

T.C.

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2 VE 3 BOYUTLU KOORDİNAT DÖNÜŞÜMLERİ; ŞIRNAK İLİ ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Süleyman EVSEN

DANIŞMAN

Prof. Dr. Hediye ERDOĞAN

AKSARAY, 2019

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 162306403 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi **Süleyman EVSEN** tarafından hazırlanan **"2 VE 3 BOYUTLU KOORDİNAT DÖNÜŞÜMLERİ; ŞIRNAK İLİ ÖRNEĞİ"** adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Harita Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Hediye ERDOĞAN
Aksaray Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.....

Üye: Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.....

Üye: Dr. Öğretim Üyesi Kemal YURT
Aksaray Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.....

Tez Savunma Tarihi: 20/05/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

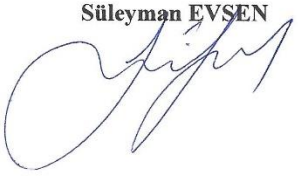
.....
Doç.Dr. Mehmet Ali HINIS
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol veyardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

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

Süleyman EVSEN



TEŞEKKÜR

Kendisi ile çalışma fırsatını bulduğum ve çalışmalarım süresince yardım ve ilgilerini eksik etmeyen Danışmanım Sayın Prof. Dr. Hediye ERDOĞAN'a yine çalışmalarım süresince her türlü yardımlarını gördüğüm çok değerli arkadaşlarıma ve bana maddi, manevi her türlü imkanı sağlayan, kendilerine lâyık olmaya çalıştığım aileme sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Süleyman EVSEN

AKSARAY, 2019

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ÖZET iv
ABSTRACT v
ŞEKİLLER DİZİNİ vi
ÇİZELGELER DİZİNİ vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ viii
1. GİRİŞ 1
2. KOORDİNAT SİSTEMLERİ 2
2.1 Koordinat Sistemlerinin Özellikleri 2
2.2 Kartezyen/Dik Koordinat Sistemi 4
2.3 Kutupsal Koordinat Sistemi 4
2.3.1 Silindirik koordinatlar 5
2.3.2 Küresel koordinatlar 6
2.4 Yükseklik Sistemleri 7
2.4.1 Jeoit ve jeopotansiyel yükseklik kavramı 7
2.4.2 Elipsoit ve elipsoidal yükseklik kavramı 8
2.4.3 Ortometrik yükseklik 9
2.4.4 Jeoid ve elipsoit arasındaki ilişki 9
3. YÖNTEM 12
3.1 Datum Dönüşümleri 12
3.1.1 Datum kavramı 12
3.1.2 Datum dönüşüm yöntemleri 12
3.1.2.1 Tek boyutlu yükseklik dönüşümler 13
3.1.2.2 İki boyutlu dönüşümler 16
3.1.2.3 Üç boyutlu dönüşümler 23
3.2 Dengeleme Modelleri 33
3.2.1 En küçük kareler yöntemi ile dengeleme hesabı 35
3.1.1.1 Klasik uyuşumsuz ölçü testleri 39
3.2.2 Ağ Dengeleme Türleri 42
3.2.2.1 Serbest ağ dengelemesi 42
3.2.2.2 Dayalı ağ dengelemesi 42
4. UYGULAMALAR 44
4.1 İdil-Şırnak İli 44
4.2 GNSS Ölçmeleri ve Değerlendirilmesi 45
4.2.1 Epok hesabı ve noktaların konum değişimleri 46
4.2.2 İki boyutlu koordinat dönüşümü 47
4.3 Yükseklik Ağı Dengelemesi 51
4.3.1 Nivelman Ölçmeleri ve Değerlendirilmesi 51
4.3.2 Yükseklik Ağı Dengelemesi 52
4.3.2.1 Uyuşumsuz ölçü testi 52
4.3.2.2 Dayalı yükseklik ağı dengelemesi 53
4.3.3 Yükseklik Dönüşümü 53
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 56
KAYNAKLAR 58
EKLER 62
EK A. Dayalı dengelemesi sonuçları 63
EK B. Ölçülerin düzeltmeleri 64

EK C. Dengeli Yükseklikler ve Ortalama Hataları 68
EK D. Ölçülerin düzeltmeleri 69
EK E. Uyuşumsuz ölçü testi 73
EK F. Nivelman noktaları elipsoid, ortometrik ve jeoit yükseklikleri 77
EK G. Şırnak iline bağlı dönüşüm uygulama özet raporu 79
EK H. ED50 datumunun parametreleri 80
ÖZGEÇMİŞ 81

YÜKSEK LİSANS TEZİ

2 VE 3 BOYUTLU KOORDİNAT DÖNÜŞÜMLERİ ŞIRNAK İLİ ÖRNEĞİ

Süleyman EVSEN

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hediye ERDOĞAN

ÖZET

Jeodezi alanında gerçekleşen araştırmalarda en büyük önem taşıyan bir faktör olarak kullanılan haritaların bağlı olduğu koordinat sistemlerinden söz edilmesi gerekir. Dolayısıyla, araştırma bölgesine ait olan mevcut harita gibi tüm bilgi ve materyallerin ortak bir referans sistemine dayanması gerekmektedir. Ancak, değişik elipsoit yüzeyi özelliklerini temel alan farklı referanslar nedeniyle, jeodezik çalışmalarında bölgesel veya ülkesel anlamda bilgi üretiminde farklılıklar görünmektedir.

Eğer bir çalışmada farklı datumları temel alarak üretilen haritalar, bir arada değerlendirmeye alınacak olursa, ilk başta iki farklı sisteme bağlı olan verilerinin birbirine dönüştürülmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, ilk olarak uzayda noktaların koordinatlarını belirlemek için kullanılmakta olan çeşitli koordinat sistemleri incelenmiş, ardından jeodezi alanında kullanılmakta olan yükseklik sistemleri jeoit, elipsoit ve ortometrik yükseklik olmak üzere açıklanmıştır.

Ardından, araştırmanın amacı olarak datum dönüşüm yöntemleri, uygulanan dönüşüm modellerin hata hesabı için dengeleme modelleri ve özellikleri sunulmuş, sayısal uygulamalar verilmiştir. Uygulamada, Şırnak-İdil bölgesindeki veriler üzerinde ITRF96 - ED50 dönüşümü gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda iki boyutlu benzerlik ve afin dönüşümü ele alınarak dönüşüm model parametreleri, parametrelere ilişkin hata hesabı ve uyuşumsuzluk ölçü testi sonuçları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Afin dönüşümü, Helmert dönüşümü, Dengeleme, Uyuşumsuz data.

Nisan, 2019; 81 sayfa

M.Sc. THESIS

2 AND 3 DIMENSIONAL COORDINATE TRANSFORMATIONS SAMPLE OF ŞIRNAK

Süleyman EVSEN

Aksaray Üniversity
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geomatics Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Hediye ERDOĞAN

ABSTRACT

In geodesic studies, it is necessary to mention the importance of the corresponding coordinate systems which are used to generate the understudy region's maps. Therefore, all geological information and materials, such as the thematic maps of the research area, should be based on a common reference system. However, due to the applying different references systems based on various ellipsoidal surface characteristics, there are differences in information production in regional or national sense in geodetic studies.

In research studies, in which the maps are taken into consideration together are generated based on the different coordinate datums, those should be converted into each other at first.

In this study, various coordinate systems representing the position of the point in the space were fırst investigated. As well, the elevation systems used in the geodesy researches were illustrated, including, geoid, ellipsoid and orthometric heights.
Finally, as the aim of this research, the models and features of the datum transformation approaches and the corresponding errors through the adjustment assessment of the applied models were presented and numerical applications were given. Meanwhile, as the case study on the region of Şırnak – İdil, ITRF96 - ED50 transformation was performed. In this context, two-dimensional similarity and affine transformation are considered and conversion model parameters and related error calculation were examined.

Keywords: Affine transformation, Helmert transformation, Adjustment, Outlier data.

April, 2019; 81 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. A) Kartezyen (3 düzlem), B) silindirik (2 düzlem ve 1 silindir) ve C) küresel (1 küre +1 düzlem + 1 koni) koordinat sistemleri..... 2
Şekil 2.2. Dik koordinatlarda, P noktasının pozisyonu (xp, yp, zp) koordinat değerleri ile verilir. Kutupsal koordinatlar (kırmızı ile gösterilen) r mesafesini ve φ ve ϑ açılarını kullanır ve nokta P (rp, ϑp, φp) ile temsil edilir..... 3
Şekil 2.3. Dik koordinat sisteminde P noktasının belirlenmesi..... 4
Şekil 2.4. Silindirik koordinat sisteminde P noktasının belirlenmesi, ρ yarıçapında bir silindirdir ve xy düzlemine r vektörünün iz düşüm uzunluğu x eksenine yaptığı açı φz eksenine izdüşümüz 6
Şekil 2.5. Kutupsal koordinat sisteminde P noktasının belirlenmesi..... 7
Şekil 2.6. Çeşitli yer yüzeyleri (aşırı derecede abartılı) ve elipsoidal parametrelerin tanıtımı (H: Ortometrik yükseklik, h: Elipsoit yüksekliği, N: Jeoit yüksekliği) 10
Şekil 3.1. Birbirine eklenmiş koordinat sistemleri: benzerlik dönüşümü uygulanacak iki dik koordinat sistem (x', y') ve (X, Y). θ: iki koordinat sistemi arasındaki dönüklük açısı, TX, TY: öteleme elemanları 17
Şekil 3.2. İlk dönüşüm aşaması (ölçeklendirme ve eğiklik) 20
Şekil 3.3. İkinci dönüşüm aşaması (rotasyon) 21
Şekil 3.4. Üçüncü dönüşüm aşaması (öteleme) 22
Şekil 3.5. İki jeodezik datum arasında datum kaymasının 3 boyutlu gösterimi..... 23
Şekil 3.6. Üç boyutlu Bursa-Wolf modeli 25
Şekil 3.7. Üç boyutlu Molodensky-Badekas model 30
Şekil 4.1. Uygulama alanı - Şırnak ili..... 45
Şekil 4.2. Epok kaydırma sonucu noktaların X,Y ve Z yönlerindeki konum değişimleri..... 47
Şekil 4.3. Nivelman Ağı 51
Şekil 4.4. Serbest ve dayalı dengeleme sonucu nivelman ağı noktalarının hataları..... 53
Şekil 4.5. Jeoit yükseklikleri haritası..... 54
Şekil 4.6. Jeoit yükseklikleri haritası..... 55
Şekil 4.7. Jeoit yükseklikleri haritası arazi durumu..... 55

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Referans elipsoitler ve parametreleri 11
Çizelge 3.1. Dünya üzerinde kullanılan yaygın datum ve bunlara ilişkin parametreler 12
Çizelge 3.2. Tek, iki ve üç boyutlu dönüşüm parametrelerinin birbirine İlişkisi 15
Çizelge 3.3. Klasik uyuşumsuz ölçü test yöntemleri 41
Çizelge 3.4. Dayalı ve serbest dengeleme modellerine ilişkin denklemler 43
Çizelge 4.1. Noktaların GNSS ölçü başlangıç-bitiş zamanları ve dereceleri ... 45
Çizelge 4.2. Uygulama alanındaki noktalara ait epok kaydırma 46
Çizelge 4.3. ITRF-96 ve ED-50 datumunda ortak noktaların jeodezik dik koordinatları. 48
Çizelge 4.4. İki boyutlu Benzerlik dönüşümü parametreleri. 48
Çizelge 4.5. İdil (şırnak) için iki boyutlu dengelemeli benzerlik dönüşümü uyuşumsuz ölçü testi sonuçları. 49
Çizelge 4.6. İki boyutlu Afin dönüşümü parametreleri. 49
Çizelge 4.7. İdil (şırnak) ili iki boyutta dengelemeli afin dönüşümü sonuçları. 50

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

BÖHHBÜY	Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
ED50	European Datum 1950
EKK	En Küçük Kareler
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GRS80	Geodetic Reference System 1980
ITRF	Uluslararası Yersel Referans Ağı
WGS84	World Geodetic Reference System 1984
UTM	Universal Transversal Merkator

1. GİRİŞ

Koordinat kavramı, bir noktanın bir yüzey üzerinde, bir düzlemde veya uzayda yerini bulmaya yarayan doğrusal ve açısal büyüklükler olarak ifade edilebilir. Yeryüzü koordinat sistemleri ile tanımlanır. Bir nesne; üç boyutlu, iki boyutlu veya tek boyutlu bir koordinat sisteminde ele alınabilinir. Ayrıca, bu sistemlere zaman boyutu eklenir.

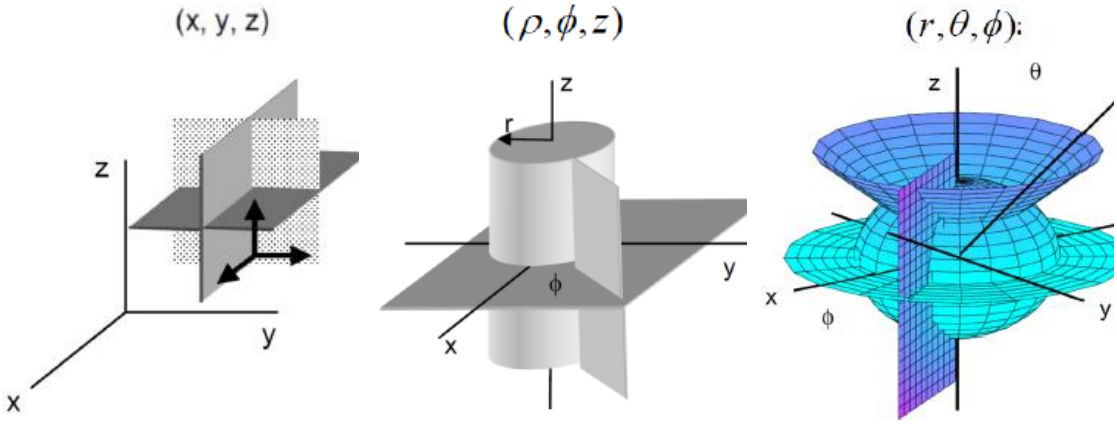
Yeryüzündeki noktaların konumlarının belirlenmesi amacıyla oluşturulan koordinat sistemleri genel olarak "Yersel Koordinat Sistemleri" veya "Coğrafi Koordinat Sistemleri" olarak adlandırılır. Bir koordinat sistemi, orijininin ve eksenlerinin yönelmelerinin belirlenmesi yoluyla tanımlanmaktadır. Yersel koordinat sistemleri için ideal orijin yerin ağırlık merkezidir. Ancak, uydu ve uzay tekniklerinin kullanılmasından önce yerin ağırlık merkezine ulaşım mümkün olamadığından koordinat istemlerinin orijinleri, yer üzerinde belirlenen "datum başlangıç noktası" ile tanımlanmıştır. Bu şekilde çok sayıda datum oluşturulmuştur. Örneğin, Türkiye Ulusal Temel Nirengi Ağının datum başlangıç noktası, Meşedağ (Ankara) alınmıştır (Deniz, 2014).

Günümüzde, uydu ve uzay tekniklerinin kullanılmasıyla, orijini yerin ağırlık merkezi olan yer-merkezcil (jeosentrik) üç boyutlu kartezyen koordinat sistemi oluşturulmuştur. Oluşturulan global üç boyutlu koordinat sistemleri, yerel veya bölgesel koordinat sistemlerinin yerini almıştır.

Farklı koordinat sistemleri arasındaki ilişki koordinat veya datum dönüşüm işlemleri ile ele alınmaktadır. Koordinat veya datum dönüşüm işlemi, bir koordinat sisteminde verilmiş veya hesaplanmış olan nokta koordinatlarının başka sistemdeki karşılıklarının bulunması için kullanılan yöntemler olarak tanımlanmaktadır. Jeodezi uygulamalarında koordinat sistemleri arasında dönüşüm yapmak için, koordinat sistemlerinin özellikleri göz önünde bulundurularak araştırmanın amacı ve yapılacak uygulamaya göre mevcut koordinat dönüşüm yöntemleri arasından seçim yapılmaktadır.

2. KOORDİNAT SİSTEMLERİ

Uzayda bir noktayı göstermek ve vektörleri görselleştirerek daha kolay anlaşılmasını sağlamak için koordinat sisteminden faydalanılır. Verilen bir vektör matematiksel olarak seçilen koordinat sistemi üzerinde bileşenlerine ayrılarak ifade edilir. Uzayda çok sayıda dikgen (orthogonal) koordinat sistemi mevcuttur. Burada dikgen terimi koordinat sistemi içinde her bir noktanın birbirlerine dik üç yüzeyin kesişimi ile tanımlanabileceğini anlatılmaktadır. Elektromanyetik teoride alanları ve dalgaları ifade etmek için kartezyen (cartesian), silindirik (cylindrical) ve küresel (spherical) koordinat sistemlerinden faydalanılır (Şekil 2.1). Verilen bir vektör ifadesi için koordinat sistemleri arasında dönüşüm yapmak mümkündür (Pramanik, 2008).



A B C

Şekil 2.1. A) kartezyen (3 düzlem), B) silindirik (2 düzlem ve 1 silindir) ve C) küresel (1 küre +1 düzlem + 1 koni) koordinat sistemleri.

2.1 Koordinat Sistemlerinin Özellikleri

Bir koordinat sistemi, sistemin orijininin (başlangıç noktası), eksenlerinin yönelmelerinin / dönüklüklerinin ve konum belirleme parametrelerinin belirlenmesi (doğrusal, açısal) yolu ile tanımlanmalıdır.

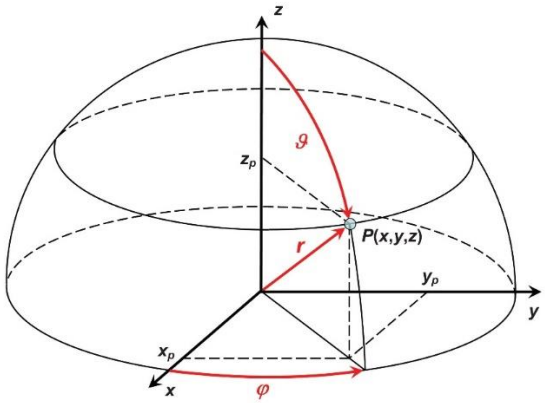
Başlangıç noktası açısından farklı koordinat sistemleri tanımlanmaktadır. Bu doğrultuda koordinat sistemlerine bulunan sınıflandırmalar şöyledir (Doğanalp, 2013):

- Toposentrik (gözlem yeri),
- Jeosentrik (yerin merkezi)

- Helyosentrik (güneşin merkezi)
- Barisentrik (bir grup gök cisminin ağırlık merkezi; örneğin güneş sistemi veya yeryuvarı - ay sistemi gibi)
- Galaktosentrik (samanyolu sisteminin merkezi)

Konum belirleme parametreleri açısından ise dik veya kutupsal koordinat sistemleri tanımlanmıştır. Aslında, yeryüzünde her bir noktanın jeodezik olarak tanımlanabilmesi için esas olarak konumundan bahsedilmesi gerekmektedir. Konumların da anlamlı biçimde tarif edebilmek için ise referans düzlemde ya da başka bir deyişle bir koordinat sistemi içerisinde ifade edilmesi ile mümkündür. Konumu elde etmek için uydu ölçmeleri ya da klasik yersel yöntemleri gibi birçok yöntem kullanılabilir. Konumun hangi parametreleri ile ifade edildiğine göre önemli iki koordinat sistemi ortaya çıkmıştır (Şekil 2.2):

1) Dik Koordinat Sistemi: nokta sistemin orijininden geçen düzlemlere göre dik mesafelerle ifade edilmektedir.
2) Kutupsal Koordinat Sistemi: nokta sistemin nokta-orijin doğrultusundaki uzunluk ve bu doğrultunun bahsi geçen düzlemlerle yapmış olduğu açılarla ifade edilmektedir. Konum doğrultunun düzlemlerle yapmış olduğu açı ve orijine olan uzaklıkla tanımlanır.

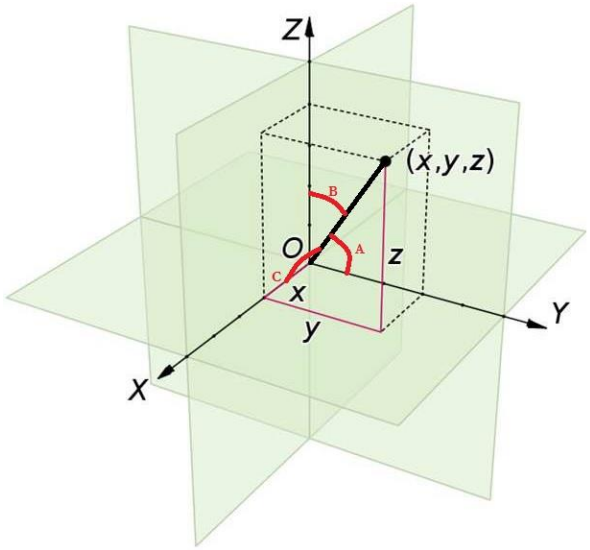


Şekil 2.2. Dik koordinatlarda, P noktasının pozisyonu (x_p, y_p, z_p) koordinat değerleri ile verilir. Kutupsal koordinatlar (kırmızı ile gösterilen) r mesafesini ve φ ve ϑ açılarını kullanır ve nokta P (r_p, ϑ_p, φ_p) ile temsil edilir.

Bir noktanın koordinat değeri hangi sistem üzerinde belirlenirse, diğer sistemdeki eş değerleri veya dönüşmesi hesaplanabilir (Cai vd., 2011; Doğanalp, 2013).

