olarak gerçek değeri vermezler. Bu nedenle çalışmada gerekli ölçü sayısından daha fazla ölçü yapılarak hem yapılan çalışmanın kontrolü sağlanmalı hem de çözüme en uygun çözüm parametreleri ve duyarlıkları belirlenmelidir. Fazla sayıda yapılmış ölçülerden bir ayrım yapmadan bilinmeyenlerin en uygun değerini belirlemek, ölçülerin kesin değerlerinin ve duyarlıklarını elde etmek için dengeleme hesabı yapılır ve bu amaca ulaşmak için uygulanan yöntem En Küçük Kareler Yöntemi (EKKY)' dir.

Jeodezik çalışmalar için yapılan ölçülerde kaba, sistematik ve rasgele ölçü hataları bulunmaktadır. Ölçüler çeşitli şekillerde kaba ve sistematik hatalardan arındırılabilirler fakat yinede belirlenemeyen rasgele ölçü hatalarını ve rasgele ölçü hatalarına yakın büyüklükteki kaba hataları içerirler. Rasgele ölçü hatalarının ve bu hataların sonuçlar üzerindeki etkilerinin belirlenmesi yapılan çalışmanın kalitesi ve sonra yapılacak çalışmalara altlık oluşturabilmesi nedeniyle çok önemlidir. Ölçü grubunda belirlenemeyen rasgele ölçü hatalarını içeren ölçüler uyuşumsuz ölçü olarak adlandırılırlar. Uyuşumsuz ölçü belirleme yaklaşımlarından geleneksel uyuşumsuz ölçü belirleme yöntemlerinde temel ilke tek bir ölçünün uyuşumsuz olduğu ilkesine dayanmaktadır. Birden fazla uyuşumsuz ölçü olması durumunda en

büyük değere sahip olan ölçü, veri kümesinden çıkarılarak işlem iteratif olarak kümede uyuşumsuz ölçü kalmayana kadar sürdürülür.

Bu çalışmada, jeodezide kullanılan dönüşüm yöntemlerinin programlanması amaçlanmaktadır. İkinci bölümde, 1, 2 ve 3 boyutlu dönüşümler incelenmiştir. Tek boyutta dönüşümde söz konusu olan çeşitli yükseklik sistemlerindeki yüksekliklerin birbirine dönüştürülmesi incelenmiştir. İki ve üç boyutlu dönüşümde ise; her iki sistemde koordinatları bilinen ortak nokta koordinatlarından dönüşüm parametrelerinin hesaplanması sonrasında birinci sistemdeki diğer noktaların ikinci sisteme dönüştürülmesi yöntemleri açıklanmıştır. Üçüncü bölümde ise koordinat dönüşüm programının ara yüzleri ve kullanım şekilleri açıklanmıştır. Son bölümde ise bu çalışmadan çıkarılan sonuçlar ve öneriler sunulmuştur.

2. JEODEZİDE KULLANILAN DÖNÜŞÜMLER

2.1. Tek Boyutlu Dönüşümler

Ülke gelişiminde ve insanoğlunun günlük yaşamında büyük rahatlıklar sağlayan mühendislik hizmetlerinin uygulamaya geçirilmesi, savunma ve planlama çalışmalarının hayat bulması yükseklik bilgisini gerektirir. Bir ülkenin 3 boyutlu harita üretiminde yatay kontrol noktalarının yanı sıra düşey kontrol noktalarının olması gerekmektedir. Türkiye' de savunma ve kalkınma amaçlı uygun sıklıkta noktaların yüksekliğinin belirlenmesi amacıyla jeodezik çalışmalar 1930'lu yılların sonlarında başlamıştır.

Günümüzde Global Positioning System (GPS), yatay konumu konvansiyonel metodlardan daha yüksek doğrulukla istasyonlar arası görünürlük aranmadan kısa sürede sağlayabilmektedir. Yatay konumda kanıtlanmış yüksek doğruluktan dolayı, farklı alanlarda ve projelerde GPS kullanılmaktadır. GPS ile elde dilen yüksekliklerin elipsoidal yükseklik olmasına karşın, uygulamada ortometrik yükseklikler kullanılmaktadır. Bu nedenle GPS yüksekliklerinin harita ve mühendislik amaçlarına uygun hale getirilmesi için ortometrik yüksekliklere dönüştürülmesi gerekmektedir (Liddle 1989).

2.1.1. Yükseklik Sistemleri

Yeryüzündeki bir noktanın yüksekliğinden söz edildiğinde o nokta ile bir nivo yüzeyi olan jeoit arasındaki ilişki anlaşılır. Bir eş potansiyelli başlangıç yüzeyi olan jeoidle fiziksel yeryüzündeki nokta arasındaki bu uzaklık ilişkisini geometrik veya fiziksel anlamlarla yorumlayabileceğimiz gibi ortaya atılacak herhangi bir görüş doğrultusunda da yorumlayabiliriz. Fiziksel yeryüzündeki bir noktadan sarkıtılan çekül eğrisinin jeoide değdiği nokta ile fiziksel yeryüzündeki nokta arasındaki çekül eğrisi boyu yüksekliklerin bir geometrik tanımıdır. Jeoit yüzeyi ile yüksekliği belirlenecek noktadan geçen seviye yüzeyi potansiyellerinden yararlanılarak yükseklik tanımlanabilir (Turgut 2000).

Yeryüzünün tamamında yükseklikler için birlik sağlanmak istenirse o zaman referans yüzeyi olarak jeoit alınmalıdır. Jeoit yükseklik ölçmeleri için en önemli

referans yüzeyi olup ideal bir okyanus yüzeyi gibi yerçekimi alanının bir seviye yüzeyidir (Torge 1980).

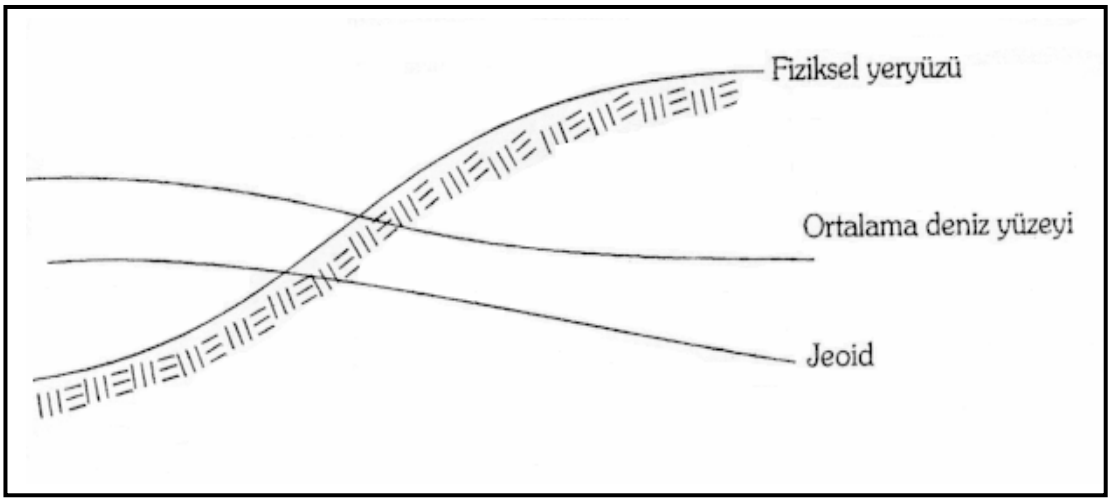
Teorik olarak yükseklikleri gruplara ayırmak mümkündür. Genel olarak;

- Jeopotansiyel yükseklik
- Dinamik yükseklik
- Normal yükseklik
- Ortometrik yükseklik
- Elipsoidal yükseklik
- Jeoit yüksekliği (Ondülasyonları).

biçimindedir. Jeodezik faaliyetlerde kullanılan yükseklik türleri ortometrik, elipsoidal ve jeoit yüksekliklerdir. Bu yüksekliklerin kullanılması nedeniyle dönüşüm problemleri bu üç yükseklik sistemi arasındadır (Üstün 1996).

2.1.2. Elipsoidal Yükseklik-Ortometrik Yükseklik İlişkisi

Jeoidin düşey datum olarak kabul edilmesi, gerçekte var olmayan teorik bir kavram olduğundan, birtakım problemleri de yanında getirmektedir. Bu nedenle ortometrik yüksekliği sıfır kabul edeceğimiz bir nokta aslında yoktur. Mareograf istasyonlarında yapılan uzun süreli ölçmelere göre belirlenen ortalama deniz yüzeyi jeoidden deniz yüzeyi topografyası kadar farklıdır (Şekil 2.1). Deniz yüzeyi topografyası ise deniz dinamiği ve meteorolojik etkiler sonucu meydana gelmektedir (Şanlıoğlu 1998).



Şekil 2.1 Ortalama deniz yüzeyi ve jeoid ilişkisi

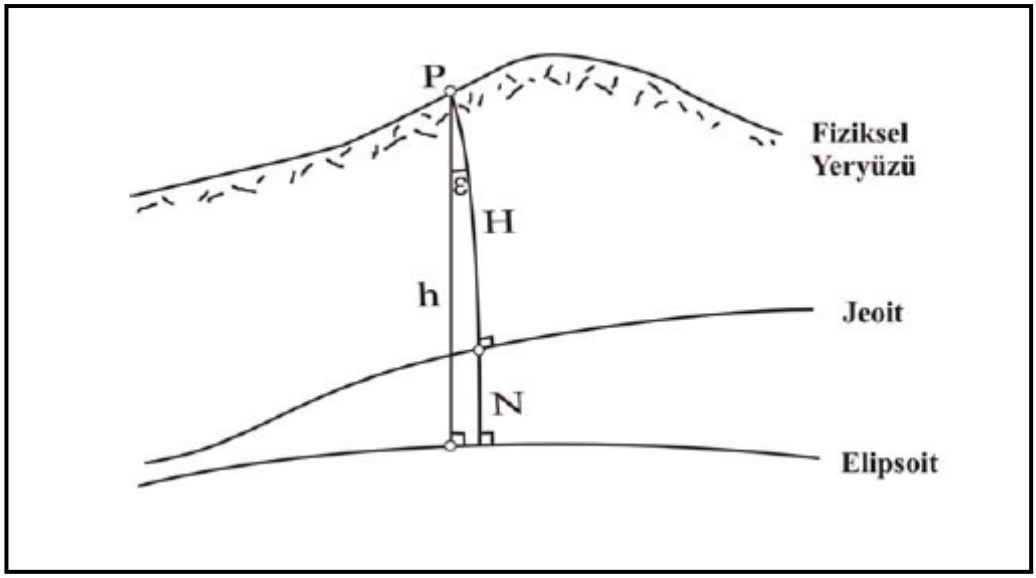
Ancak günümüzde pek çok mühendislik uygulamalarında ortalama deniz seviyesinden olan yükseklerle jeoitden olan yükseklikler aynı kabul edilmektedir. Bundan dolayı jeoidi, ortalama deniz seviyesine en iyi uyan eş potansiyelli yüzey olarak tanımlayabiliriz (İnal 1996).

GPS ölçmeleri sonucunda elde edilen yükseklikler elipsoidal yükseklikler olup pratik jeodezide pek kullanılmazlar. Harita ve ölçme uygulamalarında yaygın olarak kullanılan yükseklik ortometrik (ortalama deniz seviyesinden olan) yüksekliklerdir (Şekil 2.2).

h, elipsoit yüksekliği: Elipsoit normali boyunca yeryüzündeki bir noktanın elipsoidden olan yükseklik

H, ortometrik yükseklik: Çekül doğrultusu boyunca yeryüzündeki bir noktanın jeoidden olan yükseklik

N, jeoit ondülasyonu: Elipsoit ile jeoit arasında elipsoit normali boyunca ölçülen düşey uzaklık



Şekil 2.2. Ortometrik ve elipsoidal yükseklik arasındaki ilişki

Elipsoit yüksekliği (h) ile ortometrik yükseklik (H) arasında

$$H=h-N \qquad (2.1)$$

ilişkisi mevcuttur.

Ortometrik yüksekliklerin ya da bir yerel sistemdeki yüksekliklerin hesaplanabilmesi için çok çeşitli yöntemler vardır. Genellikle, bu yöntemlerde ortaya çıkan güçlüklerin nedeni, her iki sistemde de yüksekliği bilinen noktaların sayısının az olması ve bu noktalardaki ondülasyonların (N) yeterli doğrulukta bilinememesidir. GPS ölçmeleri ile elipsoidal yükseklikler, rölatif olarak yaklaşık ±(0.2cm + 0.01-0.1ppm) doğrulukla elde edilebilir. Başarılı bir dönüşüm için ortak noktalardaki ondülasyonların da yaklaşık aynı doğrulukta olması istenir. Bunun için ortak noktaların yerel sistemdeki yüksekliklerin (H) aynı doğrulukla elde edilmiş olması demektir. Yerel sistemlerde bu doğruluğa ulaşmak genellikle pek mümkün olamamaktadır. Dönüşümde kullanılan enterpolasyon yönteminin ve sonuçta hesaplanan yüzeyin, o bölgeye uygun olması ve iyi sonuçlar vermesi ve dönüşümde kullanılacak ortak noktaların GPS ile bulunan elipsoidal yüksekliklerinin yanı sıra, yerel sistemdeki yüksekliklerinin de yüksek bir doğrulukla bilinmesi, GPS ile yükseklikliklerin bulunmasında başarılı sonuçlar alınmasında büyük rol oynar (Yanalak ve İnce 1997).

2.1.3. Enterpolasyon Yöntemleri İle Yükseklik Dönüşümü

Jeoit ondülasyonlarını belirleme teknikleri içerisinde en yaygın olarak kullanılanı bölgede elipsoidal yüksekliği ve ortometrik yüksekliği değerlerinin her ikisinin de bilindiği ve jeoidi en iyi şekilde temsil eden noktalardan yararlanarak analitik bir yüzey geçirmektir. Yüzey geçirilmesi ile elde edilen matematiksel model ara noktaların jeoit ondülasyon değerlerinin bulunmasında kullanılır. Şu gerçek unutulmamalıdır ki; geçirilen yüzey modeli ile sadece ara noktalardaki jeoit ondülasyon değerleri hesap edilmektedir. Ortometrik yükseklik değerlerine geçiş için hesap edilen bu değerlerden yararlanılır. Bu yöntem astrojeodezik yönteme benzer. Her iki yöntemde de gözlemlerden kaynaklanan hatalar dışında en yüksek hassasiyet, jeoidin düzgün olduğu alanda bulunan birbirine çok yakın istasyonlar arasında yapılan uygulamalarda elde edilir (Yiğit 2003).

Yüzeyin belirlenmesinde kullanılacak yaklaşımlara bağlı olarak değişik enterpolasyon yöntemleri türetilmiştir. Bu yöntemler şunlardır;

– Ağırlıklı aritmetik ortalama ile enterpolasyon

- Polinomlarla enterpolasyon
- Multikuadrik enterpolasyon

2.1.3.1. Ağırlıklı Aritmetik Ortalama İle 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 uzaklığın bir fonksiyonudur (Yanalak ve Baykal 2001). Bir enterpolasyon noktasının yüksekliği;

$$N_0 = \frac{\sum_{i=0}^{m} N_i . P_i}{\sum_{i=0}^{m} P_i} \tag{2.2}$$

eşitliği ile bulunur. Burada,

N_0 : (x_0,y_0) noktasında belirlenmek istenen ondülasyon değeri

N_i : Bölgedeki (x_i,y_i) dayanak noktalarının jeoit ondülasyon değerleri

P_i : Hesaplamada kullanılacak dayanak noktalarına atanacak ağırlık değerlerini

m : (x_0,y_0) noktasındaki N_0 değeri için alınan dayanak nokta sayısını göstermektedir.

(2.2) eşitliğinin kullanımında belirlenmesi gereken ağırlık değerleri P_i ve dayanak nokta sayısı m dir.

P_i ağırlık değerleri, dayanak noktaları ile enterpolasyon noktası arasındaki uzaklığın bir fonksiyonu olarak;

$$P_i = \frac{1}{d_i^k} \qquad i = 1,2,....m \qquad k = 1,2,3,4 \tag{2.3}$$

eşitliği ile hesap edilebileceği gibi (Zhan-Ji 1998),

$$P_i = \frac{1}{e^{(\frac{d_i^2}{k^2})}} \qquad i = 1,2,.....m \qquad k = 3,4,5 \tag{2.4}$$

şeklindeki Gauss fonksiyonuda kullanılabilir. Bu eşitliklerde geçen,
d_i (x_0,y_0) noktası ile (x_i,y_i) dayanak noktaları arasındaki yatay mesafe olmak üzere,

$$d_i = \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2} \tag{2.5}$$

formülüne göre hesap edilir (Yiğit 2003).

2.1.3.2. Polinom Yüzeyleriyle Enterpolasyon

Polinom yüzeyleriyle enterpolasyon tekniği yüzey modellemelerde en yaygın olarak kullanılan tekniklerden biridir. Bu tekniğin ana amacı çalışılan bölgenin tek bir fonksiyonla ifade edilmesidir. Bu tekniğin temel özelliği; yüzey modelini oluşturacak verileri bilinen dayanak noktalarından yararlanarak sabit katsayılar üretmek ve bu sabitler yardımıyla yeni noktaların bilinen boyutlarından hareketle bilinmeyen boyutlarını bulamaktır. Polinom yüzeyleriyle enterpolasyonda ortogonal yada ortogonal olmayan polinomlar kullanılabilir (İnal ve Yiğit 2004).

Ortogonal polinomlarla enterpolasyonda;

$$N(x,y) = \sum_{k=0}^{n} \sum_{\substack{j=k-i \\ i=0}}^{k} a_{ij} x^i y^j \tag{2.6}$$

Ortogonal olamayan polinomlar enterpolasyonda ise,

$$N(x,y) = \sum_{i=0}^{n} \sum_{j=0}^{n} a_{ij} x^i y^j \tag{2.7}$$

eşitliklerinden yararlanılır. Burada,
a_{ij} : Polinomun bilinmeyen katsayıları,
n : Yüzeyin derecesi (1,2,3)
x, y : Noktaların düzlem koordinatlarıdır.

Ortogonal polinomlarda n=1 seçildiğinde yüzey lineer, n=2 seçildiğinde yüzey quadratik, n=3 seçildiğinde yüzey kübik; ortogonal olmayan polinomlarda n=1 seçildiğinde yüzey bi-lineer, n=2 seçildiğinde yüzey bi-quadratik, n=3 seçildiğinde yüzey bi-kübik olarak isimlendirilir.

Dayanak nokta sayısı bilinmeyen sayısından fazla ise a_{ij} katsayıları en küçük kareler yöntemine göre dengeleme ile hesaplanır. A; katsayılar matrisini, L ise dayanak noktalarındaki ondülasyonları gösteren ölçü vektörü olmak üzere;

$$\begin{aligned} N &= A^T A \\ n &= A^T L \\ x &= N^{-1} n \end{aligned} \qquad (2.8)$$

eşitlikleri yazılabilir. Ortogonal polinomlarla enterpolasyonda yüzeyin derecesine bağlı olarak;

$$N(x,y) = a_0 + a_1 y + a_2 x \qquad n = 1 \qquad (2.9)$$

$$N(x,y) = a_0 + a_1 y + a_2 x + a_3 x^2 + a_4 xy + a_5 y^2 \qquad n = 2 \qquad (2.10)$$

$$N(x,y) = a_0 + a_1 y + a_2 x + a_3 x^2 + a_4 xy + a_5 y^2 + a_6 x^3 + a_7 x^2 y + a_8 xy^2 + a_9 y^3 \qquad n = 3 \qquad (2.11)$$

Bu yöntemle enterpolasyonda yüzeyin derecesi 1 ise en az 3, yüzeyin derecesi 2 ise en az 6, yüzeyin derecesi 3 ise en az 10 dayanak noktası gereklidir.

Ortogonal olmayan polinomlarla enterpolasyonda ise yüzeyin derecesine bağlı olarak;

$$N(x,y) = a_0 + a_1 y + a_2 x + a_3 xy \qquad n = 1 \qquad (2.12)$$

$$N(x,y) = a_0 + a_1 y + a_2 x + a_3 xy + a_4 y^2 + a_5 x^2 y + a_6 x^2 + a_7 x^2 y + a_8 x^2 y^2 \qquad n = 2 \qquad (2.13)$$

$$\begin{aligned} N(x,y) = {} & a_0 + a_1 y + a_2 x + a_3 xy + a_4 y^2 + a_5 x^2 y + a_6 x^2 + a_7 x^2 y + a_8 x^2 y^2 + a_9 y^3 \\ & + a_{10} xy^3 + a_{11} x^2 y^3 + a_{12} x^3 + a_{13} x^3 y + a_{14} x^3 y^2 + a_{15} x^3 y^3 \end{aligned} \qquad n = 3 \qquad (2.14)$$

fonksiyonları yazılır. Ortogonal olmayan polinomlarla enterpolasyonda yüzeyin derecesi 1 ise en az 4, yüzeyin derecesi 2 ise en az 9, yüzeyin derecesi 3 ise en az 16 dayanak noktası gereklidir (İnal 1996).

Polinomlarla enterpolasyonda polinomun derecesinin artması elde edilecek doğruluğun artacağı anlamına gelmez. Derecenin artmasıyla yüzeyde gereksiz salınımlar oluşur. Yüzeyde oluşan ani inip çıkmalar gerçeğe uygun olmayan yükseklik değişimlerine neden olur (İnal ve ark. 2002).

Polinomun bilinmeyen sayısını u ile gösterirsek n değerinin değişimine göre; ortogonal polinomlarda,

$$u = \frac{1}{2}(2+n)(1+n) \tag{2.15}$$

Ortogonal olmayan polinomlarda,

$$u = (n+1)^2 \tag{2.16}$$

formülüne eşit olur (Yiğit 2003).

2.1.3.3. Multikuadratik Enterpolasyon

Bugüne kadar çeşitli jeodezik ve fotogrametrik problemlerin çözümünde kullanılan yöntem Hardy (1971) tarafından önerilmiştir. Bu enterpolasyon tekniğinin amacı çalışma alanında bilinen tüm dayanak noktaları kullanılarak tek bir fonksiyon ile yüzeyi tanımlamaktır. Analitik bir çözümleme tekniğidir. Tekniğin uygulanabilmesi için öncelikle bir trend yüzeyi bazı kontrol noktaları kullanılarak geçirilir (Şanlıoğlu ve ark., 2002). Trend yüzeyi olarak birinci yada ikinci dereceden polinom kullanmak uygundur (Leberl 973). Daha sonra trend yüzeyden yararlanarak x, y düzlem koordinatları bilinen bir noktanın jeoit ondülasyonu,

$$N(x,y) = N_{trend} + \sum_{i=1}^{n} c_i \left[(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 \right]^{1/2} \tag{2.17}$$

eşitliği ile hesaplanır. (2.17) eşitliğinde;

n : Dayanak noktalarının sayısı

c_i : Dayanak noktalarının bilinen N(x, y) değerlerinden yararlanarak hesaplanan katsayılardır.

c_i katsayılarını hesaplamak için aşağıdaki yol izlenir.

$$\begin{aligned} &c_1a_{11} + c_2a_{12} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + c_na_{1n} = \Delta N_1 \\ &c_1a_{21} + c_2a_{22} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + c_na_{2n} = \Delta N_2 \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &c_1a_{n1} + c_2a_{n2} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + c_na_{nn} = \Delta N_n \end{aligned} \tag{2.18}$$

(2.18) eşitliğindeki a_{ij} katsayıları dayanak noktalarının koordinatlarından yararlanarak;

$$a_{ij} = \left[(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 \right]^{1/2} \tag{2.19}$$

eşitliği ile hesaplanır. ΔN_i; i noktasında, geçirilen trend yüzeyi ile bilinen ondülasyon değeri arasındaki farktır. Matris gösterimi ile c_i bilinmeyen katsayıları;

$$c_i = A^{-1}.\Delta N_i \tag{2.20}$$

ile hesaplanır (Şanlıoğlu ve ark. 2002).

2.2. İki Boyutlu Dönüşümler

Önceleri ülke nirengi ağları yatay ve düşey kontrol ağları şeklinde iki bölümde incelenip ve birbirlerinden bağımsız ele alınarak değerlendirilmekteydi. Yatay kontrol ağlarının datum farklılığı pek çok kez dikkate alınıp değerlendirilmiş ve sonuçta düzlem koordinat dönüşümleri jeodezide sıkça kullanılan uygulamalar haline gelmiştir.

GPS ile üç boyutlu koordinat üretilmesine karşılık konvansiyonel ölçmelerde bu sistemin tam bir karşılığı yoktur. GPS ile üretilen koordinatların eksenler yönündeki ölçeği aynı olmasına rağmen, yersel çalışmalarda yatay ve düşey datumun birbirinden bağımsız öngörülmesi, ayrıca yatay ve düşey ölçme tekniklerinin ölçek farklılığına neden olduğu söylenebilir. Bu nedenle GPS' in koordinat sistemi ile onun karşılığı olan yersel koordinat sistemi arasında iki boyutta bir dönüşüm gerekebilir (Şanlıoğlu 1998).

Dönüşüm formüllerinde geçen parametreler biliniyorsa, bir sistemde koordinatları verilmiş bir noktanın diğer sistemdeki koordinatlarının bulunması dönüşüm formüllerinin uygulanması ile mümkündür. Ancak genellikle dönüşüm parametreleri bilinmez, bunun yerine her iki sistemde de koordinatları bilinen ortak noktalar vardır ve bunlar yardımı ile dönüşüm parametreleri hesaplanır.

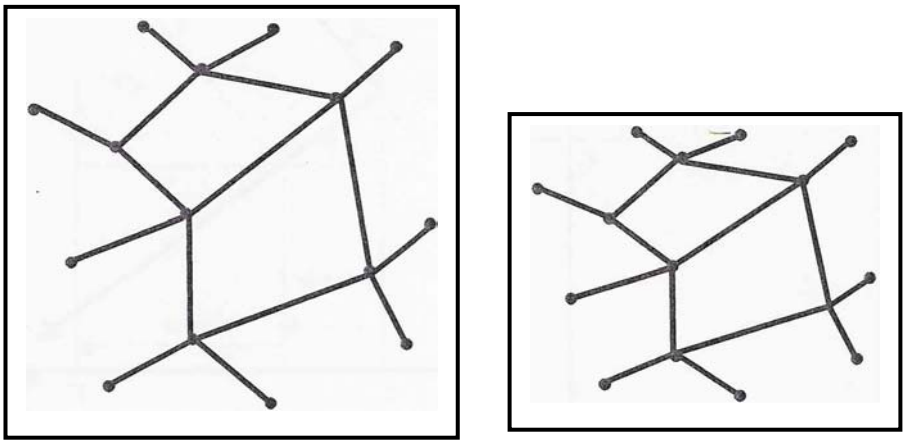
Burada değişik iki boyutlu dönüşümlerin (benzerlik, afin, projektif) incelemesi yapılacaktır.

2.2.1. Benzerlik Dönüşümü

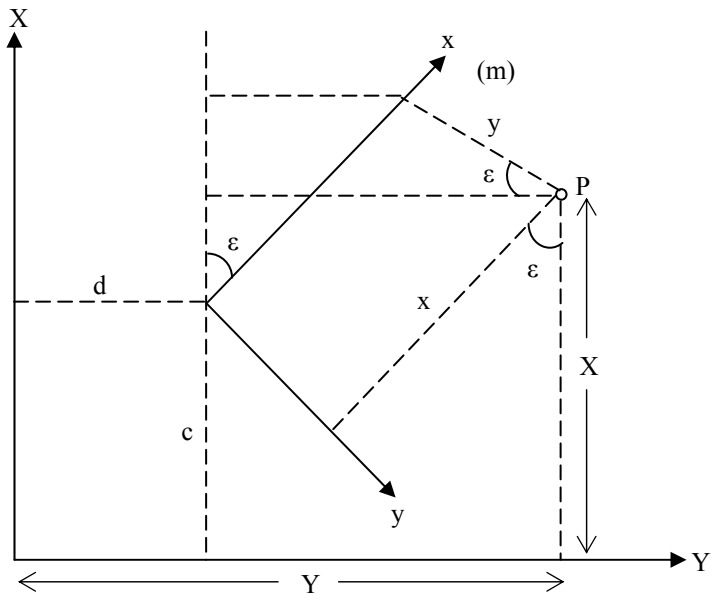
Dönüşümden sonra oluşan geometrik şekiller benzerliğini koruyorsa buna benzerlik dönüşümü denir. Benzerlik dönüşümünde;

1) Düzgün geometrik şekillerin alanları aynı oranda küçülür yada büyür.
2) Şekiller dönüşümden sonra esas şekle benzer.
3) Açıların mutlak değerleri değişmez kalır (Pektekin 1989) (Şekil2.3).