2.2 Kartezyen/Dik Koordinat Sistemi

Kartezyen koordinat sistemi birbirine dik olacak şekilde ve sıfır noktasında birbirini kesecek şekilde yerleştirilmiş iki veya üç sayı doğrusundan oluşur. Kısaca, koordinat eksenlerinin (çizgilerinin) DOĞRU şeklinde olduğu ortogonal (dikey) bir sistemlerdir ve P (x,y,z) noktasını, eksenlere düşen kenar uzunlukları belirlemektedir.



Şekil 2.3. Dik koordinat sisteminde P noktasının belirlenmesi.

$$
\begin{aligned}
OP = \vec{P} &= \sqrt{P_x^{\,2} + P_y^{\,2} + P_z^{\,2}} \\
\operatorname{Cos} A &= \frac{P_x}{\vec{P}} \\
\operatorname{Cos} B &= \frac{P_y}{\vec{P}} \\
\operatorname{Cos} C &= \frac{P_z}{\vec{P}}
\end{aligned}
\qquad (2.1)
$$

2.3 Kutupsal Koordinat Sistemi

Matematikte kutupsal koordinat sistemi veya polar koordinat sistemi, noktaların birer açı ve kutup olarak bilinen bir merkez noktaya olan uzaklıkları ile tanımlanmaktadır. Kutup merkezi dik koordinat sistemindeki orijinin eşdeğeri noktasıdır. Kutupsal koordinat sistemi, matematik, fizik, mühendislik, denizcilik, robot teknolojisi gibi

birçok alanda kullanılır. Bu sistem özellikle, iki nokta arasındaki ilişkinin açı ve uzaklık ile daha kolay ifade edilebildiği durumlar için kullanışlıdır. Hâlbuki kartezyen/dik koordinat sisteminde, böyle bir ilişki ancak trigonometrik formüller ile bulunabilir. Dolayısıyla, kutupsal denklemler, çoğu eğri tipi için en kolay, bazıları içinse yegâne tanımlama yöntemidir.

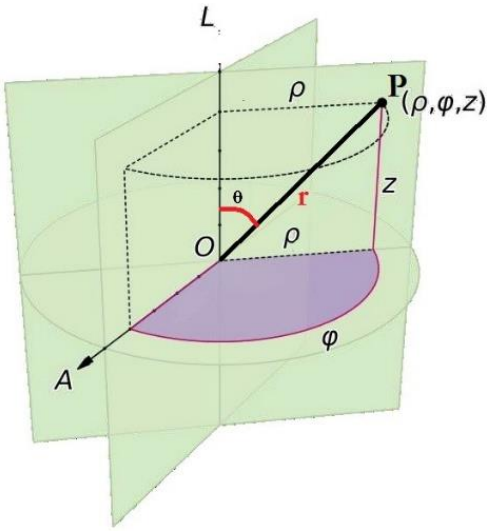
Kutupsal koordinat sisteminin kartezyen/dik koordinat sisteminde bulunmayan bir önemli özelliği bulunmaktadır. Böylece belli bir nokta bu sistem üzerinde, sonsuz sayıda farklı koordinat ile belirtilebilmektedir. Mesela iki boyutlu kutupsal koordinat sistemde, genel olarak, n herhangi bir tamsayı olmak üzere, herhangi bir (r, θ) noktası $(r, \theta \pm n\times360°)$ veya $(-r, \theta \pm (2n + 1)180°)$ olarak gösterilebilir. Eğer bir noktanın r koordinatı 0 ise, o nokta θ koordinatından bağımsız olarak orjin üzerinde bulunur.

Kutupsal sistemde açılar, genel olarak derece ya da radyan cinsinden ifade edilir ve bunun için de 2π rad = 360° dönüşümü kullanılır. Seçim çoğunlukla ihtiyaca bağlıdır. Denizcilik uygulamalarında derece ölçüsü kullanılırken, özellikle dönüş mekaniği gibi bazı fizik uygulamalarında ise dairenin çevresinin (c) yarıçapına (r) oranına dayanan radyan ölçüsü kullanılır ($c = 2\pi r$).

Kutupsal koordinat sistemi, biri silindirik koordinat sistemi ve diğeri de küresel koordinat sistemi olmak üzere, iki farklı koordinat sistemi ile üç boyuta genişletilir. Her iki sistem de iki boyutlu kutupsal koordinatları bir alt küme olarak kullanır.

2.3.1 Silindirik koordinatlar

Silindirik koordinat sistemi, düzlemden ayrı duran bir noktanın düzleme olan yüksekliğini ölçebilecek üçüncü bir koordinatı iki boyutlu kutupsal koordinat sistemine ekleyerek elde edilir. Bu, Kartezyen koordinat sistemini üç boyuta genişletmek için kullanılan yönteme benzer bir yöntemdir. İki boyutlu kutupsal koordinat düzlemine dik duran ve kutup noktasından geçen üçüncü koordinat, genellikle z ile gösterilir. Buna göre de üç silindirik koordinat (r, θ, z) yazımı ile ifade edilir. Silindirik koordinatların kartezyen koordinatlara dönüşümü şu şekilde olur (Akhade ve Muniyappanavar, 2014):

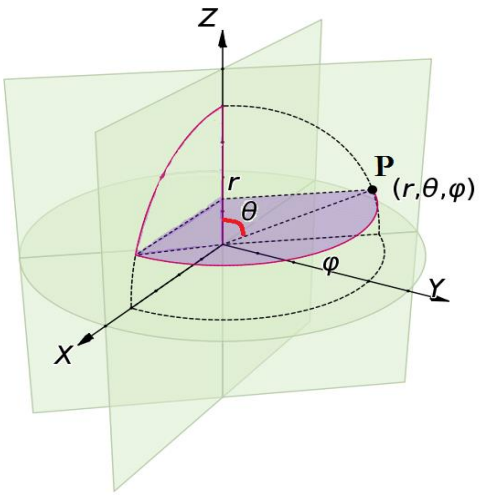


Şekil 2.4. Silindirik koordinat sisteminde P noktasının belirlenmesi, ρ yarıçapında bir silindirdir ve xy düzlemine r vektörünün iz düşüm uzunluğu x eksenine yaptığı açı φz eksenine izdüşümüz.

$$\begin{aligned} \rho &= r\sin\theta \\ x &= \rho\cos\varphi \\ y &= \rho\sin\varphi \\ z &= r\cos\theta \end{aligned} \tag{2.2}$$

2.3.2 Küresel koordinatlar

Kutupsal koordinatlar, (r, θ, φ) koordinatları kullanılarak da üç boyuta genişletilebilir. Burada; r, orjin noktasından olan uzaklık veya yarıçap uzunluğu, θ, z ekseninden olan açı (aynı zamanda "eş enlem" (colatitude), "zirve" (zenith); 0-180° arası ölçülür), azimut açı φ, kutupsal koordinatlardaki gibi, x ekseninden olan açıdır. ρ, r vektörünün xy düzlemindeki izdüşüm vektörüdür. Küresel koordinat sistemini oluşturan üç koordinatın, Kartezyen sisteme dönüşümü şu şekildedir (Akhade ve Muniyappanavar, 2014).



Şekil 2.5. Kutupsal koordinat sisteminde P noktasının belirlenmesi.

$$
\begin{aligned}
x &= r\sin\theta\cos\varphi \\
y &= r\sin\theta\sin\varphi \\
z = r\cos\theta \quad & r = \sqrt{x^2+y^2+z^2} \\
\theta &= \tan^{-1}\frac{\sqrt{x^2+y^2}}{z} \\
\varphi &= \tan^{-1}\frac{y}{x}
\end{aligned}
\tag{2.3}
$$

2.4 Yükseklik Sistemleri

2.4.1 Jeoit ve jeopotansiyel yükseklik kavramı

Geometrik cisimlerin yüksekliğini üçüncü boyutları olarak belirlemek için, yükseklik düzeyinin sıfır noktası veya başlangıç yüzeyinin tanımlanması ve buna dik doğruların belirlenmesi gerekmektedir. Yeryüzü noktalarının en kolay belirlenebilen çekül doğrultuları olduğundan dolayı, yükseklik belirlemede tercih edilmektedir. Bu doğrultulara dik sıfır yükseltili yüzey ise belirlenmesi jeodezinin temel görevlerinden biri olan jeoit yüzeyidir (Ayan, 1978; Çorumluoğlu vd., 2005; Fraczek, 2003).

Jeoit; klasik olarak, tüm etkilerden arındırılmış ortalama (durgun) okyanus yüzeyi ile oluşan eş potansiyelli yüzeyin karaların altında da devam ettiği düşüncesiyle elde edilen kapalı bir yüzey olarak tanımlanmaktadır. Jeoit yerin gerçek şekli olarak isimlendirilir ve tanımlanan referans elipsoidinden olan yükseklik farkı (jeoit yüksekliği, jeoit ondülasyonu) ile ifade edilir. Jeoit yüksekliği genel olarak yersel

ölçüler, uzaysal ölçüler ve bunların kombinasyonu ile matematiksel olarak belirlenebilir (Çorumluoğlu vd., 2005; Direnç vd., 2012; Fraczek, 2003).

Jeoit, ortalama deniz seviyesine (okyanuslardaki gelgitler ve diğer dinamik etkileri görmezden gelmektedir) en iyi uyan eş potansiyel yüzeydir (sabit yerçekiminin yüzeyi). Dünyanın kara kısmına yayılmış ideal ortalama deniz seviyesi olarak düşünülmektedir. Jeoid düzensiz bir şekle sahip olmaktadır ve navigasyon hesaplamaları için gereken basit analitik ifadeyi sağlamaz (Noureldin vd., 2013).

Jeoid yüzeyini belirlemek için en önemli faktör olarak, g gravite veya yerçekimi kuvvetinden söz etmek gerekir. Yerçekimi kuvvetin yönü yeryüzündeki her bir nokta için çekül doğrultusundadır. Bu kavramda, $|g|$ parametresine gravite büyüklüğü adı verilmekte olup ve fiziksel yeryüzünde dayalı belirlenmektedir. Gravite büyüklüğü ekvatordan ($g_{ekv} \cong 978 gal(cm/sn^2)$) kutuplara ($g_{ekv} \cong 983 gal(cm/sn^2)$) doğru merkezkaç kuvvetinin azalmasından dolayı giderek artar. Böylece, jeoid yüzeyini belirleyen faktör sadece yeryuvarının çekim kuvveti olmamakta ve aslında merkezkaç kuvvetinin çekim kuvveti ile olan bileşkesi de jeoidi belirlemekte önemli faktörlerden biridir (Üstün, 1996).

Jeoidin denklemini açıklamak için ağırlık kuvveti ve onun potansiyeli kullanılmaktadır. Bu doğrultuda, kütle yoğunluğu sürekli olduğu sürece jeoidin eğriliği de sürekli olacaktır. Oysa yer kütlesinin yoğunluğunun ani değişiklik gösteren bölgelerde jeoidin eğriliği de dolaylı olarak aniden değişmektedir. Bu sebeple jeodezi uygulamalarında jeoit yüzeyi üzerinde hesaplamalar olanaksız olmaktadır (Üstün, 1996).

2.4.2 Elipsoit ve elipsoidal yükseklik kavramı

Çeşitli doğa olaylarının etkisi ile yeryüzünü matematiksel olarak ifade edilebilmek ve gözlemlerin koordinat sistemlerinde değerlendirilmesi zordur (Üstün, 1996). Yer tam bir küre veya oval olarak kabul edilmemektedir. Dolayısıyla, bilişimsel ve hesaplama işlemlerinde kolaylık sağlamak için bir elipsoitle yaklaştırılır (Noureldin et al., 2013). Böylece, biçimsel olarak yeryuvarı homojen olmayan bir dönel elipsoide benzetilmektedir. Yeryuvarı yerine kutuplarda basık bir meridyen elipsinin kendi etrafında döndürülmesiyle oluşan dönel elipsoit veyapılan hesaplarda bu yüzeye

dayandırılması nedeniyle yapay koordinat sistemlerinin de elipsoide göre tanımlanması gerekmektedir (Üstün, 1996). Elipsoit yüksekliği fiziksel bir değer taşımaz ve yerin gerçek gravite alanı ile ilgili olmayıp tamamen geometrik bir değerdir (Akiz ve Yerci, 2009).

Matematiksel olarak tanımlanmış olan elipsoit yüzeyi, jeoit yüzeyini bir elipsoitle yaklaştırılır ki bir elipsin küçük ekseni etrafında dönmesinden ortaya çıkmaktadır, bu eksen ise yerin ortalama dönme ekseni ile çakışmaktadır. Elipsoidin merkezi, yerin kütle merkezi ile çakışmaktadır (Noureldin vd., 2013).

2.4.3 Ortometrik yükseklik

GNSS gözlemleri aracılığıyla noktaların varsayılan datumundaki elipsoidal yükseklikleri elde edilmektedir. Ama pratik haritacılık uygulamalarında ise ortometrik yükseklikler kullanılmaktadır. Elipsoidal yükseklikler üzerinden ortometrik yüksekliklere geçiş yapmak için jeoit ondülasyon işlem uygulaması gerekmektedir (Yiğit, 2003).

Jeodezik anlamda yeryüzü noktasının ortometrik yüksekliği, o noktaya dayalı çekül doğrultusunda jeoit yüzeyine olan uzaklığı olarak tanımlanmaktadır. Ortometrik yüksekliği geometrik bir anlamdan ziyade bir fiziksel ifade taşımaktadır. Yerküresinin kıtalar altı gidişi veya yüzeyi bilinmediğinden dolayı, noktaların ortometrik yüksekliğini doğrudan belirlemek olumsuz gözükmektedir (Üstün, 1996; Yiğit, 2003).

2.4.4 Jeoid ve elipsoit arasındaki ilişki

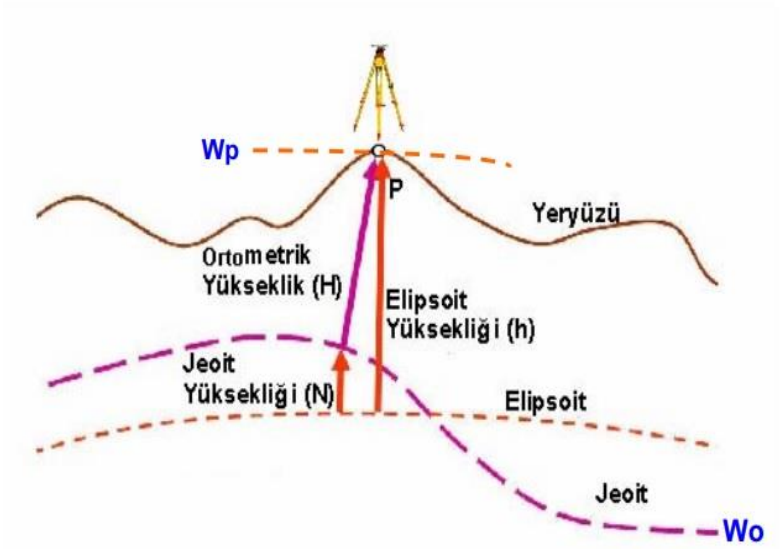
Jeoit ve elipsoit yükseklikleri, yanı sıra ortometrik yüksekliği ile olan ilişkileri Şekil 2.6'da gösterilmektedir. Elipsoit, navigasyon amaçları doğrultusunda çalışmak için analitik olarak en uygun yüzeydir. Şekil ve biçiminin belirlenmesi için iki küçük yarı ekseni (semiminor axis) ve büyük yarı ekseni (semimajor axis) olan jeometrik parametreleri kullanılır. Bu parametreler Şekil 2.6'da tipik olarak, Ekvatordaki yarıçap (a), Kutup yarıçapı (b) ve Basıklık (f) ile temsil edilmiştir. Yer için tanımlanan elipsoitler kutuplardan basık (oblate ellipsoid) elipsoittir. Basıklık kavramını ifade eden (f) parametresi aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Noureldin vd., 2013):

$$f = \frac{a-b}{a} \tag{2.4}$$

Jeoid yüksekliği N, elipsoidin yüzeyinden jeoide elipsoid normali boyunca çekül eğrisi boyunca mesafedir. Ortometrik yüksekliği H, jeoitten ilgilenilen noktaya olan mesafedir. Elipsoit yüksekliği h ; jeoid yüksekliği ve ortometrik yüksekliklerinin toplamı ile elde edilmektedir (h = H + N) (Noureldin vd., 2013).

Uygulamada, geometrik nivelman ölçülerine dayalı olarak hesaplanan ortometrik yükseklikler kullanılır. Elipsoit yüksekliği (h), GNSS ölçüleri ile üç boyutlu yer merkezli bir koordinat sisteminde seçilen başlangıç elipsoidine göre belirlenmektedir (Akiz ve Yerci, 2009).

Bu konuyla ilgili başka bir kavram, datum kavramıdır. Kısaca, haritası yapılacak yeryüzü alanları için tanımlanan elipsoid parametrelerine, yani yeryüzünde bulunan herhangi bir noktanın tanımlanması için kullanılacak referans koordinat sisteminde kabul edilen başlangıca datum denir (Akiz ve Yerci, 2009; Noureldin vd., 2013). Elipsoidi modellemek için çeşitli parametre setleri tanımlanmıştır (Noureldin vd., 2013). Yaygın olarak kullanılan elipsoit parametreleri Çizelge 2.1' de özetlenmiştir.



Şekil 2.6. Çeşitli yer yüzeyleri (aşırı derecede abartılı) ve elipsoidal parametrelerin tanıtımı (H: Ortometrik yükseklik, h: Elipsoit yüksekliği, N: Jeoit yüksekliği).

Çizelge 2.1. Referans elipsoitler ve parametreleri (Demirtaş, 2006; İlvan, 2014).

Referans Elipsoidi	Büyük Yarı Eksen	Küçük Yarı Eksen	Basıklık (1/f)	Genel Kullanıcı
International 1924 (Hayford)	6378388 m	6356911.9460 m	1/297	Most of the World
Geodetic Reference System 1980 (GRS 80)	6378137 m	6356752.3141 m	1/298.257222101	Worldwide
World Geodetic System 1984 (WGS 84)	6378137 m	6356752.3142 m	1/298.257223563	Current Worldwide
Clarke 1866	6378206.4 m	6356583.8 m	1/294.9786982	North America

3. YÖNTEM

Yukarıda bahsedildiği gibi yeryuvarının fiziksel nitelikleri nedeniyle, jeodezi hesaplamalarda bir hesap yüzeyi olarak kullanılamamaktadır. Dolayısıyla, yardımcı yüzeylerin tanımlamasını gerektirmiş, genel veya yerel olarak yeryuvarına uyan dönel elipsoit boyutları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu esas da ise elipsoidin boyutlarının belirlenmesi kadar, çalışma amacına göre yeryuvarına bağlı olarak konumlandırılması da datum kavramının açıklanmasını gerektirmektedir. Buna bağlı olarak üretilen veriler de seçilen sistemlerin datumunu taşırlar (Üstün, 1996).

3.1 Datum Dönüşümleri

3.1.1 Datum kavramı

Datum kavramının sözlük karşılığı şöyle verilmiştir 'Diğer niceliklerin hesaplanabilmesi için referans veya temel oluşturan bir grup ya da herhangi bir niceliktir. Kullanılan bir koordinat sistemini belirlemek için gereken tüm nicelikleri içeren bir referanstır. Jeodezik kontrol için kullanılan koordinat sistemini belirten bir sabitler setidir' (Hüsrevoğlu ve Tuşat, 2018). Yaygın olarak kullanılan datum ve ilişkin parametreleri Çizelge 3.1' de özetlenmektedir.

Çizelge 3.1. Dünya üzerinde kullanılan yaygın datum ve bunlara ilişkin parametreler

Datum	Yer / Bölge	Merkez	Elipsoit
WGS 1984	Global	Dünyanın kütle merkezi	WGS 84
NAD 1983	Kuzey Amerika (Global)	Dünyanın kütle merkezi	GRS 80
NAD 1927	Kuzey Amerika (Yerel)	Meades Ranch (Nokta)	Clarke 1866
Avrupa 1950 (ED-50)	Avrupa, Ortadogu, Kuzey Afrika (Yerel)	Postdam (Nokta)	Uluslararası (1924)

3.2.2 Datum dönüşüm yöntemleri

Özet olarak, koordinat sistemlerinin arasındaki fark datum parametrelerinden kaynaklanmaktadır. Böylece, aynı elipsoidi kullanılmasına rağmen farklı datum parametreleri kullandıklarından dolayı farklı koordinat sistemleri tanımlanmaktadır. Örneğin, aynı elipsoit yanı sıra farklı datumlara sahip olan "Türkiye Ulusal Datumu" ve "Avrupa Datumu" tanımlamaları kullanılmaktadır (İlvan, 2014).

Değişik uygulamalar için örneğin, mühendislik projeleri veya kurumların imar planı, kullanılan koordinat sistemlerinde farklı datum tanımlamak durumunda kalınmıştır. Dolayısıyla, bu farklı datumlar üzerinde belirtilmiş olan verileri birlikte başka ve ortak bir projede kullanabilmek adına, bunların yeniden konumlandırılıp tanımlanması gerekmektedir. Bu sebeple koordinat sistemi dönüşümü ya da datum dönüşümü kavramı ortaya çıkmıştır (İlvan, 2014).

Datum dönüşümü, nokta koordinatlarının bir datumdaki bilgilerini ikinci bir datum veya koordinat sisteminde ifade edilmesi için aktarma işi ve bu dönüşüm için kullanılan matematik formüller olarak tanımlanmaktadır (Üstün, 1996).