Sonuçta elde edilen yeni koordinatlar ile yapılan hesaplamalardaki semt, kenar değerleri eski sistemde yapılan değerlere göre farklıdır. Ancak şekiller önceki şeklin benzeridir, dolayısıyla kırılma açıları korunmaktadır. Bu sistemde benzerlik olması nedeniyle önceki kenarlar ile sonraki sistemdeki kenarlar arasında sabit bir ölçek katsayısı oluşmaktadır. Özetle yeni sistemde koordinatlar başlangıcı ötelenmiş, belli miktarda dönüklük oluşmuş ve belli miktarda ölçek katsayısı ile çarpılarak oluşmuştur (Tanık 2003).



Şekil 2.3 Benzerlik dönüşümü sonucunda oluşan şekil



Şekil 2.4 Dönüşüm yapılacak iki dik koordinat sistemi

Burada;

x, y : 1. Sistemin koordinatları

X, Y : 2. Sistemin koordinatları

ε : İki koordinat sistemi arasındaki dönüklük açısı

c, d : Öteleme elemanları

m : Ölçek faktörü

Şekil 2.4' de iki dik koordinat sistemi ve bir P noktasının her iki sistemdeki koordinatları gösterilmiştir. Bu noktanın her iki sistemdeki koordinatları arasında,

$$X = x.m.\cos\varepsilon - y.m.\sin\varepsilon + c$$
$$Y = x.m.\sin\varepsilon + y.m.\cos\varepsilon + d \qquad (2.21)$$

eşitlikleri yazılabilir.

$$a = m\cos\varepsilon \ , \quad b = m\sin\varepsilon \qquad (2.22)$$

denirse, benzerlik dönüşümünün eşitlikleri

$$X = a.x - b.y + c$$
$$Y = a.y + b.x + d \qquad (2.23)$$

olur. Eşitlikteki a, b, c, d katsayıları dönüşüm parametreleri olarak isimlendirilir. Bu dönüşümde m ölçek katsayısı ve iki dik koordinat sistemi arasındaki ε dönüklüğü, parametreler cinsinden;

$$m = \sqrt{a^2 + b^2}$$
$$\tan\varepsilon = \frac{a}{b} \qquad (2.24)$$

olur (Tanık 2003, Mikhail ve Weerawong 1997).

Benzerlik dönüşümünde 1 ölçek, 1 dönüklük ve 2 öteleme olmak üzere toplam dört parametre vardır. Dört parametrenin çözümü için her iki sistemde koordinatları bilinen en az iki ortak noktaya ihtiyaç vardır. Ortak nokta sayısının ikiden fazla olması durumunda dönüşüm parametreleri en küçük kareler yöntemine göre hesaplanır. Nokta sayısının üç ya da daha fazla olması durumunda (2.23) eşitlikleri kullanılarak nokta sayısının iki katı kadar düzeltme denklemi yazılabilir (Yaşayan 1978).

$$
\begin{aligned}
&ax_1 - by_1 + c = X_1 + V_{X_1} \\
&ay_1 + bx_1 + d = Y_1 + V_{Y_1} \\
&\dots \\
&\dots \\
&ax_n - by_n + c = X_n + V_{X_n} \\
&ay_n + bx_n + d = Y_n + V_{Y_n}
\end{aligned}
\qquad (2.25)
$$

$$
A = \begin{bmatrix} x_1 & -y_1 & 1 & 0 \\ y_1 & x_1 & 0 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n & -y_n & 1 & 0 \\ y_n & x_n & 0 & 1 \end{bmatrix}_{2nx4} \quad , \quad X = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix}_{4x1} \quad , \quad l = \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ \dots \\ \dots \\ X_n \\ Y_n \end{bmatrix}_{2nx1} \quad , \quad V = \begin{bmatrix} V_{X_1} \\ V_{Y_1} \\ \dots \\ \dots \\ V_{X_n} \\ V_{Y_n} \end{bmatrix}_{2nx1} \qquad (2.26)
$$

Bilinmeyenler matrisi X; $N = A^T PA$, $n = A^T Pl$ olmak üzere

$$X = N^{-1} n \qquad (2.27)$$

eşitliği ile hesaplanır. Bilinmeyenler bulunduktan sonra;

$$V = AX - l \qquad (2.28)$$

eşitliğinden ortak nokta koordinatlarına getirilecek düzeltmeler hesaplanır. Dolaylı ölçüler dengelemesine göre birim ölçünün ortalama hatası ya da x, y ortak koordinatlarından herhangi birinin ortalama hatası;

$$m_0 = m_x = m_y = \pm\sqrt{\frac{\left[V_x^2 + V_y^2\right]}{2n-4}} \qquad (2.29)$$

ve bir P noktasının konum hatası;

$$m_p = \pm m_0\sqrt{2} = \pm\sqrt{\frac{\left[V_x^2 + V_y^2\right]}{n-2}} \tag{2.30}$$

ile hesaplanır.

Dönüşümde kullanılan noktaların koordinat duyarlıkları (m_x, m_y) biliniyorsa, hem birinci hem de ikinci sistemdeki koordinatları bir takım hatalar içerdiğinden (2.23) eşitliği;

$$\begin{aligned} F(x,y,X,Y) &= a(x+V_x) - b(y+V_y) + c - (X+V_X) = 0 \\ G(x,y,X,Y) &= b(x+V_x) + a(y+V_y) + d - (Y+V_Y) = 0 \end{aligned} \tag{2.31}$$

şeklinde yazılabilir. (2.31) eşitliklerini lineer hale getirmek için değişkenlere kısmi türev alınır.

$$\begin{aligned} &\frac{\partial F}{\partial x} = a \quad \frac{\partial F}{\partial y} = -b \quad \frac{\partial F}{\partial X} = -1 \\ &\frac{\partial F}{\partial a} = x \quad \frac{\partial F}{\partial b} = -y \quad \frac{\partial F}{\partial c} = 1 \\ &\frac{\partial G}{\partial x} = b \quad \frac{\partial G}{\partial y} = a \quad \frac{\partial G}{\partial Y} = -1 \\ &\frac{\partial G}{\partial a} = y \quad \frac{\partial G}{\partial b} = x \quad \frac{\partial G}{\partial d} = 1 \end{aligned} \tag{2.32}$$

(2.32) eşitliklerindeki kısmi türevler kullanılarak her bir nokta için (2.31) eşitliği matris gösteriminde aşağıdaki gibi ifade edilir (İnal ve Turgut 2001).

$$\underbrace{\begin{bmatrix} a_0 & -b_0 & -1 & 0 \\ b_0 & a_0 & 0 & -1 \end{bmatrix}}_{B} \underbrace{\begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_X \\ V_Y \end{bmatrix}}_{V} + \underbrace{\begin{bmatrix} x & -y & 1 & 0 \\ y & x & 0 & 1 \end{bmatrix}}_{A} \underbrace{\begin{bmatrix} d_a \\ d_b \\ d_c \\ d_d \end{bmatrix}}_{X} = \underbrace{\begin{bmatrix} X - (a_0 x - b_0 y + c_0) \\ Y - (b_0 x + a_0 y + d_0) \end{bmatrix}}_{K} \tag{2.33}$$

Çözüm için aşağıdaki yol izlenir.

* Noktaların koordinat duyarlıkları dikkate alınmadan benzerlik dönüşümü yapılır. a_0, b_0, c_0, d_0 dönüşüm parametreleri hesaplanır. Hesaplanan parametreler 1. iterasyon için B, W ve K matrisinin hesabında kullanılır.

* Ağırlık katsayıları matrisi Q hesaplanır.

$$Q = \frac{1}{\sigma_0^2}\begin{bmatrix} \sigma_{x_1}^2 & & & & \\ & \sigma_{y_1}^2 & & & \\ & & \sigma_{X_1}^2 & & \\ & & & \sigma_{Y_1}^2 & \\ & & & & \ddots \end{bmatrix} \tag{2.34}$$

* Ağırlık matrisi (W), bilinmeyenler vektörü (X) ve düzeltmeler vektörü (V);

$$\begin{aligned} W &= (BQB^T)^{-1} \\ X &= (A^T W A)^{-1} A^T W K \\ V &= AX - K \end{aligned} \tag{2.35}$$

eşitlikleriyle hesaplanır. 1. iterasyon sonucu hesaplanan parametreler kullanılarak yeniden B, W ve K matrisleri oluşturulur. Hesaplanan parametreler arasında fark görülmeyinceye kadar tekrarlanır (Wolf and Ghilani 1997).

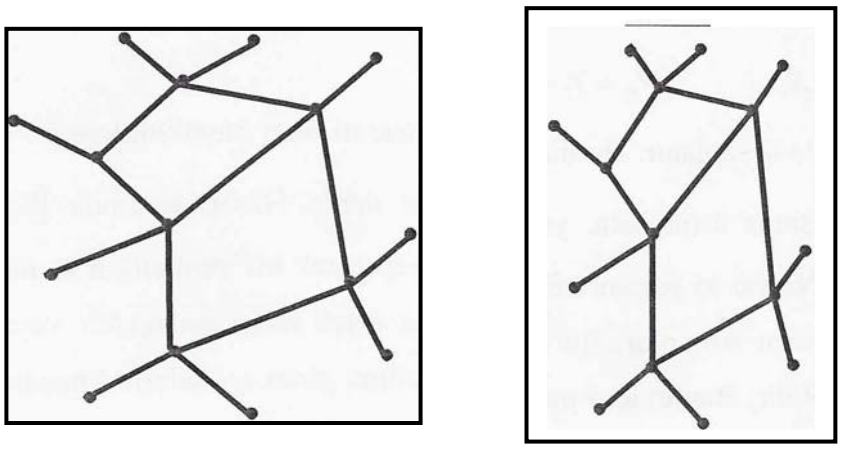
2.2.2. Afin Dönüşümü

Jeodezi ve Fotogrametri mühendisliğinde sık sık düzlem koordinatlarının dönüştürülmesi problemi ortaya çıkmaktadır. Afin dönüşümü x ve y yönlerinde farklı ölçek içermesi ve koordinat eksenlerinin dik olmaması bakımından benzerlik dönüşümünden farklıdır (Wolf ve Dewitt 2000).

Düzlem koordinatlarının dönüştürülmesinde jeodezide genellikle benzerlik dönüşümü kullanılmasına rağmen fotogrametri ve kartoğrafyada durum aynı değildir, çünkü film, kâğıt veya benzeri maddeler deformasyona uğradıkları zaman her iki

eksen boyunca bozulmalar aynı olmaz. Bu durumda afin dönüşümü tercih edilir (Kılıçoğlu 1995, Turgut ve İnal 2003, Başçiftçi ve ark. 2004).

Bu yöntem ile yapılan dönüşümlerde, sistemler arasındaki, X ve Y boyutlarındaki ölçek katsayıları birbirinden farklıdır. Sonuçta elde edilen yeni koordinatlarla yapılan hesaplamalarda semt, kenar ve açı değerleri eski sistemde yapılan değerlere göre farklıdır. Özetlemek gerekirse başlangıcı ötelenmiş, belli miktarda dönüklük oluşmuş X ve Y boyutlarında farklı ölçek katsayıları ile çarpılarak yeni sistemde koordinatlar oluşmuştur (Tanık 2003) (Şekil 2.4).



Şekil 2.5 Afin dönüşümü sonucunda oluşan şekil

Afin dönüşümünün özellikleri aşağıda sıralanmıştır (Kılıçoğlu 1995, Tanık 2003):

✓ Doğrudaşlık: Herhangi bir doğru dönüşümden sonra yine bir doğrudur. Bir doğru üzerinde bulunmayan üç nokta dönüşümden sonra da yine bir doğru zerinde değildir.

✓ Paralellik: Paralel doğrular dönüşümden sonra da paraleldir. Kesişen doğrular dönüşümden sonra da kesişir ve kesişme noktaları karşılık gelir.

✓ Bölme Oranı: Bir doğru üzerindeki iki doğru parçasının oranı dönüşümden sonra da aynı kalır.

✓ Açılar dönüşümden sonra değişir.

✓ Uzunluklar yöne bağlı olarak değişir. Belirli bir yönde ölçek değişmez kalır.

✓ Alanlar, dönüşümden sonra sabit bir miktar değişir. Bu sabit miktar dönüşüm matrisinin determinantına eşittir.

Bir kare afin dönüşümü sonucu paralel kenara dönüşmektedir.

Afin dönüşümünde x ve y koordinat eksenleri yönünde 2 ölçek faktörü, 2 öteleme ve 2 dönüklük olmak üzere toplam altı parametrenin çözümü için her iki sistemde koordinatları bilinen üç ortak noktaya ihtiyaç vardır. Ortak nokta sayısının üçten fazla olması durumunda dönüşüm parametreleri en küçük kareler yöntemine göre dengeleme ile hesaplanır (İnal ve Turgut 2001). Afin dönüşümünde iki ayrı koordinat sistemi arasındaki ilişki;

$$\begin{aligned} X &= ax + by + c \\ Y &= dx + ey + f \end{aligned} \tag{2.36}$$

eşitlikleriyle ifade edilir. En küçük kareler yöntemine göre dengelemeli çözüm için (2.36) eşitlikleri kullanılarak nokta sayısının iki katı kadar düzeltme denklemi yazılır.

$$A = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n & y_n & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_n & y_n & 1 \end{bmatrix}_{2nx6} ; X = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{bmatrix}_{6x1} ; L = \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ \dots \\ \dots \\ X_n \\ Y_n \end{bmatrix}_{2nx1} ; V = \begin{bmatrix} V_{X_1} \\ V_{Y_1} \\ \dots \\ \dots \\ V_{X_n} \\ V_{Y_n} \end{bmatrix}_{2nx1} \tag{2.37}$$

Dönüşüm parametreleri (2.27) eşitliği ile hesaplanır. Dolaylı ölçüler dengelemesine göre bir ölçünün – bir koordinatın - ortalama hatası;

$$m_0 = m_x = m_y = \pm\sqrt{\frac{\left[V_x^2 + V_y^2\right]}{2n-6}} \tag{2.38}$$

ve bir P noktasının konum hatası;

$$m_p = \pm m_0\sqrt{2} = \pm\sqrt{\frac{\left[V_x^2 + V_y^2\right]}{n-3}} \tag{2.39}$$

ile hesaplanır.

Dönüşümde kullanılan noktaların koordinat duyarlıkları (m_x, m_y) biliniyorsa (2.36) eşitliğinden yararlanılarak benzerlik dönüşümündeki yol izlenir.

$$\begin{bmatrix} a_0 & -b_0 & -1 & 0 \\ d_0 & e_0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_X \\ V_Y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x & y & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x & y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_a \\ d_b \\ d_c \\ d_d \\ d_e \\ d_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X - (a_0 x + b_0 y + c_0) \\ Y - (d_0 x + e_0 y + f_0) \end{bmatrix} \tag{2.40}$$

$$\begin{aligned} F(x, y, X, Y) &= a(x + V_x) + b(y + V_y) + c - (X + V_X) = 0 \\ G(x, y, X, Y) &= d(x + V_x) + e(y + V_y) + f - (Y + V_Y) = 0 \end{aligned} \tag{2.41}$$

Dönüşüm parametrelerinin hesabı için (2.40) denklemi her nokta için yazılır. (2.34) ve (2.35) eşitlikleri kullanılarak iterasyonla çözüm yapılır (Wolf and Ghilani 1997).

2.2.3. Projektif Dönüşüm

Projektif dönüşüm daha genel bir dönüşüm türü olup, afin dönüşüm projektif dönüşümün bir alt grubunu oluşturur. Bir düzlemden diğer bir düzleme yapılan izdüşümler yardımıyla iki boyutlu projektif dönüşüm tanımlanabilir. İki düzlem birbirine paralel olabilir ya da kesişebilirler (Yaşayan 1978).

Projektif dönüşümde sekiz parametrenin çözümü için her iki sistemde koordinatları bilinen en az dört eşlenik noktaya ihtiyaç vardır. Ortak nokta sayısının dörtten fazla olması durumunda dönüşüm parametreleri en küçük kareler yöntemine göre dengeleme ile hesaplanır. Projektif dönüşümde iki ayrı koordinat sistemi arasındaki ilişki;

$$\begin{aligned} F = X &= \frac{a_1 x + b_1 y + c_1}{a_3 x + b_3 y + 1} \\ G = Y &= \frac{a_2 x + b_2 y + c_2}{a_3 x + b_3 y + 1} \end{aligned} \tag{2.42}$$

eşitlikleriyle ifade edilir. En küçük kareler yöntemine göre dengelemeli çözüm için nokta sayısının iki katı kadar düzeltme denklemi yazılır ve bilinmeyenlere göre kısmi türev alınarak lineer hale getirilerek katsayılar matrisi (A) hesaplanır (İnal ve Turgut 2001).

$$A=\begin{bmatrix} \left(\frac{\partial X}{\partial a_1}\right)_0 & \left(\frac{\partial X}{\partial b_1}\right)_0 & \left(\frac{\partial X}{\partial c_1}\right)_0 & 0 & 0 & 0 & \left(\frac{\partial X}{\partial a_3}\right)_0 & \left(\frac{\partial X}{\partial b_3}\right)_0 \\ 0 & 0 & 0 & \left(\frac{\partial Y}{\partial a_2}\right)_0 & \left(\frac{\partial Y}{\partial b_2}\right)_0 & \left(\frac{\partial Y}{\partial c_2}\right)_0 & \left(\frac{\partial Y}{\partial a_3}\right)_0 & \left(\frac{\partial Y}{\partial b_3}\right)_0 \end{bmatrix}$$

$$X=\begin{bmatrix} da_1 \\ db_1 \\ dc_1 \\ da_2 \\ db_2 \\ dc_2 \\ da_3 \\ db_3 \end{bmatrix}_{8x1} \quad ; \quad \mathrm{L}=\begin{bmatrix} X_1-X_{01} \\ Y_1-Y_{01} \\ X_2-X_{02} \\ Y_2-Y_{02} \\ \dots \\ \dots \\ X_n-X_{0n} \\ Y_n-Y_{0n} \end{bmatrix}_{2nx1} \tag{2.43}$$

Değişkenlere göre kısmi türevler aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} &\frac{\partial X}{\partial a_1}=\frac{x}{a_3x+b_3y+1}, \quad \frac{\partial X}{\partial b_1}=\frac{y}{a_3x+b_3y+1}, \quad \frac{\partial X}{\partial c_1}=\frac{1}{a_3x+b_3y+1} \\ &\frac{\partial Y}{\partial a_2}=\frac{x}{a_3x+b_3y+1}, \quad \frac{\partial Y}{\partial b_2}=\frac{y}{a_3x+b_3y+1}, \quad \frac{\partial Y}{\partial c_2}=\frac{1}{a_3x+b_3y+1} \\ &\frac{\partial X}{\partial a_3}=-\frac{a_1x+b_1y+c_1}{(a_3x+b_3y+1)^2}x, \quad \frac{\partial X}{\partial b_3}=-\frac{a_1x+b_1y+c_1}{(a_3x+b_3y+1)^2}x \\ &\frac{\partial Y}{\partial a_3}=-\frac{a_2x+b_2y+c_2}{(a_3x+b_3y+1)^2}x, \quad \frac{\partial Y}{\partial a_3}=-\frac{a_2x+b_2y+c_2}{(a_3x+b_3y+1)^2}y \end{aligned} \tag{2.44}$$

A katsayılar matrisinin hesabı için dönüşüm parametrelerinin yaklaşık değerlerine ihtiyaç vardır. Yaklaşık değerlerin hesabı için önce afin dönüşümü yapılır. $a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2$ katsayıları hesaplanır. $a_3 = b_3 = 0$ alınarak projektif

dönüşüm yapılır. Dönüşüm parametrelerinin yeni değerleri hesaplanır. Dönüşüm parametrelerinin son değerleri iterasyonla belirlenir (İnal ve Turgut 2001).

Dönüşüm parametrelerinin son değerlerinin bulunmasından sonra ortak noktaların koordinatlarına getirilecek düzeltmeler hesaplanır. Hesap sonunda $[V_X]=0$, $[V_Y]=0$ olmalıdır. Dolaylı ölçüler dengelemesine göre bir ölçünün – bir koordinatın – ortalama hatası,

$$m_0 = m_x = m_y = \pm\sqrt{\frac{\left[V_x^2 + V_y^2\right]}{2n-8}} \tag{2.45}$$

ve bir P noktasının konum hatası;

$$m_p = \pm m_0\sqrt{2} = \pm\sqrt{\frac{\left[V_x^2 + V_y^2\right]}{n-4}} \tag{2.46}$$

ile hesaplanır.

2.3. Üç Boyutlu Dönüşümler

Uydu ölçmelerinin son yıllarda getirdiği kolaylıklar sadece mutlak koordinatların elde edilmesiyle kalmamış, özellikle bağıl konumlamadaki yüksek hassasiyet ile üç boyutlu konumlamada, ülke jeodezik ağlarının iyileştirilmesi ve nokta sıklaştırılması çalışmalarında da büyük kolaylıklar sağlamıştır. Doğal olarak uydu gözlemleri ile elde edilen verilerle, yersel verilerin ortak bir sistemde değerlendirilmesi gerekir.

Dönüşümün gerçekleşmesi için her iki sistem arasındaki dönüşüm parametrelerinin hassas olarak belirlenmesi, bilinmeyen parametrelerin sayısından daha fazla veri içeren ortak noktalar ile dengelemenin yapılması gerekir. Bir koordinat sisteminden diğer sisteme dönüşüm ölçek, dönüklük ve öteleme parametreleriyle gerçekleşir. Dönüşüm için çok sayıda yöntem geliştirilmiştir. Ortogonal, benzerlik ve afin dönüşüm sadece istenilen dönüşüm özelliklerine göre

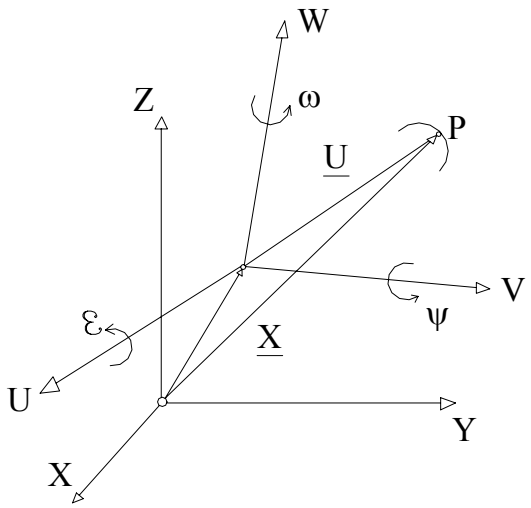
yapılan bir ayrımdır (Üstün1996). Bu çalışmada anlatılan dönüşümler benzerlik ve afin dönüşümlerdir.

2.3.1. Benzerlik Dönüşümleri

Benzerlik dönüşümleri jeodezide en yaygın olarak kullanılan dönüşüm yöntemleridir. Gerek işlem hacminin azlığı gerekse matematiksel modelin kolay uygulanabilirliği yöntemin daha çok kullanılmasının nedenleridir. Üç boyutta 7 parametreli benzerlik dönüşümlerinde ölçek faktörü tüm doğrultularda değişmez kabul edilir. Şekil tümüyle korunduğu için açılar değişmez. Diğer bir değişle benzerlik dönüşümü açı koruyan bir dönüşümdür. Üç boyutta 7 parametreli benzerlik dönüşümü modellerine örnek olarak; Bursa Wolf Modeli, Molodensky – Badekas Modelin Veis Modeli, Hotine Modeli, Krakiwsky – Thomson Modeli ve Vanicek Wells Modeli verilebilir (Alkan 1999, Hofmann-Wellenhof ve diğ. 1997).
En uygun ağ dönüşüm modeli seçiminde aşağıdaki faktörler etkilidir (Rizos 1999):

- Modelin uygulanacağı alanın büyüklüğü
- Bir ağın veya her iki ağın belirgin bozulmalara (distorsiyon) sahip olması.
- Ağların doğal olarak üç boyutlu olması veya iki boyutlu ya da bir boyutlu olması
- Arzulanan doğruluk derecesi
- Dönüşüm parametrelerinin mevcut olması veya belirlenebilmeli

2.3.1.1. Bursa - Wolf Modeli



Şekil 2.6. Üç boyutta benzerlik dönüşümü

Şekil 2.6' da görüldüğü gibi uzaydaki bir P noktasının koordinatları, orjinleri ve eksenleri birbirine göre farklı iki koordinat sistemi arasındaki ilişki 7 parametre ile gösterilir. Bu parametreler;

3 öteleme (X_0, Y_0, Z_0)

3 dönüklük $(\varepsilon, \psi, \omega)$

Ölçek faktörü $(1+\Delta)$

olduğuna göre, iki sisteme ait koordinat vektörleri arasındaki ilişki;

$$\underline{X} = \underline{X_0} + (1+\Delta)\underline{RU} \tag{2.47}$$

ile verilir (Üstün 1996).

$\underline{X}$: Noktaların 1. sistemdeki (X,Y,Z) koordinatları

$\underline{U}$: Noktaların 2. sistemdeki(U,V,W) koordinatları

$(1+\Delta)$: İki sistem arasındaki ölçek faktörü

$\underline{X_0}$: İki sistemin başlangıç noktalarını çakıştırmak için gerekli olan öteleme parametrelerinden oluşan öteleme vektörü

$\underline{R}$: İki sistemin yöneltmesini çakıştırmak için üç dönüklük parametresini içeren dönme matrisi

$\underline{R}$ dönüklük matrisi ardışık olarak gerçekleşen üç dönüklüğün bir sonucudur ve $\underline{R}$ dönüklük matrisini;

$$\underline{R} = \begin{bmatrix} \cos\psi\cos\omega & \cos\varepsilon\sin\omega + \sin\varepsilon\sin\psi\cos\omega & \sin\varepsilon\sin\omega - \cos\varepsilon\sin\psi\cos\omega \\ -\cos\psi\sin\omega & \cos\varepsilon\cos\omega - \sin\varepsilon\sin\psi\sin\omega & \sin\varepsilon\cos\omega + \cos\varepsilon\sin\psi\sin\omega \\ \sin\psi & -\sin\varepsilon\cos\psi & \cos\varepsilon\cos\psi \end{bmatrix} \quad (2.48)$$

elde ederiz.

Jeodezik uygulamalarda $\underline{X}$ ve $\underline{U}$ sistemleri arasındaki dönmeler küçük olduğundan (2.48) eşitliği basitleştirilebilir ve;

$$\underline{R} = \underline{I} + \underline{Q} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & \omega & -\psi \\ -\omega & 0 & \varepsilon \\ \psi & -\varepsilon & 0 \end{bmatrix} \quad (2.49)$$

olarak yazılabilir (Ünal 1994).

Her bir nokta üç koordinat bileşeninden oluştuğuna göre her nokta için;

$$\begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + (1+\Delta)\underline{R}\begin{bmatrix} U \\ V \\ W \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2.50)$$

denklemi yazılabilir. (2.49) ‘ i (2.50)’ de yerine koyarsak;

$$\underline{X_0} + (1+\Delta)(\underline{I} + \underline{Q})\underline{U} - \underline{X} = 0 \quad (2.51)$$

elde edilir ve denklem açılıp ölçek ve dönüklüğe bağlı ikinci terimler ihmal edilirse;

$$\underline{X_0} + \underline{Q}\underline{U} + (1+\Delta)\underline{U} - \underline{X} = 0 \quad (2.52)$$

olarak yazılabilir. Her bir P_i noktası için (2.52) eşitliği yazılabilir. Genel dengeleme modeli;

$$\underline{A}v + \underline{B}x + w = 0 \tag{2.53}$$

olarak alınır. Burada;

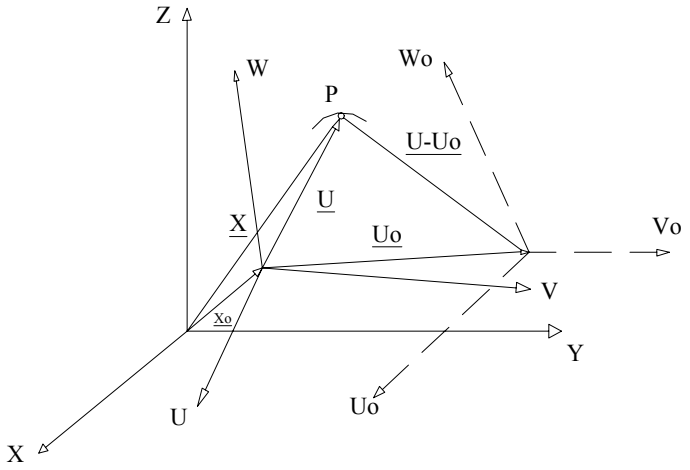
$$A = \left.\frac{\partial F}{\partial L}\right|_{L_0, X_0} \quad , B = \left.\frac{\partial F}{\partial X}\right|_{L_0, X_0} \quad , w = F(L_0, X_0) \tag{2.54}$$

olarak alınır. Bilinmeyenlerin yaklaşık değerlerinin hepsinin sıfır seçilmesiyle her P_i noktası için;

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_U \\ V_V \\ V_W \\ V_X \\ V_Y \\ V_Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & U & 0 & -W & V \\ 0 & 1 & 0 & V & W & 0 & -U \\ 0 & 0 & 1 & W & -V & U & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dx_0 \\ dy_0 \\ dz_0 \\ d\Delta \\ d\varepsilon \\ d\psi \\ d\omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} U - X \\ V - Y \\ W - Z \end{bmatrix} = 0 \tag{2.55}$$

yazılır ve datum parametreleri $(dx_0, dy_0, dz_0, d\Delta, d\varepsilon, d\psi, d\omega)$ en küçük kareler yöntemine göre bulunur.