Datum dönüşümünün sözlük karşılığı şöyle verilmiştir: 'Farklı datumların nirengi ağları arasındaki bitişiklik ve örtüşme farklılıklarının sistematik olarak elimine edilmesi ve ağların döndürülerek, ölçeklenerek, merkezlerinin taşınarak birbirleri ile uygun hale getirilmesi işlemine datum dönüşümü denir' (Hüsrevoğlu ve Tuşat, 2018).

Dönüşüm sırasında korunması talep edilen objenin özellikleri bağlamında çeşitli datum dönüşüm yöntemleri geliştirilmiştir. Bu araştırmada mevcut datum dönüşüm yöntemlere değinilecektir. Bu yöntemler genel olarak afin ve benzerlik datum dönüşüm yöntemleri olarak çalışmanın devamında özetlenmektedir.

3.2.2.1 Tek boyutlu yükseklik dönüşümler

Yeryüzünün her bir noktada olan yükseklik parametresini belirlemek için fiziksel ya da geometrik anlamda bir başlangıç yüzeyinin tanımlanması gerekmektedir. Bu doğrultuda, yükseklikler için referans yüzeyi olarak jeoit veya elipsoit yüzeyi kullanılmaktadır (Üstün, 1996). Böylece, yeryüzünde her bir nokta için farklı fiziksel (jeopotansiyel ve dinamik yükseklikler gibi) veya geometrik (normal, ortometrik ve elipsoidal yükseklikler gibi) büyüklükleri tanımlanmaktadır (İnal ve Yiğit, 2004; Üstün, 1996).

Jeodezik alanında bulunan çalışmalarda çoğunlukla jeoide dayanan ortometrik ve elipsoide dayanan elipsoidal yükseklik parametreleri kullanılmaktadır. Bu kapsamda, jeoidin elipsoitten sapma durumu ondülasyon veya jeoit yüksekliği anlamında tanımlanmaktadır. Bu yüzden, ortometrik yükseklikleri belirlemek için GNSS

uyduları ile elde edilen elipsoidal yükseklikler arasındaki ilişki jeoit yükseklikleri yardımıyla sağlanır (Üstün, 1996).

Önceden bahsedildiği gibi, elipsoidal yükseklik (h), ortometrik yükseklik (H) ve jeoit yükseklik (N) arasında Şekil 2.6'da belirtildiği gibi (h = H + N) şeklinde bir bağıntı bulunmaktadır. Bu ilişki yükseklik sistemlerini birbirine bağlamak için kullanılmaktan ziyade, jeodezideki uygulamalarda üç boyutlu veya tek boyutlu dönüşüm işlemlerinde aynı referansa dayalı yükseklik bilgilerini sağlamaktadır (Üstün, 1996).

GNSS uydu cihazlarından elde olunan veriler, referans elipsoidine dayalı olarak dönüştürülecek noktaların yüksekliklerinin de aynı referansa koordinat sistemine taşınması gerekmektedir. Avrupa Datumu 50'de kullanılan yatay koordinatlar Hayford elipsoidine bağlı ama yükseklikten bağımsız UTM koordinatları olmaktadır. Bu doğrultuda, bu koordinatlara ortometrik yükseklikler eklenerek ED50 oluşturulmuştur. Dolayısıyla, GNSS datumundan üç boyutlu dönüşüm yardımıyla yersel bir datuma geçmek durumunda, ED50' nin ortometrik yüksekliklerinden, kullanılan elipsoide dayalı elipsoidal yüksekliklere geçilmek gerekmektedir. Bu işlem sonucunda, dönüşüm prosedürü mümkün hale gelecektir. Ama bu kavramda, ortometrik yüksekliklerden elipsoidal yüksekliklere geçişte jeoit ondülasyonlarının doğruluklarının yüksek olmasını dikkate almak gerekmektedir. Bu nedenle de, doğruluğu yüksek olan jeoit tanımına ihtiyaç duyulmaktadır (Üstün, 1996). Yükseklik dönüşümleri iki kategoride dikkate alınabilir.

Yükseklikler yardımıyla dönüşüm: Tek boyutlu yükseklik dönüşümleri sembolik olarak iki boyutlu ve üç boyutlu dönüşümlerden elde edilmektedir. Bu kapsamda, iki boyutlu dönüşüm parametrelerini üç boyutlu dönüşüm parametrelerinden çıkarılarak tek boyutlu dönüşüm parametreleri elde edilmektedir. Çizelge 3.2' den de anlaşıldığı gibi, tek boyutlu yükseklik parametreleri, kuzey-güney ve doğu-batı ekseni üzerindeki iki dönüklük parametresi ve düşey koordinatından oluşmaktadır. Dolayısıyla, dönüşümün bilinmeyen parametreleri ölçüm yapılan üç noktanın yükseklik büyüklüğü yardımıyla belirlenebilmektedir (Üstün, 1996).

Çizelge 3.2. Tek, iki ve üç boyutlu dönüşüm parametrelerinin birbirine ilişkisi

Boyut	Öteleme parametreleri			Ölçek	Dönüklük parametreleri		
3 Boyutlu	X_0	Y_0	Z_0	s	ε_x	ε_y	ε_z
2 Boyutlu	X_0	Y_0	--	s	--	--	ε_z
1 Boyutlu			Z_0		ε_x	ε_y	

Örnek olarak, bir GNSS ağının üç noktası için ortometrik ve elipsoidal yüksekliklerinin bilindiğini varsayalım. Elipsoidal yüksekliklerini bir jeoit modelini kullanarak yaklaşık yükseklikleri elde edilerek dönüşüm gerçekleşebilir. Genelde, jeoit modelindeki hatalar ve GNSS sonuçlarındaki sistematik hatalar yüzünden, ortometrik yükseklik (H_i) ve onun yaklaşık değeri ($\widehat{H}_i$) arasında sapmalar ortaya çıkmaktadır. Bu farklılıklar denklem (3.1) 'deki matematiksel model ile verilmektedir. Bu bağıntıda, dH düşey yönde öteleme büyüklüğü, ε_x ve ε_y ise sırasıyla *X* ve *Y* eksenleri etrafındaki dönüklükleri göstermektedir (Üstün, 1996).

$$H_i - \widehat{H}_i = dH - Y_i d\varepsilon_x + X_i d\varepsilon_y \tag{3.1}$$

Yükseklik farklarının kullanıldığı dönüşüm: Yukarda belirttiğimiz gibi, jeoit yüksekliklerinin belli olduğu takdirde, GNSS uydu sistemlerinden elde edilen elipsoit yüksekliklerine karşın ortometrik yüksekliklere dönüştürülebilir. Eğer uygulamalarda noktaların yükseklik değişiklikler tek değer konusu olan parametre olursa, örneğin petrol platformlarındaki çökme oranı, bağıl yükseklikler ile ilgilenilmesinden dolayı, iyi bilinen bir jeoidin kullanma gerekçesi azalır. İki nokta için ortometrik yükseklik denklemini (3.2)' deki gibi yazarak, yükseklik farklılıkları, denklem (3.3)'de olduğu gibi yazılabilir (Üstün, 1996).

$$\begin{aligned} H_1 &= h_1 - N_1 \\ H_2 &= h_2 - N_2 \end{aligned} \tag{3.2}$$

$$H_2 - H_1 = (h_2 - h_1) - (N_2 - N_1) \tag{3.3}$$

Bu denklemde jeoit yüksekliklerinin farkı duruma göre değerlendirilebilir. Dolayısıyla, küçük bölgede gerçekleşen araştırmalarda jeoit yükseklikleri yaklaşık eşit kabul edilirse (N_2 - N_1) farkı göz ardı edilebilir. Araştırma alanı büyük olursa, yaklaşık jeoit ondülasyon değerleri kullanılabilir.

3.2.2.2 İki boyutlu dönüşümler

Birçok uygulama ve mühendislik alanında yaygın olarak kullanılmakta olan iki boyutlu koordinat dönüşümleri arasında en çok kullanılanı, benzerliği koruyan ve adını da buradan alan benzerlik (Helmert) dönüşümü ve diğeri ise, paralelliği koruyan afin dönüşümüdür. Bu dönüşümlerden hangisinin tercih edileceği genellikle çalışmada elde olan ön bilgiler ve sezgisel düşüncelere bağlı olarak yapılmaktadır (Kurt, 2002).

Jeodezide kullanılan dönüşüm yöntemleri, iki sistem koordinatları arasında geçiş modelinin bilinmesi veya yeteri kadar eşlenik nokta koordinatlarından yararlanarak elde edilen dönüşüm parametreleri yardımıyla uygulanmaktadır. Bu dönüşüm uygulamasında, araştırmanın amacı ve her iki sistemde koordinatları belli nokta sayısına bağlı olarak benzerlik veya afin dönüşüm yöntemleri kullanılmaktadır (Başçiftçi ve Inal, 2008). Çalışmanın devamında iki boyutlu benzerlik (Helmert) dönüşümü ve iki boyutlu afin dönüşüm yöntemleri açıklanmıştır.

İki boyutlu benzerlik (Helmert) dönüşümü: Objeler arasında benzerliği korumakla şartlandırılmış iki dik koordinat sistemi arasında gerçekleştirilen doğrusal bir dönüşüm yöntemidir. Bir noktanın her iki sistemdeki koordinatları benzerlik dönüşümü yöntemiyle öteleme, döndürme ve ölçek yardımı ile gerçekleştirilir. Bu yöntemlerde şekiller dönüşüm sonrası esas şekle olan benzerliği korumaktadır ve açılar dönüşüm sonrası değişmemektedir (Başçiftçi ve Inal, 2008; Kurt, 2002; Ünsal, 2009).

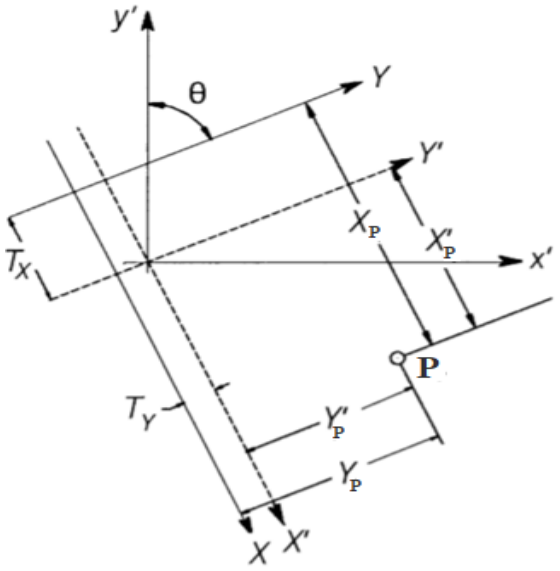
Helmert dönüşümü olarak da bilinen benzerlik dönüşümünde, birer ölçek ve dönüklük ve iki öteleme olmak üzere toplam dört parametre belirlenmesi gerekmektedir. Bu dört parametrenin çözümü için her iki sistemde koordinatları bilinen en az iki ortak nokta koordinatlarının bilinmesine ihtiyaç bulunmaktadır. Ortak nokta sayısına bağlı olarak, farklı çözümler, dönüşüm parametrelerini kestirmek için kullanılabilir. Objelerin şekillerinin benzerliğini koruyan benzerlik dönüşümünün özellikleri şöyle özetlenebilir (Başçiftçi, 2008):

1) Düzgün geometrik şekillerin alanları aynı oranda küçülür ya da büyür,
2) Şekiller dönüşümden sonra esas şekle benzer,

3) Açıların mutlak değerleri değişmez kalır.

Dolayısıyla, dönüşüm sonrası semt, kenar değerleri iki koordinat sistemi arasında farklı değerlere sahiptirler. Ancak objelerin şekli ve kırılma açıları korunduğundan, şekiller iki koordinat sisteminde birbirinin benzeridir. Ayrıca, dönüşüm sonrası şartlandırılmış objeler arası benzerlik nedeniyle, kenarlar iki sistem arasında sabit bir ölçek katsayısı oluşturmaktadır. Kısaca, yeni sistemde koordinatları elde etmek için, başlangıç noktasında ötelemek, eksenlerde dönüklük ve belirli bir ölçek katsayısı ile çarpmak gerekmektedir (Başçiftçi, 2008).

Bu yöntemde, ölçek ve dönüklük için birer parametre ve öteleme için iki parametrenin belirlenmesi gerekli olduğundan, 4 - parametreli benzerlik dönüşüm yöntemi olarak da adlandırılmaktadır (Ghilani, 2017).



Şekil 3.1. Birbirine eklenmiş koordinat sistemleri: benzerlik dönüşümü uygulanacak iki dik koordinat sistem (x', y') ve (X, Y). θ: iki koordinat sistemi arasındaki dönüklük açısı, TX, TY: öteleme elemanları.

Bu durumda, iki boyutlu konformal dönüşüm sistemi veya 4- parametreli benzerlik dönüşümü üç aşamada elde edilmektedir (Ghilani, 2017):

1) Ölçeklendirme, objelerin uzunluğu iki koordinat sisteminde de aynı boyutlara sahip olması için, *x'y'* koordinatları, bir ölçek faktörü (*s*) ile çarpılmalı, böylece ölçeklenmiş *X'Y'* koordinatları elde edilir (3.4).

$$X'=sx' \qquad (3.4)$$
$$Y'=sy'$$

2) Dönüklük, iki sistemdeki referans eksenlerinin paralel duruma getirmek için kullanılmaktadır. Şekil 3.1' de $x'y'$ koordinat sistemi, ölçeklenmiş $X'Y'$ koordinat sistemi üzerine eklenmiştir. Dönüklük açısı y' ve Y eksenleri arasında θ ile gösterilmiştir. Bu dönüklüğün etkisini incelemek için, orijini $x'y'$ sistemiyle aynı olacak şekilde, bir $X'Y'$ sistemi XY sistemine paralel yapılmaktadır. Dönüklük sonucu (X', Y') koordinatları her bir nokta için $x'y'$ koordinatına bağlı olarak denklem (3.5) ile hesaplanmaktadır.

$$X' = x'\cos\theta - y'\sin\theta \qquad (3.5)$$
$$Y' = x'\sin\theta + y'\cos\theta$$

3) Öteleme, iki koordinat sistem için ortak başlangıç noktası bulmak için kullanılmaktadır. En son XY sistemindeki koordinatları elde edebilmek için $X'Y'$ sisteminin orijin noktasını, XY sistemine ötelemek gerekir. Şekil 3.1' de, bu işlem T_X ve T_Y ofset parametrelerini ekleyerek elde edilir.

$$X = X' + T_X \qquad (3.6)$$
$$Y = Y' + T_Y$$

Eğer(3.4), (3.5) ve (3.6) denklemleri birleştirilirse, tek bir dönüşüm denklemi elde edilir ve iki koordinat sistemi için noktaların koordinat dönüşümünü yapılır.

$$X = (s\cos\theta)x' - (s\sin\theta)y' + T_X \qquad (3.7)$$
$$Y = (s\sin\theta)x' + (s\cos\theta)y' + T_Y$$

Eğer $s\cos\theta = a$, $s\sin\theta = b$, $T_X = c$, ve $T_Y = d$ olarak tanımlanır ve düzeltmelerde eklenirse, denklem (3.7) aşağıdaki gibi yazılır.

$$ax' - by' + c = X + v_x \qquad (3.8)$$
$$ay' + bx' + d = Y + v_y$$

Eşitlikteki a, b, T_X, T_Y katsayıları dönüşüm parametrelerini oluşturur. Bu dönüşümde s ölçek katsayısı ve iki dik koordinat sistemi arasındaki θ dönüklüğü, parametreler cinsinden denklem (3.9) deki gibi hesaplanır.

$$\text{Ölçek katsayısı:} \quad s = \sqrt{a^2 + b^2}$$
$$\text{Dönüklük açısı } \theta\text{:} \quad \tan\theta = \frac{a}{b} \tag{3.9}$$

İki boyutlu benzerlik dönüşümünde birer ölçek ve dönüklük ve iki öteleme (toplam 4) parametreden oluşan dönüşüm modelinin çözümü için her iki sistemde koordinatları belli olan en az iki ortak nokta koordinatlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Eğer ortak noktaların sayısı ikiden fazla ise dönüşüm parametreleri en küçük kareler yöntemi gibi yaklaşımlarla hesaplanır (Subaşı, 2014).

İki boyutlu afin dönüşümü: Koordinat dönüşüm uygulamalarında sıkça kullanılan benzerlik dönüşümüne karşılık, kartoğrafya ve fotogrametri uygulamalarında doğrusal bir dönüşüm yöntemi olarak afin dönüşümü kullanılmaktadır. Bu dönüşüm yönteminde, bilinmeyen sayısı altıya çıkar ve bu parametreleri belirlemek için her iki sistemde koordinatları belli olan en az üç ortak noktanın koordinatlarının bilinmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Aynı şekilde, ortak nokta sayısı daha fazla olursa dönüşüm parametrelerini kestirmek için yine en küçük kareler yöntemi gibi çözümler uygulanarak dönüşüm parametreleri hesaplanır (Başçiftçi ve Inal, 2008; Ünsal, 2009).

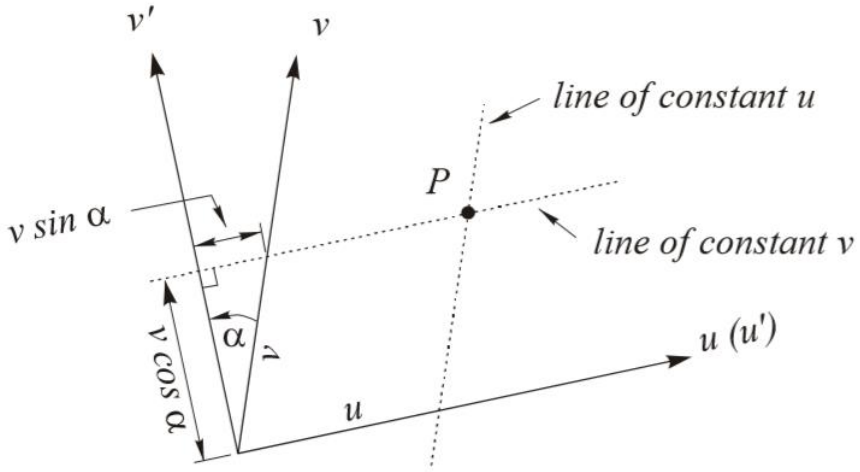
İki boyutlu dönüşüm yöntemleri arasında en yaygın olarak kullanılan modeller arasında dört parametreli benzerlik dönüşümü ve 6 parametreli afin dönüşümünden söz edile bilir (Gao, 2017). Bu yüzden çalışmanın devamında 6 parametreli afin dönüşüm modeli sunulmaktadır.

Altı parametreli afin dönüşüm yönteminde her iki koordinat ekseni iki farklı α ve β açısı ile döndürülür, aynı zamanda iki farklı ölçek düzeltmesi T_H ve T_R ile ölçeklenir. Orijin noktası her iki koordinat yönünde iki dönüşüm parametresi ile konumunu değiştirir. Altı parametreli afin dönüşümü, orijinal açıların veya uzunlukların değişmesine neden olur. Buna rağmen, eş-doğrusallık ve uzaklık oranları dönüşüm sonrası korunur. Altı parametreli afin dönüşümü bu denklemlerle ve eşdeğer matris formunda özetlenebilir (Gao, 2017).

$$\begin{aligned} X &= ax - by + c \\ Y &= ay + bx + d \end{aligned} \quad \text{veya} \quad \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ d & e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c \\ d \end{bmatrix} \tag{3.10}$$

Varsayımların genel durumunu göz önünde bulundurursak, iki boyutlu afin dönüşümünde mevcut şartlar bu şekilde özetlenebilir. Söz konusu olan iki koordinat sistemi yani *x*, *y* ve *u*, *v* eksenleri birbirine dikey değillerdir. Ölçek faktörü (*s*) eksenler yönünde sabit, ama değişik olmaktadır. Böylece, her yön için geçerli olan birer ölçek faktörü tanımlanabilir (s_x, s_y, s_u, s_v). Bir (*u*, *v*) koordinatından (*x*, *y*) koordinatına dönüşüm üç aşamada uygulanmaktadır (Gao, 2017):

1) İlk dönüşüm aşaması: $u, v \rightarrow u', v'$ (ölçeklendirme ve eğiklik)

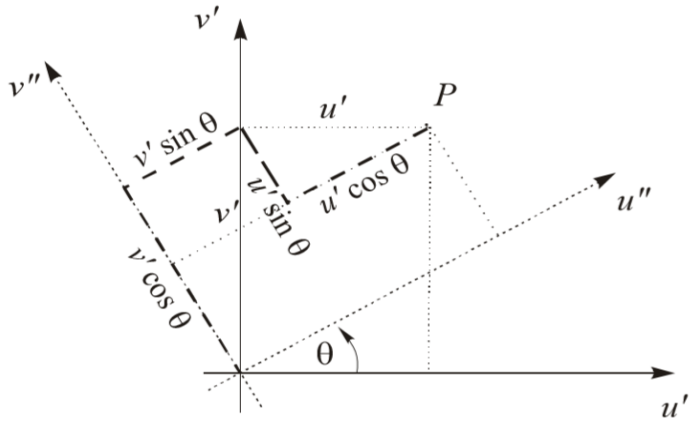


Şekil 3.2. İlk dönüşüm aşaması (ölçeklendirme ve eğiklik).