2.3.1.2. Molodensky-Badekas Modeli



Şekil 2.7 Molodensky-Badekas Modeli

Bursa-Wolf modelinin değişik bir varyasyonu

$$\underline{X_0} + (1+\Delta)\underline{R}(\underline{U} - \underline{U_0}) - \underline{X} = 0 \tag{2.56}$$

ile verilebilir. Burada $\underline{U_0}$ dönüştürülecek nokta kümesinin ortasındaki yada herhangi bir yerindeki noktanın (U) sistemindeki konum vektörüdür. Önceki modelde olduğu gibi aynı işlemler tekrarlanırsa, ölçek ve dönüklük fonksiyonlarının ikinci terimleri ihmal edilirse (2.56),

$$\underline{X_0} + \Delta(\underline{U} - \underline{U_0}) + \underline{Q}(\underline{U} - \underline{U_0}) + \underline{U} - \underline{X} = 0 \tag{2.57}$$

haline gelir (Üstün 1996). Bu matematik model en küçük kareler yöntemine göre geliştirilirse (2.57) eşitliklerine benzer biçimde her ortak nokta için;

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_U \\ V_V \\ V_W \\ V_X \\ V_Y \\ V_Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & U-U_0 & 0 & -(W-W_0) & V-V_0 \\ 0 & 1 & 0 & V-V_0 & W-W_0 & 0 & -(U-U_0) \\ 0 & 0 & 1 & W-W_0 & -(V-V_0) & U-U_0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dx_0 \\ dy_0 \\ dz_0 \\ d\Delta \\ d\varepsilon \\ d\psi \\ d\omega \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U-X \\ V-Y \\ W-Z \end{bmatrix} = 0 \qquad (2.58)$$

yazılabilir (Leick 1990).

2.3.1.3. Veis Modeli

Bu model Veis tarafından 1960 yılında geliştirilmiştir. Molodensky-Badekas modelinde geçen aynı dönme noktası U_0 kullanılır. Ancak önceki modellerdeki dönüklükler (U) sisteminin etrafında gerçekleşirken bu modeldeki dönüklüklerin orjini U_0 noktasında olan yerel jeodezik sistemin (n, e, h) eksenleri etrafında olduğu kabul edilir. n ekseni jeodezik meridyene teğet ve güneye doğru pozitif, e ekseni meridyen düzlemine dik ve doğuya doğru pozitif, h ekseni ise n ve e ekseni ile birlikte sağ el sistemini tamamlar yani elipsoit normali boyunca pozitif yönü dışarıya doğrudur (Ünal 1994). Dönüşüm denklemi (2.56)' e benzer olarak;

$$\underline{X_0} + (1+\Delta)\underline{M}(\underline{U} - \underline{U_0}) + \underline{U} - \underline{X} = 0 \qquad (2.59)$$

ile verilir. U_0 noktası etrafındaki dönüklükler (η, ξ, α) ve başlangıç noktasının elipsoidal koordinatları $(\varphi_0, \lambda_0, h_0)$ ile gösterilirse $\underline{M}$ matrisi;

$$\underline{M} = \underline{R_3^T}(\lambda_0)\underline{R_2^T}(90-\varphi_0)\underline{R_3}(\alpha)\underline{R_2}(\xi)\underline{R_1}(\eta)\underline{R_2}(90-\varphi_0)\underline{R_3}(\lambda_0) \qquad (2.60)$$

yazılabilir. (η, ξ, α) açıları küçük açılar olduğundan;

$$\underline{M}(\lambda_0,\varphi_0,\eta,\xi,\alpha)=\alpha\underline{M_\alpha}+\xi\underline{M_\xi}+\eta\underline{M_\eta}+I \tag{2.61}$$

yazılabilir. Burada;

$$\underline{M_\alpha}=\begin{bmatrix}0 & \sin\varphi_0 & -\cos\varphi_0\sin\lambda_0\\ -\sin\varphi_0 & 0 & \cos\varphi_0\cos\lambda_0\\ \cos\varphi_0\sin\lambda_0 & -\cos\varphi_0\cos\lambda_0 & 0\end{bmatrix}\quad,\underline{M_\xi}=\begin{bmatrix}0 & 0 & -\cos\lambda_0\\ 0 & 0 & -\sin\lambda_0\\ \cos\lambda_0 & \sin\lambda_0 & 0\end{bmatrix}$$

$$\underline{M_\eta}=\begin{bmatrix}0 & -\cos\varphi_0 & -\sin\varphi_0\sin\lambda_0\\ \cos\varphi_0 & 0 & \sin\varphi_0\cos\lambda_0\\ \sin\varphi_0\sin\lambda_0 & -\sin\varphi_0\cos\varphi_0 & 0\end{bmatrix} \tag{2.62}$$

alınır. Yine ikinci dereceden terimler ihmal edilirse matematik model;

$$\underline{X_0}+\Delta(\underline{U}-\underline{U_0})+(1+\Delta)(\underline{M}-I)(\underline{U}-\underline{U_0})-\underline{U}-\underline{X}=0 \tag{2.63}$$

elde edilmiş olur. (η,ξ,α) ile $(\varepsilon,\psi,\omega)$ dönüklükleri arasındaki ilişki;

$$\begin{bmatrix}\eta\\ \xi\\ \alpha\end{bmatrix}=\underline{R_2}(90-\varphi_0)\underline{R_3}(\lambda_0)\begin{bmatrix}\varepsilon\\ \psi\\ \omega\end{bmatrix} \tag{2.64}$$

bağıntısı ile verilir (Üstün 1996).

2.3.1.4. Krakiwsky-Thomson Modeli

Bu model iki dönüklük seti içermektedir; bunlardan bir tanesi (U) ile verilen sistemdeki dönüklükler (ε) ve diğeri ise noktaların oluşturduğu jeodezik ağın dönüklükleridir (χ). Herhangi bir ortak nokta için;

$$\underline{X}=\underline{X_0}+(1+\Delta)\underline{R_\varepsilon}(\underline{U_0}+\underline{R_\chi}(\underline{U}-\underline{U_0})_N) \tag{2.65}$$

eşitliği yazılır. Burada N ağ koordinat sistemini göstermektedir. Dönüklük açılarının küçük olduğu varsayılarak ve ikinci dereceden terimler ihmal edildiğinde;

$$F = \underline{U_0} + \underline{U} + (\underline{U} - \underline{U_0}) + Q_\chi(\underline{U} - \underline{U_0}) + Q_\varepsilon(\underline{U} + (\underline{U} - \underline{U_0})) + \Delta\underline{U} + \Delta(\underline{U} - \underline{U_0}) - \underline{X} = 0 \qquad (2.66)$$

haline gelir. Burada Q_x ve Q_E;

$$Q_\Psi = \begin{bmatrix} 0 & \Psi_z & -\Psi_y \\ -\Psi_z & 0 & \Psi_x \\ \Psi_y & -\Psi_x & 0 \end{bmatrix}, \quad Q_E = \begin{bmatrix} 0 & E_z & -E_y \\ -E_z & 0 & E_x \\ E_y & -E_x & 0 \end{bmatrix} \qquad (2.67)$$

ile verilir. (2.66) eşitliği en küçük karelerle dengelemenin matematik modelini oluşturur. Her ortak nokta için;

$$\underline{A} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -(w+dw) & (V+dv) & 0 & -dw & dv & U+du \\ 0 & 1 & 0 & (w+dw) & 0 & -(U+du) & dw & 0 & -dv & V+dv \\ 0 & 0 & 1 & -(v+dv) & (U+du) & 0 & dv & du & 0 & w+dw \end{bmatrix}$$

$$\underline{W} = \underline{U}_u + d\underline{U}_N - \underline{X}$$

$$d\underline{U} = \begin{bmatrix} U_0 \\ V_0 \\ W_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U - U_0 \\ V - V_0 \\ W - W_0 \end{bmatrix} \quad \underline{U} = \begin{bmatrix} U \\ V \\ W \end{bmatrix} \qquad \underline{X} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \qquad (2.68)$$

yazılabilir (Kılıçoğlu 1995).

Sözü edilen üç boyutlu benzerlik dönüşümü modellerinden Bursa-Wolf modelinde doğrudan doğruya verilen koordinatlar kullanılırken Molodensky-Badekas modelinde birinci sistem koordinatlarının ortak noktaların ağırlık merkezi koordinatlarına göre ötelenmesidir. Veis modelinde, Molodensky-Badekas modelindeki dönme noktası kullanılır. Ancak dönüklükler yerel jeodezik sistemin eksenleri etrafında yapılmaktadır. Krakiwsky-Thomson modelinde ise iki dönüklük seti vardır. Bunlardan biri (U) ile verilen sistemdeki dönüklükler ve diğeri noktaların oluşturduğu jeodezik ağın dönüklükleridir.

2.3.2. Afin Dönüşümü

Benzerlik dönüşümünde 3 öteleme, 3 dönüklük ve bir ölçek bilinmeyeni ile çözüm aranırken afin dönüşümünde 3 öteleme, 3 dönüklük ve 3 ölçek faktörü bilinmeyenleri ile bu sayı 9'a çıkmıştır. İlk başta açıklanan dönüşüm modelinde skaler bir çarpım durumundaki ölçek faktörü burada köşegen bir matris haline dönüşür. Dönüşüm modeli;

$$\underline{X} = \underline{X}_0 + (\underline{T} + \underline{\Delta})\,\underline{R}\,\underline{U} \tag{2.69}$$

ile verilir. Burada ölçek matrisini daha açık bir ifade ile;

$$(\underline{T} + \underline{\Delta}) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta_1 & 0 & 0 \\ 0 & \Delta_2 & 0 \\ 0 & 0 & \Delta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+\Delta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 1+\Delta_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1+\Delta_3 \end{bmatrix} \tag{2.70}$$

gösterilebilir. Bursa – Wolf modelinde olduğu gibi (ε, ψ, w) dönüklükleri diferansiyel anlamda kabul edilir. (2.69) eşitliğin (2.49) ve (2.51)'e uygun olarak yazılırsa;

$$\underline{X} = \underline{X}_0 + \underline{U} + \underline{\partial U} + \underline{\Delta U} \tag{2.71}$$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1+\Delta_1 & W & -\psi \\ -W & 1+\Delta_2 & \varepsilon \\ \psi & -\varepsilon & 1+\Delta_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U \\ V \\ W \end{bmatrix} \tag{2.72}$$

elde edilir. Bir noktaya ait düzeltme denklemleri;

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_U \\ V_V \\ V_W \\ V_X \\ V_Y \\ V_Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & U & 0 & 0 & 0 & -W & V \\ 0 & 1 & 0 & 0 & V & 0 & W & 0 & -U \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & W & -V & U & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dx_0 \\ dy_0 \\ dz_0 \\ d\Delta_1 \\ d\Delta_2 \\ d\Delta_3 \\ d\varepsilon \\ d\psi \\ dw \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} U-X \\ V-Y \\ W-Z \end{bmatrix} = 0 \quad (2.73)$$

yazılır. Bilinmeyenler;

$$\begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \\ \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ \Delta_3 \\ \varepsilon \\ \psi \\ W \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \\ \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ \Delta_3 \\ \varepsilon \\ \psi \\ W \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} dx_0 \\ dy_0 \\ dz_0 \\ d\Delta_1 \\ d\Delta_2 \\ d\Delta_3 \\ d\varepsilon \\ d\psi \\ dw \end{bmatrix} \quad (2.74)$$

ile hesaplanır (Üstün 1996).

2.4. Uyuşumsuz Ölçülerin Belirlenmesi

Yapılan ölçülerde çeşitli hatalar sonucunda kaba veya uyuşumsuz ölçüler oluşabilir. Bu hatalara örnek okuma-yazma hatası, yanlış hedefe bakılması, indirgeme de hata yapılması, vb. verilebilir. Kaba hatalar dengeleme modelinin düzeltme denklemleri kurulurken belirlenip ayıklanabilir. Her uyuşumsuz ölçü kaba hatalı demek değildir. Örneğin çevre koşullarının değişmesi, gözlemcinin yorulması ve dikkatinin azalması, yuvarlatma yapma, ideal parametrik modelden sapmalar vb. nedenlerle ölçülerin bir kısmı diğer ölçülerden ayrı özellik gösterebilir ve kurulan matematik modele uymayabilir. Rasgele ölçü hatalarına çok yakın büyüklükteki böylesi hatalar, ancak dengeleme hesabı sonucunda uygulanan uyuşumsuz ölçülerin

testi ile belirlenebilir. Buna göre uyuşumsuz ölçüleri, çeşitli amaçlarla yapılan ölçüler arasında ölçü kümesinin dağılımına uymayan ölçüler olarak tanımlayabiliriz (Uzun 2003).

Uyuşumsuz ölçülerin tümü kaba hatalardan kaynaklanan kötü veriler değildir, bazı durumlarda bu ölçüler veri grubu için çok önemli olabilir. Kaba hatalar bazı ölçü grubunun kaynağına geri dönülerek düzeltilebilir. Buna örnek olarak iki değerin yanlışlıkla yer değiştirmesi verilebilir (Hampel ve diğ. 1986).

Uyuşumsuz gözlemlerin belirlenmesinde günümüze kadar farklı yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bunlardan biri jeodezide yaygın bir şekilde kullanılan EKK ilkesine dayalı geleneksel uyuşumsuz ölçü belirleme yöntemleridir. Bu yöntemin jeodezide çok tercih edilmesinin nedeni hesap algoritmasının basit oluşu, gözlemlerle ilgili istatistik dağılımların bilinmesine gerek duyulmaması, başlangıçta kurulan fonksiyonel ve stokastik modellerin özelliklerinin sonuca ulaşıncaya kadar aynı kalması, varyans kovaryans dağılımı ve hata istatistiği yönünden de basit ve anlaşılır olması EKK yönteminin daima tercih edilir olmasına neden olmaktadır.

Bu çözüm yöntemlerinin kırılma noktası yaklaşık sıfır civarındadır; çünkü EKK yönteminde bütün gözlemler arasından ayıklanabilir kaba hatalı gözlemlerin olasılığının limit değeri anlamına gelen' kırılma noktası (1/n) sıfıra yakın bir değer almaktadır. Bu durum onun gözlemler arasındaki uyuşumsuzluklara karşı duyarsız bir kestirim yöntemi olduğunu göstermektedir. Ölçüler tek bir uyuşumsuz ölçü içerseler bile, EKK yöntemi ile kestirilen bütün değerler bu uyuşumsuz ölçü veya ölçüler tarafından bozulmuşlardır. Ayrıca bu yöntem uyuşumsuz ölçünün etkisini diğer uyuşumlu (iyi) ölçüler üzerine yaymaktadır (Kara 1998). Bundan dolayı kaba hatalı gözlemler hatasız olanları da etkileyerek kaba hatalı gözlemlermiş gibi yanlış yorumlanmalarına neden olmakta öte yandan kaba hatalı gözlemlerinde sanki uyuşumlu gözlemlermiş gibi yorumlanmasına neden olmaktadır. Bu durumların bir sonucu olarak EKK kestirim yönteminin iki ya da daha fazla kaba hatalı gözlemlerin ayıklanmasında yetersiz kaldığı ve bu yönüyle de eleştirilebilir bir yöntem olduğu söylenebilir (Dilaver ve ark. 1998).

Geleneksel uyuşumsuz ölçü test yöntemleri ancak tek bir uyuşumsuz ölçüyü belirlemeye yatkındır. Sınır değeri aşan test değeri en büyük ölçü, uyuşumsuz ölçüdür ve ölçü kümesinden çıkartılır. Daha sonra tekrar EKK yöntemi geri kalan

ölçülere uygulanır ve bu işlem ölçü kümesinde uyuşumsuz ölçü kalmayıncaya kadar sürdürülür (Kara 1998). Bu gibi ayıklama işlemlerinde, uyuşumsuz verilerin fazla olması durumunda problemde bir şekil defekti oluşabilir. Bu nedenle dağılıma uymayan veriler ayıklanmaz, yinelenir.

Uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesinde, geleneksel çözüm yöntemleri olarak; üç farklı yaklaşım kullanılmaktadır. Bunlar Baarda (*Data-snooping*), Tau (*Poppe*) ve t- Student testleri olarak bilinmektedir. Bu yöntemlerin temeli, çeşitli varyans faktörlerinin kullanılarak düzeltmelerin standartlaştırılmasıdır. Farklılık ise kullanılan varyans faktörlerinden çıkar (Erenoğlu 2003). Baardaya göre test yönteminde öncül varyans (σ_0^2) bilinmesi durumunda, Popeye göre test yönteminde soncul varyans (m_0^2) bilinmesi durumunda ve t testinde ise kaba hatalı ya da uyuşumsuz olup olmadığı araştırılan bir ölçünün (l_i) dışında kalan ölçülere dayalı olarak bilinen sonsal varyans ($\overline{m}_0^2$) hesaplanması durumunda kullanılır (Berber 1997). Bu çalışmada Tau (*Poppe*) testinden yararlanılmış ve uyuşumsuz gözlemler için,

$$H_0 : E\{v\} = 0$$
$$H_S : E\{v\} \neq 0$$

(2.75)

şeklinde kurulan bir hipotezde, normlandırılmış dağılım için rasgele değişken değerleri yani test büyüklüğü;

Kullanılan Yöntem	**Test Büyüklüğü**		**Test Dağılımı**	**Sınır Değer**
Tau Testi	$T_i = \dfrac{\lvert v_i \rvert}{m_{v_i}}$	$T_i = \dfrac{\lvert v_i \rvert}{m_0 \sqrt{Q_{v_i v_i}}}$	$\tau_{f,1-\alpha/2}$	$\tau_{f,1-\alpha/2} = \sqrt{\dfrac{f t^2_{f-1,1-\alpha/2}}{f-1+t^2_{f-1,1-\alpha/2}}}$

şeklindedir. Tau testinde $Q_i = Q_{(v_x v_x)_i} = Q_{(v_y v_y)_i}$ ön koşulu altında test büyüklüğü

$$T_i = \left(\frac{v_{x_i}^2 + v_{y_i}^2}{2 m_0^{\,2} Q_i} \right)^{1/2} \tag{2.76}$$

olarak alınabilir. Sınır değer olarak da verilen dağılım fonksiyonunun düzenlenmesiyle,

$$C = \sqrt{\left(n - \frac{u}{m}\right)\left[\left(1 - \frac{\alpha}{n}\right)^{\left[1/\left(n - \frac{u+m}{m}\right)\right]}\right]} \qquad (2.77)$$

deneysel tablo değeri elde edilir. Burada n dönüşüme giren ortak nokta sayısını, u dönüşümde hesaplanan bilinmeyen sayısını, m ise dönüşümün boyutunu göstermektedir (Konak 1994). C sınır değerinden büyük olan T_i değerlerinin en büyüğü uyuşumsuz ölçü olarak kabul edilir. Bu ölçü, ölçü kümesinden çıkarılır ve işlemler tekrarlanır. Ölçü kümesinde uyuşumsuz ölçü kalmayıncaya kadar bu işleme devam edilir.

3. DÖNÜŞÜMLERİN PROGRAMLANMASI

3.1. Kullanılan Yazılım, Yöntem ve Programlar

3.1.1. Delphi

Delphi. Kendine dil olarak Object Pascal' ı seçmiş olan, görsel olarak uygulama geliştirmenin yapılabileceği, C++' ın gücüne ve Visual Basic' in kolaylığına sahip, Inprise' ın (eski adıyla Borland) bileşen teknolojisini kullanan, 32-bit derleyici olan, Windows 95, Windows 98 ve Windows NT altında çalışan ve yine bu ortamlarda programlar üretebilen bir uygulama geliştirme aracıdır.

Turbo Pascal 7.0' da kullanılan dile, Delphi' de bazı eklemeler ve değişikler yapılmış ve yeni oluşan dil, Object Pascal olarak adlandırılmıştır. Object Pascal dili nesneye yönelik bir programlama dilidir ve oldukça güçlüdür.

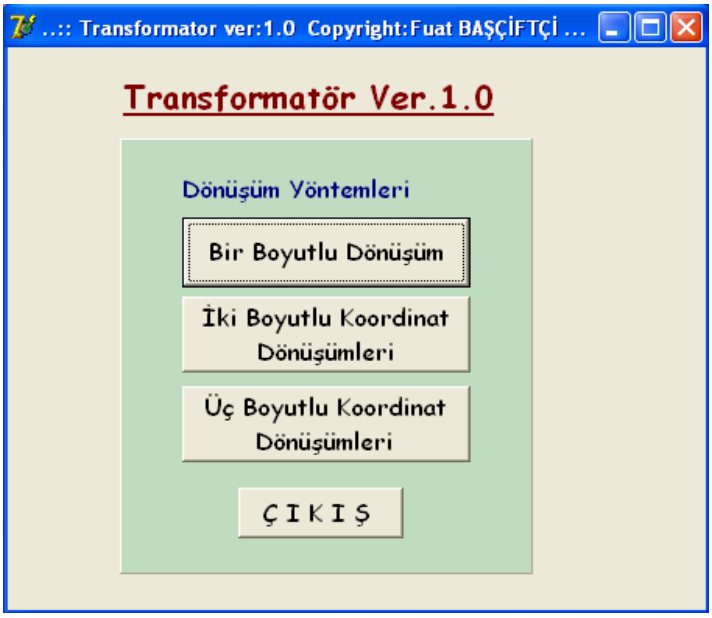
Delphi, Borland' ın derleyici teknolojisinde gelmiş olduğu aşamanın en büyük ürünlerinden biridir. Inprise bu teknolojiyi Delphi' den sonra geliştirdiği diğer programlama dillerine de aktarmış ve Delphi' nin görsel uygulama geliştirme ortamına benzer ortamları, ürünlerinde aynı tutmaya çalışmıştır. Ayrıca yine Delphi ile component (bileşen) temelli uygulama geliştirme ortamı teknolojisini oldukça verimli biçimde ortaya koymuş ve yine bu teknolojiyi diğer uygulama geliştirme araçlarına aktarmayı hedefleri arasına koymuştur. Örneğin, yine Borland' ın ürünü olan JBuilder uygulama geliştirme ortamında da Java için bileşen teknolojisi kullanılabilmektedir.

Delphi' nin en güçlü yanlarında biri de Windows API fonksiyonlarının tümüne rahatlıkla ulaşılabiliyor olmasıdır. Delphi ile Windows API fonksiyonları rahatlıkla çağrılabilmekte ve bu sayede çok güçlü ve hızlı programlar üretilebilmektedir.

Sonuç olarak görsel uygulama geliştirme ortamı, 32-bit derleyici, nesneye yönelik Object Pascal programlama dili, ölçeklenebilir veritabanı erişimi, bileşen teknolojisi, Windows API fonksiyonlarını kullanabilmesi ve hızlı uygulama geliştirebilme gibi özellikleri sayesinde Delphi önümüzdeki yıllarda geçerliliğini güçlü biçimde koruyabilecek bir uygulama geliştirme aracıdır (Barengi 2001).

3.2. Geliştirilen Uygulama Programının Tanıtılması

Program, Başlat (Start) – Programlar (Programs) – Transformator – Tranformator yolu takip edilerek başlatıldığında Şekil 3.1' de görülen programın başlangıç arayüzü ile karşılaşılır.

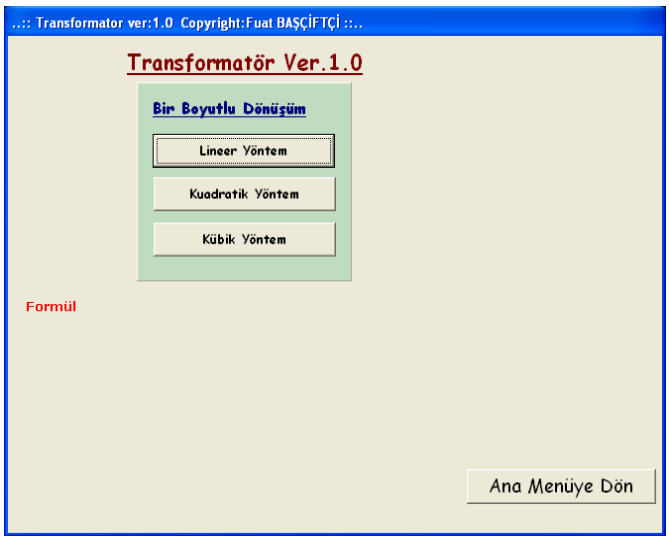


Şekil 3.1 Geliştirilen uygulama programının başlangıç arayüzü

Şekil 3.1' de üstte görülen "Bir Boyutlu Dönüşüm" butonuna basılması durumunda, Lineer, Quadratik ve kübik yükseklik dönüşüm yöntemleri ile karşılaşılır. Şekil 3.1' de ortada görülen "İki Boyutlu Koordinat Dönüşümleri" butonuna basılması durumunda Benzerlik, Afin ve Projektif dönüşüm yöntemlerinin konum duyarlıksız ile konum duyarlık uygulamaları ile karşılaşılır. Şekil 3.1' de altta görülen "Üç Boyutlu Koordinat Dönüşümleri" butonuna basılması durumunda Benzerlik dönüşüm yönteminin konum duyarlıksız ve konum duyarlıklı uygulamaları ile karşılaşılır.

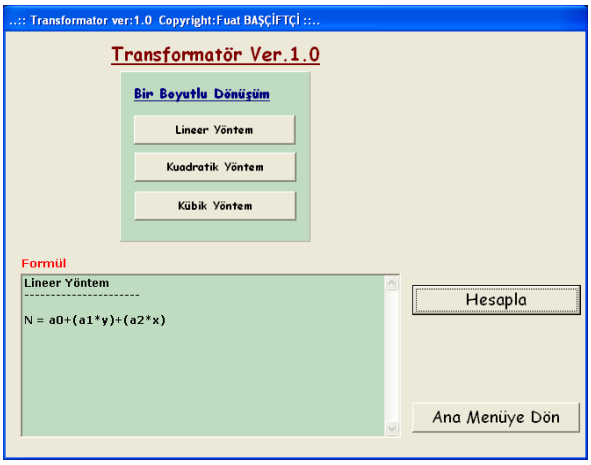
3.2.1. Bir Boyutlu Dönüşüm

"Bir Boyutlu Dönüşüm" butonuna basılması durumunda Şekil 3.2' de görülen arayüzle karşılaşılır.

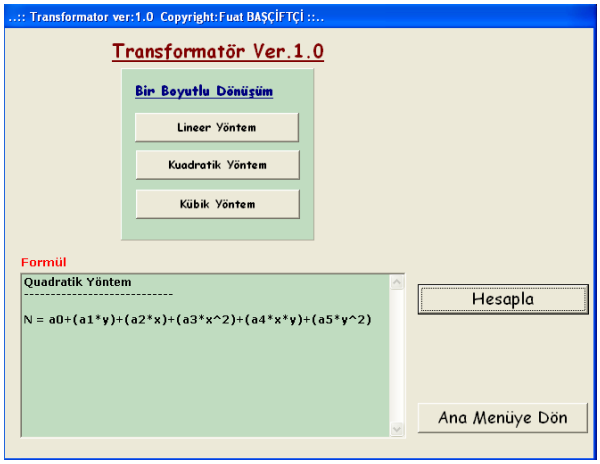


Şekil 3.2 Bir Boyutlu dönüşüm arayüzü

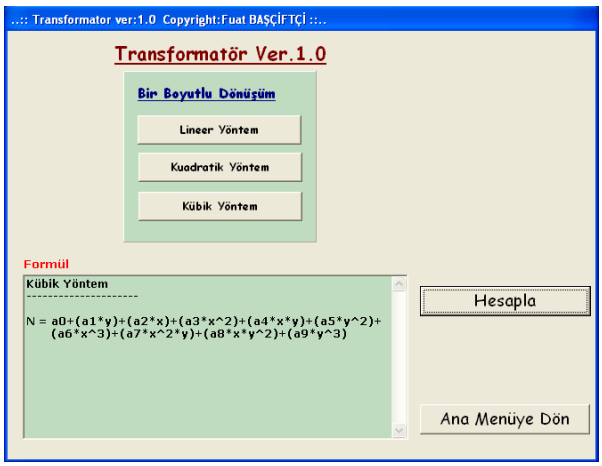
Burada uygulanmak istenen yönteme göre sırasıyla Lineer yöntem için Şekil 3.3, Kuadratik yöntem için Şekil 3.4 ve Kübik yöntem için Şekil 3.5' de görülen arayüzler ilgili butona tıklanmak suretiyle kullanıcının karşısına çıkmaktadır.