Bu şekilde dik olmayan *u*, *v* sistemi, s_u, s_v parametreleri ile ölçeklenen bir *u*′, *v*′ dik sisteme dönüşür. Eğrilik açısı ise α parametresi ile gösterilmiştir. Dönüşüm denklemleri ve eşdeğer matris formatları aşağıda belirtilmiştir.

$$\begin{aligned} u' &= s_u(u) + s_v(v\sin\alpha) \\ v' &= s_v(v\cos\alpha) \end{aligned} \quad \text{veya} \quad \begin{bmatrix} u' \\ v' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_u & s_v\sin\alpha \\ 0 & s_v\cos\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \tag{3.11}$$

2) İkinci dönüşüm aşaması: $u', v' \rightarrow u'', v''$ (rotasyon)



Şekil 3.3. İkinci dönüşüm aşaması (rotasyon).

Mevcut (u', v') sistemi (pozitif ters saat yönünü) θ açısı ile (u'', v'') sistemine dönüşür.

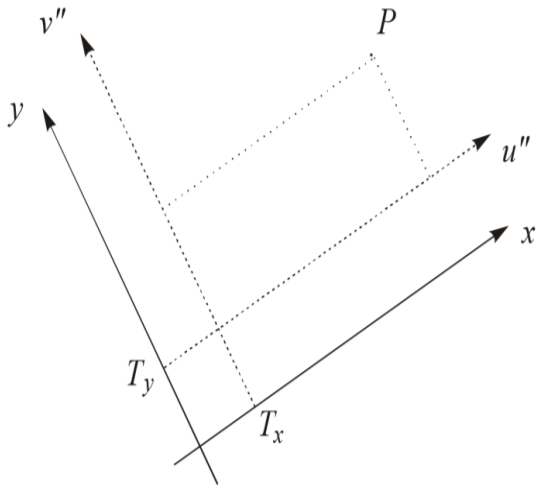
$$\begin{bmatrix} u'' \\ v'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u' \\ v' \end{bmatrix} \tag{3.12}$$

3) Üçüncü dönüşüm aşaması: $u'', v'' \rightarrow x, y$ (öteleme)

Elde olan (u'', v'') sistemi, (x, y) sistemine paralel şeklinde olup ve T_x ve T_y ofset parametreleri ile ondan mesafelidir.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u'' \\ v'' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \end{bmatrix} \tag{3.13}$$

Son 3 denklemi ((3.11), (3.12), (3.13)) birleştirerek, T_x ve T_y parametrelerini c ve f parametreleri ile yer değişince dönüşüm (3.14) eşitliği elde edilir.



Şekil 3.4. Üçüncü dönüşüm aşaması (öteleme).

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_u & s_v \sin\alpha \\ 0 & s_v \cos\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c \\ f \end{bmatrix}$$
$$= \begin{bmatrix} s_u \cos\theta & s_v \cos\theta \sin\alpha + s_v \sin\theta \cos\alpha \\ -s_u \sin\theta & -s_v \sin\theta \sin\alpha + s_v \cos\theta \cos\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c \\ f \end{bmatrix} \tag{3.14}$$

Sonucun incelenmesi ve (3.10) ve (3.14) denklemlerinin karşılaştırılması sonucu katsayı parametreleri aşağıda verildiği gibi elde edilir.

$$\begin{aligned} a &= s_u \cos\theta \\ b &= s_v(\cos\theta \sin\alpha + \sin\theta \cos\alpha) = s_v \sin(\theta + \alpha) \\ d &= -s_u \sin\theta \\ e &= s_v(\cos\theta \cos\alpha - \sin\theta \sin\alpha) = s_v \cos(\theta + \alpha) \end{aligned} \tag{3.15}$$

(3.15) denklemindeki s_u, s_v, θ, α ise (3.16) eşitliği ile verilmektedir.

$$\begin{aligned} \text{Ölçekler:} \quad & s_u = \sqrt{a^2 + d^2} \\ & s_v = \sqrt{b^2 + e^2} \\ \text{Dönüklük açısı } \theta\text{:} \quad & \tan\theta = \frac{-d}{a} \\ \text{Eğrilik açısı } \alpha\text{:} \quad & \tan(\theta + \alpha) = \frac{b}{e} \end{aligned} \tag{3.16}$$

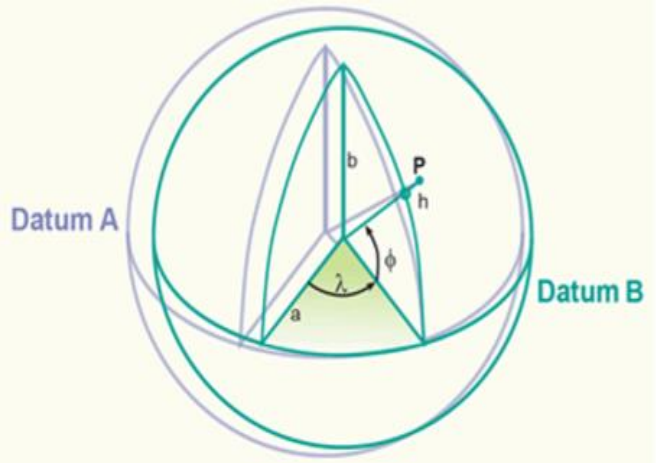
Alternatif olarak, (3.16) denkleminde s_u, s_v parametrelerinden dönme ve eğrilik açısı da elde edilebilir.

$$\text{Dönme açısı } \theta: \quad \cos\theta = \frac{a}{s_u}$$
$$\text{Eğrilik açısı } \alpha: \quad \cos(\theta+\alpha) = \frac{e}{s_v} \tag{3.17}$$

3.2.2.3 Üç boyutlu dönüşümler

Datum dönüşümün güvenilir şekilde uygulanması için her iki sistemde koordinatları bilinen eşlenik noktalar gerekmektedir. Dolayısıyla, kullanılan dönüşüm parametrelerinin hassas olarak belirlenmesi; bilinmeyen parametrelerin sayısından daha fazla sayıda veri içeren ortak noktalar ile dengeleme yapılması gerekmektedir (Dawod ve Alnagar, 2000; Güllü vd., 2018; Üstün, 1996). Koordinat sistemleri arası dönüşüm için ölçek, dönüklük ve öteleme parametreleri kullanılmaktadır ve bu kapsamda birçok üç boyutlu dönüşüm yöntemi geliştirilmiştir (Şekil 3.5).

Kullanılan koordinat, hesap kolaylığı, parametre sayısı, sonuç ve metodoloji bakımından çok sayıda farklı üç boyutlu koordinat dönüşüm yöntemleri geliştirilmiştir. Geliştirilmiş yedi (ve üstü) dönüşüm parametre bazlı matematiksel algoritmalara rağmen, genelde 3 boyutlu dönüşüm modelleri arasında yedi parametreli yöntemler tercih edilmektedir (Dawod ve Alnagar, 2000; Güllü vd., 2018). Yaygın olarak kullanılan üç boyutlu dönüşüm yöntemleri olarak afin dönüşümü ve şekillerin benzerliği korunduğu benzerlik dönüşümü yöntemleri çalışmanın devamında açıklanmıştır.



Şekil 3.5. İki jeodezik datum arasında datum kaymasının 3 boyutlu gösterimi.

Üç boyutlu benzerlik dönüşümleri: Benzerlik veya konformal datum dönüşümleri jeodezide en çok kullanılan dönüşüm yöntemlerindendir. Bunun nedeni ise, bir taraftan işlem hacminin az olduğu diğer taraftan ise matematiksel modelin kolay uygulanabilirliği olmasındandır. En sık kullanılan üç boyutlu yedi parametreli benzerlik dönüşümünde, ölçek faktörü tüm doğrultularda değişmez kabul edilir, şekil tamamen korunduğu için açılar değişmez kalır. Diğer bir ifadeyle benzerlik dönüşümü açı koruyan bir dönüşümdür (Subaşı, 2014).

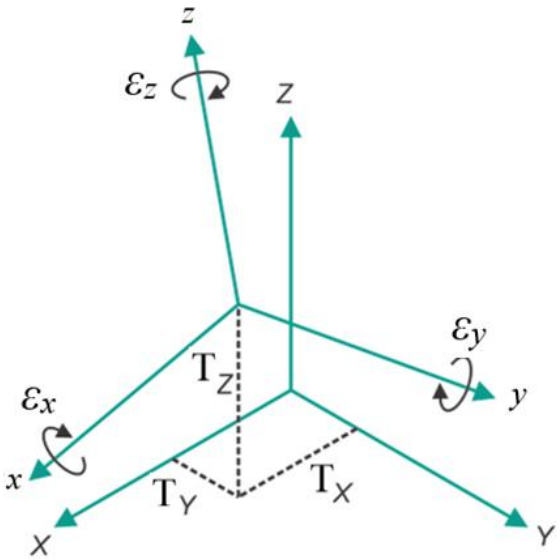
Jeodezide genel olarak kullanılan üç boyutlu benzerlik dönüşüm yöntemleri, objelerin şekillerini koruma ile şartlandırılır. Dolayısıyla, dönüşüm sonrası objelerin boyutu kenarlarda aynı oranda değişir. Ayrıca, açıların değerleri değişmemektedir. Bu nedenle dönüşüm sonrası objelerin şekli asıllarına benzer. Dönüşüm parametreleri her iki koordinat sistemindeki özdeş noktaların yardımıyla en küçük kareler yöntemi kullanılarak hesaplanır. Üç boyutlu benzerlik dönüşüm modelleri olarak Helmert, Bursa-Wolf, Moledensky-Badakas, Veis ve Krakiwsky- Thompson yöntemlerinden söz edilebilir. Bu modellerin arasında Bursa-Wolf ve Moledensky-Badakas yöntemleri çözüm doğruluklarına ilaveten daha basit matematik yapıya sahip olanaksızın en yaygın olarak kullanılmaktadır (Dawod ve Alnagar, 2000; Güllü vd., 2018; Kutoğlu, 2001). Bursa-Wolf ve Molodensky-Badekas modellerinin avantajları, orijinal ölçümlerin doğruluğunu korudukları ve yerel koordinatlar doğru olduğu sürece hemen hemen her alanda kullanılabilir olmalarıdır (PCN304 521, 2013).

Jeodezi çalışmalarında doğru ve uygun bir ağ dönüşüm modelini seçmek için gerekli faktörler kısaca şöyledir (Subaşı, 2014):

- Dönüşüm modelinin uygulanacağı alanın büyüklüğü,
- Hedef ağların belirgin bozukluklara sahip olmaları,
- Ağların doğal olarak üç, iki veya bir boyutlu olmaları,
- Çalışma için arzu edilen doğruluk derecesi,
- Dönüşüm parametrelerinin elde olması veya elde edilebilir olması.

Bursa-Wolf ve Molodensky-Badekas modellerinin üç boyutlu benzerlik dönüşümü ile ilgili olarak çalışmanın devamında daha detaylı olarak açıklanmışlar.

Bursa-Wolf modelinde dönme orijini ilk sistemin orijini ile aynı olduğundan üç boyutlu datum dönüşümlerinde en sık kullanılan modeldir (Şanloğlu & İnal, 2005). Bu model (Şekil 3.6) datumlar arasında varsayılan benzerlik ilişkisini kullanmaktadır. Dolayısıyla, iki datumda belirlenmiş olan aynı noktaları en küçük kareler yöntemi aracılığıyla iki referans noktası arasındaki ilişkiyi temsil eden yedi parametreyi çözmek için kullanılır. 7- parametreli datum dönüşümünde üç öteleme (T_x, T_y, T_z), üç dönüklük (ε_x, ε_y, ε_z), ve bir ölçek faktörü (s) kullanılmaktadır (Ghilani, 2017; Subaşı, 2014). 7-parametreli dönüşüm modeli veya iki sisteme ait koordinat vektörleri arasındaki ilişki denklem (3.18) de ifade edilmiştir (Başçiftçi, 2008; Ghilani, 2017; Üstün, 1996).



Şekil 3.6. Üç boyutlu Bursa-Wolf modeli.

$$P_{XYZ} = T_{xyz} + s \times \varepsilon_{xyz} \times P_{xyz}$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} + s \begin{bmatrix} 1 & -\varepsilon_z & \varepsilon_y \\ \varepsilon_z & 1 & -\varepsilon_x \\ -\varepsilon_y & \varepsilon_x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (3.18)$$

Burada (Başçiftçi, 2008),

P_{XYZ}: Noktaların ilk sistemdeki (X, Y, Z) koordinatları

P_{xyz}: Noktaların ikinci sistemdeki (x, y, z) koordinatları

s: İki sistem arasındaki ölçek faktörü

T_{xyz}: İki sistemin başlangıç noktalarını çakıştırmak için gereken öteleme vektörü

$\varepsilon = (\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z)$: İki sistemin yöneltmesi için kullanılan üç dönüklük parametresini içeren dönme matrisidir.

Bu modelde dönüklük matrisi, ardışık olarak gerçekleşen üç dönüklük sonucunda elde edilmektedir. Eksenler etrafındaki dönüklükler, denklem (3.19) ile hesaplanır (Başçiftçi, 2008; Ghilani, 2017; Subaşı, 2014; Üstün, 1996).

$$\begin{aligned}
\varepsilon_{1(x)} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\varepsilon_x & \sin\varepsilon_x \\ 0 & -\sin\varepsilon_x & \cos\varepsilon_x \end{bmatrix} \\
\varepsilon_{2(y)} &= \begin{bmatrix} \cos\varepsilon_y & 0 & -\sin\varepsilon_y \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\varepsilon_y & 0 & \cos\varepsilon_y \end{bmatrix} \\
\varepsilon_{3(z)} &= \begin{bmatrix} \cos\varepsilon_z & \sin\varepsilon_z & 0 \\ -\sin\varepsilon_z & \cos\varepsilon_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
\end{aligned} \tag{3.19}$$

Denklem (3.19) ile elde edilen dönüklük parametrelerinin ardışık çarpımı sonucunda, dönüklük matrisi denklem (3.20) de verildiği gibi elde edilir (Başçiftçi, 2008; Ghilani, 2017; Subaşı, 2014; Üstün, 1996).

$$\varepsilon = \begin{bmatrix} \cos\varepsilon_z\cos\varepsilon_y & \cos\varepsilon_x\sin\varepsilon_z + \sin\varepsilon_x\sin\varepsilon_y\cos\varepsilon_z & \sin\varepsilon_x\sin\varepsilon_z - \cos\varepsilon_x\sin\varepsilon_y\cos\varepsilon_z \\ -\cos\varepsilon_z\sin\varepsilon_y & \cos\varepsilon_x\sin\varepsilon_z - \sin\varepsilon_x\sin\varepsilon_y\sin\varepsilon_z & \sin\varepsilon_x\cos\varepsilon_z + \cos\varepsilon_x\sin\varepsilon_y\sin\varepsilon_z \\ \sin\varepsilon_y & -\sin\varepsilon_x\cos\varepsilon_y & \cos\varepsilon_x\cos\varepsilon_y \end{bmatrix} \tag{3.20}$$

Denklem (3.20) de belirlenmiş olan dönme matrisi dik olduğundan dolayı, bu matrisin tersi ve transpozesi eşdeğer olma özelliğine sahiptir. Bu özelliğin kullanarak, X matrisinin terimlerinin ölçek faktörü s ile çarpılması ve ortak bir orijine ötelemesi için T_x, T_y ve T_z öteleme faktörlerinin eklenmesi ile dönüşüm için aşağıdaki matematiksel model elde edilir (Ghilani, 2017; Subaşı, 2014):

$$\begin{aligned}
\mathrm{X} &= s\,(\varepsilon_{11}x + \varepsilon_{21}y + \varepsilon_{31}z) + T_{\mathrm{X}} \\
\mathrm{Y} &= s\,(\varepsilon_{12}x + \varepsilon_{22}y + \varepsilon_{32}z) + T_{\mathrm{Y}} \\
\mathrm{Z} &= s\,(\varepsilon_{13}x + \varepsilon_{23}y + \varepsilon_{33}z) + T_{\mathrm{Z}}
\end{aligned} \tag{3.21}$$

Sözü geçen modelin 7 bilinmeyen parametresinin değerlerini bulmak için 7 denkleme ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısıyla, çözüm için her iki sistemde x, y koordinatları bilinen en az iki nokta ve z koordinatları bilinen üç noktaya ihtiyaç duyulmaktadır. Gereğinden fazla ölçümün yapıldığı durumlarda bilinmeyenlerin en uygun değerlerinin belirlenmesi için genellikle en küçük kareler yöntemini kullanarak dengeleme yapılır.

Yukarda bulunan bu matematiksel denklem (3.21) modeli bilinmeyenlerine karşı doğrusal ilişki göstermemektedir ve bu nedenle bir çözüm için önce doğrusal hale dönüştürülmesi gerekmektedir. Sonuç matris biçiminde gösterilirse, her bir nokta için aşağıdaki doğrusallaştırılmış denklemler yazılabilir (Başçiftçi, 2008; Ghilani, 2017; Subaşı, 2014; Üstün, 1996).

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \frac{\partial X}{\partial s} & \frac{\partial X}{\partial \varepsilon_x} & \frac{\partial X}{\partial \varepsilon_y} & \frac{\partial X}{\partial \varepsilon_z} \\ 0 & 1 & 0 & \frac{\partial Y}{\partial s} & \frac{\partial Y}{\partial \varepsilon_x} & \frac{\partial Y}{\partial \varepsilon_y} & \frac{\partial Y}{\partial \varepsilon_z} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{\partial Z}{\partial s} & \frac{\partial Z}{\partial \varepsilon_x} & \frac{\partial Z}{\partial \varepsilon_y} & \frac{\partial Z}{\partial \varepsilon_z} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} dT_x \\ dT_y \\ dT_z \\ ds \\ d\varepsilon_x \\ d\varepsilon_y \\ d\varepsilon_z \end{bmatrix} = \begin{matrix} X - x \\ Y - y \\ Z - z \end{matrix} \tag{3.22}$$

Ve matris elemanlarının açıklaması aşağıda yazıldığı gibidir.

$$\begin{aligned}
\frac{\partial X}{\partial s} &= [(\cos\varepsilon_y \cos\varepsilon_z)x + (\sin\varepsilon_x \sin\varepsilon_y \cos\varepsilon_z + \cos\varepsilon_x \sin\varepsilon_z)y + (-\cos\varepsilon_x \sin\varepsilon_y \cos\varepsilon_z + \sin\varepsilon_x \sin\varepsilon_z)z] \\
\frac{\partial X}{\partial \varepsilon_x} &= s[(\cos\varepsilon_x \sin\varepsilon_y \cos\varepsilon_z - \sin\varepsilon_x \sin\varepsilon_z)y + (\sin\varepsilon_x \sin\varepsilon_y \cos\varepsilon_z + \cos\varepsilon_x \sin\varepsilon_z)z] \\
\frac{\partial X}{\partial \varepsilon_y} &= s[(-\sin\varepsilon_y \cos\varepsilon_z)x + (\sin\varepsilon_x \cos\varepsilon_y \cos\varepsilon_z)y + (-\cos\varepsilon_x \cos\varepsilon_y \cos\varepsilon_z)] \\
\frac{\partial X}{\partial \varepsilon_z} &= s[(-\cos\varepsilon_y \sin\varepsilon_z)x + (-\sin\varepsilon_x \sin\varepsilon_y \sin\varepsilon_z + \cos\varepsilon_x \cos\varepsilon_z)y + (\cos\varepsilon_x \sin\varepsilon_y \sin\varepsilon_z + \sin\varepsilon_x \cos\varepsilon_z)z] \\
\frac{\partial Y}{\partial s} &= -(\cos\varepsilon_y \sin\varepsilon_z)x + (-\sin\varepsilon_x \sin\varepsilon_y \sin\varepsilon_z + \cos\varepsilon_x \cos\varepsilon_z)y + (\cos\varepsilon_x \sin\varepsilon_y \sin\varepsilon_z + \sin\varepsilon_x \cos\varepsilon_z)z \\
\frac{\partial Y}{\partial \varepsilon_x} &= s[(-\cos\varepsilon_x \sin\varepsilon_y \sin\varepsilon_z - \sin\varepsilon_x \cos\varepsilon_z)y + (-\sin\varepsilon_x \sin\varepsilon_y \sin\varepsilon_z + \cos\varepsilon_x \cos\varepsilon_z)z] \\
\frac{\partial Y}{\partial \varepsilon_y} &= s[(\sin\varepsilon_y \sin\varepsilon_z)x + (-\sin\varepsilon_x \cos\varepsilon_y \sin\varepsilon_z)y + (\cos\varepsilon_x \cos\varepsilon_y \sin\varepsilon_z)z] \\
\frac{\partial X}{\partial \varepsilon_z} &= s[(-\cos\varepsilon_y \cos\varepsilon_z)x + (-\sin\varepsilon_x \sin\varepsilon_y \cos\varepsilon_z - \cos\varepsilon_x \sin\varepsilon_z)y + (\cos\varepsilon_x \sin\varepsilon_y \cos\varepsilon_z - \sin\varepsilon_x \sin\varepsilon_z)z]
\end{aligned} \tag{3.23}$$

$$\frac{\partial Z}{\partial s} = (\sin \varepsilon_y)x + (-\sin \varepsilon_x \cos \varepsilon_y)y + (\cos \varepsilon_x \cos \varepsilon_y)z$$

$$\frac{\partial Z}{\partial \varepsilon_x} = s[(-\cos \varepsilon_x \cos \varepsilon_y)y + (-\sin \varepsilon_x \cos \varepsilon_y)z]$$

$$\frac{\partial Z}{\partial \varepsilon_y} = s[(\cos \varepsilon_y)x + (\sin \varepsilon_x \sin \varepsilon_y)y + (-\cos \varepsilon_x \sin \varepsilon_y)z]$$

$$\frac{\partial Z}{\partial \varepsilon_z} = 0$$

Dengelemede ölçü olarak kullanılan ortak nokta koordinatları ile bilinmeyen parametreler arasındaki denklem (3.18) fonksiyonuna uygun olarak çözüm bulmak için koşul denklemleri denklem (3.24) 'deki gibi kurulur (Başçiftçi, 2008; Üstün, 1996).