Şekil 3.3 Lineer yöntem başlatma arayüzü

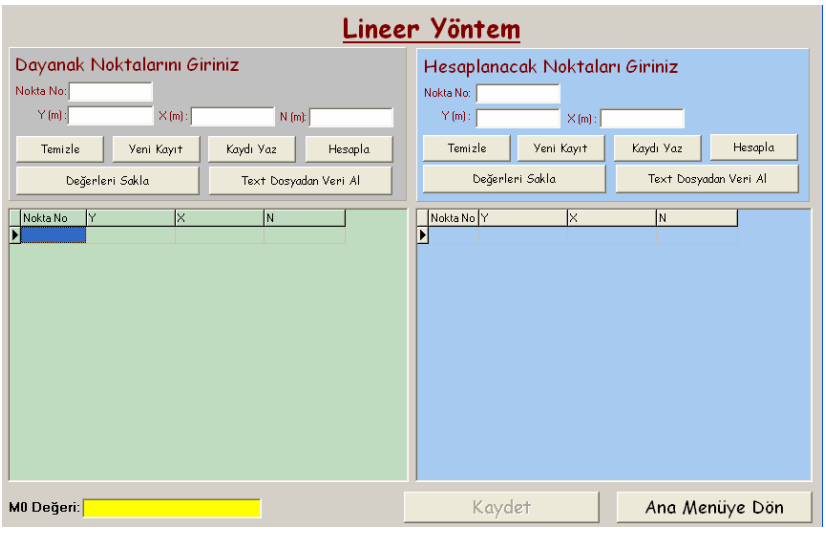


Şekil 3.4 Kuadratik yöntem başlatma arayüzü

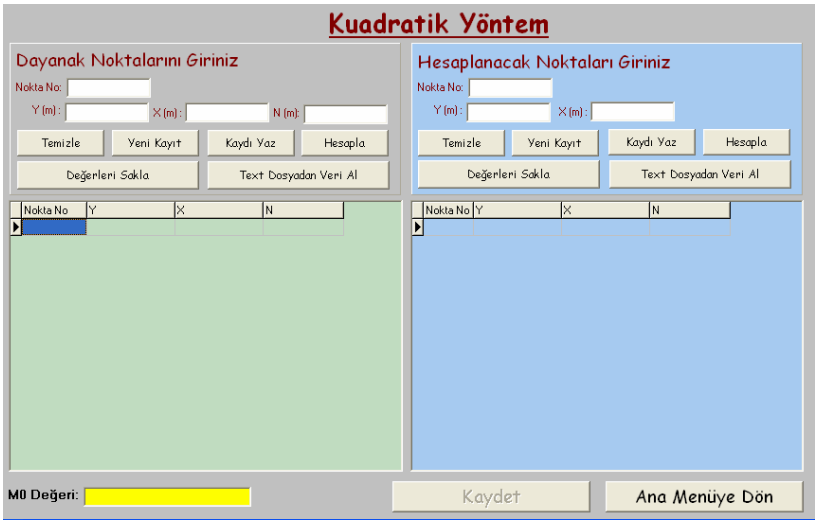


Şekil 3.5 Kübik yöntem başlatma arayüzü

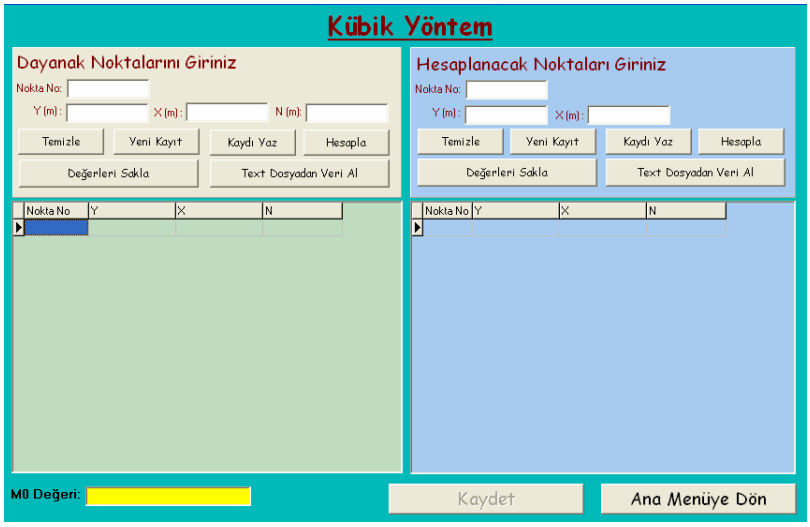
Tüm bu yöntemlerin başlatma arayüzlerindeki Hesapla butonuna tıklanmak suretiyle sırası ile aşağıdaki arayüzlerle karşılaşılır.



Şekil 3.6 Lineer yöntem hesaplama arayüzü

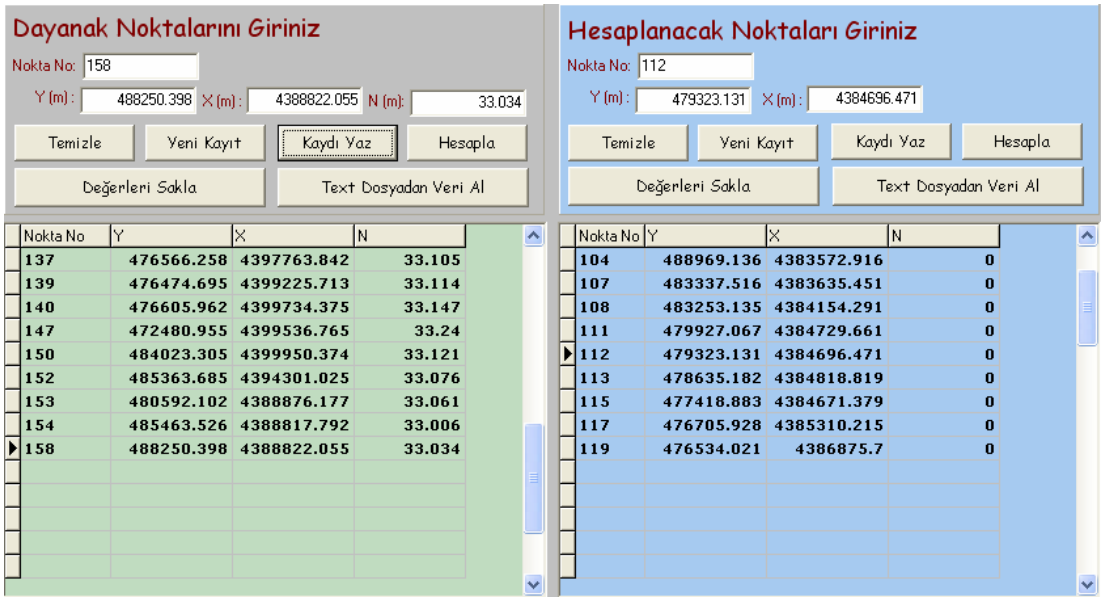


Şekil 3.7 Kuadratik yöntem hesaplama arayüzü



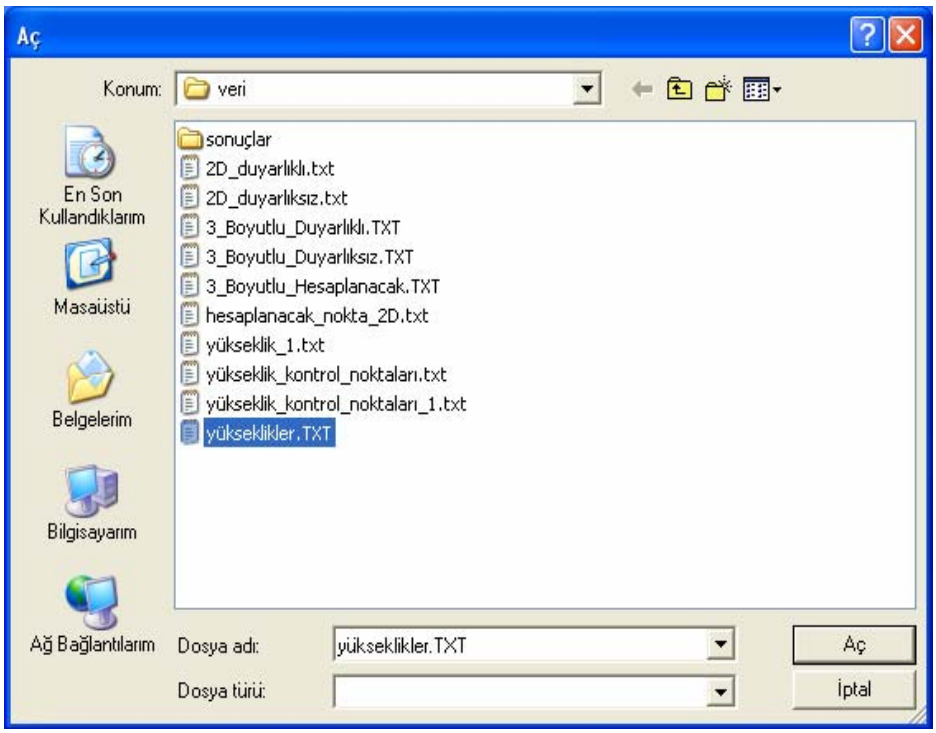
Şekil 3.8 Kübik yöntem hesaplama arayüzü

Bir boyutlu dönüşümün bu üç yönteminde de dayanak noktalarının ve hesaplanacak noktaların girişleri, Kaydı yaz butonu ile manuel olarak ve Text dosyadan veri al butonu ile önceden hazırlanmış text dosyasından veri alarak iki şekilde yapılabilmektedir. Şekil 3.9' da Kaydı yaz ile manuel olarak nokta girişleri görülmektedir.



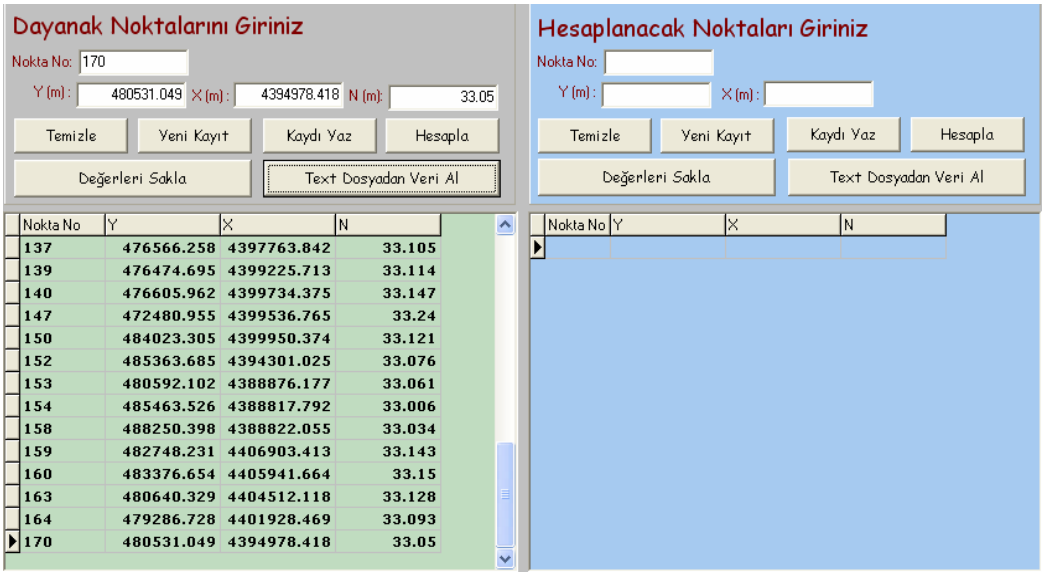
Şekil 3.9 Noktaların kaydı yaz ile manuel olarak girilmesi

Text dosyadan veri al butonu ile dayanak noktalarının ve hesaplanacak noktalarının girişine imkân sağlamak amacıyla, Şekil 3.10' da görüldüğü gibi nokta değerlerini içeren dosyanın seçilmesi istenmektedir.



Şekil 3.10 Nokta verilerini içeren dosyanın seçilmesi

İlgili yöntemdeki nokta değerlerini içeren dosya seçilip Aç düğmesine basılması durumunda Şekil 3.11' de görüldüğü gibi program ekranına gelmektedir.



Şekil 3.11 Noktaların program ekranda görülmesi

Ekrandaki Temizle butonu ile girilen değerlerin tamamı silinebilir, Değerleri sakla butonu ile girilen değerler text dosya olarak saklanabilir ve Hesapla butonu ile bilinmeyenler hesaplanmaktadır.

Kaydı yaz butonu veya Text dosyadan veri al butonu ile yeterli sayıda veri girişi yapılmadığı durumda istenen yönteme göre sırasıyla Lineer yöntem için Şekil 3.12, Kuadratik yöntem için Şekil 3.13 ve Kübik yöntem için Şekil 3.14' de görülen uyarı mesajları çıkmaktadır.



Şekil 3.12 Lineer yöntem yeterli nokta uyarı mesajı



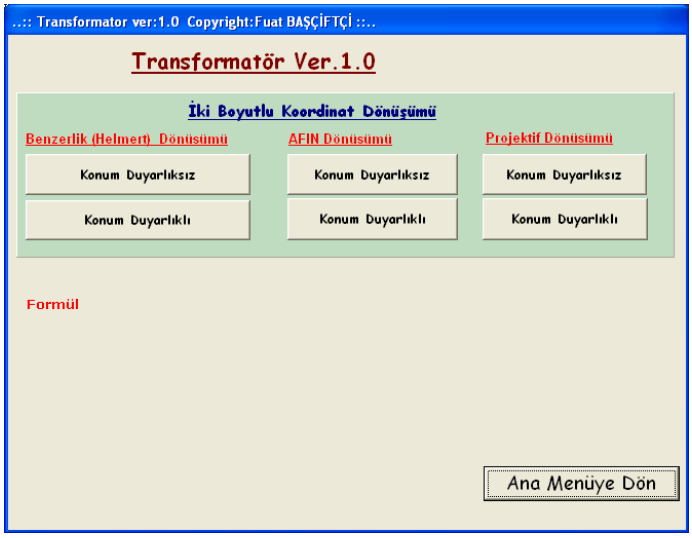
Şekil 3.13 Kuadratik yöntem yeterli nokta uyarı mesajı



Şekil 3.14 Kübik yöntem yeterli nokta uyarı mesajı

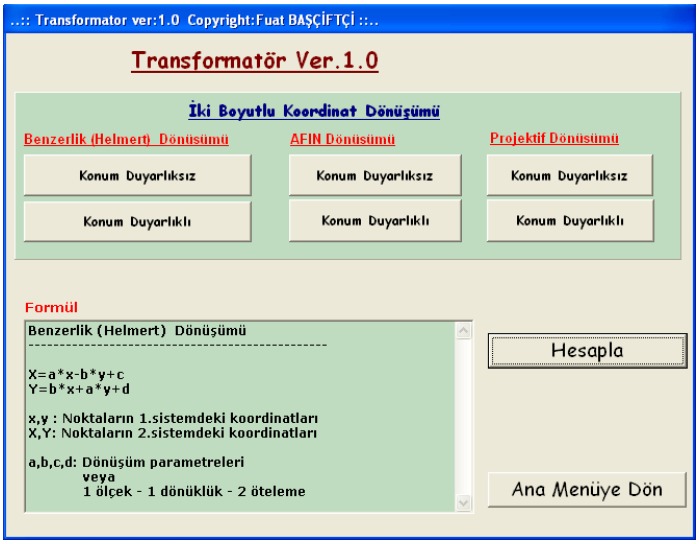
3.2.2. İki Boyutlu Koordinat Dönüşümleri

"İki Boyutlu Koordinat Dönüşümleri" butonuna basılması durumunda Şekil 3.15' de görülen arayüzle karşılaşılır.

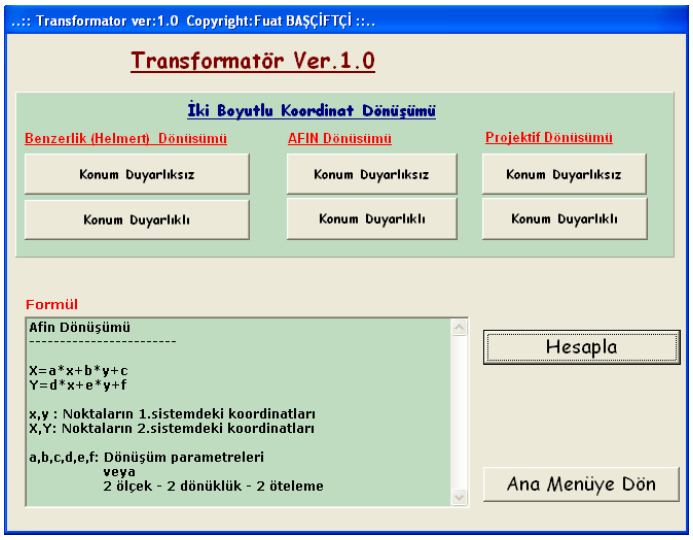


Şekil 3.15 İki boyutlu koordinat dönüşümleri arayüzü

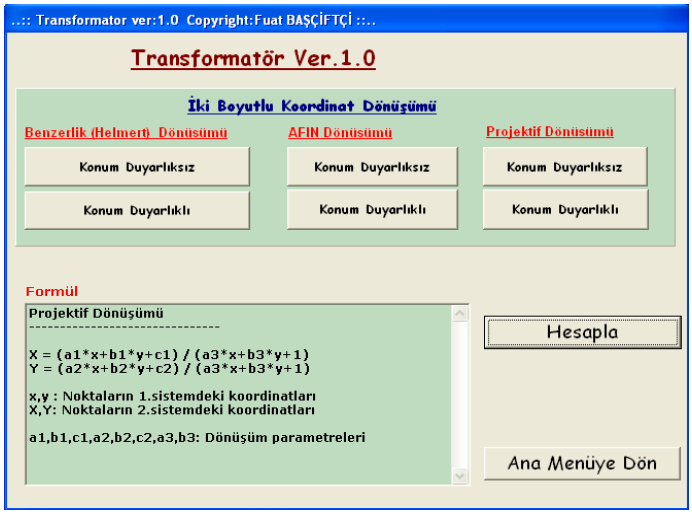
Burada uygulanmak istenen iki boyutlu koordinat dönüşüm yöntemlerine göre sırasıyla Benzerlik dönüşümü konum duyarlıksız ve konum duyarlıklı için Şekil 3.16, Afin dönüşümü konum duyarlıksız ve konum duyarlıklı için Şekil 3.17 ve Projektif dönüşümü konum duyarlıksız ve konum duyarlıklı için Şekil 3.18' de görülen arayüzler ilgili butona tıklanmak suretiyle kullanıcının karşısına çıkmaktadır.



Şekil 3.16 Benzerlik dönüşümü konum duyarlıksız-konum duyarlıklı başlatma arayüzü

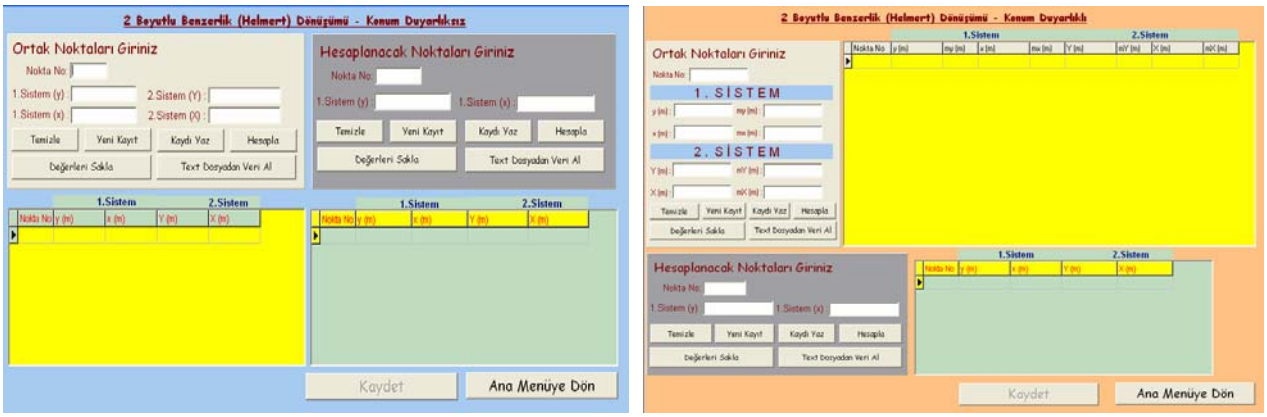


Şekil 3.17 Afin dönüşümü konum duyarlıksız-konum duyarlıklı başlatma arayüzü

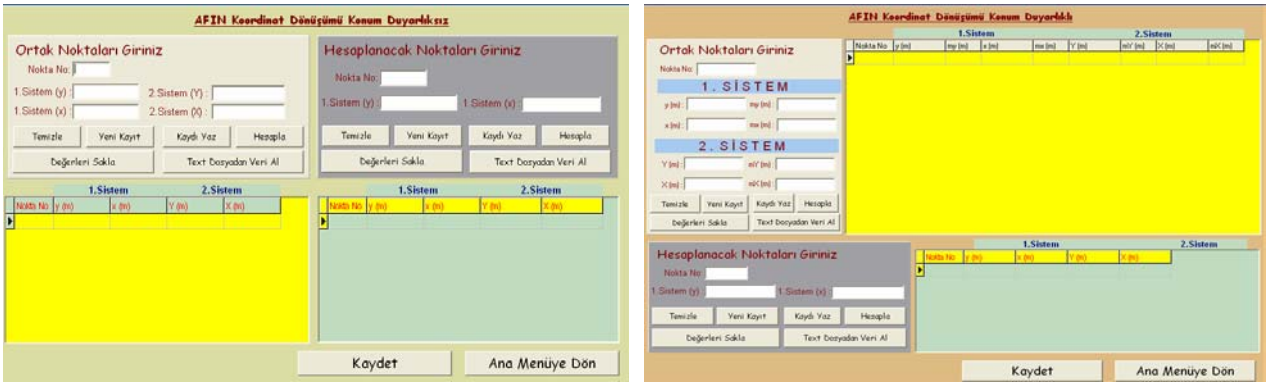


Şekil 3.18 Projektif dönüşümü konum duyarlıksız-konum duyarlıklı başlatma arayüzü

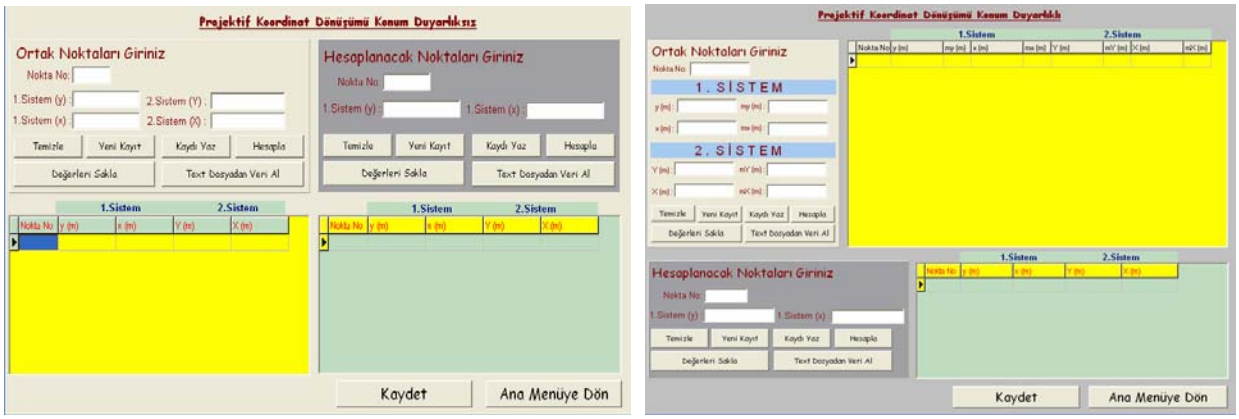
Tüm bu yöntemlerin başlatma arayüzlerindeki Hesapla butonuna tıklanmak suretiyle sırası ile aşağıdaki hesaplama arayüzleri ile karşılaşılır.



Şekil 3.19 Benzerlik dönüşümü konum duyarlıksız-konum duyarlıklı hesaplama arayüzü



Şekil 3.20 Afin dönüşümü konum duyarlıksız-konum duyarlıklı hesaplama arayüzü

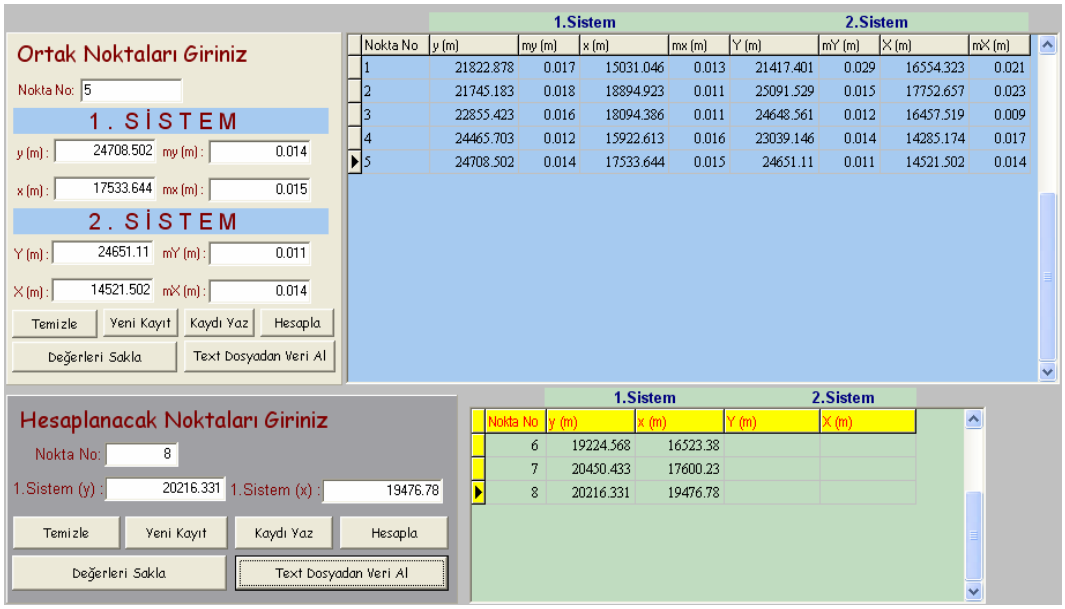


Şekil 3.21 Projektif dönüşümü konum duyarlıksız-konum duyarlıklı hesaplama arayüzü

İki boyutlu koordinat dönüşüm yöntemlerinde nokta girişleri, Kaydı yaz butonu ile manuel olarak ve Text dosyadan veri al butonu ile önceden hazırlanmış text dosyasından veri alarak iki şekilde yapılabilmektedir. Şekil 3.22' de Kaydı yaz ile manuel olarak konum duyarlıksız noktaların girişleri, Şekil 3.23' de konum duyarlıklı noktaların girişleri görülmektedir.

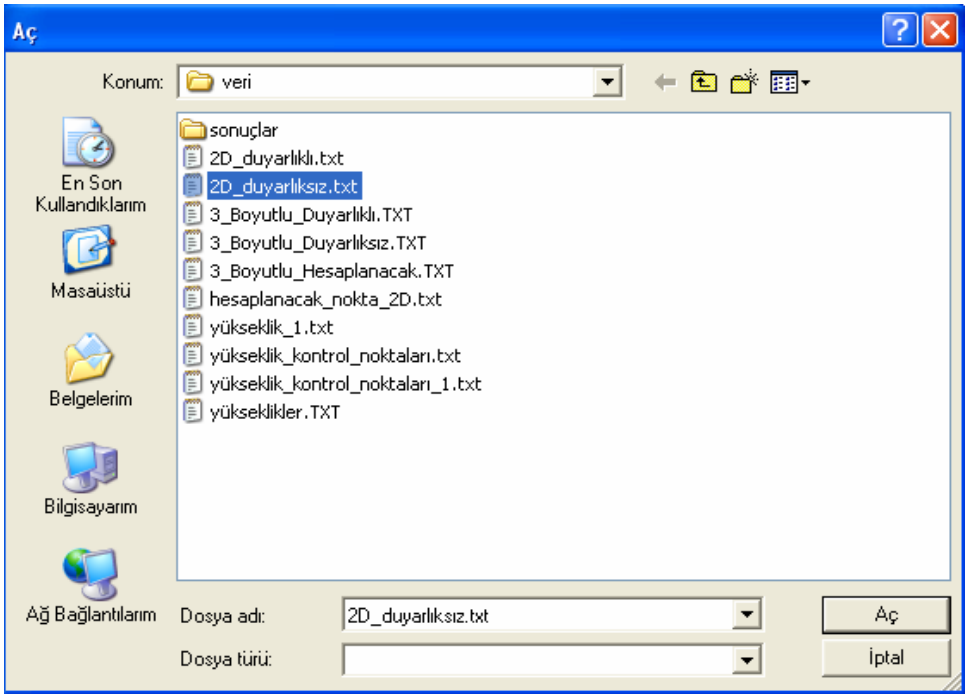


Şekil 3.22 İki Boyutlu konum duyarlıksız noktaların kaydı yaz ile manuel olarak girilmesi



Şekil 3.23 İki Boyutlu konum duyarlıklı noktaların kaydı yaz ile manuel olarak girilmesi

Text dosyadan veri al butonu ile ortak noktaların ve hesaplanacak noktalarının girişine imkân sağlamak amacıyla, Şekil 3.24' de görüldüğü gibi nokta koordinatlarını içeren dosyanın seçilmesi istenmektedir.

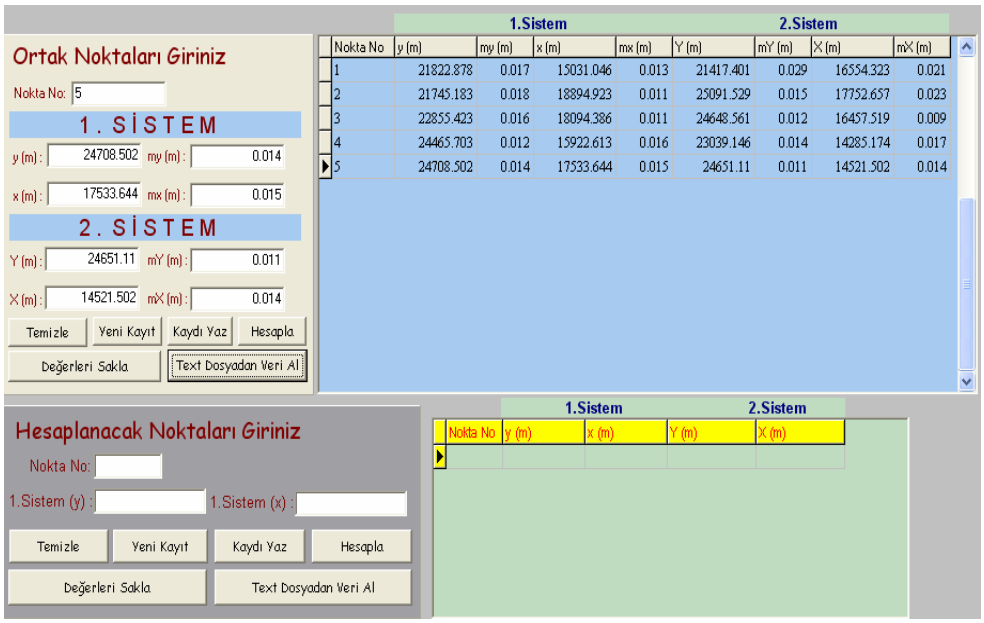


Şekil 3.24 İki boyutlu nokta koordinatlarını içeren dosyanın seçilmesi

İlgili yöntemdeki nokta koordinatlarını içeren dosya seçilip Aç düğmesine basılması durumunda Şekil 3.25' de görüldüğü gibi konum duyarlıksız, Şekil 3.26 da görüldüğü gibi konum duyarlıklı değerler program ekranına gelmektedir.



Şekil 3.25 İki boyutlu konum duyarlıksız nokta koordinatlarının program ekranda görülmesi



Şekil 3.26 İki boyutlu konum duyarlıklı nokta koordinatlarının program ekranda görülmesi

Ekrandaki Temizle butonu ile girilen değerlerin tamamı silinebilir, Değerleri sakla butonu ile girilen değerler text dosya olarak saklanabilir ve Hesapla butonu ile bilinmeyenler hesaplanabilmektedir.

Kaydı yaz butonu veya Text dosyadan veri al butonu ile yeterli sayıda veri girişi yapılmadığı durumda istenen yönteme göre sırasıyla Benzerlik dönüşümü yöntem için Şekil 3.27, Afin Dönüşümü için Şekil 3.28 ve Projektif dönüşümü için Şekil 3.28' de görülen uyarı mesajları çıkmaktadır.



Şekil 3.27 Benzerlik Dönüşümü yeterli nokta uyarı mesajı



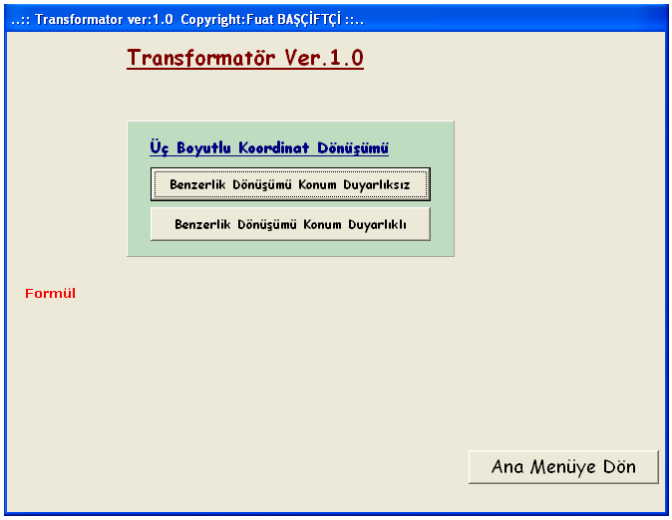
Şekil 3.28 Afin Dönüşümü yeterli nokta uyarı mesajı



Şekil 3.29 Projektif Dönüşümü yeterli nokta uyarı mesajı

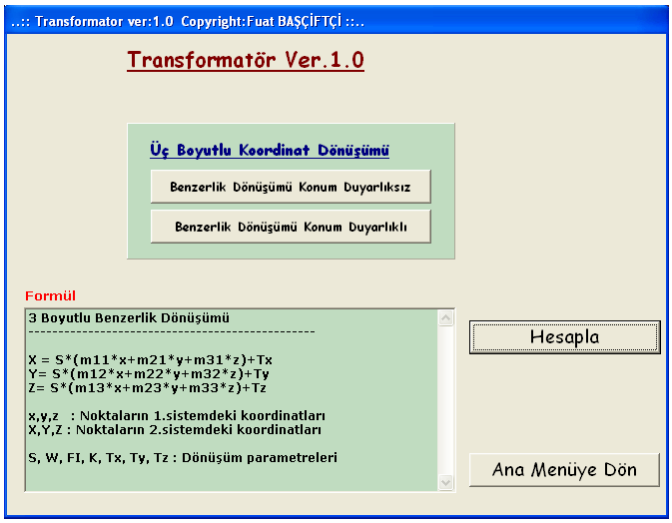
3.2.3. Üç Boyutlu Koordinat Dönüşümleri

"Üç Boyutlu Koordinat Dönüşümleri" butonuna basılması durumunda Şekil 3.22' de görülen arayüzle karşılaşılır.



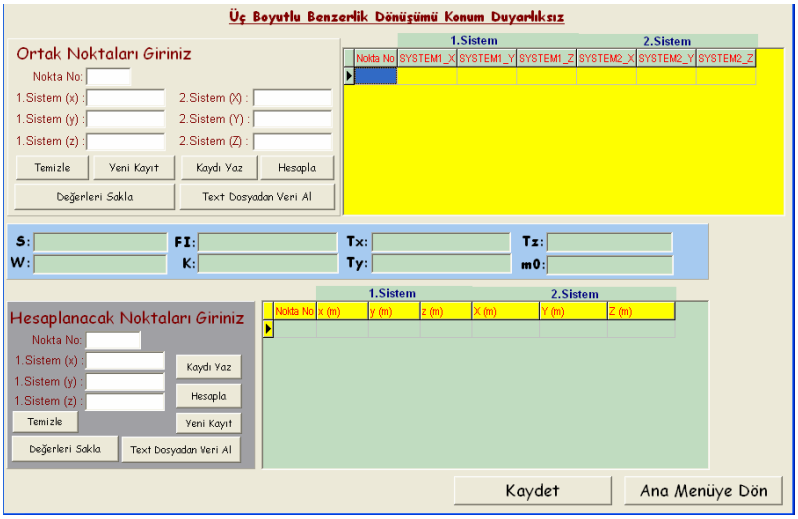
Şekil 3.30 Üç boyutlu koordinat dönüşümleri arayüzü

Burada üç boyutlu koordinat dönüşüm yönteminin Benzerlik dönüşümü konum duyarlıksız ve konum duyarlıklı için Şekil 3.31 görülen arayüzler ilgili butona tıklanmak suretiyle kullanıcının karşısına çıkmaktadır.

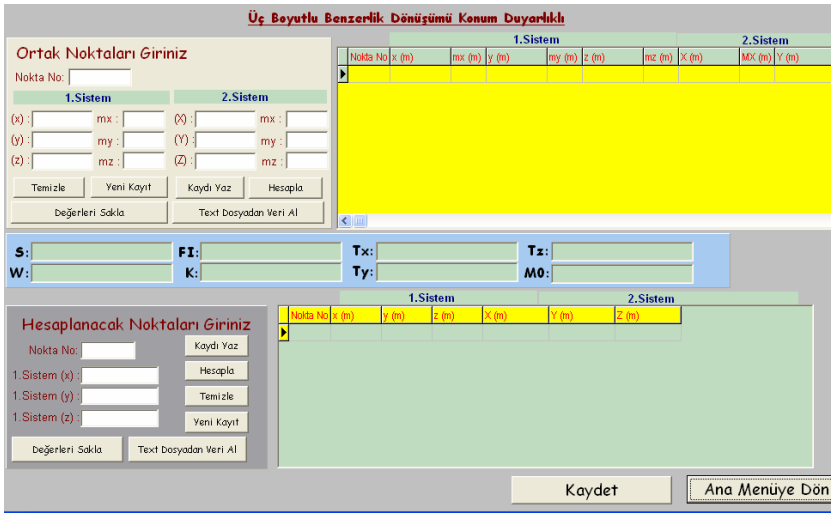


Şekil 3.31 Benzerlik dönüşümü konum duyarlıksız-konum duyarlıklı başlatma arayüzü

Bu yönteminin başlatma arayüzündeki Hesapla butonuna tıklanmak suretiyle aşağıdaki hesaplama arayüzleri ile karşılaşılır.

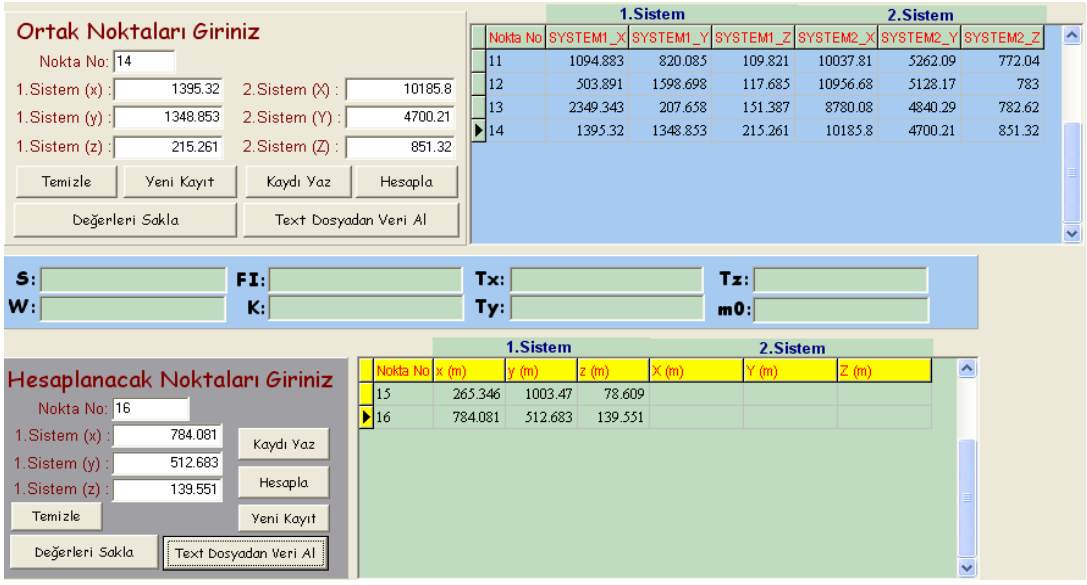


Şekil 3.32 Benzerlik dönüşümü konum duyarlıksız hesaplama arayüzü

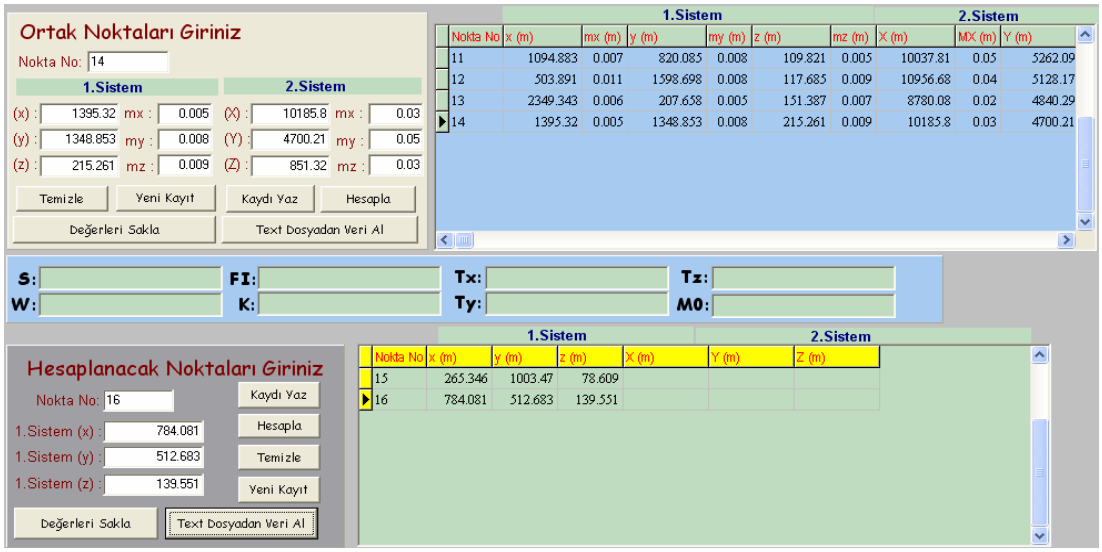


Şekil 3.33 Benzerlik dönüşümü konum duyarlıklı hesaplama arayüzü

İki boyutlu koordinat dönüşüm yöntemlerinde nokta girişleri, Kaydı yaz butonu ile manuel olarak ve Text dosyadan veri al butonu ile önceden hazırlanmış text dosyasından veri alarak iki şekilde yapılabilmektedir. Şekil 3.34' de Kaydı yaz ile manuel olarak konum duyarlıksız noktaların girişleri, Şekil 3.35' de konum duyarlıklı noktaların girişleri görülmektedir.

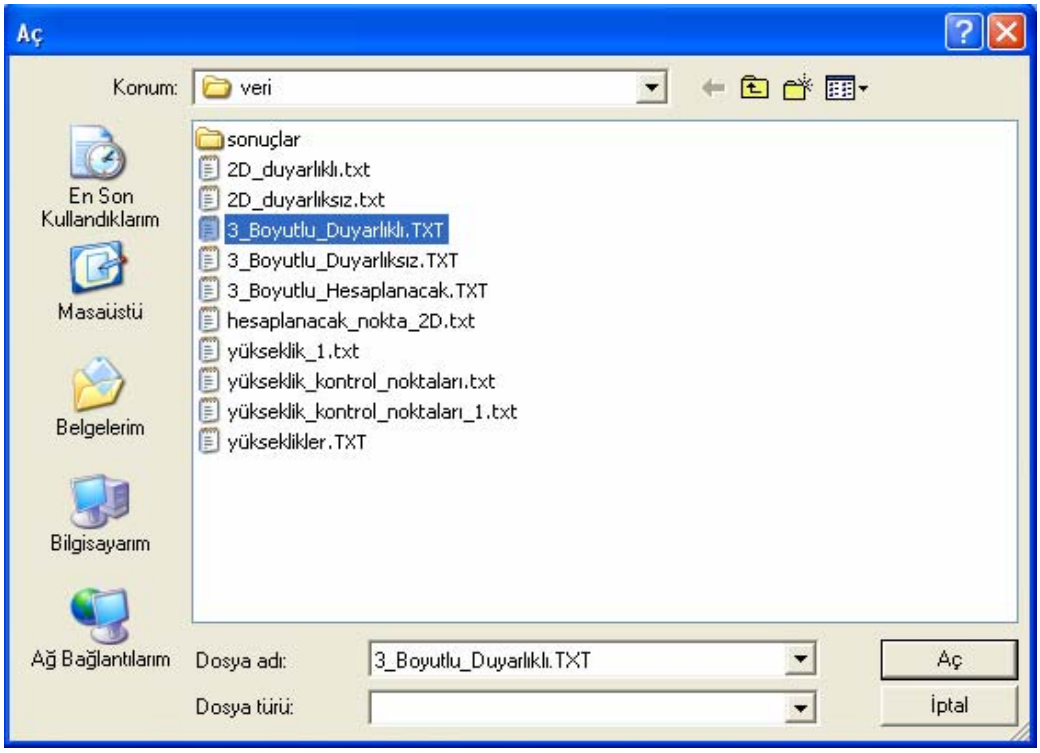


Şekil 3.34 Üç boyutlu konum duyarlıksız noktaların kaydı yaz ile manuel olarak girilmesi



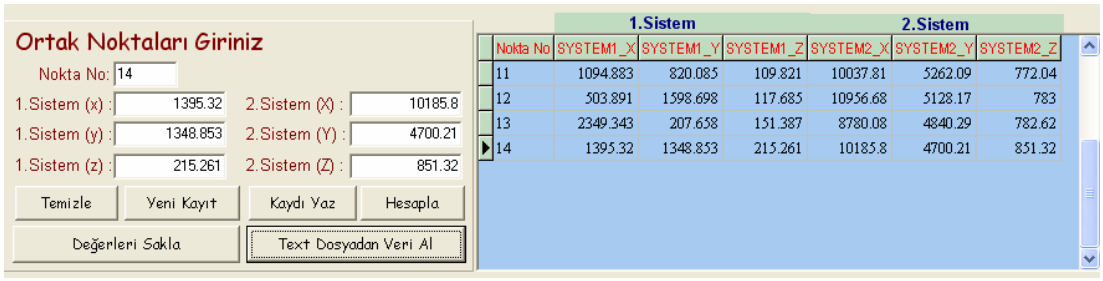
Şekil 3.35 Üç boyutlu konum duyarlıklı noktaların kaydı yaz ile manuel olarak girilmesi

Text dosyadan veri al butonu ile ortak noktaların ve hesaplanacak noktalarının girişine imkân sağlamak amacıyla, Şekil 3.36' de görüldüğü gibi nokta koordinatlarını içeren dosyanın seçilmesi istenmektedir.

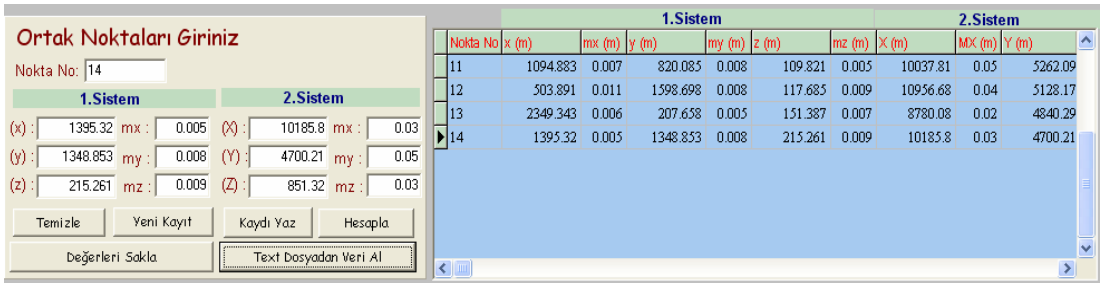


Şekil 3.36 Üç boyutlu nokta koordinatlarını içeren dosyanın seçilmesi

İlgili yöntemdeki nokta koordinatlarını içeren dosya seçilip Aç düğmesine basılması durumunda Şekil 3.37' de görüldüğü gibi konum duyarlıksız, Şekil 3.38 da görüldüğü gibi konum duyarlıklı değerler program ekranına gelmektedir.



Şekil 3.37 Üç boyutlu konum duyarlıksız nokta koordinatlarının program ekranda görülmesi



Şekil 3.38 Üç boyutlu konum duyarlıklı nokta koordinatlarının program ekranda görülmesi

Ekrandaki Temizle butonu ile girilen değerlerin tamamı silinebilir, Değerleri sakla butonu ile girilen değerler text dosya olarak saklanabilir ve Hesapla butonu ile bilinmeyenler hesaplanabilmektedir.

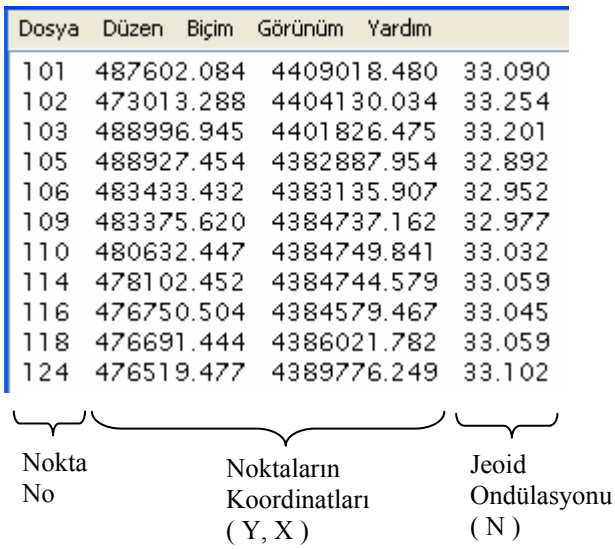
Kaydı yaz butonu veya Text dosyadan veri al butonu ile yeterli sayıda veri girişi yapılmadığı durumda Şekil 3.39' da görülen uyarı mesajı çıkmaktadır.



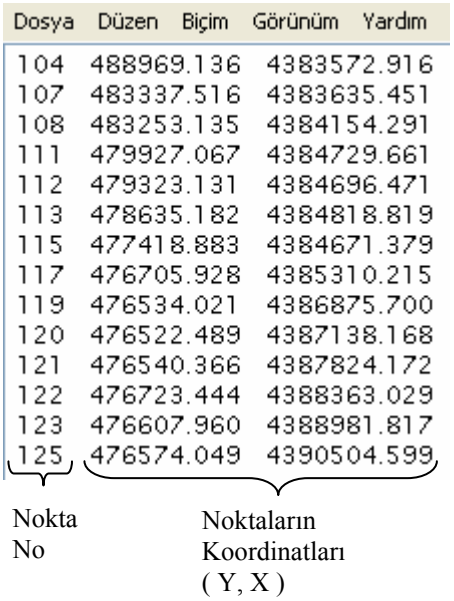
Şekil 3.39 Üç Boyutlu Benzerlik Dönüşümü yeterli nokta uyarı mesajı

3.3. Text Dosya Yapısı

Bir boyutlu (Lineer, Kuadratik, Kübik) yöntemler için dayanak noktalarına ait dosya yapısı Şekil 3.40' de, Jeoid ondülasyon (N) değeri hesaplanacak noktalara ait dosya yapısı Şekil 3.41' de olduğu gibidir. Her iki dosya yapısında da değerler arasında üç boşluk bulunmaktadır.

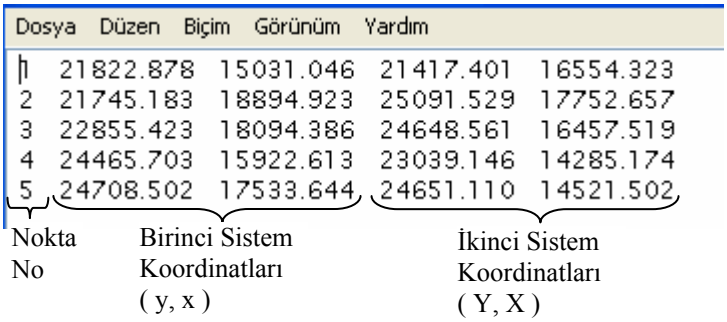


Şekil 3.40 Bir Boyutlu Dayanak Noktalarına Ait Dosya Yapısı

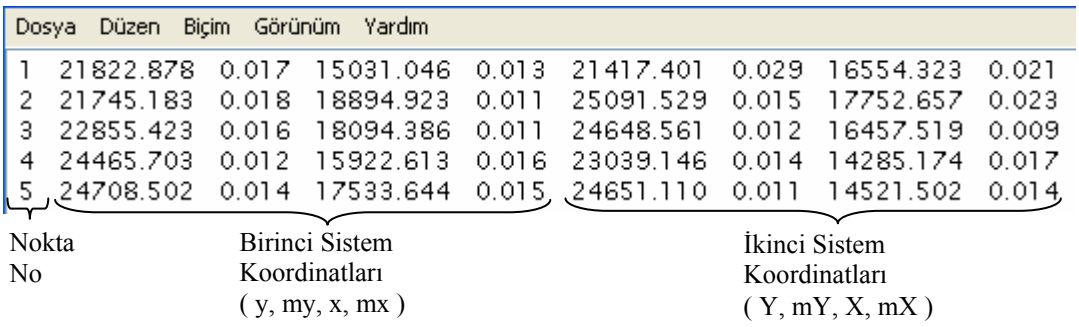


Şekil 3.41 Bir Boyutlu Hesaplanacak Noktalara Ait Dosya Yapısı

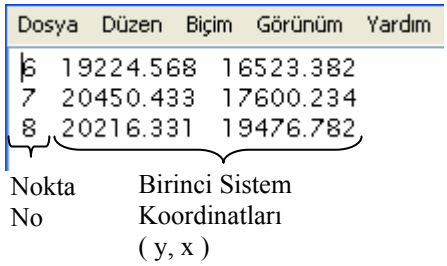
İki boyutlu koordinat dönüşüm yöntemleri için konum duyarlıksız ortak noktalara dosya yapısı Şekil 3.42' de, konum duyarlıkları bilinen noktalara ait dosya yapısı Şekil 3.43' de ve ikinci sistem koordinatları hesaplanacak noktalara ait dosya yapısı Şekil 3.44' de olduğu gibidir. Nokta dosyalarındaki değerler arasında üç boşluk bulunmaktadır.