$$F(\bar{L},X)= F(L+v, P_{xyz}+dx)=0 \tag{3.24}$$

Buradaki büyüklükler:

$\bar{L}$: koordinatlar veya dengeli ölçüler,

X: dönüşüm parametreleri veya dengeli bilinmeyenler,

L: iki koordinattaki ortak nokta koordinatları,

v: Koordinat düzeltmeleri,

P_{xyz} : Bilinmeyen parametrelerin yaklaşık değerleri,

dx: Bilinmeyen parametrelerin düzeltmeleri,

Her bir nokta üç koordinat bileşeninden oluştuğuna göre her nokta için (3.18) eşitliği üç şart denklemi ile yazılır (Başçiftçi, 2008; Üstün, 1996).

$$\begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} + s \times \varepsilon_{xyz} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{3.25}$$

Dönüklük açılarının diferansiyel anlamda küçük oldukları nazara alınırsa, denklem (3.26) 'de olduğu gibi basitleştirmeler yapılır (Üstün, 1996).

$$
\begin{aligned}
&\cos\varepsilon_x \cong \cos\varepsilon_y \cong \cos\varepsilon_z \cong 1\\
&\sin\varepsilon_x \cong \varepsilon_x\\
&\sin\varepsilon_y \cong \varepsilon_y\\
&\sin\varepsilon_z \cong \varepsilon_z\\
&\sin\varepsilon_x \sin\varepsilon_y \cong \sin\varepsilon_x \sin\varepsilon_z \cong \sin\varepsilon_y \sin\varepsilon_z \cong 0
\end{aligned}
\tag{3.26}
$$

Bu uygulama sonucunda dönüklük matrisi denklem (3.27)'deki gibi olacaktır.

$$
\varepsilon_{xyz} = I + \bar{Q} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & \varepsilon_z & -\varepsilon_y \\ -\varepsilon_z & 0 & \varepsilon_x \\ \varepsilon_y & -\varepsilon_x & 0 \end{bmatrix} \tag{3.27}
$$

Denklem (3.27) eğer denklem (3.25)'e uygulanırsa, (3.28) eşitliği elde edilir. Eğer ölçek ve dönüklüğe bağlı terimler (çarpımları) göz ardı edilirse sonuç olarak, denklem (3.29) elde edilir (Başçiftçi, 2008; Üstün, 1996).

$$
T_{xyz} + s \times (I + \bar{Q})\bar{U} - P_{XYZ} = 0 \tag{3.28}
$$

$$
T_{xyz} + \bar{Q}\bar{U} + s \times \bar{U} - P_{XYZ} = 0 \tag{3.29}
$$

Bu denklem sistemi aralarında bilinmeyenlerin de bulunduğu koşullu ölçüler dengelemesi modeline uymaktadır (denklem 3.31) (Başçiftçi, 2008; Üstün, 1996).

$$
\bar{A}\bar{v} + \bar{B}\bar{x} + \bar{w} = 0 \tag{3.30}
$$

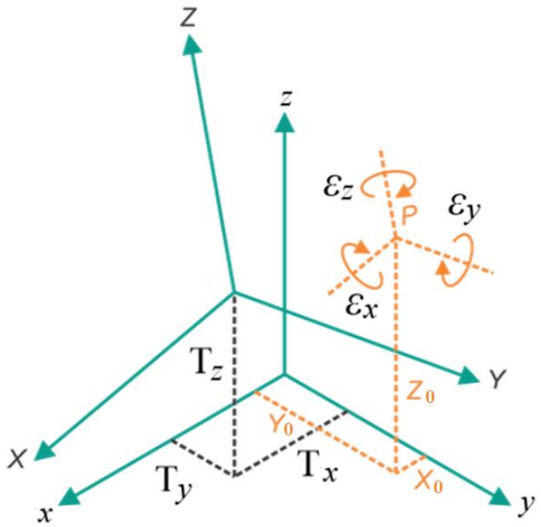
Burada:

$$
\begin{aligned}
\bar{A} &= \left.\frac{\partial F}{\partial L}\right|_{L, P_{xyz}}\\
\bar{B} &= \left.\frac{\partial F}{\partial P_{XYZ}}\right|_{L, P_{xyz}}\\
\bar{w} &= F(L, P_{xyz})
\end{aligned}
\tag{3.31}
$$

Bilinmeyen parametrelerin yaklaşık değerleri sıfır olarak ele alınırsa, her P_i noktası için, düzeltme denklemleri (3.32) da olduğu gibi yazılır (Başçiftçi, 2008; Üstün, 1996).

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \\ v_X \\ v_Y \\ v_Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & x & 0 & -z & y \\ 0 & 1 & 0 & y & z & 0 & -x \\ 0 & 0 & 1 & z & -y & x & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \\ s \\ \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x-X \\ y-Y \\ z-Z \end{bmatrix} = 0 \qquad (3.32)$$

Molodensky - Badekas dönüşüm modeli Bursa -Wolf modelinin değişik bir versiyonudur ve aynı dönüşüm parametrelerinden yararlanılmaktadır. Ancak, bu dönüşümde, genellikle dönüştürülecek sistemdeki ağırlık merkezinin koordinatları olan yardımcı bir ek nokta veya yerel bir orijin alınır ve tüm noktaların konum vektörleri bu yerel orijin noktasına göre yeniden belirlenir (Şekil 3.7). Bu yeni konum vektörü üçüncü bir koordinat sisteminde tanımlanır. Noktanın dönüşümü gerçekleştikten sonra ilk başta yerel orijin konumu kadar ve sonra ise dönüşüme konu olan iki koordinat öteleme vektörü kadar ötelenir, (Başçiftçi, 2008; Boon ve Setan; Dawod ve Alnagar, 2000; Güllü vd., 2018; Kutoğlu, 2001; Üstün, 1996) .



Şekil 3.7. Üç boyutlu Molodensky-Badekas model.

Bursa – Wolf modelinde referans sisteminin orijini kullanılmaktadır ancak, Molodensky - Badekas dönüşüm modelinde bu yerel orijin genellikle elde olan ortak nokta koordinatlarının ortalama koordinatı olarak belirlenmektedir (denklem (3.33)). Dolayısıyla bu modelde ek olarak üç bilinmeyen parametre fazladan sisteme eklenmiş bulunmaktadır (Başçiftçi, 2008; Boon ve Setan; Güllü vd., 2018; Üstün, 1996).

$$\begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\sum x}{n} \\ \frac{\sum y}{n} \\ \frac{\sum z}{n} \end{bmatrix} \tag{3.33}$$

Her iki modelde bir öteleme matrisi (T_{xyz}) ve bir 3×3 rotasyon matrisi (ε_{xyz}) bulunmaktadır. Oysa Molodensky - Badekas modelinde yerel orijinin koordinatları kullanılmaktadır. Bu dönüşüm hesaplama sırasında, öncelikle eski sistemdeki koordinatlar yerel orijine düşürülür ve bu sırada orijinin ortalama kayması ve iki referans sistemi arasındaki boyut ve şekildeki değişimin etkisi göz önünde bulundurulur. Burada amaç küçültülmüş değerler kullanmakla birlikte, dengeleme modelinin hassasiyetini arttırmaya çalışmaktır (Boon ve Setan, 2007; Güllü vd., 2018; Kutoğlu vd., 2002).

$$T_{xyz} + P_0 + s \times \varepsilon_{xyz} \times (P_{xyz} - P_0) - P_{XYZ} = 0 \tag{3.34}$$

Burada P_0 dönüştürülecek nokta kümesinin ortasındaki ya da herhangi bir yerindeki noktanın *xyz* sistemindeki konum vektörüdür. Diğer semboller Borsa - Wolf modelinde olduğu gibidir. Burada da aynı önceki modelde olduğu gibi işlemler tekrarlanır. Eğer (3.34) denkleminde ölçek ve dönüklük fonksiyonlarının ikinci terimleri göz ardı edilirse, (3.35) eşitliği ele gelir.

$$T_{xyz} + s \times (P_{xyz} - P_0) + Q \times (P_{xyz} - P_0) + P_{xyz} - P_{XYZ} = 0 \tag{3.35}$$

Bu son (3.35) eşitliği en küçük kareler yöntemi ile dengelemenin fonksiyonel modeli gibi düşünülür ve bir nokta için açık matris şeklinde yazılırsa denklem (3.36) elde edinilir ve bilinmeyenli koşul denklemleri bulunur.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \\ v_X \\ v_Y \\ v_Z \end{bmatrix}$$

$$+\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & x-X_0 & 0 & -(z-Z_0) & y-Y_0 \\ 0 & 1 & 0 & y-Y_0 & z-Z_0 & 0 & -(x-X_0) \\ 0 & 0 & 1 & z-Z_0 & -(y-Y_0) & x-X_0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \\ s \\ \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x-X \\ y-Y \\ z-Z \end{bmatrix} = 0 \quad (3.36)$$

Bursa-Wolf ve Molodensky-Badekas modellerinin önemli avantajları dönüşüm işlemlerinde görünmektedir. Bu modellerde, orijinal ölçümlerin doğruluğu korunmaktadır. Ayrıca yerel koordinatlar doğru olduğu sürece geniş kapsamlı uygulamalarda kullanılabilmektedirler (Kutoğlu vd., 2002; PCN304 521, 2013).

Bursa-Wolf ve Molodensky-Badekas Modellerinde bazı önemli farklılıklar vardır. Modellerin bilgi ve özelliklerine dayanarak, dönüşüm parametrelerinin belirlenmesinde kendi benzerlikleri ve farklılıkları ile ilgili karşılaştırmalar yapılmıştır. Her iki model de parametrik en küçük kareler kestirim yöntemi ile elde edilen maksimum yedi bilinmeyenli dönüşüm parametresini içerir. Bursa - Wolf ve Molodensky - Badekas model denklemlerinde iki dönüşüm modeli, vektör şeklinde denklem (3.37) ve (3.38)'de olduğu gibi aynı parametrelerle yazılabilir (Yevenyo vd., 2013).

$$P_{XYZ}\big|_B = T_{xyz}\big|_B + s_B \times \varepsilon_{xyz}\big|_B \times P_{xyz}\big|_B \quad (3.37)$$

$$P_{XYZ}\big|_M = T_{xyz}\big|_M + s_M \times \varepsilon_{xyz}\big|_M \times \bar{P}_{xyz}\big|_M \quad (3.38)$$

Eğer benzerlik dönüşüm denklemleri koordinat farklılıklarını i 'ıncı noktanın orijin noktasından olan mesafesi ölçüm ile belirlenirse, denklem (3.37) ve (3.38) tekrardan şöyle yazılabilir (Yevenyo vd., 2013):

$$\Delta P_{io}\big|_B = s_B \times \varepsilon_{xyz}\big|_B \times (P_{xyz}\big|_i - P_0) \quad (3.39)$$

$$\Delta P_{io}\big|_M = s_M \times \varepsilon_{xyz}\big|_M \times (P_{xyz}\big|_i - P_0) \quad (3.40)$$

Denklem (3.39) ve (3.40) dikkate alınınca öteleme parametrelerinin iptali nedeniyle iki modelin aynı ve eşit oldukları görünmektedir. Her iki denklemden ΔP aynı olması gerektiğinden, denklem (3.39) ve (3.40) eşitliğinden $\varepsilon_{xyz}\big|_B = \varepsilon_{xyz}\big|_M$, $s_M = s_B$ elde edilir (Yevenyovd., 2013).

Bunun nedeni, Bursa-Wolf model denklemine bakarak, *s* ölçek faktörünün yerel başlangıç noktası da dâhil olmak üzere tüm pozisyon vektörlerine uygulanmasıdır. Halbuki Molodensky-Badekas modelinde, ölçek parametresi *s*, sadece koordinat farklılıklarına uygulanmaktadır. Ayrıca Bursa - Wolf ve Molodensky-Badekas denklemlerinde, Molodensky - Badekas modelinin öteleme bileşeni tek bir koşulda Bursa-Wolf modelindeki öteleme parametresine eşdeğer olacaktır. Eğer, merkez koordinatları sıfıra eşit olursa veya ölçek parametresi bir olur veya dönüklük parametresi birim matrisi olursa (Yevenyo vd., 2013).

Üç boyutlu afin dönüşümleri: En genel dönüşüm modeli olarak tanımlanan afin dönüşümünde, ağın konumu, büyüklüğü ve şekil parametrelerinde değişikliklere izin verilmektedir. Böyle bir dönüşümün ölçek faktörü, oryantasyona bağlıdır. Ancak Ağ içindeki pozisyona bağlılık düşünülmemektedir. Bu nedenle, tüm çizgilerin belirli bir yöndeki uzunlukları aynı sabit parametre ile çarpılır. Üç boyutlu afin dönüşümleri, farklı parametreler içerebilir ve 8, 9 ve 12 parametreli afin dönüşüm modelleri önerilmektedir (Andrei, 2004). En genel olarak ise afin Dönüşüm yöntemlerinde benzerlik yöntemlerinden farklı olarak, toplam 9 dönüşüm parametresi kullanılmaktadır. Böylece, Afin dönüşümünde üç öteleme parametresi, üç dönüklük parametresi ve üç ölçek faktörü bulunmaktadır. Benzerlik yöntemlerinin aksine, afin modellerinde farklı eksenlerde farklı ölçek faktörü olduğundan objelerin şekli korunmamış olur (Dawod ve Alnagar, 2000; Güllü vd., 2018).

3.2 Dengeleme Modelleri

Farklı koordinat ve datum sistemlerine bağlı olan verilerin ortak kullanılma ihtiyacı duyulduğundan, datumlar arası geçiş ve dönüşümler jeodezi biliminde en çok kullanılan işlemlerden birisi olarak dikkat çekmektedir (Subaşı, 2014).

Uygulamalı bilimlerde ölçülerden ve ölçü sonuçlarından elde edilen doğruluğu ve duyarlığı artırmak amacıyla bilinmeyen parametrelerin sayısından daha fazla sayıda

ölçü kullanılmaktadır. Dolayısıyla, dengeleme hesabının amacı, kaba, sistematik ve uyuşumsuzluk sıkıntısı olmayan ölçüler grubundan herhangi bir ölçüyü göz ardı etmeden bilinmeyen parametrelerin ve bilinmeyenlerin fonksiyonlarının en uygun ve en çok olasılıklı değerini belirlemektir. Dengeleme hesabında bilinmeyenleri kestirmek için bir amaç fonksiyonuna göre çözüm yapılmaktadır (Şişman vd., 2013).

Dönüşüm, bilinmeyen parametrelerinin çözümü aşamasında, söz konusu olan her iki koordinat sistemdeki ortak jeodezik noktalar aracılığıyla yapılmaktadır. Bilinmeyen parametrelerin sayısı eğer elde olan ortak nokta sayısından az olursa bilinmeyenlerin çözümü dengeleme hesabı ile yapılır. Dolayısıyla, gerçek fiziksel bir değer kavramı olmamakla beraber, gerçek değere en yakın, olasılığı en fazla ve en güvenilir değer olma özelliğine sahip bilinmeyen parametrelerin kestirim değeri veya kesin değeri dengeleme hesabı ile elde edilir. Bilinmeyen parametrelerin çözümü için genelde en küçük kareler (Least Squares, LS) yöntemi kullanılmaktadır (Subaşı, 2014).

Dengeleme hesabının hedefi, gereğinden fazla yapılmış ölçüler arasında tercih söz konusu olmadan iki işlemi tamamlamaktır. İlk olarak bilinmeyen parametrelerin gerçek değere en yakın ve olasılığı en yüksek olan kesin veya dengeli değerlerini belirlemektir. İkinci olarak da ölçülerin, bilinmeyen parametrelerin veya ilişkin fonksiyonlarının duyarlıkları ve güvenirlik büyüklüğünü belirlemektir (Yalçınkaya ve Kayıkçı, 2016).

Matris hesabı ile kolaylıkla programlanabilen ve çözülebilen dengeleme problemi, bilinmeyenlerin en uygun değerlerini bulmaktan ibarettir ve bu doğrultuda bilinmeyenlerin sayısından daha fazla sayıda denklem kullanılmaktadır. Denklemler arası hiçbir öncelik veya tercih yapılmamaktadır. Bu kapsamda, en küçük kareler yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır (Şimşek, 2008).

Genellikle, düzenli ve kaba hataların düzeltilmesine rağmen, ölçüler ancak dengeleme hesabı sonucu belirlenir ve düzensiz hatalar içermektedirler. Dolayısıyla, gereğinden fazla ölçüden yararlanarak, dengeleme hesabı vasıtasıyla, ölçülerin kesin değer ve duyarlıkları hesaplanmaktadır. Dengeleme hesabı 4 esas aşamada yapılmaktadır (Yalçınkaya ve Kayıkçı, 2016):

1) Bilinmeyen parametre seçimi ve sayısının belirlenmesi;

2) Dengeleme hesabı kararı fazla ölçü sayısı veya serbestlik derecesi (f) parametresine bağlı olarak üç kategoride yapılmaktadır:

$$f\left(serbestlik\ derecesi\right)=n\ (\ddot{o}l\c{c}\ddot{u}\ sayısı)-u\ (bilinmeyen\ sayısı)$$

$$f\begin{cases}>0 & \text{Dengeleme hesabı yapılır}\\ =0 & \text{Tek anlamlı matematiksel çözüm yapılır}\\ <0 & \text{Varsayımlara dayalı çözüm yapılır}\end{cases}$$

3) Dengelemenin modelinin oluşturulması: ölçülerden elde edilen bilgilere göre iki model oluşturulabilir: fonksiyonel ve stokastik model. Stokastik model ölçülerin duyarlıkları, niteliği (ağırlık ve ortalama hata) ve mevcut korelasyon ilişkisi bakımından, dengelemeden önce elde edilen bilgilerden (ağırlık matrisi (P)) oluşturulur. Fonksiyonel modeli ise ölçüler ve bilinmeyen parametreler arasındaki sabit geometrik ve fiziksel ilişkileri gösteren matematiksel fonksiyonlardan oluşmaktadır.
4) Çözüm: Dengeleme hesabında en yaygın olarak uygulanan yöntemler, En Küçük Kareler Yöntemi, En Küçük Mutlak Toplam Yöntemi ve Toplam En Küçük Kareler Yöntemi olarak özetlenmektedir.

3.2.1. En küçük kareler yöntemi ile dengeleme hesabı

Rastgele hatalardan ciddi şekilde etkilenen ölçümlerden, hedeflenen parametre büyüklüğünün gerçek değerini elde etmek imkânsızdır. Büyüklüğün gerçek değeri çoğu zaman belli olmadığı için, yapılan ölçümler yardımıyla, gerçek değere yaklaşık olarak ulaşmak mümkündür. Bir büyüklüğün değerini bulmak için bağlı olduğu parametrelerin sayısına göre yeterli ve net bir sayıda ölçüm yapmak gerekmektedir. Örneğin, iki nokta arasındaki uzunluk değeri için tek bir defalık ölçüm, ya da düzlem bir üçgenin iç açılarını belirlemek için yalnızca iki açının ölçümü, bu durumlarda başka bir seçenek olmadığından, büyüklüklerin gerçek değerlerine yaklaşık olan değerler, yeterli sayıda yapılan ölçü değerlerine bağlıdır. Aksine, bilinmeyen parametre sayısından daha fazla ölçü yapılmışsa, mesela, iki nokta arasındaki uzunluk birden fazla veya düzlem bir üçgenin üç açısı da ölçülmüşse, gerçek bilinmeyen değerlerin yerine alınacak yaklaşık değerler için değişik seçenekler uygulanmaktadır. Örnek olarak, bir uzunluk parametresi için elde edilmiş ölçülerin her biri gerçek değere yaklaşık değer olarak düşünülüp kullanılabilir veya tüm

ölçülerden istatistik bakımından yararlanılarak, mevcut ölçü değerlerinin dışında bir değer bulunabilir. Bu doğrultuda, ölçülerin gerçek değerlerine yaklaşık değer olarak alınacak değerlerin aşağıda belirtilmiş özelliklere uyması gerekmektedir (Şimşek, 2008):

1) Hesaplanan yaklaşık değer, hedeflenen gerçek değere, hesaplamada kullanılan ölçülerin her birinden daha yakın olması gerekmektedir. Böylece, standart sapması, ölçülerinkinden daha düşük miktara sahip olacaktır.
2) Gerçek değerlerin sağladığı teorik ilişkilerin tamamını sağlaması gerekmektedir. Örnek olarak, düzlem bir üçgenin iç açılarının gerçek değerlerinin toplamının 180º olduğunu dikkate alırsak, bu ilişki gerçek değerler için bulunacak yaklaşık değerlerin toplamında da 180º sağlanmalıdır.

Yukarda gerçek değerler için belirtilmiş olan 2'nci koşulu sağlayacak yaklaşık değerlerin bulunmasına, ölçülerin dengelenmesi olarak tanımlanmaktadır ve bu dengeleme sonucu bulunan değerlere ise kesin değer denilmektedir (Şimşek, 2008).

Dengeleme hesabının amacı kısaca böyle özetlenebilir: gereğinden fazla sayıda yapılmış olan ölçülerin tamamını kullanarak, bilinmeyen parametrelerin en uygun yaklaşım değerlerini belirlemek, ölçülerin, kesin değerlerin veya fonksiyonlarının duyarlıklarını ve güvenirliklerini saptamaktır. Bu hedef doğrultusunda en yaygın kullanılan ilke, daha önce de belirtildiği gibi Gauss'un "En Küçük Kareler İlkesi" olarak geçmektedir (Şimşek, 2008).

Dengeleme hesabında en sık kullanılan Gauss Markov'un En Küçük Kareler (EKK) modelinde ölçü ve bilinmeyenler ile ölçü hata değerleri veya istatistiksel anlamda ölçülere uygulanacak düzeltmelerin karelerinin ağırlıklandırılmış toplamının minimum olması esas alınır (Akyılmaz vd., 2007; Hoşbaş ve Bozdağ, 2016).

Eğer, bir büyüklüğün gerçek değerini X, gerçek değere yaklaşık değerini (kesin değer) x, bu büyüklük için yapılan ölçüler L_i ve ölçünün gerçek düzeltmesi $+\varepsilon_i$ (gerçek hatanın $-\varepsilon_i$ olması şartıyla) ile gösterilirse. Bu parametreler için ilişki fonksiyonu denklem (3.41) ile belirlenmektedir (Şimşek, 2008).

$$X = L_i + \varepsilon_i \tag{3.41}$$

Beklenen değeri sıfır olan gerçek düzeltme ε_i hata miktarı için, dengeleme hesabı ile bulunacak bir V_i değeri ile denklem (3.42) gibi olur. Bu ilişkide V_i parametresi düzeltme değeri olarak bilinmektedir (Şimşek, 2008).

$$x = L_i + V_i \tag{3.42}$$

Normal dağılım olasılık fonksiyonu denklem (3.43) de verilmektedir. Burada, σ_0: birim ölçünün kuramsal ortalama hatası ve $\varepsilon = L - \mu$ gerçek hatasını göstermektedir. Ayrıca, normal dağılım olasılık fonksiyonu denklem (3.44) de verilmektedir. Bu denklemde de m_0 birim ölçünün deneysel ortalama hatası ve $v = x - L$ Düzeltme miktarını göstermektedir (Yalçınkaya ve Kayıkçı, 2016).

$$f(\varepsilon) = \frac{1}{\sigma_0\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-\varepsilon^2}{\sigma_0^2}} \tag{3.43}$$

$$\varphi(v) = \frac{1}{m_0\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-v^2}{2m_0^2}} \tag{3.44}$$

Dengeleme hesabında hedef, olasılığı en yüksek olan değeri bulabilmektir. Bu nedenle denklem (3.45)' de verilen parametrelerden elde edilen *P(D)* değerinin maksimum olması gerekmektedir (Yalçınkaya ve Kayıkçı, 2016).

$$\begin{aligned} P(v_1) &= \varphi(v_1) = \frac{1}{m_0\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{v_1^2}{2m_0^2}} \\ P(v_2) &= \varphi(v_2) = \frac{1}{m_0\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{v_2^2}{2m_0^2}} \\ &\cdots \\ P(v_n) &= \varphi(v_n) = \frac{1}{m_0\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{v_n^2}{2m_0^2}} \end{aligned} \tag{3.45}$$

Bu olayın olasılığı *P(D)*, olasılık hesabında kanıtlanmış çarpım kuralı, denklem (3.46) ile elde edilir (Yalçınkaya ve Kayıkçı, 2016).

$$\begin{aligned} P(D) &= P(v_1)\,P(v_2)\,\ldots\,P(v_n) \\ P(D) = \varphi(v) &= \frac{1}{m_0\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{v_1^2+v_2^2+\ldots+v_n^2}{2m_0^2}} \end{aligned} \tag{3.46}$$

Dolayısıyla, yukarda belirtmiş olduğumuz gibi, *P(D)* 'nin maksimum olması için denklem (3.47)'de bulunan koşullar sağlanmalıdır (Yalçınkaya ve Kayıkçı, 2016).

$$\begin{gathered} e^{-\frac{v_1^2+v_2^2+\ldots+v_n^2}{2m_0^2}} \rightarrow Max \\ -\frac{v_1^2+v_2^2+\ldots+v_n^2}{2m_0^2} \rightarrow Min \\ v_1^2+v_2^2+\ldots+v_n^2=[vv]=V^TV \rightarrow Min \end{gathered} \tag{3.47}$$

Böylece, yaklaşık değerlerin standart sapmasının en küçük olması ve yukarıda sözü geçen ilk koşulun sağlaması için, dengeleme ile bulunacak V_i düzeltmelerinin denklem (3.47) şartını sağlaması gerekmektedir (Şimşek, 2008). Kısacası, En Küçük Kareler İlkesi açısından, duyarlıkları eşit olan ölçüler için amaç fonksiyonu denklem (3.47) belirtildiği gibi $\Omega=[vv]=V^TV \rightarrow Min$ ile elde edilir (Yalçınkaya ve Kayıkçı, 2016).

Duyarlık özelliği farklı olan ölçülerin dengelenmesi sonucunda duyarlığı $\pm m_i$ olan bir l_i ölçüsüne v_i düzeltmesi getirme olasılığı denklem (3.48)'de belirlenmiştir.

$$P(v_i)=\varphi(v_i)=\frac{1}{m_i\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{v_i^2}{2m_i^2}}\Bigg|_{i=1,2,\ldots,n} \tag{3.48}$$

Ağırlık, $P_i=\frac{Sabit}{m_i^2}$ ise $m_i^2=\frac{1}{P_i}$ ile elde edilir ve eğer denklem (3.46)'daki olasılık çarpımı denkleminde $P(v_i)$ yerine konursa, denklem (3.49) elde olunur.

$$P(D)=\varphi(v_i)=\frac{1}{2\pi\frac{n}{2}m_1m_2\ldots m_n}e^{-\frac{P_1v_1^2+P_2v_2^2+\ldots+P_nv_n^2}{2m_0^2}} \tag{3.49}$$

Bu denklemde *P(D)* 'nin maksimum olması için, $P_1v_1^2+P_2v_2^2+\ldots+P_nv_n^2$ minimum olması gerekmektedir. Böylece, duyarlıkları farklı olan ve korelasyon gösteren ölçüler için amaç fonksiyonu En Küçük Kareler İlkesi ile sırayla denklem (3.50) ve (3.51) deki şartlarla sağlanmaktadır (Yalçınkaya ve Kayıkçı, 2016).

$$\Omega = [Pvv] \rightarrow \min \tag{3.50}$$

$$\Omega = [V^T PV] \rightarrow \min \tag{3.51}$$

Gerçek değerlerden yaklaşık değeri elde etmek için, ölçülerden denklem (3.47) bağıntısı ile ifade edilen koşulu sağlayarak v_i düzeltmelerinin bulunmasına çalışılır. Bu işleme ölçülerin en küçük kareler yöntemine göre dengelenmesi denilir ve düzeltmelerin bu yöntemle hesaplanmasından sonra denklem (3.42) eşitliğiyle bulunacak yaklaşık değer, ölçünün kesin değeri veya ölçünün dengelenmiş değeri yada en olasılıklı değer olarak adlandırılır (Şimşek, 2008).

Jeodezik ağların dengelenmesinde kullanılan En Küçük Kareler Yöntemi (EKK) ölçülerin normal dizi dağılımına uymasını varsaymaktadır. Dolayısıyla, ölçülerin normal dizisine göre dağıldığını incelemek ve bu dağılıma uymayan ölçülerin ayıklanması için uyuşumsuz ölçü testi uygulanmaktadır. Bu doğrultuda, iki yaklaşım mevcuttur: Klasik uyuşumsuz ölçü testleri ve Robust kestirim yöntemi (Bülbül, 2013). Burada sadece klasik uyuşumsuz ölçü testleri verilmiştir.

3.2.1.1 Klasik uyuşumsuz ölçü testleri

Uyuşumsuz ölçü testleri tesadüfi ve düzensiz sebeplerden dolayı ortaya çıkan hataların belirli bir istatistik testi içerisinde kalma durumunu incelemek amacıyla uygulanırlar. Bu doğrultuda birbirinden farklı olan çeşitli klasik uyuşumsuz ölçü testleri örneğin en sık kullanılan yöntemler arasında Baarda'nın B testi, Pope testi ve t-testi geliştirilmiştir (Bülbül, 2013).

Gerçek uygulamalı problemlerde, ölçü gruplarında kaba veya uyuşumsuz ölçülerin bulunmaması kaçınılmaz bir durum olmaktadır. Kaba hatalar dengeleme modelinin düzeltme denklemlerinin belirlenmesi aşamasında belirlenip ayıklanabilmektedirler. Karşılıklı olarak, rasgele ölçü hatalarına çok yakın büyüklükteki hatalar dengeleme hesabı sonucunda uygulanan uyuşumsuz ölçülerin testi ile belirlenebilmektedir. Sözü geçen uyuşumsuz ölçüler, çeşitli uygulama programlarında elde edilen ölçüler arasında ölçü kümesinin dağılımına uymayan ölçüler olarak tanımlanabilir. Bu kavramda, uyuşumsuz ölçümler tamamen kaba hatalardan kaynaklanan kötü verilerden oluşmamaktadır. Hatta bu ölçümler bazen işlem gören ölçü grubu için çok önemli bilgileri de içerebilir. Model eğer iyi kurulmuşsa, verilerin dağılımını

değerlendirme sonucu, ayrı ve ek işleme gerek kalmadan uyuşumsuz ölçüleri belirleyerek ölçü grubundan çıkarmak mümkün olacaktır. Fakat bu durumlarda, bazen değerli bilgiler içeren bu uyuşumsuz ölçülerden yararlanmak da gerekebilir. Aynı zamanda, eğer belirlenmiş ve kullanım dışı olan uyuşumsuz ölçülerin sayısı veri kümesinin önemli bir kısmını içermekte ise, çıkarılan ölçümler nedeniyle, matematiksel modelde şekil defekti oluşmasına neden olabilmektedir. (Şişman ve Dilaver, 2005).

Uyuşumsuz ölçümlerin ayıklanması için uygulamada çeşitli yaklaşımlar kullanılmaktadır. Uzun yıllardır jeodezik çalışmalarda yaygın bir şekilde kullanılan t-testi başta olmak üzere geleneksel çözüm yöntemleri mevcut dezavantajlar nedeniyle, son yıllarda robust kestirim ve fuzzy mantık yöntemleri uyuşumsuz ölçümlerin ayıklanmasında kullanılmak üzere geliştirilmektedir (Şişman ve Dilaver, 2005).

Jeodezik araştırmalarında genel olarak En Küçük Kareler Yöntemi ile çözüme dayalı olarak uyuşumsuz ölçüler testi incelenmektedir. Geleneksel veya klasik uyuşumsuz ölçü testlerinde uyuşumsuz ölçüleri belirtmek için tekrarlanan bir işlem uygulanmaktadır. Böylece, her işlem aşamasında tek bir uyuşumsuz ölçü işaretlenip ölçü kümesinden çıkarılır. Çıkarılması gereken ölçüm ise aslında en büyük düzeltme miktara sahip olan veri olarak belirlenir. Her aşama sonrası çıkarılan veriden dolayı elde olan yeni ölçü kümesi üzerinde tekrar dengeleme hesabı uygulanır. Bu işlem yeni bir uyuşumsuz veri bulunmayana kadar devam ettirilir. Bu esasta, ölçülerin kaba hata içerdiğini dengeleme hesabı sonucunda belirlemek için (3.52) eşitliğinde verilen sıfır ve seçenek hipotezi kullanılmaktadır (Şişman vd., 2009).

$$\begin{aligned} H_0 &: E\{\nabla v_i\} = 0; \\ H_s &: E\{\nabla v_i\} = \nabla v_i \neq 0; \end{aligned} \tag{3.52}$$

Dolayısıyla, bu hipotez testi incelemek için ölçülerin düzeltme değerlerinin yardımıyla her ölçünün test değeri belirtilir. Ardından, ölçünün test değeri araştırmanın serbestlik derecesine göre ve değer ölçülerin dağılımının uyduğu tablodan elde edilen sınır değer ile karşılaştırılır. Bu esnada sınır değerin üstünde bulunan test değerleri var ise en büyük miktara sahip olan bu değerlerin karşılığı olan ölçü uyuşumsuz veri olarak ölçü kümesinden çıkarılır ve tekrar geri kalan ölçü grubu

üzerinde dengeleme hesabı ve uyuşumsuz ölçü testi değerlendirilir. Yukarda belirtilmiş olan bu uyuşumsuz ölçü testi bütün veri kümesinde geri kalan değerlerinin hepsinin ilişkin sınır değerin altında bulunana kadar devam edilecektir (Şişman vd., 2009).

Çizelge 3.3'de genel olarak kullanılan klasik uyuşumsuz ölçü test yöntemleri ve ilişkin denklemleri verilmiştir. Klasik yöntemleri arasında yaygın olarak kullanılan DataSnooping (Baarda-W testi), Tau (pope) ve t (student) testleri olmak üzere üç farklı yaklaşım bulunmaktadır. Adı geçen test yöntemleri aynı ilkeler esası üzere çözüm sunmakta olup sadece çözümde kullanılan varyans değerleri ve onlara bağlı olarak ölçülerin dağılım tablolarında farklılık göstermektedir (Şişman vd., 2009).

Çizelge 3.3. Klasik uyuşumsuz ölçü test yöntemleri.

Yöntem	Data-Snooping (Baarda)	Tau Testi	t Testi
Test değeri	$W_i = \frac{\lvert v_i \rvert}{\sigma_0 \sqrt{Q_{v_i v_i}}}$	$T_i = \frac{\lvert v_i \rvert}{m_0 \sqrt{Q_{v_i v_i}}}$	$t_i = \frac{\lvert v_i \rvert}{m_{01} \sqrt{Q_{v_i v_i}}}$
Test dağılım dizisi	$N(0,1)$	$\tau_{f,(1-a_0/2)}$	$t_{f-1,(1-a_0/2)}$
Test sınır değeri	$N_{(1-a_0/2)}$	$\tau_{f,(1-a_0/2)}$	$t_{f-1,(1-a_0/2)}$

Bu tablo da α_0 (anlamlılık seviyesi), f (serbestlik seviyesi), N (normal dağılım dizisi), τ (tau dağılım dizisi), t (student dağılım dizisi) parametre ve dizilerini göstermektedir.

Bu üç yöntemin değerlendirmesi olarak, Data-Snooping testinde uygulanan tüm işlemler, önceden tam olarak bilinmeyen (σ_0) öncül varyans değeri esasına dayanmaktadır. Dolayısıyla, bu yöntem uyuşumsuz ölçü test uygulamalarında pek tercih edilmemektedir. Öncül varyansının güvenilir bir değeri elde olmadığı durumlarda, bu değerin yerine dengelemenin soncul varyans (m_0) değeri kullanılarak Tau test yöntemi ortaya çıkmıştır. Aslında, Herhangi bir ölçünün uyuşumsuz olmasına neden olaraktan içerdiği kaba hata elde edilen soncul varyans değerinde de etkisini bırakmaktadır. Bu hatadan kaçınmak için, model hatalarından arındırılmış düzeltmeleri ve birim ölçünün karesel ortalama hatası (m_{01}) varyansı kullanılarak test büyüklüğü ve tablo değeri karşılaştırılır (Şişman, 2005).

3.2.2 Ağ Dengeleme Türleri

Ağ dengeleme uygulamalarında kullanılan modeller iki büyük kategoride sınıflandırılmaktadır. Bunlar en sık kullanılan yöntemler olaraktan, serbest ağ dengeleme ve dayalı ağ dengeleme modelleri olarak tanımlanmaktadır. Dayalı ağ dengelemesi, ağda datum parametresi sayısından daha fazla koordinat ya da ölçüm sabit alınarak yapılan dengeleme türüdür. Oysa serbest ağ dengelemesi, ağda tüm noktalar bilinmeyen olarak alınarak yapılan dengelemedir (Şimşek, 2008b; Yalçınkaya ve Kayıkçı, 2016).

3.2.2.1 Serbest ağ dengelemesi

Referans sistemlerinin karakterize etmek için koordinatı bilinen noktalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla kullanılan nokta koordinat ölçümlerinin kaçınılmaz hatalarla yüklüdür. Ayrıca, araştırmanın içeriğinde kullanılan matematiksel modeller neticesinde nokta konumları üzerinde tekrar bir miktar hata yükleyecektir. Dolayısıyla, tüm mevcut geliştirilmiş olan hassas ölçüm ve hesaplama yöntemlerine rağmen, aslında ölçüm yapılan her bir noktanın koordinatı sadece bir varsayım olmaktadır ve kesin değerinin belirlenmesi imkânsızdır. Bu durumun dengeleme problemlerinde yarattığı sorunları giderilmek için farklı dengeleme yöntemleri sunulmuştur. Serbest ağ dengelemesi yöntemleri ile elde edilen ölçümlerin düzeltme miktarları dayalı dengeleme uygulama yöntemleri ile bulunan değerlerle aynıdır. Ancak, hiç bir zorunluluk koşulu kullanılmadığından sadece ölçü değerleri vasıtasıyla belirlenen duyarlık değerleri ve bilinmeyen parametreler dayalı dengeleme sonuçlarından gerçek değerlere daha yakın olaraktan farklılık göstermektedir. İçerdiği bu avantaja yönelik hesap fonksiyonları ve uygulamaları serbest ağ dengeleme yönteminde dayalı dengelemeye nazaran daha karışık olmaktadır (Gedik, 2016).

3.2.2.2 Dayalı ağ dengelemesi

Dengeleme hesap uygulamalarında eğer probleminin çözümü için birden fazla bilinmeyen parametresinin birlikte belirleme gereği bulunuyor ise veya eğer istenilen niteliklerin doğrudan ölçebilme durumu mevcut değilse ve ayrıca çalışmada

bilinmeyenlerin sayısından daha fazla bir sayıda ölçüm yapılmışsa dolaylı dengelemesi kavramı söz konusu olmaktadır.

Bazen bilinmeyenler doğrudan ölçülmektense onların fonksiyonları olan diğer büyüklüklerin ölçülmesi ele alınmaktadır. Örnek olarak, nokta kestirme çalışmalarında istenen nitelikler, kestirilecek olan noktaların koordinat değerleridir. Ancak, bahsedilen durumda noktaların koordinatları yerine doğrultu açıları kullanılarak noktaların koordinatları olan bilinmeyenler hesaplanırlar. Dayalı dengeleme uygulamalarında ilk etapta bilinmeyen parametrelerin seçilmesi gerekmektedir. Bilinmeyen parametrelerin sayısı, araştırmanın geometrik anlamda çözümü veya çizimi için gerekli olan ölçü sayısından ibarettir. Nokta kestirmelerinde bulunması gereken noktanın koordinatları, nivelman ağlarında noktaların yükseklikleri ya da yükseklik farkları, gravite ağlarında noktaların gravite değerleri bilinmeyen olarak seçilir (Şimşek, 2008).

İki dengeleme modellere ilişkin denklemler Çizelge 3.4'te özetlenmiştir (Yalçınkaya, 2018).

Çizelge 3.4. Dayalı ve serbest dengeleme modellerine ilişkin denklemler.

	Dolaylı	Serbest
Fonksiyonel Model	$V = Ax - l$, $V^T PV = \min$	$V = Ax - l$, $V^T PV = \min$
Normal denklemler	$(A^T PA)x - (A^T Pl) = 0$ $Nx - n = 0$, $N = A^T PA$, $n = A^T Pl$	$(A^T PA)x - (A^T Pl) = 0$ $Nx - n = 0$, $N = A^T PA$, $n = A^T Pl$
Dengeleme bilinmeyenleri	$x = (A^T PA)^{-1} A^T Pl$ $x = N^{-1} n = Q_{xx} n$	$x = (A^T PA) + A^T Pl$ $x = N + n = Q_{xx} n$
Bilinmeyenlerin kesin değerleri	$X = X_0 + x$	$X = X_0 + x$
Birim ölçünün ortalama hatası	$m0 = \pm\sqrt{\frac{V^T PV}{n-u}}$	$m0 = \pm\sqrt{\frac{V^T PV}{n-u}}$
Bilinmeyenlerin ortalama hatası	$m_{x_i} = \pm m_0 \sqrt{q_{x_i x_i}}$, $Q_{xx} = (A^T PA)^{-1}$	$m_{x_i} = \pm m_0 \sqrt{q_{x_i x_i}}$, $Q_{xx} = (A^T PA)^{-1}$
Düzeltmelerin ortalama hatası	$m_{v_i} = \pm m_0 \sqrt{q_{v_i v_i}}$, $Q_{vv} = Q_u - AQ_{xx}A^T$	$m_{v_i} = \pm m_0 \sqrt{q_{v_i v_i}}$, $Q_{vv} = Q_u - AQ_{xx}A^T$

4. UYGULAMALAR

Son dönemlerde jeodezik çalışmalarında içinde olduğu, uydu teknolojilerindeki gelişmeler doğrultusunda Ülkemiz nirengi ağı yeniden yapılandırılmıştır. Dolayısıyla, Ülke Temel Yatay Kontrol Ağı' nın ED50 datumunda, yeni yapılandırılmış nirengi ağlarının ise ITRF datumunda olmasından dolayı, haritacılık çalışmalarında söz konusu iki sistem arasında geçiş ilişkinin kurulması zorunlu hale gelmiştir.

Bu çalışmada, Şırnak-idil iline ait ve her iki sistemde koordinatları bilinen ortak noktalar yardımıyla ITRF96 sisteminden ED50 sistemine dönüşüm parametreleri hesaplanmıştır. Hesaplanan dönüşüm fonksiyonu ile de noktaların yeni sistemdeki koordinatları elde edilmiştir.