Şekil 3.42 İki Boyutlu Koordinat Dönüşümleri Konum Duyarlıksız Noktalara Ait Dosya Yapısı

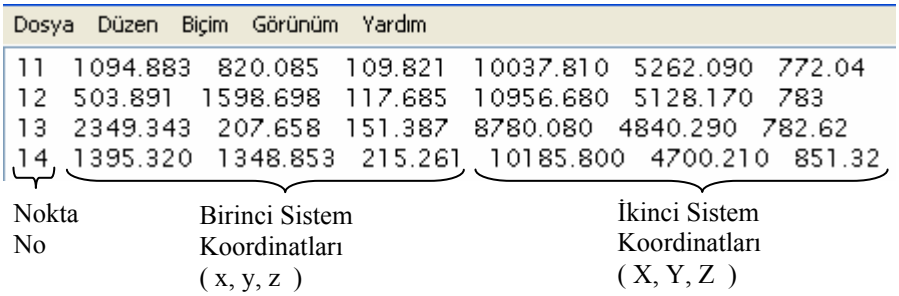


Şekil 3.43 İki Boyutlu Koordinat Dönüşümleri Konum Duyarlıklı Noktalara Ait Dosya Yapısı

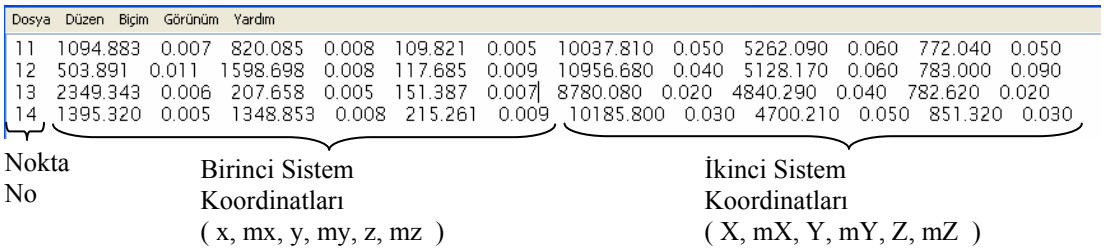


Şekil 3.44 İki Boyutlu Koordinat Dönüşümleri Hesaplanacak Noktalara Ait Dosya Yapısı

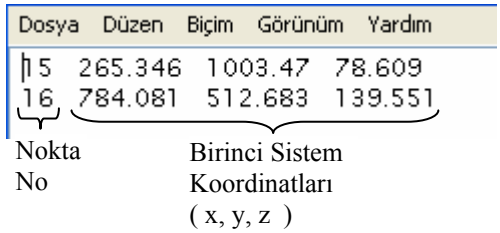
Üç boyutlu koordinat dönüşüm yöntemleri için konum duyarlıksız ortak noktalara dosya yapısı Şekil 3.45' de, konum duyarlıkları bilinen noktalara ait dosya yapısı Şekil 3.46' de ve ikinci sistem koordinatları hesaplanacak noktalara ait dosya yapısı Şekil 3.47' de olduğu gibidir. Nokta dosyalarındaki değerler arasında üç boşluk bulunmaktadır.



Şekil 3.45 Üç Boyutlu Koordinat Dönüşümleri Konum Duyarlıksız Noktalara Ait Dosya Yapısı



Şekil 3.46 Üç Boyutlu Koordinat Dönüşümleri Konum Duyarlıklı Noktalara Ait Dosya Yapısı



Şekil 3.47 Üç Boyutlu Koordinat Dönüşümleri Hesaplanacak Noktalara Ait Dosya Yapısı

4. SAYISAL UYGULAMALAR

4.1. Bir Boyutlu Dönüşüm

Bölüm 2' açıklanan polinom yüzeylerinden lineer, quadratik, kübik, olmak üzere toplam 3 farklı polinom yüzeyi kullanılmıştır. Polinom yüzeylerinin bilinmeyen parametreleri dayanak noktalarından yararla en küçük kareler yöntemine belirlenmiştir.

Çizelge 4.1 Dayanak noktalarına ait konum ve ondülasyon bilgileri

NN	Y (m)	X (m)	N (m)
101	487602.084	4409018.480	33.090
102	473013.288	4404130.034	33.254
103	488996.945	4401826.475	33.201
105	488927.454	4382887.954	32.892
106	483433.432	4383135.907	32.952
109	483375.620	4384737.162	32.977
110	480632.447	4384749.841	33.032
114	478102.452	4384744.579	33.059
116	476750.504	4384579.467	33.045
118	476691.444	4386021.782	33.059
124	476519.477	4389776.249	33.102
126	476486.163	4391237.239	33.132
129	476586.837	4393041.171	33.038
134	476644.088	4395705.868	33.103
137	476566.258	4397763.842	33.105
139	476474.695	4399225.713	33.114
140	476605.962	4399734.375	33.147
147	472480.955	4399536.765	33.240
150	484023.305	4399950.374	33.121
152	485363.685	4394301.025	33.076
153	480592.102	4388876.177	33.061
154	485463.526	4388817.792	33.006
158	488250.398	4388822.055	33.034

159	482748.231	4406903.413	33.143
160	483376.654	4405941.664	33.150
163	480640.329	4404512.118	33.128
164	479286.728	4401928.469	33.093
170	480531.049	4394978.418	33.050

Kullanılan bütün polinom yüzeylerine uyuşumsuz ölçü testi yapılmıştır. Yapılan test sonucunda dayanak noktalarında lineer yöntemde, 103 nolu noktanın uyuşumsuz olduğu belirlenmiş ve geriye kalan 27 dayanak noktası ile yüzey bilinmeyenleri yeniden çözümlenmiştir. Quadratik ve kübik yöntemde 28 dayanak noktası da uyuşumlu çıkmıştır. Bulunan bilinmeyenler yardımıyla kontrol noktalarının ondülasyonları hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2 Kontrol noktalarının ondülasyon bilgileri

NN	**Lineer**	**Quadratik**	**Kübik**
104	32.93329	33.01019	32.91241
107	32.98458	32.97926	32.98633
108	32.98872	32.98336	32.99270
111	33.02252	33.01731	33.02841
112	33.02776	33.02648	33.03416
113	33.03477	33.03919	33.04222
115	33.04480	33.06377	33.05532
117	33.05540	33.08331	33.06877
119	33.06716	33.09351	33.08037
120	33.06898	33.09479	33.08193
121	33.07329	33.09697	33.08514
122	33.07515	33.09475	33.08506
123	33.08022	33.09985	33.08945
125	33.09045	33.10662	33.09604
127	33.10055	33.11338	33.10186
128	33.10172	33.11090	33.10025
130	33.11130	33.11762	33.10526
131	33.11426	33.12054	33.10745
132	33.11736	33.12054	33.10905
133	33.11949	33.12328	33.10937

135	33.12740	33.12773	33.11244
136	33.13119	33.13039	33.11441
138	33.14418	33.14315	33.12532
141	33.15647	33.15629	33.13824
142	33.16212	33.16852	33.15142
143	33.16654	33.18088	33.16508
144	33.17498	33.20288	33.19062
145	33.18003	33.21696	33.20766
146	33.18370	33.23239	33.22592
148	33.14560	33.13480	33.11646
149	33.13978	33.12612	33.10840
151	33.04724	33.06290	33.06976
155	32.99191	33.02916	33.02160
156	32.98639	33.03503	33.01914
157	32.97912	33.04335	33.01493
161	33.14180	33.14377	33.13143
162	33.14405	33.15038	33.14009
165	33.16548	33.17045	33.15381
166	33.07733	33.19552	33.20432
167	33.06093	33.16962	33.17068
168	33.11162	33.10352	33.09354
169	33.09576	33.08317	33.07975
171	33.08458	33.08306	33.08104
172	33.02340	33.04358	33.05109
173	33.06056	33.05390	33.06176
174	32.96707	32.99292	32.97272

Uygulanan farklı polinom yüzeylerinden en iyi sonuç verenin belirlenmesi için, dayanak noktalarının yüzey noktasından olan sapmalarından hesap edilen birim ölçünün karesel ortalama hataları hesap edilmiştir. Hesap sonuçları çizelge 4.3’ de görülmektedir.

Çizelge 4.3 Polinomlarla enterpolasyon sonucu elde edilen karesel ortalama hatalar

	Lineer	**Quadratik**	**Kübik**
	m_0 (cm)	**m_0 (cm)**	**m_0 (cm)**
1. işlem	± 4.30	± 3.78	± 2.74
2. işlem	± 3.43		

Çizelge 4.3'dende görüldüğü gibi polinom yüzeyinin dayanak noktalarına göre en iyi yaklaşım gösterdiği yüzey soncul standart sapma sonuçlarından kübik yüzey olduğu görülür.

4.2. İki Boyutlu Koordinat Dönüşümleri

İki boyutlu benzerlik, afin ve projektif dönüşümde her iki sistemde koordinatları ve koordinat duyarlıkları bilinen 5 nokta kullanılarak dönüşüm parametreleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.4, 4.5). Ayrıca 1. sistemde koordinatları belli olan 6, 7 ve 8 noktalarının 2. sistemdeki koordinatları dönüşüm parametreleri yardımıyla belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.4 İki boyutlu dönüşümde ortak noktaların her iki sistemdeki koordinatları

NN	**1. SİSTEM**				**2.SİSTEM**			
	y (m)	**m_y (m)**	**x (m)**	**m_x (m)**	**Y (m)**	**m_Y (m)**	**X (m)**	**m_X (m)**
1	21822.878	0.017	15031.046	0.013	21417.401	0.029	16554.323	0.021
2	21745.183	0.018	18894.923	0.011	25091.529	0.015	17752.657	0.023
3	22855.423	0.016	18094.386	0.011	24648.561	0.012	16457.519	0.009
4	24465.703	0.012	15922.613	0.016	23039.146	0.014	14285.174	0.017
5	24708.502	0.014	17533.644	0.015	24651.110	0.011	14521.502	0.014
6	19224.568		16523.382					
7	20450.433		17600.234					
8	20216.331		19476.782					

Çizelge 4.5 İki boyutlu dönüşümde dönüşüm katsayıları

Benzerlik Dönüşümü			**Afin Dönüşümü**			**Projektif Dönüşüm**		
Kats.	**m_x, m_y dikkate alınmadan**	**m_x, m_y dikkate alınarak**	**Kats.**	**m_x, m_y dikkate alınmadan**	**m_x, m_y dikkate alınarak**	**Kats.**	**m_x, m_y dikkate alınmadan**	**m_x, m_y dikkate alınarak**
a	0.29088260	0.29088270	a	0.29089337	0.29088226	a_1	0.29076861	0.29076860
b	0.95673738	0.95673726	b	-0.9567472	-0.95673684	b_1	-0.95665885	-0.95665884
c	33060.8160	33060.8114	c	33060.8738	33060.8089	c_1	33060.7185	33060.7185
d	688.74156	688.74093	d	0.95673969	0.95673774	a_2	0.95655499	0.95655499
			e	0.29088078	0.29088314	b_2	0.29099581	0.29099581
			f	688.7465	688.7225	c_2	688.8878	688.8878
						a_3	0.00000000	0.00000000
						b_3	0.00000000	0.00000000

Çizelge 4.6 İki boyutlu dönüşümde koordinat duyarlıkları dikkate alınmadan hesaplanan dönüştürülmüş koordinatlar

NN	**Benzerlik Dönüşümü**		**Afin Dönüşümü**		**Projektif Dönüşüm**	
	Y (m)	**X (m)**	**Y (m)**	**X (m)**	**Y (m)**	**X (m)**
6	22089.369	19474.317	22089.378	19474.363	22089.313	19474.405
7	23476.215	18614.723	23476.223	18614.768	23476.188	18614.798
8	25203.484	19384.553	25203.497	19384.620	25203.511	19384.703

Çizelge 4.7 İki boyutlu dönüşümde koordinat duyarlıkları dikkate alınarak hesaplanan dönüştürülmüş koordinatlar

NN	**Benzerlik Dönüşümü**		**Afin Dönüşümü**		**Projektif Dönüşüm**	
	Y (m)	**X (m)**	**Y (m)**	**X (m)**	**Y (m)**	**X (m)**
6	22089.369	19474.316	22089.376	19474.351	22089.307	19474.403
7	23476.214	18614.723	23476.222	18614.756	23476.185	18614.793
8	25203.483	19384.553	25203.496	19384.601	25203.510	19384.697

Çizelge 4.8 İki boyutlu dönüşümde dönüştürülmüş koordinatlar arasındaki farklar

NN	Benzerlik Dönüşümü		Afin Dönüşümü		Projektif Dönüşüm	
	dy (cm)	dx (cm)	dy (cm)	dx (cm)	dy (cm)	dx (cm)
6	0.0	0.1	1.1	1.2	0.6	0.2
7	0.1	0.0	1.0	1.2	0.3	0.5
8	0.1	0.0	1.4	1.9	0.1	0.6

Çizelge 4.9 İki boyutlu dönüşümde farklı yöntemlerle dönüştürülmüş koordinatlar arasındaki farklar (koordinat duyarlıksız)

NN	Benzerlik-Afin		Benzerlik-Projektif		Afin-Projektif	
	dy (cm)	dx (cm)	dy (cm)	dx (cm)	dy (cm)	dx (cm)
6	-0.9	-4.6	5.6	-8.8	6.9	-5.2
7	-0.8	-4.5	-2.7	-7.5	3.7	-3.7
8	-1.3	-6.7	-2.7	-15.0	-1.4	-9.6

Çizelge 4.10 İki boyutlu dönüşümde farklı yöntemlerle dönüştürülmüş koordinatlar arasındaki farklar (koordinat duyarlıklı)

NN	Benzerlik-Afin		Benzerlik-Projektif		Afin-Projektif	
	dy (cm)	dx (cm)	dy (cm)	dx (cm)	dy (cm)	dx (cm)
6	-0.7	-3.5	6.2	-8.7	6.0	-8.8
7	-0.8	-3.3	2.9	-7.0	2.8	-7.2
8	-.13	-4.8	-2.7	-14.4	-2.7	-14.7

Çizelge 4.11 İki boyutlu dönüşüm sonucu elde edilen karesel ortalama hatalar

	Benzerlik	Afin	Projektif
	m_0 (cm)	m_0 (cm)	m_0 (cm)
Konum Duyarlıksız	±1.98	±1.87	±1.51
Konum Duyarlıklı	± 2.08	± 2.06	±1.62

4.3. Üç Boyutlu Benzerlik Dönüşümü

Üç boyutlu benzerlik dönüşümünde de her iki sistemde koordinatları ve koordinat duyarlıkları bilinen 4 nokta kullanılarak dönüşüm parametreleri iterasyonla hesaplanmıştır (Çizelge 4.12,4.13). Ayrıca 1. sistemde koordinatları belli olan 15, 16 noktalarının 2. sistemdeki koordinatları dönüşüm parametreleri yardımıyla belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.12 Üç boyutlu dönüşümde, ortak noktaların her iki sistemdeki koordinatları

NN	**1.SİSTEM**					
	x (m)	**m_x (m)**	**y (m)**	**m_y (m)**	**z(m)**	**m_z (m)**
11	1094.883	0.007	820.085	0.008	109.821	0.005
12	503.891	0.011	1598.698	0.008	117.685	0.009
13	2349.343	0.006	207.658	0.005	151.387	0.007
14	1395.320	0.005	1348.853	0.008	215.261	0.009
15	265.346		1003.470		78.609	
16	784.081		512.683		139.551	

NN	**2.SİSTEM**					
	X (m)	**m_x (m)**	**Y (m)**	**m_y (m)**	**Z(m)**	**m_z (m)**
11	10037.810	0.050	5262.090	0.060	772.040	0.050
12	10956.680	0.040	5128.170	0.060	783.000	0.090
13	8780.080	0.020	4840.290	0.040	782.620	0.020
14	10185.800	0.030	4700.210	0.050	851.320	0.030
15						
16						

Çizelge 4.13. Üç boyutlu dönüşümde dönüşüm katsayıları

Katsayılar	**m_x, m_y dikkate alınmadan**	**m_x, m_y dikkate alınarak**
S	0.94995694	0.94996691
W	0.03986498	-207.30528
Φ	-0.00961372	6.27358531
κ	-2.36427364	10.2021085
T_X	10233.82581	10233.76464
T_Y	6549.96829	6550.04551
T_Z	720.87886	720.82704

Çizelge 4.14. Üç boyutlu dönüşümde, yeni noktaların ikinci sisteme dönüştürülmüş koordinatları

NN	**m_x, m_y dikkate alınmadan**			**m_x, m_y dikkate alınarak**		
	X (m)	**Y (m)**	**Z (m)**	**X (m)**	**Y (m)**	**Z (m)**
15	10721.997	5691.217	766.062	10721.952	5691.292	766.025
16	10043.225	5675.886	816.860	10043.174	5675.954	816.834

Çizelge 4.15 Üç boyutlu dönüşümde, dönüştürülmüş koordinatlar arasındaki farklar

NN	**dY (cm)**	**dX (cm)**	**dZ (cm)**
15	4.5	-7.5	3.7
16	5.1	-6.8	2.6

5. SONUÇ

Jeodezi, fiziksel yeryüzünde yapılan jeodezik ölçmeler yardımıyla yeryüzünde belirli noktaların konumlarını belirli bir koordinat sistemi içerisinde tanımlamayı amaçlar. Bu amaç sağlanırken fiziksel ve model koordinat sistemlerinden yararlanılabilir. Jeodezinin bir görevi de bu koordinat sistemleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesidir.

Bir koordinat sisteminde verilmiş ya da hesaplanmış nokta koordinatlarının başka sistemdeki karşılıklarının bulunmasına **"koordinat dönüşümü"** denir. Farklı bir koordinat sisteminde yapılmış haritaların yeni seçilen bir sisteme göre yeniden çizilmesi, seçilmiş bir eksen sisteminin yanlış belirlenmesi ve buna bağlı olarak doğru sistemdeki karşılıklarının bulunması, GPS ile belirlenen koordinatların pratikte kullanılabilir hale getirilebilmesi için ülke koordinat sistemine dönüştürülmesi, fotogrametride alet koordinatlarından resim koordinatlarına geçişte, resim koordinatlarından arazi koordinatlarına geçişte koordinat dönüşüm uygulanır.

Jeodezide dönüşüm işlemi 1, 2 ve 3 boyutlu olmak üzere üç kısımda incelenebilir. Tek boyutta dönüşümde söz konusu olan çeşitli yükseklik sistemlerindeki yüksekliklerin birbirine dönüştürülmesidir. GPS ile elde dilen yüksekliklerin elipsoidal yükseklik olmasına karşın, uygulamada ortometrik yükseklikler kullanılmaktadır. Bu nedenle GPS yüksekliklerinin harita ve mühendislik amaçlarına uygun hale getirilmesi için ortometrik yüksekliklere dönüştürülmesi gerekmektedir.

İki boyutta dönüşüm düzlem üzerinde gerçekleştirilen dönüşümlerdir. Benzerlik dönüşümünde, 1 ölçek, 1 dönüklük ve 2 öteleme olmak üzere toplam dört parametre vardır. Benzerlik dönüşümünde, geometrik şekillerin benzerliği korunur. Düzgün geometrik şekillerin kenarları aynı oranda küçülür ya da büyür. Açıların mutlak değerleri değişmez kalır. Şekiller dönüşümden sonra esas şekle benzerler. Afin dönüşümünde, x ve y koordinat eksenleri yönünde 2 ölçek faktörü, 2 öteleme ve 2 dönüklük olmak üzere toplam altı parametre vardır. Bu dönüşümde koordinat eksenleri yönündeki ölçekler aynı değildir. Uzunluklar yöne bağlı olarak değişir. Belirli bir yönde ölçek değişmez kalır. Açılar dönüşümden sonra değişir. Açıların değişimi açı kollarının doğrultusuna bağlıdır. Açı koruyan bir dönüşüm değildir.

Herhangi bir doğru dönüşümden sonra yine bir doğrudur. Paralel doğrular dönüşümden sonra da paraleldir. Alanlar dönüşümden sonra sabit bir miktar kadar değişir. Bir düzlemden diğer bir düzleme yapılan izdüşümler yardımıyla iki boyutlu projektif dönüşümler kolayca tanımlanabilir. İki düzlem birbirlerine paralel olabileceği gibi bir merkezil izdüşümde olabilir. Bir projektif dönüşüm; en çok birisi merkezil izdüşüm olan bir düzlemden diğerine sonlu sayıdaki izdüşümlerin birleşimidir. Her iki sistemde koordinatı belli olan nokta sayısının yeterli olması durumunda dönüşüm parametreleri en küçük kareler yöntemine dengeleme ile hesaplanır. Bu yöntemle dönüşüm parametrelerinin hesaplanabilmesi için benzerlik dönüşümünde en az üç, afin dönüşümünde en az dört, projektif dönüşümde en az beş noktanın her iki sistemde koordinatlarının bilinmesi gerekir.

Üç boyutta 7 parametreli benzerlik dönüşümlerinde ölçek faktörü tüm doğrultularda değişmez kabul edilir. Şekil tümüyle korunduğu için açılar değişmez. Diğer bir değişle benzerlik dönüşümü açı koruyan bir dönüşümdür. Dönüşüm parametrelerinin en küçük kareler yöntemine göre dengeleme ile hesaplanabilmesi için üç boyutta benzerlik dönüşümünde en az dört noktanın her iki sistemde koordinatlarının bilinmesi gerekir.

Çalışma bölgesinde kaçıncı 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. Yapılan uygulamada, polinom yüzeyinin dayanak noktalarına göre en iyi yaklaşım gösterdiği yüzey soncul standart sapma sonuçlarından kübik yüzey olduğu görülür.

İki boyutlu dönüşümde benzerlik, afin ve projektif dönüşüm kullanılmıştır. Yapılan iki boyutlu uygulama sonucunda çizelge 4.11 incelendiğinde projektif dönüşümün iyi sonuç verdiği söylenebilir. Zaten afin dönüşümü projektif dönüşümün, benzerlik dönüşümüde afin dönüşümünün özel halidir. Ayrıca bu çalışmada konum duyarlıkları dikkate alınarak dönüşüm parametreleri dengelemeli olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.8 incelendiğinde noktaların konum duyarlıklarının dönüştürülmüş koordinatlara etkisinin fazla olmadığı görülmektedir.

Üç boyutlu dönüşümde benzerlik dönüşümü kullanılmıştır. Yapılan üç boyutlu uygulama sonuçlarına göre ortak noktaların koordinat duyarlıklarının dönüştürülmüş koordinatlara etkisinin fazla olmadığı sonucuna varılmıştır.

Bu çalışma ile, söz konusu bu dönüşümlerin teorik alt yapısı incelenmiş ve noktaların konum duyarlıkları da göz önünde bulundurularak kullanımı kolay bir program geliştirilmiştir. Ayrıca geliştirilmeye açık tutulan bu programın konuya ilgi duyanların katkı ve önerileriyle zenginleştirilmesine devam edilmesi öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

Alkan, S. 1999. Bir GPS Ağı Örneğinde 3 Boyutlu Dönüşüm Modellerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Barengi, R. 2001. Delphi 5' e Bakış, Seçkin Yayınevi, Ankara

Başçiftçi, F., İnal, C., Başçiftçi, F. 2004. Programming Of Two Dimensional Coordinate Transformation, 2nd İnternational Symposium on Electrical, Electronic and Computer Engineering, Near East University, Lefkoşa, KKTC.

Berber, M. 1997. Kenar Ağlarında Uyuşumsuz Ölçülerin Klasik Uyuşumsuz Ölçü Testleri ve M-Kestirimi İle Belirlenmesi ve Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Dilaver, A., Konak, H., Çepni, M. S. 1998. Jeodezik Ağlarda Uyuşumsuz Ölçülerin Yerelleştirilmesinde Kullanılan Yöntemlerin Davranışları, Harita ve Kadastro Mühendisliği, 84, S.17-33.

Erenoğlu, R. C. 2003. Jeodezik Ağlarda Uyuşumsuz Ölçülerin Robust Yöntemlerle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Hampel, F. Ronchetti, E. M., Rousseeuw, P. J., and Stahel, W. A., 1986. Robust Statistics The Approach Based on Influnce Functions, A Wiley-Interscience Publication John Wiley&Sons, New York.

Hardy, R.L. 1971. Multiquadratic Equation Of Topography And Other Irregular Surface, Journal Of Geophysical Research,Vol.76,No8

Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., Collins, J. 1997. Global Positioning System:Theory and Practice, Fourth, revised edition, Springer-Verlag/Wien,New York

İnal, C. 1996.Yerel Jeoit Geçirilerek GPS Sonuçlarından Yükseklik Belirlemesi, S.Ü.M.M. Fakültesi. Dergisi. Cilt:11, sayı:2, Konya

İnal, C., Turgut, B. 2001. Nokta Konum Duyarlıkları ile Koordinat Dönüşümü, S. Ü. Müh. Mim. Fak. Derg. Cilt:16, sayı:2, Konya.

İnal, C., Turgut, B., Yiğit, C. Ö. 2002. Lokal Alanlarda Jeoit Ondülasyonlarının Belirlenmesinde Kullanılan Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliğinde 30. yıl Sempozyumu Bildiriler Kitabı, S.97-106, Konya

İnal, C., Yiğit, C. Ö. 2004. Elipsoidal Yüksekliklerin Ortometrik Yüksekliğe Dönüşümünde Enterpolasyon Yöntemlerinin Kullanılabilirliği, S.Ü.M.M. Fakültesi. Dergisi. C.19, s.1, Konya

Kara, H. H. 1998. İteratif Uyuşumsuz Ölçü Belirleme Yöntemleri ve Kararlı Yapıdaki Jeodezik Ağlarda Davranışları,Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Konak, H. 1994. Yüzey Ağlarının Optimizasyonu, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Kılıçoğlu, A. 1995. Jeodezi' de Dönüşümler, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Leberl, F. 1973. Interpolation in a Square Grid DTM, ITC Journal, 1973–75

Leick, A. 1990. GPS Satellite Surveying A Wiley-Interscience Publication John Wiley & Sons

Liddle, D. 1989. Orthometric Height Determination by GPS, Surveying and Mapping, Vol.49, No:1, 5-16

Mikhail, M. E., Weerawong, K. 1997. Exploitation of Linear Features in Surveying and Photogrammetry, Journal of Surveying Engineering, 23, 1, 32-47.

Pektekin, A. 1989. Dönüşümler ve Seçmeli Noktalara Göre Programlanması, Türkiye II. Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.

Rizos, C. 1999. Principles and Practice of GPS Surveying, version 1.1 The University of New South Wales, Australia.

Şanlıoğlu, İ. 1998. GPS Verilerinin İşlenmesi ve Elipsoidal Koordinatların Ülke Sistemine Dönüştürülmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya

Şanlıoğlu İ., Ceylan A., İnal C., Çorumluoğlu Ö., Kalaycı İ. 2002, Konya Bölgesi için GPS ile Elde Edilen Elipsoidal Yüksekliklerden Ortometrik Yüksekliklerin Hesaplanması, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30.Yıl Sempozyumu, 210-217, Konya

Tanık, A. 2003. Dönüşümler ve Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Torge W. 1980. Geodesy, Walter de Gruyter Berlin-New York.

Turgut, B. 2000. Fiziksel Jeodezi Ders Notları S.Ü. Müh. Mim. Fak. Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, KONYA.

Turgut, B., İnal, C. 2003.Nokta Konum Duyarlıklarının İki ve Üç Boyutlu Koordinat Dönüşümüne Etkisi, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, Konya

Ünal, T. 1994. Uydu Jeodezisi Ders Notları, Y.T.Ü. İnşaat Fak. Jeodezi ve Fotogrametri Bölümü, İstanbul.

Üstün, A. 1996. Datum Dönüşümleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Uzun, Y. 2003. Üç Boyutlu Astrojeodezik Dik Koordinat Sistemlerinde Dönüşüm Modelleri ve Uyuşumsuz Ölçü Gruplarının Belirlenmesi Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Yanalak M., İnce C. 1997. GPS ile Elde Edilen Elipsoidal Yüksekliklerin Yerel Yükseklik Sistemine Dönüştürülmesi, 6 Harita Kurultayı, Ankara.

Yanalak, M., Baykal, O. 2001. Transformation Of Ellipsoid Heights To Local Leveling Heights, Journal Of Surveying Engineering

Yaşayan, A. 1978. Hava Fotogrametrisinde İki Boyutlu Doğrusal Dönüşümler ve Uygulamaları, K.T.Ü. Yayın No:102 YBF Yayın No: 19, Trabzon.

Yiğit, C. Ö. 2003. Elipsoidal Yüksekliklerin Ortometrik Yüksekliğe Dönüşümünde Kullanılan Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya

Wolf, P.R., and Ghilani, C.D. 1997. Adjustment Computations, Statics and Least Squares in surveying and GIS, JOHN WILEY & SONS, INC.

Zhan-Ji. Y. 1998. Precise Determination of Local Geoid And Its Geophysical Interpretation, Doktora Tezi, Hong Kong Polytecnich University, Hong Kong.