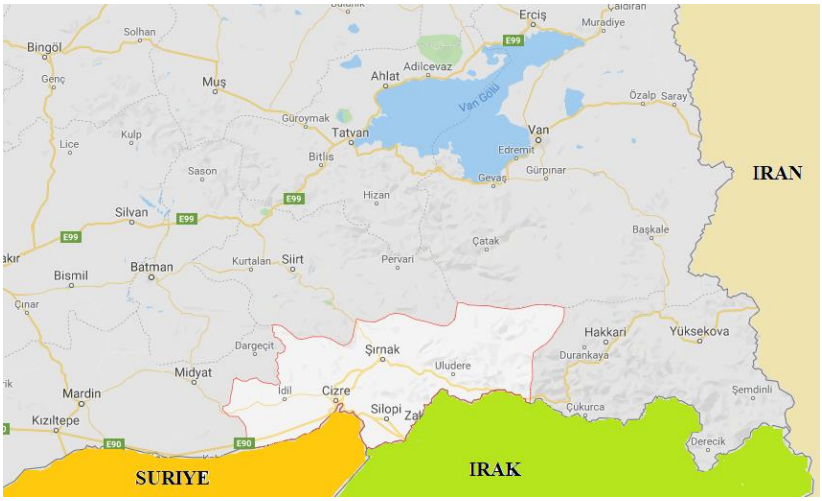
Her ne kadar elde edilen GNSS koordinatları üç boyutlu koordinatlar olsalar da, ülkemizde 2B+H şeklinde kullanılan ED50 koordinat sisteminin yanı sıra yükseklikleri trigonometrik nivelmanla belirlenen ülke nirengileri noktaları da aynı duyarlık derecesine sahip değillerdir. Bu nedenle, GNSS alıcıları ile elde edilen koordinatların dönüşüm işleminin, iki boyutlu olarak ele alınması daha uygun olmaktadır. Ancak uygun ölçüm şartları mevcut olduğu durumda üç boyutlu dönüşüm uygulanması daha sağlıklı bir çözüm olacaktır (Demirtaş, 2006).

Bu uygulamada çalışma alanı olarak İdil (Şırnak) ili seçilmiştir. GNSS veri toplama yöntemi ile eski ve yeni noktaların ITRF 96 datumunda koordinatları belirlenmiştir. Ortak noktalar vasıtasıyla iki boyutlu benzerlik (Helmert) ve Afin dönüşüm yöntemleri uygulanmış ve bu iki sistem arasındaki ilişki tanımlanmıştır.

4.1 İdil-Şırnak İli

Şırnak ili, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde, Irak ve Suriye ile sınır komşusudur (Şekil 4.1). Şırnak, 16 Mayıs 1990'da Siirt ilinden yasal olarak ayrılarak Cizre ve Silopi de dâhil olmak üzere komşu Siirt ve Mardin illerinden aldığı bazı ilçeler ile tanımlanmıştır. İdil, Şırnak il merkezine 75 km uzaklıkta, 1273 km2 yüz ölçümü bulunan ilçenin 2013 nüfus kayıtlarında 72,379 kişi vardır. Karalar ve Sırtköy beldeleri bulunan ilçenin toplam 63 köyü vardır. İlçede bulunan hava alanı kara yolu

ulaşımına alternatif sunmakta ve hava yoluyla da ulaşım imkânı sağlamaktadır (Yevenyo vd., 2013).



Şekil 4.1. Uygulama alanı - Şırnak ili.

4.2 GNSS Ölçmeleri ve Değerlendirilmesi

GNSS ölçümleri yaptığımız Şırnak İli İdil ilçesi halihazır çalışmalarında toplam 25 adet nirengi noktası ile birlikte yeni tesis edilen 2085 adet poligon noktası kullanılarak ilçenin halihazır haritası yapılmıştır.GNSS ölçümleri Topcon marka GNSS alıcıları kullanılarak büyük ölçekli harita ve harita bilgileri üretim yönetmeliğinde belirtilen C1 ana GNSS noktaları, C2 sıklaştırma GNSS ağı noktaları, C3 alım için sıklaştırma noktaları ve C4 poligon ağı ve noktaları ölçü süresi dikkate alınarak ölçülmüş ve ayrıca birkaç noktaya ilişkin ölçümlerin başlangıç ve bitiş süreleri aşağıda tabloda verilmiştir. Yapılan ölçümler Leica Geo Ofis GNSS verileri değerlendirme yazılımında değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.1. Noktaların GNSS ölçü başlangıç-bitiş zamanları ve dereceleri

Nokta No	Başlangiç Saati	Bitiş Saati	Nokta Derecesi
N4720004	06:54	17:26	C2
B47G0001	07:10	18:19	C2
N4720002	07:59	18:52	C2
N4720001	08:05	19:26	C2
N473H176	07:20	10:41	C3
AN6	09:16	09:53	C3

4.2.1 Epok hesabı ve noktaların konum değişimleri

Büyük Ölçekli Harita ve harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğine göre; Ana GNSS Ağı (AGA) ve Sıklaştırma GNSS Ağı (SGA)'nın GNSS ölçüleri değerlendirilirken; Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı (TUTGA) koordinatları, ölçme epoğuna (T=2014.51) kaydırılır ve değerlendirmede kullanılır. Epok kaydırma işlemi, incelenen noktanın depremin etki alan bölgesinde olup-olmama durumuna göre farklılık gösterir. Çalışma bölgesindeki noktalar, depremin etki alanı içinde olmadığından epok kaydırma hesabı Eşitlik (4.1) ile yapılmıştır. Bu Eşitlikte, T_0 TUTGA referans epoğu, *X, Y, Z* noktaların koordinatları, V_X, V_Y, V_Z noktaların deprem öncesi hızlardır.

$$\begin{bmatrix} X(T) \\ Y(T) \\ Z(T) \end{bmatrix}_{TUTGA} = \begin{bmatrix} X(T_0) \\ Y(T_0) \\ Z(T_0) \end{bmatrix}_{TUTGA} + (T - T_0).\begin{bmatrix} V_X \\ V_Y \\ V_Z \end{bmatrix}_{TUTGA} \quad (4.1)$$

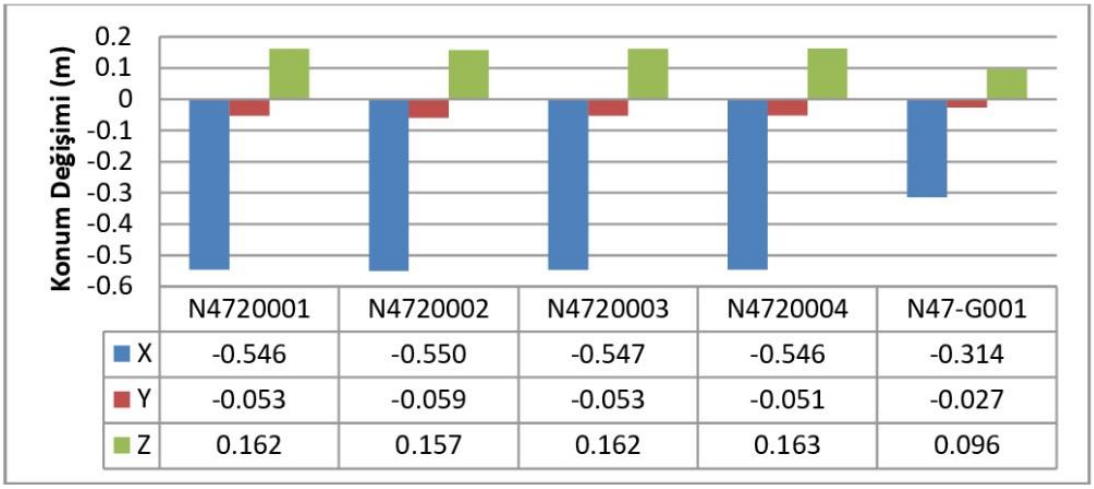
Noktaların koordinatları, hızları ve ölçüm epoğu (2014.51) Çizelge 4.2'de verilmiştir. Referans Epoğu ise 1998'dir.

Çizelge 4.2. Uygulama alanındaki noktalara ait epok kaydırma

Nokta No	X(m) V_X(m)	Y(m) V_Y(m)	Z(m) V_Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)
N472 0001	3779987.455 -0.0331	3388783.767 -0.0032	3849500.920 -0,0098	3779986.909	3388783.714	3849501.082
N472 0002	3777432.232 -0.0333	3391783.674 -0.0036	3849327.089 0.0095	3777431.682	3391783.615	3849327.246
N472 0003	3782852.465 -0.0331	3389410.737 -0.0032	3846192.908 0.0098	3782851.918	3389410.684	3846193.070
N472 0004	3782515.862 -0.0331	3388316.777 -0.0031	3847468.074 0.0099	3782515.316	3388316.726	3847468.237
N47-G001	3782385.428 -0.033	3386944.286 -0.0028	3848802.675 0.0101	3782385.114	3386944.259	3848802.771

Ölçüm ve referans epoğu farkı 16.51 yıl olup, noktaların konumlarındaki değişimlerin X yönünde büyük iken (Y ve Z'ye göre),Y yönünde de küçük olduğu (X ve Z'ye göre) görülmektedir (Şekil 4.2). X yönündeki ortalama konum değişimi -

0.500 m, Y yönündeki konum değişimi -0.049 (m) ve Z yönündeki konum değişimi ise 0.148 (m)'dir.



	N4720001	N4720002	N4720003	N4720004	N47-G001
X	-0.546	-0.550	-0.547	-0.546	-0.314
Y	-0.053	-0.059	-0.053	-0.051	-0.027
Z	0.162	0.157	0.162	0.163	0.096

Şekil 4.2. Epok kaydırma sonucu noktaların X,Y ve Z yönlerindeki konum değişimleri

4.2.2 İki boyutlu koordinat dönüşümü

Çalışma Bölgesindeki noktaların ITRF96'dan ED50'ye dönüşümü yapılmıştır. İki boyutlu benzerlik ve afin dönüşümü ele alınmıştır. Helmert dönüşümü olarak da tanımlanan iki boyutlu benzerlik dönüşümü, yukarda söz edildiği gibi, objelerin gerçek şeklini korur ve genel olarak farklı referans sistemlerine bağlı ölçümleri ortak bir referans sistemine dönüşüm için kullanılmaktadır. Dönüşüm de kullanılmak üzere ITRF-96 ve ED-50 datumunda ortak olan beş noktanın elipsoidal dik koordinatlar Çizelge 4.3' de, dönüşüm uygulama özet raporu ise EK A-6'da detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.3. ITRF-96 ve ED-50 datumunda ortak noktaların jeodezik dik koordinatları.

Sembol	Ortak Nokta	I. Sistem (ITRF-96)		II. Sistem (ED-50)	
		Y	X	Y	X
N1	N4720004/470009	487014.7013	4133650.958	487024.143	4133826.936
N2	N4720003/470008	487602.3808	4132041.626	487612.004	4132217.723
N3	P31/N506-RS11	491304.8864	4132818.321	491314.337	4132994.837
N4	N473H176/470006	493436.7703	4134520.186	493446.01	4134696.968
N5	N4720002/470003	492991.9371	4136013.065	493000.991	4136189.775

Bu çalışmada, iki boyutlu dönüşüm uygulamasında öncelikle iki sistemdeki ortak noktalar vasıtasıyla dönüşüm parametreleri hesaplanmıştır. Daha sonra, hesaplanan dönüşüm parametrelerini kullanarak test noktaları ITRF-96 'den ED-50 'ye dönüştürülmüş ve verilen değerlerle ve hesaplanan değerler arası farklılıklar karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.5). Dönüşüm parametreleri Çizelge 4.4' de verilmiştir. Dönüşüm sonucu, birim ölçünün ortalama hatası mo=0.016 (0.015847771) m ve birim ölçünün ortalama konum hatası ise mp=±0.022 (±0.02241213) m olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, İdil (şırnak) için iki boyutta dengelemeli benzerlik dönüşümü uyuşumsuz ölçü testi sonuçları Çizelge 4.5' de verilmiştir. Uyuşumsuz ölçü(ler) Pope testine göre yapılmıştır. Uyuşumsuz ölçü testi sonucu, f=6 (f=n-u; n=2p (p: nokta sayısı)) ve anlamlılık düzeyi $\alpha = 0.05$ için, τ_f Tau dağılımının güven sınırı değerine göre $c(1.64) > T_i$ olduğundan, dönüşüm hesabında kullanılacak olan noktaların tamamı da uyuşumlu olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.4. İki boyutlu benzerlik dönüşümü parametreleri.

Dönüşüm denklemi	$X' = \varepsilon_x + a * X + b * Y$
	$Y' = \varepsilon_y + a * Y - b * X$
Dönüşüm Parametreleri	$\varepsilon_x =$ 174.21033
	$\varepsilon_y =$ 531.03937
	a= 0.999985760991
	b= -0.000124508356894304
Ölçek ve Dönüklük parametreleri	Dönüklük= -0.007926561 grad
	Ölçek = 14.231 ppm (1:70267)

Çizelge 4.5. İdil (Şırnak) için iki boyutlu dengelemeli benzerlik dönüşümü uyuşumsuz ölçü testi sonuçları

•	I. Sistem ITRF-96		II. Sistem ED-50		Dönüşüm Sonrası Koordinatlar		Koordinat Düzeltmeleri		Test Büyüklüğü	**α = 0.05**	Karar
NN	Y	X	Y	X	Y'	X'	V_y(m)	V_x(m)	Ti	C	
N1	487014.70	4133651.0	487024.14	4133826.9	487024.13	4133826.9	-0.01	0.01	0.95	1.64	Uyuşumlu
N2	487602.38	4132041.6	487612.00	4132217.7	487612.00	4132217.7	0.00	-0.01	0.76	1.64	Uyuşumlu
N3	491304.89	4132818.3	491314.34	4132994.8	491314.36	4132994.9	0.02	0.02	1.50	1.64	Uyuşumlu
N4	493436.77	4134520.2	493446.01	4134697.0	4934460..	4134697.0	-0.01	-0.01	0.61	1.64	Uyuşumlu
N5	492991.94	4136013.1	493000.99	4136189.8	493000.99	4136189.8	0.00	-0.01	0.68	1.64	Uyuşumlu

Ayrıca, sonuçların karşılaştırılması ve dönüşüm uygulamasının değerlendirilmesi için, iki boyutlu benzerlik dönüşümü ile birlikte, iki boyutlu Afin dönüşümü de Şırnak-idil ili ölçüleri içinde aynı ortak noktalar yardımıyla uygulanmıştır. İki boyutlu Afin dönüşüm sonuçları ise Çizelge 4.6 ve 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. İki boyutlu afin dönüşümü parametreleri.

Dönüşüm denklemi	$X' = \varepsilon_x + a * X + b * Y$
	$Y' = \varepsilon_y + a * Y - b * X$
Dönüşüm Parametreleri	ε_x = 161.77
	ε_y = 500.43
	a1= 0.99998879
	b1 = -0.00011670
	a2 = 0.00012433
	b2= 0.99998232
Ölçek ve Dönüklük parametreleri	Dönüklük= -0.007353657
	Ölçek = 0.999985576

Afin dönüşüm sonucu, birim ölçünün ortalama hatası mo=0.017 (0.016551540) m ve birim ölçünün ortalama konum hatası ise mp=±0.023 (±0,02340741235) m olarak elde edilmiştir.

Çalışma bölgesindeki noktalara iki boyutlu Helmert (Benzerlik) dönüşümü ve Afin dönüşüm yöntemleri uygulanmış ve dönüşüm parametreleri her iki yöntem için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Her iki dönüşüm sonucu elde edilen dönüşüm parametreleri karşılaştırıldığında, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.7'de de görüldüğü gibi, dönüşüm parametrelerinin birbirlerine yakın ve benzer olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.7. İdil (Şırnak) ili iki boyutta dengelemeli afin dönüşümü sonuçları.

	I. Sistem ITRF-96		II. Sistem ED-50		Dönüşüm Sonrası Koordinatlar		Koordinat Düzeltmeleri	
NN	Y	X	Y	X	Y'	X'	V_y(m)	V_x(m)
N1	487014.70	4133651.0	487024.14	4133826.90	487024.14	4133826.80	0.00	0.01
N2	487602.38	4132041.6	487612.00	4132217.70	487612.00	4132217.70	0.00	-0.02
N3	491304.89	4132818.3	491314.34	4132994.80	491314.35	4132994.80	0.01	0.02
N4	493436.77	4134520.2	493446.01	4134697.00	493446.00	4134697.00	-0.01	0.00
N5	492991.94	4136013.1	493000.98	4136189.80	493000.99	4136189.80	0.01	0.00

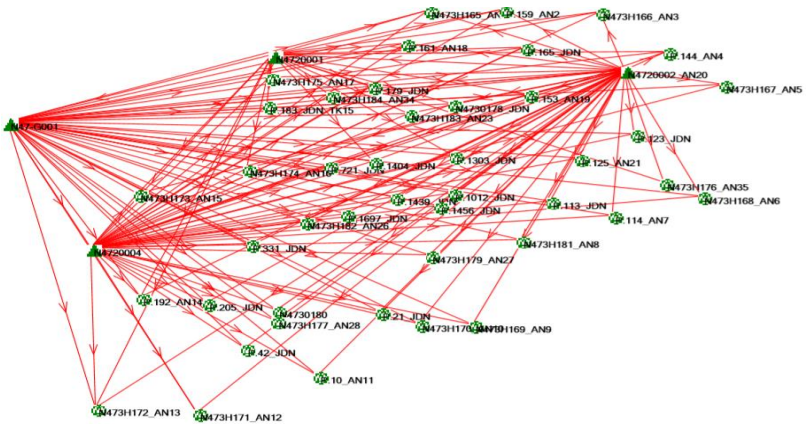
Ayrıca, dönüşüm yöntemlerinden elde edilen ortalama hatalar arasındaki fark da oldukça küçüktür (0.01584777 $mo_{Helmert}$ - 0.01655154 mo_{Afin}= -0.70377 mm). Parametrelerin birbirlerine yakın ve ortalama hatalar farkının -0.70377 mm gibi küçük bir değer olmasına karşın, Helmert dönüşümünün ortalama hatası Afin dönüşümüne göre yüksektir. Helmert dönüşümü parametre kestirimi doğruluğunun Afin dönüşümüne göre daha iyi olduğu da ifade edilebilir.

Ayrıca, Afin dönüşüm modeli karşısında benzerlik dönüşüm modelinin geçerlilik testi de yapılmıştır. Model testi için $\hat{F}$ test büyüklüğü, r ve $\bar{f}_{Afin}$serbestlik dereceli *F*-dağılımlıdır. Test büyüklüğü $\hat{F} = \frac{R/r}{\bar{m}_o^2} \sim F_{r,\bar{f}}$ dir. Burada, $\bar{m}_o^2$ Afin dönüşümü ortalama varyansı, $R=[vv]_{benzerlik}-[vv]_{Afin}$=14-12=2, serbestlik dereceleri $f_{benzerlik}$=6, $\bar{f}_{Afin}$=4 için serbestlik dereceleri arasındaki fark $r=\bar{f}-f$=2'dir. Buna göre test büyüklüğü $\hat{F}$=0.35 elde edilmiştir. Anlamlılık düzeyi $\alpha = 0.05$ için $F_{2,4,0.95}$=6.94 ve $\hat{F}$<F olduğundan benzerlik dönüşüm modeli geçerlidir. Çalışma bölgesindeki noktaların dönüşümü için Afin dönüşüm modelini uygulamak, başka deyişle eksen doğrultuları için farklı ölçek ve dönüklük açısı bilinmeyenleri öngörmek anlamlı değildir.

4.3 Yükseklik Ağı Dengelemesi

4.3.1 Nivelman Ölçmeleri ve Değerlendirilmesi

Halihazır harita çalışmaları boyunca nivelman ölçmelerinde 25 adet nirengi ve 2085 adet poligon noktası haricinde 35 adet nivelman noktası da kullanılmıştır.Nivelman noktaları GPS nivelmanı ile elipsoidal yükseklikleri belirlenmiştir. GPS nivelmanı GNSS ölçümlerinde olduğu gibi Topcon marka GPS'ler kullanılarak ve Leica Geo Ofis programı yardımıyla değerlendirilmiştir. GNSS verileri ilgili yazılımda değerlendirme aşamasında yükseklik açısı 10^o-15^o aralığında seçilirken yansıma hatalarının önüne geçmek için genellikle yükseklik açısı 15^o olarak seçilmiştir. Atmosferik model olarak kullanılan troposferik parametrelerin GNSS verilerinin değerlendirmesi aşamasında kestirilebilmesi için minimum 15-20 dakikalık ölçüye ihtiyaç duyulduğu söylenebilir.Troposferik parametrelerin GNSS verilerinin değerlendirmesi aşamasında kestirilmesi ile elde edilen sonuçlara ait karesel ortalama hata değerleri ölçü süresi arttıkça iyileşmektedir. Bunun yanı sıra yine ölçü süresi arttıkça troposferik parametrelerin kestirim başarı yüzdesi de artmaktadır, 5 ve 10 dakikalık ölçüler için troposferik parametrelerin kestirimin oldukça düşük olması nedeniyle daha önce belirttiğimiz gibi büyük ölçekli harita ve harita bilgileri üretim yönetmeliğindeki süreler göz önünde bulundurularak troposferik parametrenin kolaylıkla kestirildiği görüşmüştür. Değerlendirme sonucu ortometrik yükseklikler hesaplanmıştır. Ayrıca, kısa bazlarda geometrik nivelman yardımıyla gidiş ve dönüş nivelmanı yapılarak ayrıca kontrol edilmiştir. Çalışmada kullanılan nivelman ağı Şekil 4.3' de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Nivelman Ağı

4.3.2 Yükseklik Ağı Dengelemesi

Bir jeodezik ağın konumlarının dayalı dengeleme yöntemi ile belirlenmesi durumunda, ölçüler bazı zorlayıcı etkiler altında kalırlar. Ayrıca, dayalı dengeleme sonucunda bulunan ağırlık katsayı matrisi ağın iç duyarlığını gerçekçi bir şekilde yansıtmaz ve sabit noktalardan uzaklaşıldıkça nokta hataları ve hata elipsileri büyür. Bu durumlarda, ağın yapısını ve duyarlığını tam olarak yansıtan, dış parametreleri bir takım varsayımlara dayanmayan serbest ağ dengelemesinin yapılması gerekir. Kısacası, ağdaki ölçülerin kendi içlerindeki tutarlılığını ve noktaların konum duyarlığını en iyi şekilde yansıtabilmesi için ağın serbest dengelenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla, ağda sabit olarak kabul edilecek noktanın ve ölçünün olmaması durumu söz konusudur.