EKLER

EK – 1. Bir Boyutlu Dönüşüm Program Çıktıları
Ek 1.1. Lineer Yöntem
Ek 1.2. Quadratik Yöntem
Ek 1.3. Kübik Yöntem
EK – 2. İki Boyutlu Koordinat Dönüşümleri Program Çıktıları
Ek 2.1. Benzerlik Dönüşümü
Ek 2.1.1. Konum Duyarlıksız Benzerlik Dönüşümü
Ek 2.1.2. Konum Duyarlıklı Benzerlik Dönüşümü
Ek 2.2. Afin Dönüşümü
Ek 2.2.1. Konum Duyarlıksız Afin Dönüşümü
Ek 2.2.2. Konum Duyarlıklı Afin Dönüşümü
Ek 2.3. Projektif Dönüşümü
Ek 2.3.1. Konum Duyarlıksız Projektif Dönüşümü
Ek 2.3.2. Konum Duyarlıklı Projektif Dönüşümü
EK – 3. Üç Boyutlu Benzerlik Dönüşümü Program Çıktıları
Ek 3.1. Konum Duyarlıksız
Ek 3.2. Konum Duyarlıklı

EK – 1. Bir Boyutlu Dönüşüm Program Çıktıları

Ek 1.1. Lineer Yöntem

BİR BOYUTLU DÖNÜŞÜM (LİNEER YÖNTEM)

Nokta	Y	X	N
101	487602.08400	4409018.48000	33.09000
102	473013.28800	4404130.03400	33.25400
103	488996.94500	4401826.47500	33.20100
105	488927.45400	4382887.95400	32.89200
106	483433.43200	4383135.90700	32.95200
109	483375.62000	4384737.16200	32.97700
110	480632.44700	4384749.84100	33.03200
114	478102.45200	4384744.57900	33.05900
116	476750.50400	4384579.46700	33.04500
118	476691.44400	4386021.78200	33.05900
124	476519.47700	4389776.24900	33.10200
126	476486.16300	4391237.23900	33.13200
129	476586.83700	4393041.17100	33.03800
134	476644.08800	4395705.86800	33.10300
137	476566.25800	4397763.84200	33.10500
139	476474.69500	4399225.71300	33.11400
140	476605.96200	4399734.37500	33.14700
147	472480.95500	4399536.76500	33.24000
150	484023.30500	4399950.37400	33.12100
152	485363.68500	4394301.02500	33.07600
153	480592.10200	4388876.17700	33.06100
154	485463.52600	4388817.79200	33.00600
158	488250.39800	4388822.05500	33.03400
159	482748.23100	4406903.41300	33.14300
160	483376.65400	4405941.66400	33.15000
163	480640.32900	4404512.11800	33.12800
164	479286.72800	4401928.46900	33.09300
170	480531.04900	4394978.41800	33.05000

HESAPLANAN

Nokta	Y	X	N	Vh
101	487602.08400	4409018.48000	33.14107	0.05107
102	473013.28800	4404130.03400	33.20722	-0.04678
103	488996.94500	4401826.47500	33.07978	-0.12122
105	488927.45400	4382887.95400	32.94437	0.05237
106	483433.43200	4383135.90700	32.98427	0.03227
109	483375.62000	4384737.16200	32.99616	0.01916
110	480632.44700	4384749.84100	33.01528	-0.01672
114	478102.45200	4384744.57900	33.03280	-0.02620
116	476750.50400	4384579.46700	33.04099	-0.00401
118	476691.44400	4386021.78200	33.05175	-0.00725
124	476519.47700	4389776.24900	33.07989	-0.02211
126	476486.16300	4391237.23900	33.09060	-0.04140
129	476586.83700	4393041.17100	33.10285	0.06485
134	476644.08800	4395705.86800	33.12157	0.01857

137	476566.25800	4397763.84200	33.13688	0.03188
139	476474.69500	4399225.71300	33.14801	0.03401
140	476605.96200	4399734.37500	33.15075	0.00375
147	472480.95500	4399536.76500	33.17795	-0.06205
150	484023.30500	4399950.37400	33.10083	-0.02017
152	485363.68500	4394301.02500	33.05099	-0.02501
153	480592.10200	4388876.17700	33.04517	-0.01583
154	485463.52600	4388817.79200	33.01095	0.00495
158	488250.39800	4388822.05500	32.99165	-0.04235
159	482748.23100	4406903.41300	33.15957	0.01657
160	483376.65400	4405941.66400	33.14831	-0.00169
163	480640.32900	4404512.11800	33.15704	0.02904
164	479286.72800	4401928.46900	33.14789	0.05489
170	480531.04900	4394978.41800	33.08938	0.03938

Ortalama Hata (m0): 0.04301 m

Yükseklik değerleri için uyuşumsuz ölçüler testi

Nokta	T	TAU	Sonuç
101	1.25660	2.41511	Uyuşumlu
102	1.15106	2.41511	Uyuşumlu
103	2.98246	2.41511	Uyuşumsuz
105	1.28846	2.41511	Uyuşumlu
106	0.79390	2.41511	Uyuşumlu
109	0.47137	2.41511	Uyuşumlu
110	0.41133	2.41511	Uyuşumlu
114	0.64466	2.41511	Uyuşumlu
116	0.09854	2.41511	Uyuşumlu
118	0.17827	2.41511	Uyuşumlu
124	0.54403	2.41511	Uyuşumlu
126	1.01853	2.41511	Uyuşumlu
129	1.59563	2.41511	Uyuşumlu
134	0.45703	2.41511	Uyuşumlu
137	0.78446	2.41511	Uyuşumlu
139	0.83676	2.41511	Uyuşumlu
140	0.09220	2.41511	Uyuşumlu
147	1.52670	2.41511	Uyuşumlu
150	0.49623	2.41511	Uyuşumlu
152	0.61530	2.41511	Uyuşumlu
153	0.38943	2.41511	Uyuşumlu
154	0.12186	2.41511	Uyuşumlu
158	1.04209	2.41511	Uyuşumlu
159	0.40777	2.41511	Uyuşumlu
160	0.04155	2.41511	Uyuşumlu
163	0.71450	2.41511	Uyuşumlu
164	1.35058	2.41511	Uyuşumlu
170	0.96905	2.41511	Uyuşumlu

Hesaplanan Noktalar

Nokta	Y	X	N
104	488969.13600	4383572.91600	32.94899
107	483337.51600	4383635.45100	32.98852
108	483253.13500	4384154.29100	32.99283
111	479927.06700	4384729.66100	33.02003
112	479323.13100	4384696.47100	33.02398

113	478635.18200	4384818.81900	33.02964
115	477418.88300	4384671.37900	33.03702
117	476705.92800	4385310.21500	33.04655
119	476534.02100	4386875.70000	33.05897
120	476522.48900	4387138.16800	33.06094
121	476540.36600	4387824.17200	33.06574
122	476723.44400	4388363.02900	33.06833
123	476607.96000	4388981.81700	33.07357
125	476574.04900	4390504.59900	33.08474
127	476538.24500	4392003.18600	33.09574
128	476743.22100	4392467.72900	33.09765
130	476701.33200	4393878.25100	33.10806
131	476630.72100	4394235.92300	33.11112
132	476616.28600	4394690.06100	33.11448
133	476673.02000	4395095.98300	33.11700
135	476725.86700	4396383.41300	33.12587
136	476713.01700	4396946.63700	33.13000
138	476377.11800	4398473.22800	33.14329
141	475976.56300	4399804.38600	33.15562
142	475387.33900	4399854.00500	33.16006
143	474816.92600	4399741.12100	33.16321
144	473938.97100	4399819.96100	33.16987
145	473424.90100	4399882.41800	33.17388
146	472872.60500	4399680.05100	33.17626
148	477232.68300	4399877.27100	33.14742
149	477805.69300	4399778.99600	33.14274
151	484148.45200	4394373.23900	33.05994
155	486265.70400	4388819.03600	33.00540
156	486872.28000	4388812.57900	33.00114
157	487624.12400	4388739.63100	32.99540
161	481960.91900	4405848.67300	33.15747
162	482231.43900	4406568.04800	33.16075
165	475386.87500	4400368.72900	33.16376
166	487606.47400	4403782.59500	33.10347
167	487613.64800	4401276.45300	33.08544
168	477961.21900	4395674.51700	33.11221
169	479255.93100	4395036.28200	33.09865
171	477999.48400	4391579.59600	33.08256
172	484815.90000	4391640.46100	33.03570
173	479209.89500	4389571.84000	33.05975
174	486167.56000	4384871.70800	32.97775

Yapılan hesap sonucunda **103** nolu nokta **uyuşumsuz** çıkmış ve işlem bu nokta atılarak tekrarlamıştır.

BİR BOYUTLU DÖNÜŞÜM (LİNEER YÖNTEM)

Nokta	Y	X	N
101	487602.08400	4409018.48000	33.09000
102	473013.28800	4404130.03400	33.25400
105	488927.45400	4382887.95400	32.89200
106	483433.43200	4383135.90700	32.95200
109	483375.62000	4384737.16200	32.97700
110	480632.44700	4384749.84100	33.03200
114	478102.45200	4384744.57900	33.05900

116	476750.50400	4384579.46700	33.04500
118	476691.44400	4386021.78200	33.05900
124	476519.47700	4389776.24900	33.10200
126	476486.16300	4391237.23900	33.13200
129	476586.83700	4393041.17100	33.03800
134	476644.08800	4395705.86800	33.10300
137	476566.25800	4397763.84200	33.10500
139	476474.69500	4399225.71300	33.11400
140	476605.96200	4399734.37500	33.14700
147	472480.95500	4399536.76500	33.24000
150	484023.30500	4399950.37400	33.12100
152	485363.68500	4394301.02500	33.07600
153	480592.10200	4388876.17700	33.06100
154	485463.52600	4388817.79200	33.00600
158	488250.39800	4388822.05500	33.03400
159	482748.23100	4406903.41300	33.14300
160	483376.65400	4405941.66400	33.15000
163	480640.32900	4404512.11800	33.12800
164	479286.72800	4401928.46900	33.09300
170	480531.04900	4394978.41800	33.05000

HESAPLANAN

Nokta	Y	X	N	Vh
101	487602.08400	4409018.48000	33.11150	0.02150
102	473013.28800	4404130.03400	33.21144	-0.04256
105	488927.45400	4382887.95400	32.92920	0.03720
106	483433.43200	4383135.90700	32.98045	0.02845
109	483375.62000	4384737.16200	32.99141	0.01441
110	480632.44700	4384749.84100	33.01628	-0.01572
114	478102.45200	4384744.57900	33.03910	-0.01990
116	476750.50400	4384579.46700	33.05024	0.00524
118	476691.44400	4386021.78200	33.06017	0.00117
124	476519.47700	4389776.24900	33.08620	-0.01580
126	476486.16300	4391237.23900	33.09602	-0.03598
129	476586.83700	4393041.17100	33.10687	0.06887
134	476644.08800	4395705.86800	33.12373	0.02073
137	476566.25800	4397763.84200	33.13784	0.03284
139	476474.69500	4399225.71300	33.14820	0.03420
140	476605.96200	4399734.37500	33.15033	0.00333
147	472480.95500	4399536.76500	33.18631	-0.05369
150	484023.30500	4399950.37400	33.08473	-0.03627
152	485363.68500	4394301.02500	33.03579	-0.04021
153	480592.10200	4388876.17700	33.04354	-0.01746
154	485463.52600	4388817.79200	32.99915	-0.00685
158	488250.39800	4388822.05500	32.97400	-0.06000
159	482748.23100	4406903.41300	33.14157	-0.00143
160	483376.65400	4405941.66400	33.12962	-0.02038
163	480640.32900	4404512.11800	33.14502	0.01702
164	479286.72800	4401928.46900	33.14041	0.04741
170	480531.04900	4394978.41800	33.08387	0.03387

Ortalama Hata (m0): 0.03427 m

Yükseklik değerleri için uyuşumsuz ölçüler testi

Nokta	T	TAU	Sonuç
101	0.66542	2.40517	Uyuşumlu
102	1.31716	2.40517	Uyuşumlu
105	1.15131	2.40517	Uyuşumlu
106	0.88055	2.40517	Uyuşumlu
109	0.44605	2.40517	Uyuşumlu
110	0.48651	2.40517	Uyuşumlu
114	0.61580	2.40517	Uyuşumlu
116	0.16213	2.40517	Uyuşumlu
118	0.03633	2.40517	Uyuşumlu
124	0.48895	2.40517	Uyuşumlu
126	1.11333	2.40517	Uyuşumlu
129	2.13140	2.40517	Uyuşumlu
134	0.64137	2.40517	Uyuşumlu
137	1.01637	2.40517	Uyuşumlu
139	1.05834	2.40517	Uyuşumlu
140	0.10300	2.40517	Uyuşumlu
147	1.66162	2.40517	Uyuşumlu
150	1.12257	2.40517	Uyuşumlu
152	1.24429	2.40517	Uyuşumlu
153	0.54033	2.40517	Uyuşumlu
154	0.21200	2.40517	Uyuşumlu
158	1.85681	2.40517	Uyuşumlu
159	0.04435	2.40517	Uyuşumlu
160	0.63068	2.40517	Uyuşumlu
163	0.52681	2.40517	Uyuşumlu
164	1.46722	2.40517	Uyuşumlu
170	1.04808	2.40517	Uyuşumlu

Hesaplanan Noktalar

Nokta	Y	X	N
104	488969.13600	4383572.91600	32.93329
107	483337.51600	4383635.45100	32.98458
108	483253.13500	4384154.29100	32.98872
111	479927.06700	4384729.66100	33.02252
112	479323.13100	4384696.47100	33.02776
113	478635.18200	4384818.81900	33.03477
115	477418.88300	4384671.37900	33.04480
117	476705.92800	4385310.21500	33.05540
119	476534.02100	4386875.70000	33.06716
120	476522.48900	4387138.16800	33.06898
121	476540.36600	4387824.17200	33.07329
122	476723.44400	4388363.02900	33.07515
123	476607.96000	4388981.81700	33.08022
125	476574.04900	4390504.59900	33.09045
127	476538.24500	4392003.18600	33.10055
128	476743.22100	4392467.72900	33.10172
130	476701.33200	4393878.25100	33.11130
131	476630.72100	4394235.92300	33.11426
132	476616.28600	4394690.06100	33.11736
133	476673.02000	4395095.98300	33.11949
135	476725.86700	4396383.41300	33.12740
136	476713.01700	4396946.63700	33.13119
138	476377.11800	4398473.22800	33.14418

141	475976.56300	4399804.38600	33.15647
142	475387.33900	4399854.00500	33.16212
143	474816.92600	4399741.12100	33.16654
144	473938.97100	4399819.96100	33.17498
145	473424.90100	4399882.41800	33.18003
146	472872.60500	4399680.05100	33.18370
148	477232.68300	4399877.27100	33.14560
149	477805.69300	4399778.99600	33.13978
151	484148.45200	4394373.23900	33.04724
155	486265.70400	4388819.03600	32.99191
156	486872.28000	4388812.57900	32.98639
157	487624.12400	4388739.63100	32.97912
161	481960.91900	4405848.67300	33.14180
162	482231.43900	4406568.04800	33.14405
165	475386.87500	4400368.72900	33.16548
166	487606.47400	4403782.59500	33.07733
167	487613.64800	4401276.45300	33.06093
168	477961.21900	4395674.51700	33.11162
169	479255.93100	4395036.28200	33.09576
171	477999.48400	4391579.59600	33.08458
172	484815.90000	4391640.46100	33.02340
173	479209.89500	4389571.84000	33.06056
174	486167.56000	4384871.70800	32.96707

Ek 1.2. Quadratik Yöntem

BİR BOYUTLU DÖNÜŞÜM (KUADRATİK YÖNTEM)

Nokta	Y	X	N
101	487602.08400	4409018.48000	33.09000
102	473013.28800	4404130.03400	33.25400
103	488996.94500	4401826.47500	33.20100
105	488927.45400	4382887.95400	32.89200
106	483433.43200	4383135.90700	32.95200
109	483375.62000	4384737.16200	32.97700
110	480632.44700	4384749.84100	33.03200
114	478102.45200	4384744.57900	33.05900
116	476750.50400	4384579.46700	33.04500
118	476691.44400	4386021.78200	33.05900
124	476519.47700	4389776.24900	33.10200
126	476486.16300	4391237.23900	33.13200
129	476586.83700	4393041.17100	33.03800
134	476644.08800	4395705.86800	33.10300
137	476566.25800	4397763.84200	33.10500
139	476474.69500	4399225.71300	33.11400
140	476605.96200	4399734.37500	33.14700
147	472480.95500	4399536.76500	33.24000
150	484023.30500	4399950.37400	33.12100
152	485363.68500	4394301.02500	33.07600
153	480592.10200	4388876.17700	33.06100
154	485463.52600	4388817.79200	33.00600
158	488250.39800	4388822.05500	33.03400
159	482748.23100	4406903.41300	33.14300
160	483376.65400	4405941.66400	33.15000
163	480640.32900	4404512.11800	33.12800

164	479286.72800	4401928.46900	33.09300
170	480531.04900	4394978.41800	33.05000

HESAPLANAN

Nokta	Y	X	N	Vh
101	487602.08400	4409018.48000	33.15388	0.06388
102	473013.28800	4404130.03400	33.20302	-0.05098
103	488996.94500	4401826.47500	33.13938	-0.06162
105	488927.45400	4382887.95400	32.93800	0.04600
106	483433.43200	4383135.90700	32.94272	-0.00928
109	483375.62000	4384737.16200	32.96260	-0.01440
110	480632.44700	4384749.84100	32.98602	-0.04598
114	478102.45200	4384744.57900	33.02166	-0.03734
116	476750.50400	4384579.46700	33.04480	-0.00020
118	476691.44400	4386021.78200	33.05896	-0.00004
124	476519.47700	4389776.24900	33.09153	-0.01047
126	476486.16300	4391237.23900	33.10180	-0.03020
129	476586.83700	4393041.17100	33.11070	0.07270
134	476644.08800	4395705.86800	33.12292	0.01992
137	476566.25800	4397763.84200	33.13210	0.02710
139	476474.69500	4399225.71300	33.13794	0.02394
140	476605.96200	4399734.37500	33.13738	-0.00962
147	472480.95500	4399536.76500	33.21399	-0.02601
150	484023.30500	4399950.37400	33.09178	-0.02922
152	485363.68500	4394301.02500	33.05594	-0.02006
153	480592.10200	4388876.17700	33.02707	-0.03393
154	485463.52600	4388817.79200	33.00352	-0.00248
158	488250.39800	4388822.05500	33.01317	-0.02083
159	482748.23100	4406903.41300	33.11409	-0.02891
160	483376.65400	4405941.66400	33.11346	-0.03654
163	480640.32900	4404512.11800	33.11190	-0.01610
164	479286.72800	4401928.46900	33.11371	0.02071
170	480531.04900	4394978.41800	33.07367	0.02367

Ortalama Hata (m0): 0.03780 m

Yükseklik değerleri için uyuşumsuz ölçüler testi

Nokta	T	TAU	Sonuç
101	1.90627	2.41511	Uyuşumlu
102	1.52142	2.41511	Uyuşumlu
103	1.83873	2.41511	Uyuşumlu
105	1.37272	2.41511	Uyuşumlu
106	0.27702	2.41511	Uyuşumlu
109	0.42982	2.41511	Uyuşumlu
110	1.37226	2.41511	Uyuşumlu
114	1.11430	2.41511	Uyuşumlu
116	0.00600	2.41511	Uyuşumlu
118	0.00120	2.41511	Uyuşumlu
124	0.31231	2.41511	Uyuşumlu
126	0.90129	2.41511	Uyuşumlu
129	2.16949	2.41511	Uyuşumlu
134	0.59445	2.41511	Uyuşumlu
137	0.80874	2.41511	Uyuşumlu
139	0.71444	2.41511	Uyuşumlu
140	0.28702	2.41511	Uyuşumlu

147	0.77617	2.41511	Uyuşumlu
150	0.87189	2.41511	Uyuşumlu
152	0.59869	2.41511	Uyuşumlu
153	1.01242	2.41511	Uyuşumlu
154	0.07393	2.41511	Uyuşumlu
158	0.62157	2.41511	Uyuşumlu
159	0.86266	2.41511	Uyuşumlu
160	1.09041	2.41511	Uyuşumlu
163	0.48054	2.41511	Uyuşumlu
164	0.61814	2.41511	Uyuşumlu
170	0.70641	2.41511	Uyuşumlu

Hesaplanan Noktalar

Nokta	Y	X	N
104	488969.13600	4383572.91600	32.94828
107	483337.51600	4383635.45100	32.94951
108	483253.13500	4384154.29100	32.95635
111	479927.06700	4384729.66100	32.99438
112	479323.13100	4384696.47100	33.00223
113	478635.18200	4384818.81900	33.01375
115	477418.88300	4384671.37900	33.03295
117	476705.92800	4385310.21500	33.05238
119	476534.02100	4386875.70000	33.06923
120	476522.48900	4387138.16800	33.07160
121	476540.36600	4387824.17200	33.07673
122	476723.44400	4388363.02900	33.07748
123	476607.96000	4388981.81700	33.08424
125	476574.04900	4390504.59900	33.09550
127	476538.24500	4392003.18600	33.10557
128	476743.22100	4392467.72900	33.10482
130	476701.33200	4393878.25100	33.11329
131	476630.72100	4394235.92300	33.11626
132	476616.28600	4394690.06100	33.11872
133	476673.02000	4395095.98300	33.11972
135	476725.86700	4396383.41300	33.12451
136	476713.01700	4396946.63700	33.12693
138	476377.11800	4398473.22800	33.13724
141	475976.56300	4399804.38600	33.14691
142	475387.33900	4399854.00500	33.15654
143	474816.92600	4399741.12100	33.16625
144	473938.97100	4399819.96100	33.18302
145	473424.90100	4399882.41800	33.19360
146	472872.60500	4399680.05100	33.20527
148	477232.68300	4399877.27100	33.12928
149	477805.69300	4399778.99600	33.12199
151	484148.45200	4394373.23900	33.05520
155	486265.70400	4388819.03600	33.00460
156	486872.28000	4388812.57900	33.00624
157	487624.12400	4388739.63100	33.00861
161	481960.91900	4405848.67300	33.11171
162	482231.43900	4406568.04800	33.11299
165	475386.87500	4400368.72900	33.15753
166	487606.47400	4403782.59500	33.13393
167	487613.64800	4401276.45300	33.12011
168	477961.21900	4395674.51700	33.10395
169	479255.93100	4395036.28200	33.08553
171	477999.48400	4391579.59600	33.07970

172	484815.90000	4391640.46100	33.03174
173	479209.89500	4389571.84000	33.04853
174	486167.56000	4384871.70800	32.95712

Ek 1.3. Kübik Yöntem

BİR BOYUTLU DÖNÜŞÜM (KÜBİK YÖNTEM)

Nokta	Y	X	N
101	17602.08400	29018.48000	33.09000
102	3013.28800	24130.03400	33.25400
103	18996.94500	21826.47500	33.20100
105	18927.45400	2887.95400	32.89200
106	13433.43230	135.90700	32.95200
109	13375.62000	4737.16200	32.97700
110	10632.44700	4749.84100	33.03200
114	8102.45200	4744.57900	33.05900
116	6750.50400	4579.46700	33.04500
118	6691.44400	6021.78200	33.05900
124	6519.47700	9776.24900	33.10200
126	6486.16300	11237.23900	33.13200
129	6586.83700	13041.17100	33.03800
134	6644.08800	15705.86800	33.10300
137	6566.25800	17763.84200	33.10500
139	6474.69500	19225.71300	33.11400
140	6605.96200	19734.37500	33.14700
147	2480.95500	19536.76500	33.24000
150	14023.30500	19950.37400	33.12100
152	15363.68500	14301.02500	33.07600
153	10592.10200	8876.17700	33.06100
154	15463.52600	8817.79200	33.00600
158	18250.39800	8822.05500	33.03400
159	12748.23100	26903.41300	33.14300
160	13376.65400	25941.66400	33.15000
163	10640.32900	24512.11800	33.12800
164	9286.72800	21928.46900	33.09300
170	10531.04900	14978.41800	33.05000

HESAPLANAN

Nokta	Y	X	N	Vh
101	17602.08400	29018.48000	33.11525	0.02525
102	3013.28800	24130.03400	33.26186	0.00786
103	18996.94500	21826.47500	33.18020	-0.02080
105	18927.45400	2887.95400	32.89468	0.00268
106	13433.43230	135.90700	32.94810	-0.00390
109	13375.62000	4737.16200	32.98352	0.00652
110	10632.44700	4749.84100	33.01137	-0.02063
114	8102.45200	4744.57900	33.05055	-0.00845
116	6750.50400	4579.46700	33.08029	0.03529
118	6691.44400	6021.78200	33.07529	0.01629
124	6519.47700	9776.24900	33.07541	-0.02659
126	6486.16300	11237.23900	33.07921	-0.05279
129	6586.83700	13041.17100	33.08472	0.04672

134	6644.08800	15705.86800	33.09902	-0.00398
137	6566.25800	17763.84200	33.11432	0.00932
139	6474.69500	19225.71300	33.12662	0.01262
140	6605.96200	19734.37500	33.12872	-0.01828
147	2480.95500	19536.76500	33.22856	-0.01144
150	14023.30500	19950.37400	33.12510	0.00410
152	15363.68500	14301.02500	33.09269	0.01669
153	10592.10200	8876.17700	33.03039	-0.03061
154	15463.52600	8817.79200	33.02444	0.01844
158	18250.39800	8822.05500	33.02622	-0.00778
159	12748.23100	26903.41300	33.12205	-0.02095
160	13376.65400	25941.66400	33.12669	-0.02331
163	10640.32900	24512.11800	33.12565	-0.00235
164	9286.72800	21928.46900	33.11998	0.02698
170	10531.04900	14978.41800	33.07311	0.02311

Ortalama Hata (m0): 0.02738 m

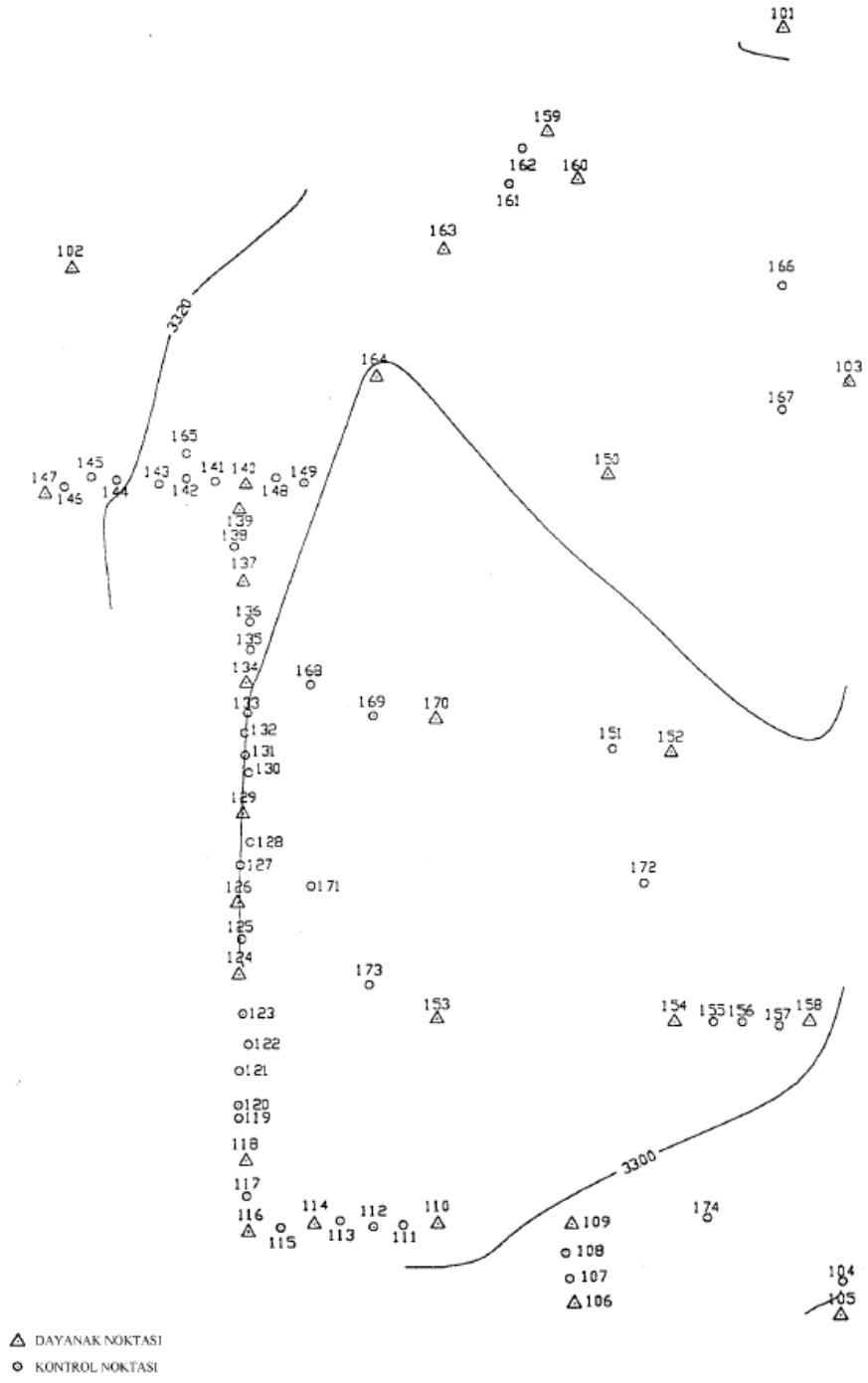
Yükseklik değerleri için uyuşumsuz ölçüler testi

Nokta	T	TAU	Sonuç
101	1.15018	2.41511	Uyuşumlu
102	0.35812	2.41511	Uyuşumlu
103	0.94783	2.41511	Uyuşumlu
105	0.12213	2.41511	Uyuşumlu
106	0.17778	2.41511	Uyuşumlu
109	0.29685	2.41511	Uyuşumlu
110	0.93988	2.41511	Uyuşumlu
114	0.38490	2.41511	Uyuşumlu
116	1.60761	2.41511	Uyuşumlu
118	0.74203	2.41511	Uyuşumlu
124	1.21131	2.41511	Uyuşumlu
126	2.40487	2.41511	Uyuşumlu
129	2.12855	2.41511	Uyuşumlu
134	0.18111	2.41511	Uyuşumlu
137	0.42454	2.41511	Uyuşumlu
139	0.57482	2.41511	Uyuşumlu
140	0.83294	2.41511	Uyuşumlu
147	0.52117	2.41511	Uyuşumlu
150	0.18682	2.41511	Uyuşumlu
152	0.76049	2.41511	Uyuşumlu
153	1.39452	2.41511	Uyuşumlu
154	0.84007	2.41511	Uyuşumlu
158	0.35429	2.41511	Uyuşumlu
159	0.95463	2.41511	Uyuşumlu
160	1.06193	2.41511	Uyuşumlu
163	0.10711	2.41511	Uyuşumlu
164	1.22902	2.41511	Uyuşumlu
170	1.05303	2.41511	Uyuşumlu

Hesaplanan Noktalar

Nokta	Y	X	N
104	18969.13600	3572.91000	32.91005
107	13337.51600	3635.45000	32.97436
108	13253.13500	4154.29000	32.97957
111	9927.06700	4729.66000	33.02063

112	9323.13100	4696.47000	33.02954
113	8635.18200	4818.81000	33.04074
115	7418.88300	4671.37000	33.06463
117	6705.92800	5310.21000	33.07771
119	6534.02100	6875.70000	33.07621
120	6522.48900	7138.16000	33.07589
121	6540.36600	7824.17000	33.07453
122	6723.44400	8363.02000	33.07086
123	6607.96000	8981.81000	33.07308
125	6574.04900	10504.59000	33.07588
127	6538.24500	12003.18000	33.08101
128	6743.22100	12467.72000	33.07998
130	6701.33200	13878.25000	33.08741
131	6630.72100	14235.92000	33.09029
132	6616.28600	14690.06000	33.09309
133	6673.02000	15095.98000	33.09480
135	6725.86700	16383.41000	33.10250
136	6713.01700	16946.63000	33.10656
138	6377.11800	18473.22000	33.12223
141	5976.56300	19804.38000	33.13894
142	5387.33900	19854.00000	33.15020
143	4816.92600	19741.12000	33.16143
144	3938.97100	19819.96000	33.18442
145	3424.90100	19882.41000	33.20016
146	2872.60500	19680.05000	33.21615
148	7232.68300	19877.27000	33.12199
149	7805.69300	19778.99000	33.11564
151	14148.45200	14373.23000	33.08417
155	16265.70400	8819.03000	33.02525
156	16872.28000	8812.57000	33.02567
157	17624.12400	8739.63000	33.02476
161	11960.91900	25848.67000	33.12470
162	12231.43900	26568.04000	33.12318
165	5386.87500	20368.72000	33.15463
166	17606.47400	23782.59000	33.16398
167	17613.64800	21276.45000	33.16540
168	7961.21900	15674.51000	33.08567
169	9255.93100	15036.28000	33.07481
171	7999.48400	11579.59000	33.06170
172	14815.90000	11640.46000	33.05871
173	9209.89500	9571.84000	33.04254
174	16167.56000	4871.70000	32.96387



Şekil Ek 1.1 Dayanak ve kontrol noktaları

EK – 2. İki Boyutlu Koordinat Dönüşümleri Program Çıktıları

Ek 2.1. Benzerlik Dönüşümü

Ek 2.1.1. Konum Duyarlıksız Benzerlik Dönüşümü

İKİ BOYUTLU KOORDİNAT DÖNÜŞÜMÜ (BENZERLİK YÖNTEMİ) KONUM DUYARLIKSIZ

I. SİSTEM		II.SİSTEM	
Nokta y (m)	x (m)	Y (m)	X(m)
1 21822.878	15031.046	21417.401	16554.323
2 21745.183	18894.923	25091.529	17752.657
3 22855.423	18094.386	24648.561	16457.519
4 24465.703	15922.613	23039.146	14285.174
5 24708.502	17533.644	24651.110	14521.502

HELMERT DÖNÜŞÜM PARAMETRELERİ

a = 0.2908882101 b = 0.9567437052
c = 33060.8795234129 d = 688.5063354168

HESAPLANAN

Nokta	Y (m)	X (m)	vy (m)	vx (m)	q
1	21417.383	16554.332	-0.01810	0.00943	0.47063
2	25091.522	17752.623	-0.00666	-0.03410	0.51581
3	24648.569	16457.541	0.00833	0.02199	0.74081
4	23039.151	14285.173	0.00465	-0.00142	0.62334
5	24651.122	14521.506	0.01178	0.00409	0.64941

Ortalama Hata (m0): 0.01982 m
Ölçek: 0.99999 Dönüklük: 73° 5' 19.098"

Koordinat çiftleri için uyuşumsuz ölçüler testi
İstatistiksel Güven: 0.05

Nokta	T	TAU	Sonuç
1	1.06168	1.64317	Uyuşumlu
2	1.72622	1.64317	Uyuşumsuz
3	0.97506	1.64317	Uyuşumlu
4	0.21970	1.64317	Uyuşumlu
5	0.55231	1.64317	Uyuşumlu

Hesaplanan Noktalar

Nokta	y (m)	x (m)	Y (m)	X (m)
6	19224.568	16523.380	22089.346	19474.352
7	20450.433	17600.230	23476.205	18614.756
8	20216.331	19476.780	25203.485	19384.598

Yapılan hesap sonucunda **2** nolu nokta **uyuşumsuz** çıkmış ve işlem bu nokta atılarak tekrarlamıştır.

İKİ BOYUTLU KOORDİNAT DÖNÜŞÜMÜ (BENZERLİK YÖNTEMİ) KONUM DUYARLIKSIZ

	I. SİSTEM		II.SİSTEM	
Nokta	y (m)	x (m)	Y (m)	X(m)
1	21822.878	15031.046	21417.401	16554.323
3	22855.423	18094.386	24648.561	16457.519
4	24465.703	15922.613	23039.146	14285.174
5	24708.502	17533.644	24651.110	14521.502

HELMERT DÖNÜŞÜM PARAMETRELERİ

a = 0.2908826001 b = 0.9567373813
c = 33060.8160003123 d = 688.7415624298

HESAPLANAN

Nokta	Y (m)	X (m)	vy (m)	vx (m)	q
1	21417.401	16554.323	-0.00035	-0.00041	0.29469
3	24648.562	16457.520	0.00091	0.00150	0.53778
4	23039.148	14285.174	0.00193	0.00045	0.61868
5	24651.108	14521.500	-0.00249	-0.00154	0.54886

Ortalama Hata (m0): 0.00199 m
Ölçek: 0.99998 Dönüklük: 73° 5' 19.825"

Koordinat çiftleri için uyuşumsuz ölçüler testi
İstatistiksel Güven: 0.05

Nokta	T	TAU	Sonuç
1	0.35298	1.40535	Uyuşumlu
3	0.84909	1.40535	Uyuşumlu
4	0.89519	1.40535	Uyuşumlu
5	1.40261	1.40535	Uyuşumlu

Hesaplanan Noktalar

Nokta	y (m)	x (m)	Y (m)	X (m)
6	19224.568	16523.380	22089.369	19474.317
7	20450.433	17600.230	23476.215	18614.723
8	20216.331	19476.780	25203.484	19384.553

Ek 2.1.2. Konum Duyarlıklı Benzerlik Dönüşümü

İKİ BOYUTLU KOORDİNAT DÖNÜŞÜMÜ (BENZERLİK YÖNTEMİ) KONUM DUYARLIKLI

	I. SİSTEM				II.SİSTEM			
Nokta	y (m)	my (m)	x (m)	mx(m)	Y (m)	mY (m)	X(m)	mX (m)
1	21822.878	0.017	15031.046	0.013	21417.401	0.029	16554.323	0.021
2	21745.183	0.018	18894.923	0.011	25091.529	0.015	17752.657	0.023
3	22855.423	0.016	18094.386	0.011	24648.561	0.012	16457.519	0.009
4	24465.703	0.012	15922.613	0.016	23039.146	0.014	14285.174	0.017
5	24708.502	0.014	17533.644	0.015	24651.110	0.011	14521.502	0.014

HELMERT DÖNÜŞÜM PARAMETRELERİ

a = 0.2908857026 b = 0.9567436541
c = 33060.9168126558 d = 688.5624775443

HESAPLANAN

Nokta	Y (m)	X (m)	vy (m)	vx (m)	q
1	21417.384	16554.333	-0.01745	0.01015	0.47063
2	25091.523	17752.614	-0.00601	-0.04308	0.51581
3	24648.567	16457.534	0.00624	0.01508	0.74081
4	23039.145	14285.171	-0.00137	-0.00281	0.62334
5	24651.115	14521.501	0.00507	-0.00132	0.64941

Ortalama Hata (m0): 0.02083 m
Ölçek: 0.99999 Dönüklük: 73° 5' 19.590"

Koordinat çiftleri için uyuşumsuz ölçüler testi
İstatistiksel Güven: 0.05

Nokta	T	TAU	Sonuç
1	0.99891	1.64317	Uyuşumlu
2	2.05606	1.64317	Uyuşumsuz
3	0.64371	1.64317	Uyuşumlu
4	0.13428	1.64317	Uyuşumlu
5	0.22085	1.64317	Uyuşumlu

Hesaplanan Noktalar

Nokta	y (m)	x (m)	Y (m)	X (m)
6	19224.568	16523.380	22089.353	19474.348
7	20450.433	17600.230	23476.209	18614.750
8	20216.331	19476.780	25203.490	19384.587

Yapılan hesap sonucunda **2** nolu nokta **uyuşumsuz** çıkmış ve işlem bu nokta atılarak tekrarlamıştır.

İKİ BOYUTLU KOORDİNAT DÖNÜŞÜMÜ (BENZERLİK YÖNTEMİ) KONUM DUYARLIKLI

	I. SİSTEM				II.SİSTEM			
Nokta	y (m)	my (m)	x (m)	mx(m)	Y (m)	mY (m)	X(m)	mX (m)
1	21822.878	0.017	15031.046	0.013	21417.401	0.029	16554.323	0.021
3	22855.423	0.016	18094.386	0.011	24648.561	0.012	16457.519	0.009

```
4       24465.703   0.012   15922.613   0.016   23039.146   0.014   14285.174    0.017
5       24708.502   0.014   17533.644   0.015   24651.110   0.011   14521.502    0.014
-------------------------------------------------------------------------------------------
HELMERT DÖNÜŞÜM PARAMETRELERİ
-------------------------------------------------------------------------------------------
 a =     0.2908827050      b =     0.9567372685
 c = 33060.8114206534      d =   688.7409368377
-------------------------------------------------------------------------------------------
HESAPLANAN
-------------------------------------------------------------------------------------------
Nokta     Y (m)          X (m)           vy (m)       vx (m)         q
-------------------------------------------------------------------------------------------
1       21417.401      16554.322      -0.00039      -0.00095       0.29469
3       24648.562      16457.520       0.00064       0.00140       0.53778
4       23039.148      14285.174       0.00207       0.00030       0.61868
5       24651.108      14521.501      -0.00250      -0.00150       0.54886
-------------------------------------------------------------------------------------------
Ortalama Hata (m0):     0.00202 m
Ölçek:     0.99998  Dönüklük: 73°  5' 19.798"
-------------------------------------------------------------------------------------------
Koordinat çiftleri için uyuşumsuz ölçüler testi
İstatistiksel Güven: 0.05
-------------------------------------------------------------------------------------------
Nokta        T          TAU        Sonuç
-------------------------------------------------------------------------------------------
1        0.66089       1.40535   Uyuşumlu
3        0.73394       1.40535   Uyuşumlu
4        0.93440       1.40535   Uyuşumlu
5        1.37749       1.40535   Uyuşumlu
-------------------------------------------------------------------------------------------
Hesaplanan Noktalar
-------------------------------------------------------------------------------------------
Nokta      y (m)          x (m)           Y (m)          X (m)
-------------------------------------------------------------------------------------------
6       19224.568      16523.380      22089.369      19474.316
7       20450.433      17600.230      23476.214      18614.723
8       20216.331      19476.780      25203.483      19384.553
-------------------------------------------------------------------------------------------
```

Ek 2.2. Afin Dönüşümü

Ek 2.2.1. Konum Duyarlıksız Afin Dönüşümü

```
İKİ BOYUTLU KOORDİNAT DÖNÜŞÜMÜ (AFIN YÖNTEMİ) KONUM DUYARLIKSIZ
-------------------------------------------------------------------
                I. SİSTEM                   II.SİSTEM
-------------------------------------------------------------------
Nokta     y (m)          x (m)          Y (m)          X(m)
-------------------------------------------------------------------
1       21822.878      15031.046      21417.401      16554.323
2       21745.183      18894.923      25091.529      17752.657
3       22855.423      18094.386      24648.561      16457.519
4       24465.703      15922.613      23039.146      14285.174
5       24708.502      17533.644      24651.110      14521.502
-------------------------------------------------------------------
DÖNÜŞÜM PARAMETRELERİ
-------------------------------------------------------------------
 a =     0.2908933799      b =    -0.9567472825
 c = 33060.8738482185      d =     0.9567396911
 e =     0.2908807897      f =   688.7465151753
-------------------------------------------------------------------
```

HESAPLANAN

Nokta	Y (m)	X (m)	vy (m)	vx (m)	q
1	21417.401	16554.326	-0.00019	0.00340	0.47063
2	25091.525	17752.637	-0.00369	-0.01988	0.51581
3	24648.567	16457.547	0.00628	0.02810	0.74081
4	23039.145	14285.162	-0.00063	-0.01230	0.62334
5	24651.108	14521.503	-0.00177	0.00067	0.64941

Ortalama Hata (m0): 0.01874 m

Koordinat çiftleri için uyuşumsuz ölçüler testi
İstatistiksel Güven: 0.05

Nokta	T	TAU	Sonuç
1	0.18734	1.40712	Uyuşumlu
2	1.06216	1.40712	Uyuşumlu
3	1.26240	1.40712	Uyuşumlu
4	0.58849	1.40712	Uyuşumlu
5	0.08848	1.40712	Uyuşumlu

Hesaplanan Noktalar

Nokta	y (m)	x (m)	Y (m)	X (m)
6	19224.568	16523.380	22089.378	19474.363
7	20450.433	17600.230	23476.223	18614.768
8	20216.331	19476.780	25203.497	19384.620

Ek 2.2.2. Konum Duyarlıklı Afin Dönüşümü

İKİ BOYUTLU KOORDİNAT DÖNÜŞÜMÜ (AFIN YÖNTEMİ) KONUM DUYARLIKLI

	I. SİSTEM				II.SİSTEM			
Nokta	y (m)	my (m)	x (m)	mx(m)	Y (m)	mY (m)	X(m)	mX (m)
1	21822.878	0.017	15031.046	0.013	21417.401	0.029	16554.323	0.021
2	21745.183	0.018	18894.923	0.011	25091.529	0.015	17752.657	0.023
3	22855.423	0.016	18094.386	0.011	24648.561	0.012	16457.519	0.009
4	24465.703	0.012	15922.613	0.016	23039.146	0.014	14285.174	0.017
5	24708.502	0.014	17533.644	0.015	24651.110	0.011	14521.502	0.014

DÖNÜŞÜM PARAMETRELERİ

a = 0.2908897372 b = -0.9567449117
c = 33060.8769872227 d = 0.9567397909
e = 0.2908811414 f = 688.7363775562

HESAPLANAN

Nokta	Y (m)	X (m)	vy (m)	vx (m)	q
1	21417.400	16554.327	-0.00115	0.00352	0.47063
2	25091.525	17752.623	-0.00429	-0.03402	0.51581
3	24648.567	16457.539	0.00599	0.01951	0.74081
4	23039.145	14285.165	-0.00058	-0.00916	0.62334

5	24651.109	14521.501	-0.00146	-0.00148	0.64941

Ortalama Hata (m0): 0.02058 m

Koordinat çiftleri için uyuşumsuz ölçüler testi
İstatistiksel Güven: 0.05

Nokta	T	TAU	Sonuç
1	0.18557	1.40712	Uyuşumlu
2	1.64012	1.40712	Uyuşumsuz
3	0.81472	1.40712	Uyuşumlu
4	0.39935	1.40712	Uyuşumlu
5	0.08883	1.40712	Uyuşumlu

Hesaplanan Noktalar

Nokta	y (m)	x (m)	Y (m)	X (m)
6	19224.568	16523.380	22089.376	19474.351
7	20450.433	17600.230	23476.222	18614.756
8	20216.331	19476.780	25203.496	19384.601

Yapılan hesap sonucunda **2** nolu nokta **uyuşumsuz** çıkmış ve işlem bu nokta atılarak tekrarlamıştır.

İKİ BOYUTLU KOORDİNAT DÖNÜŞÜMÜ (AFIN YÖNTEMİ) KONUM DUYARLIKLI

	I. SİSTEM				II.SİSTEM			
Nokta	y (m)	my (m)	x (m)	mx(m)	Y (m)	mY (m)	X(m)	mX (m)
1	21822.878	0.017	15031.046	0.013	21417.401	0.029	16554.323	0.021
3	22855.423	0.016	18094.386	0.011	24648.561	0.012	16457.519	0.009
4	24465.703	0.012	15922.613	0.016	23039.146	0.014	14285.174	0.017
5	24708.502	0.014	17533.644	0.015	24651.110	0.011	14521.502	0.014

DÖNÜŞÜM PARAMETRELERİ

a =	0.2908822648	b =	-0.9567368455
c =	33060.8089301556	d =	0.9567377419
e =	0.2908831443	f =	688.7225059673

HESAPLANAN

Nokta	Y (m)	X (m)	vy (m)	vx (m)	q
1	21417.399	16554.322	-0.00212	-0.00083	0.29469
3	24648.562	16457.520	0.00081	0.00060	0.53778
4	23039.148	14285.175	0.00193	0.00115	0.61868
5	24651.108	14521.501	-0.00177	-0.00126	0.54886

Ortalama Hata (m0): 0.00282 m

Koordinat çiftleri için uyuşumsuz ölçüler testi
İstatistiksel Güven: 0.05

Nokta	T	TAU	Sonuç
1	1.04764	1.40535	Uyuşumlu
3	0.34646	1.40535	Uyuşumlu
4	0.71457	1.40535	Uyuşumlu

5	0.73451	1.40535	Uyuşumlu

Hesaplanan Noktalar

Nokta	y (m)	x (m)	Y (m)	X (m)
6	19224.568	16523.380	22089.367	19474.315
7	20450.433	17600.230	23476.213	18614.721
8	20216.331	19476.780	25203.483	19384.550

Ek 2.3. Projektif Dönüşümü

Ek 2.3.1. Konum Duyarlıksız Projektif Dönüşümü

İKİ BOYUTLU KOORDİNAT DÖNÜŞÜMÜ (PROJEKTİF YÖNTEMİ) KONUM DUYARLIKSIZ

	I. SİSTEM		II.SİSTEM	
Nokta	y (m)	x (m)	Y (m)	X(m)
1	21822.878	15031.046	21417.401	16554.323
2	21745.183	18894.923	25091.529	17752.657
3	22855.423	18094.386	24648.561	16457.519
4	24465.703	15922.613	23039.146	14285.174
5	24708.502	17533.644	24651.110	14521.502

DÖNÜŞÜM PARAMETRELERİ

a1 =	0.2907686068	b1 =	-0.9566588460
c1 =	33060.7184948921	a2 =	0.9565549895
b2 =	0.2909958146	c2 =	688.8878421783
a3 =	0.0000000000	b3 =	0.0000000000

HESAPLANAN

Nokta	Y (m)	X (m)	vy (m)	vx (m)	q
1	21417.398	16554.320	-0.00293	-0.00317	0.47063
2	25091.531	17752.651	0.00195	-0.00624	0.51581
3	24648.562	16457.533	0.00067	0.01434	0.74081
4	23039.152	14285.179	0.00641	0.00463	0.62334
5	24651.104	14521.492	-0.00604	-0.00954	0.64941

Ortalama Hata (m0): 0.01512 m

Koordinat çiftleri için uyuşumsuz ölçüler testi
İstatistiksel Güven: 0.05

Nokta	T	TAU	Sonuç
1	0.29417	1.41067	Uyuşumlu
2	0.42546	1.41067	Uyuşumlu
3	0.78001	1.41067	Uyuşumlu
4	0.46797	1.41067	Uyuşumlu
5	0.65507	1.41067	Uyuşumlu

Hesaplanan Noktalar

Nokta	y (m)	x (m)	Y (m)	X (m)
6	19224.568	16523.380	22089.313	19474.405
7	20450.433	17600.230	23476.188	18614.798
8	20216.331	19476.780	25203.511	19384.703

Ek 2.3.2. Konum Duyarlıklı Projektif Dönüşümü

İKİ BOYUTLU KOORDİNAT DÖNÜŞÜMÜ (PROJEKTIF YÖNTEMİ) KONUM DUYARLIKLI

	I. SİSTEM			II.SİSTEM		
Nokta	y (m)	my (m)	x (m)	mx(m)	Y (m)	mY (m)	X(m)	mX (m)
1	21822.878	0.017	15031.046	0.013	21417.401	0.029	16554.323	0.021
2	21745.183	0.018	18894.923	0.011	25091.529	0.015	17752.657	0.023
3	22855.423	0.016	18094.386	0.011	24648.561	0.012	16457.519	0.009
4	24465.703	0.012	15922.613	0.016	23039.146	0.014	14285.174	0.017
5	24708.502	0.014	17533.644	0.015	24651.110	0.011	14521.502	0.014

DÖNÜŞÜM PARAMETRELERİ

a1 =	0.2907686068	b1 =	-0.9566588460
c1 =	33060.7184948921	a2 =	0.9565549895
b2 =	0.2909958146	c2 =	688.8878421783
a3 =	0.0000000000	b3 =	0.0000000000

HESAPLANAN

Nokta	Y (m)	X (m)	vy (m)	vx (m)	q
1	21417.394	16554.318	-0.00694	-0.00537	0.47063
2	25091.530	17752.645	0.00150	-0.01189	0.51581
3	24648.561	16457.530	0.00043	0.01057	0.74081
4	23039.153	14285.180	0.00685	0.00563	0.62334
5	24651.104	14521.493	-0.00553	-0.00918	0.64941

Ortalama Hata (m0): 0.01622 m

Koordinat çiftleri için uyuşumsuz ölçüler testi
İstatistiksel Güven: 0.05

Nokta	T	TAU	Sonuç
1	0.55760	1.41067	Uyuşumlu
2	0.72770	1.41067	Uyuşumlu
3	0.53590	1.41067	Uyuşumlu
4	0.48959	1.41067	Uyuşumlu
5	0.57986	1.41067	Uyuşumlu

Hesaplanan Noktalar

Nokta	y (m)	x (m)	Y (m)	X (m)
6	19224.568	16523.380	22089.307	19474.403
7	20450.433	17600.230	23476.185	18614.793
8	20216.331	19476.780	25203.510	19384.697



Şekil Ek 2.1 İki boyutlu dönüşümde ortak ve ikici sistem koordinatları hesaplanacak noktalar

EK – 3. Üç Boyutlu Benzerlik Dönüşümü Program Çıktıları

Ek 3.1. Konum Duyarlıksız

ÜÇ BOYUTLU KOORDİNAT DÖNÜŞÜMÜ (BENZERLİK YÖNTEMİ) KONUM DUYARLIKSIZ

	I. SİSTEM			II.SİSTEM		
Nokta	x (m)	y (m)	z (m)	X(m)	Y(m)	Z(m)
11	1094.883	820.085	109.821	10037.810	5262.090	772.040
12	503.891	1598.698	117.685	10956.680	5128.170	783.000
13	2349.343	207.658	151.387	8780.080	4840.290	782.620
14	1395.320	1348.853	215.261	10185.800	4700.210	851.320

DÖNÜŞÜM PARAMETRELERİ

S = 0.9499569402 W = 0.0398649834
FI = -0.0096137243 K = -2.3642736377
TX = 10233.8258147453 TY = 6549.9682923964
TZ = 720.8788595598

HESAPLANAN

Nokta	X (m)	Y (m)	Z(m)	vx (m)	vy (m)	vz (m)	q
11	10037.858	5262.115	772.039	0.04803	0.02520	-0.00113	0.71935
12	10956.688	5128.114	783.011	0.00796	-0.05610	0.01150	0.38832
13	8780.066	4840.236	782.629	-0.01395	-0.05365	0.00884	0.18811
14	10185.758	4700.295	851.301	-0.04204	0.08454	-0.01920	0.70422

Ortalama Hata (m0): 0.06119 m

Koordinat çiftleri için uyuşumsuz ölçüler testi
İstatistiksel Güven: 0.05

Nokta	T	TAU	Sonuç
11	0.60360	1.29045	Uyuşumlu
12	0.87536	1.29045	Uyuşumlu
13	1.22119	1.29045	Uyuşumlu
14	1.08335	1.29045	Uyuşumlu

Hesaplanan Noktalar

Nokta	x (m)	y (m)	z(m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
15	265.346	1003.470	78.609	10721.997	5691.217	766.062
16	784.081	512.683	139.551	10043.225	5675.886	816.860

Ek 3.2. Konum Duyarlıklı

ÜÇ BOYUTLU KOORDİNAT DÖNÜŞÜMÜ (BENZERLİK YÖNTEMİ) KONUM DUYARLIKLI

	I. SİSTEM						II.SİSTEM					
Nokta	x (m)	mx (m)	y (m)	my (m)	z (m)	mz (m)	X(m)	mX (m)	Y(m)	mY (m)	Z(m)	mZ (m)
11	1094.883	0.007	820.085	0.008	109.821	0.005	10037.810	0.050	5262.090	0.060	772.040	0.050
12	503.891	0.011	1598.698	0.008	117.685	0.009	10956.680	0.040	5128.170	0.060	783.000	0.090
13	2349.343	0.006	207.658	0.005	151.387	0.007	8780.080	0.020	4840.290	0.040	782.620	0.020
14	1395.320	0.005	1348.853	0.008	215.261	0.009	10185.800	0.030	4700.210	0.050	851.320	0.030

DÖNÜŞÜM PARAMETRELERİ

S = 0.9499669102 W = -207.3052752203
FI = 6.2735853140 K = 10.2021085356
TX = 10233.7646365075 TY = 6550.0455098868
TZ = 720.8270420465

HESAPLANAN

Nokta	X (m)	Y (m)	Z(m)	vx (m)	vy (m)	vz (m)	q
11	10037.811	5262.178	772.023	0.00106	0.08782	-0.01739	0.71935
12	10956.652	5128.187	782.987	-0.02761	0.01651	-0.01346	0.38832
13	8780.011	4840.280	782.640	-0.06889	-0.01041	0.01999	0.18811
14	10185.720	4700.355	851.298	-0.07962	0.14505	-0.02244	0.70422

Ortalama Hata (m0): 0.09205 m

Koordinat çiftleri için uyuşumsuz ölçüler testi
İstatistiksel Güven: 0.05

Nokta	T	TAU	Sonuç
11	0.66209	1.29045	Uyuşumlu
12	0.35092	1.29045	Uyuşumlu
13	1.04816	1.29045	Uyuşumlu
14	1.24801	1.29045	Uyuşumlu

Hesaplanan Noktalar

Nokta	x (m)	y (m)	z(m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
15	265.346	1003.470	78.609	10721.952	5691.292	766.025
16	784.081	512.683	139.551	10043.174	5675.954	816.834



Şekil Ek 3.1 Üç boyutlu dönüşümde ortak ve ikici sistem koordinatları hesaplanacak noktalar