Serbest ağ dengelemesinde, başlangıçta belirlenen yaklaşık koordinatlara, dengeleme sonucunda eklenecek bilinmeyenlerin kareleri toplamı minimum yapılmakta veya dengeli koordinatlar yaklaşık koordinatların belirledikleri sisteme dönüştürülmektedir (Yalçınkaya ve Kayıkçı, 2016).

Bu çalışmada ele alınan nivelman ağı Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Ağda yer alan nokta sayısı 35, yükseklik farkı sayısı 126, sabit nokta sayısı 1, bilinmeyen nokta sayısı (u): 34'dür. Ağın serbest dengelemesi sonucu birim ağırlıklı ortalama hata mo=5.51mm olarak elde edilmiştir. [PVV]=2795.5270 mm^2 olup [PV]=-0.0611 mm'dir. Serbest ağ dengelemesi sonuçları EK A-3 ve EK A-4 tablolarında verilmiştir.

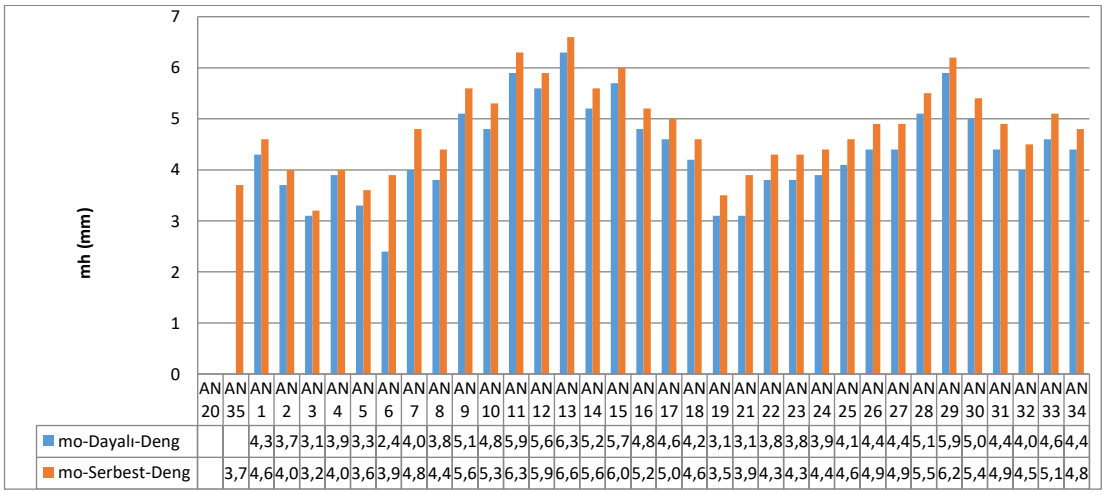
4.3.2.1 Uyuşumsuz ölçü testi

Mühendislik uygulamalarında sıkça görülen en önemli problemlerden biri ölçülerin uyuşumsuz veya kaba hatalar içeren ölçüler olarak belirlenmesidir. Uyuşumsuz ölçüler kısaca ölçü kümesinin dağılım dizisine uymayan, diğer ölçülerden farklı özellikler gösteren ölçüler olarak tanımlanabilir. Uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi sadece dengeleme hesabı sonucunda uygulanmakta olan uyuşumsuzluk ölçü testi yardımıyla gerçekleştirilebilinir. Bunun için ölçülerin yer aldığı matematik modelinin doğru kurulmuş olması gerekmektedir. Jeodezik çalışmalarda uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesinde kullanılan geleneksel çözüm yöntemleri arasında Data-Snooping (W-Testi), Tau Testi ve t-Testi Yöntemlerinden söz edilebilir.

Bu çalışmada, nivelman ağına uygulanan Pope testine göre uyuşumsuz ölçü testi sonuçları Ek A-5'de verilmiş olup, dönüşümde kullanılan noktaların $\alpha=0.05$ yanılma olasılığında τ_f Tau dağılımına göre uyuşumlu olduğu görülmektedir.

4.3.2.2 Dayalı yükseklik ağı dengelemesi

Nivelman ağı için yapılan dayalı dengelemede, yükseklik farkı sayısı 126, nokta sayısı 35, sabit nokta sayısı 2, bilinmeyen nokta sayısı ise 33 olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda, dayalı dengeleme sonuçları ve ölçülerin düzeltmeleri EK A-1 ve EK A-2'de verilmiştir. Dengeleme sonucu, mo=5.49 mm, [PVV]=2805.8854 mm^2 ve [PV]=-0.0614 mm olarak hesaplanmıştır. Nivelman ağının serbest ve dayalı dengelenmesi sonucu noktaların hata değerleri Şekil 4.4'de gösterilmiştir.

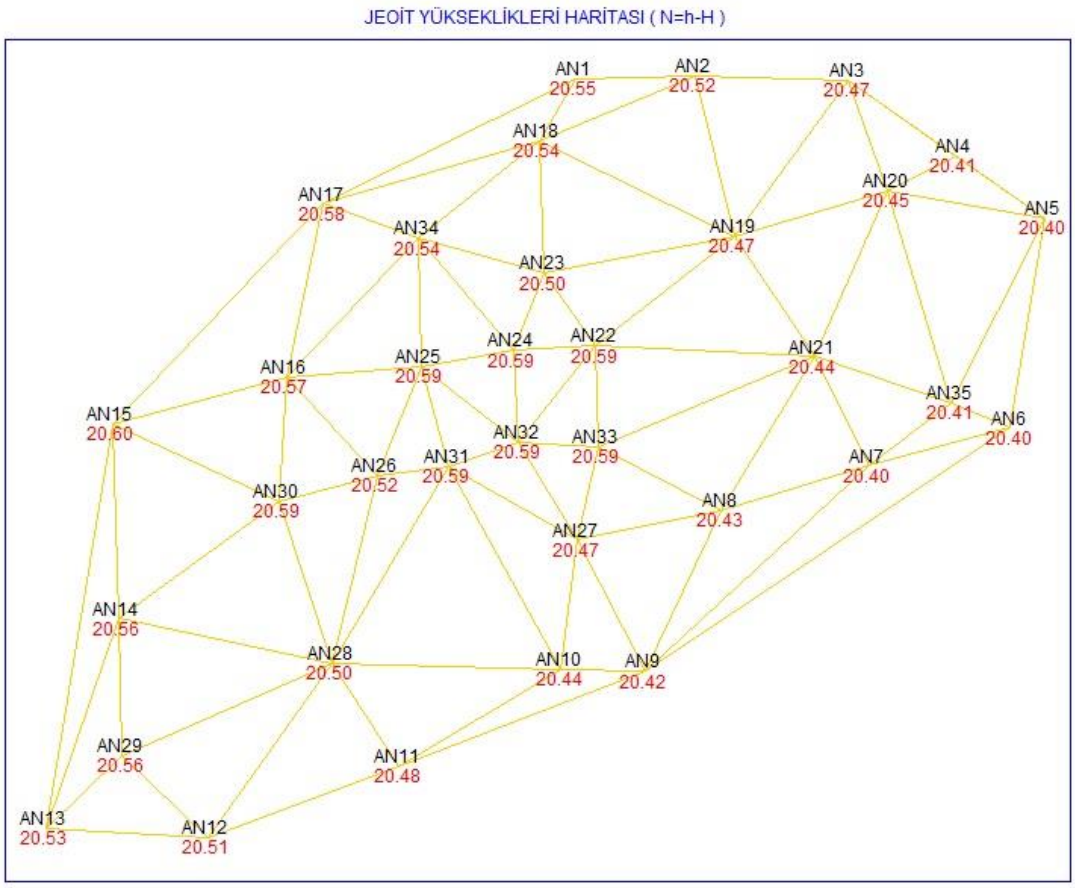


Şekil 4.4. Serbest ve dayalı dengeleme sonucu nivelman ağı noktalarının hataları

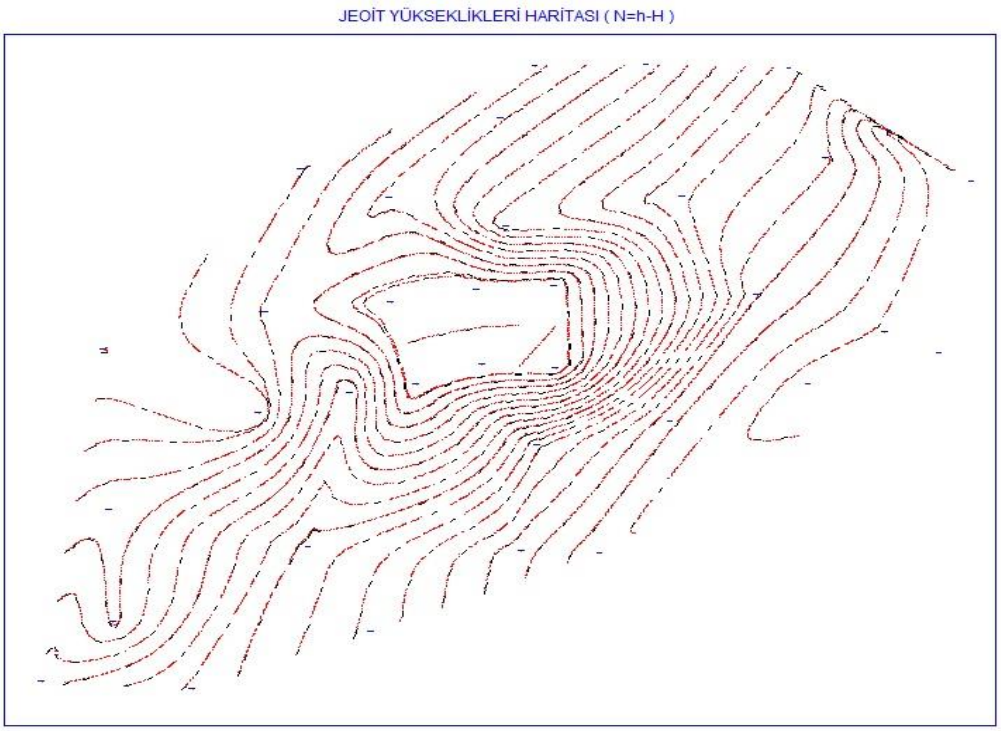
4.3.3 Yükseklik Dönüşümü

Elipsoidal yükseklik (h), ortometrik yükseklik (H) ve Jeoit yükseklik (N) arasında bulunan ilişki (h = H + N) yükseklik sistemleri arasında geçişi sağlamakla birlikte, üç boyutlu veya tek boyutlu koordinat dönüşüm uygulamalarında aynı referansa dayalı yükseklik bilgilerini vermektedir. Yükseklik dönüşümünde GPS nivelmanı ile bulunan elipsoidal yükseklikler ile birlikte Harita Genel Müdürlüğünden alınan onaylı Türkiye ulusal düşey kontrol ağında belirlenmiş olan jeoid yükseklikleri kullanılarak h=H+N formülü kullanılarak noktaların ortometrik yükseklikleri hesaplanmıştır. Çalışmada uygulanan yükseklik dönüşüm sonuçları EK A-3'de,

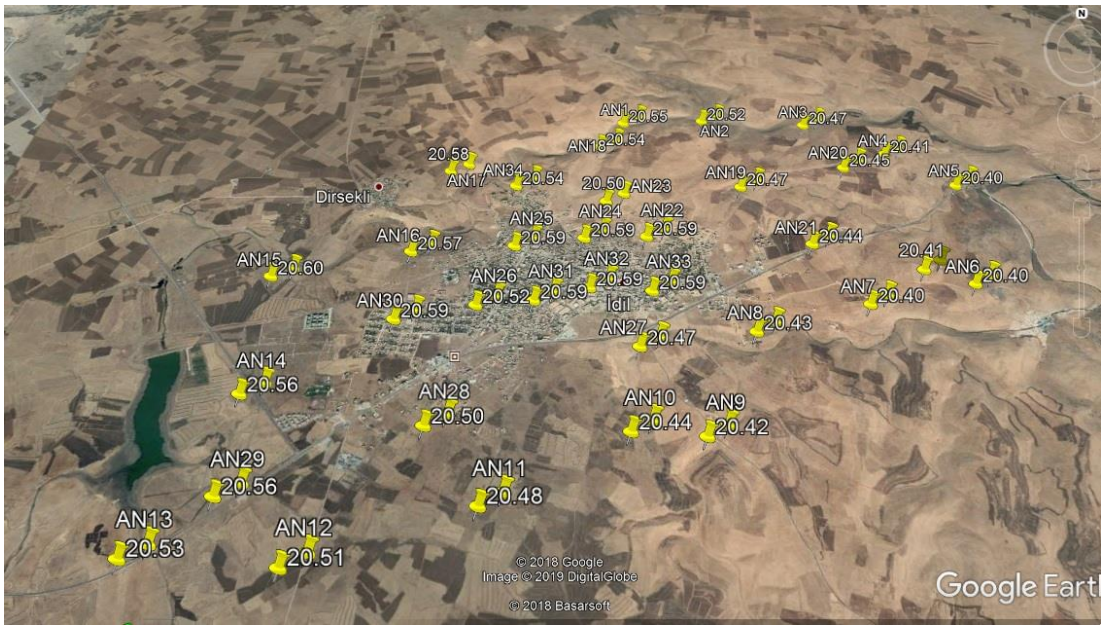
hesaplanan elipoidal yükseklikler (h) ortometrik yükseklikler (H) ve jeoit yükseklikleri (N) sonuçları ise EK A-6'da verilmiştir. Ayrıca, Şekil 4.5 ve 4.6'da jeoit yükseklikleri de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Jeoit yükseklikleri haritası



Şekil 4.6. Jeoit yükseklikleri haritası



Şekil 4.7. Jeoit yükseklikleri haritası arazi durumu

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mevcut haritaların veya jeodezik noktaların farklı koordinat sistemlerinde tanımlanmış olması ve bu farklı sistemlerin tek bir araştırma projesinde yer alması ciddi problemler oluşturmaktadır. Dolayısıyla, Harita mühendisliği alanında veya diğer alanlarda yapılan araştırmalarda temel haritaların bütünleşmesi amacıyla mevcut koordinat sistemleri arasında geçiş yapmak kaçınılmaz ve önemli bir konudur.

Mevcut datum dönüşüm modelleri tek boyutlu, iki boyutlu ve üç boyutlu yöntemler olarak ele alınmaktadır. Böylece, değişik koordinat sistemlerine bağlı olan ölçüler ortak çalışmalarda kullanılabilme amacıyla birbirine dönüştürülmekte ve ölçülerin bir bütün olarak aynı araştırmada kullanılması mümkün olmaktadır.

Datum dönüşümlerinde, dönüşüm işleminin gerçekleşmesi için, uygulanan dönüşüm yöntemine bağlı olarak, dönüşüm yapılacak her iki koordinat sisteminde de koordinatları belli olan ortak nokta konum bilgilerine ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada Şırnak iline ait 5 ortak noktada, iki boyutlu Benzerlik ve Afin dönüşümü en küçük kareler yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda uyuşumsuz ölçü testi de yapılmıştır. Uyuşumsuz ölçü(ler) Pope testine göre tespit edilmiş ve τ_f Tau-dağılımına göre noktaların uyuşumlu olduğu belirlenmiştir.

Benzerlik ve Afin dönüşümü sonucu elde edilen birim ortalama hatalarının birbirine oldukça yakın değerler olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, iki yöntemin hata değeri birbirine çok yakın (fark=-0.70377 mm) olmakla birlikte Helmert Dönüşümü yöntemi ile elde edilen doğruluğun Afin Dönüşümü yöntemine göre daha yüksek olduğu ifade edilebilir. Ayrıca, Afin dönüşüm modeli karşısında benzerlik dönüşüm modelinin geçerlilik testi de yapılmıştır. Model testi için $\hat{F}$ test büyüklüğü, r ve $\bar{f}_{Afin}$serbestlik dereceli F-dağılımına göre, $\hat{F}$=0.35 elde edilmiştir. Anlamlılık düzeyi $\alpha = 0.05$ için $F_{2,4,0.95}$=6.94 ve $\hat{F}$<F olduğundan benzerlik dönüşüm modelinin dönüşüm işlemlerinde kullanılmasına karar verilmiştir. Çalışma bölgesindeki noktaların dönüşümü için Afin dönüşüm modelini uygulamak, başka deyişle eksen

doğrultuları için farklı ölçek ve dönüklük açısı bilinmeyenleri öngörmek anlamlı değildir.

Ayrıca yükseklik dönüşümü de Şekil 4.3'de verilen Nivelman Ağı için en küçük kareler yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Oluşturulan test ağında geometrik nivelman ölçülerin uyuşumlu olduğu ve ortalama hataları dayalı dengeleme uygulamasında m_o=5.49 mm ve serbest ağ dengelemesinde ise m_o=5.51mm olarak hesaplanmıştır. Geometrik nivelman ölçümlerinden elde edilen dengelenmiş yükseklik farkları doğru kabul edilerek, GNSS ölçülerinden elde edilen yükseklik farkları karşılaştırıldığında, elipsoidal yükseklik farklarından elde edilen fark (DH) dayalı dengelemede -19.1mm ve 22.8mm arasında ve serbest dengelemede ise -20.3mm ve 21.5mm arasında olduğu görülmüştür. Ayrıca, bu bölge için hesaplanan jeoit yükseklikleri ortalama 20.510 m olarak elde dilmiştir.

Bu çalışmanın bir diğer sonucu ise, çalışma bölgesi için elde edilen dönüşüm parametreleri ve yükseklik değerlerinin ilgili kamu kurum ve kuruluşları tarafından kullanılıyor olmasıdır.

KAYNAKLAR

Acar, M., 2009. Heyelanların izlenmesinde esnek hesaaplama yöntemleri, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Akhade, V. ve Muniyappanavar, N., 2014. Comparative study of pulmonary functions in swimmers and sedentary controls. National Journal of Physiology, Pharmacy & Pharmacology , 4, 2, 149-152.

Akiz, E. ve Yerci, M., 2009. Jeoit kullanarak elipsoit yüksekliklerinden ortometrik yükseklik belirleme yöntemlerinin doğruluk araştırması. Harita Dergisi, 141, 13-25.

Akyılmaz, O., Acar, M. ve Özlüdemir, M.T., 2007. Koordinat dönüşümünde en küçük kareler ve toplam en küçük kareler yöntemleri, HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yöntemi Dergisi, 97, 15-22.

Akyilmaz, O., 2007. Total least squares solution of coordinate transformation. Survey Review, 39, 303, 68-80.

Andrei, C.O., 2004. 3D affine coordinate transformations in school of architecture and the built environment, Yüksek Lisans Tezi, Royal Institute of Technology (KTH) Stockholm, Sweden.

Ayan, T., 1978. Asro-jeodezik çekül sapması. İTÜ Dergisi, 36.

Başçiftçi, F., 2008. Jeodezide kullanılan dönüşüm yöntemlerinin programlanması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Başçiftçi, F. ve İnal, C., 2008. Jeodezide kullanılan bazı koordinat dönüşümlerinin programlanması, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23, 1, 27-40.

Boon, P. S. ve Setan, H., 2007. 3D coordinate transformation using molodensky badekas transformation model: MBT07. Joint International Symposium and Exhibition on Geoinformation and International Symposium and Exhibition on Gps/Gnss, Persada Johor International Convention Centre, Johor Bahru, Johor.

Bülbül, S., 2013. Yatay yöndeki deformasyonların belirlenmesinde bağıl güven elipsleri ve cholesky çarpanlarına ayırma yönteminin kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Cai, G., Chen, B.M. ve Lee, T.H., 2011. Coordinate systems and transformations, pp.23-24, in: Unmanned Rotorcraft Systems, Springer Publishing Company, Incorporated, U.S.A.

Çorumluoğlu, Ö., Özbay, Y., Kalaycı, İ. ve Şanlıoğlu, İ., 2005. GPS Yüksekliklerinden ortometrik yüksekliklerin elde edilmesinde yapay sinir ağı (YSA) tekniğinin kullanımı. 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul, 552- 560.

Dawod, G. ve Alnagar, D., 2000. Optimum geodetic datum transformation techniques for GPS surveys in Egypt. Proceedings of Al-Azhar Engineering Sixth International Conference, 4, Cairo, Egypt, 709-718.

Demirtaş, M.Ü., 2006, Bölgesel koordinat dönüşümleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Deniz, R., 2014. Koordinat sistemleri ders notları. Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Zonguldak.

Direnç, A., Simav, M., Türkezer, A., Kurt, A.İ. ve Kurt, M., 2012. Türkiye'de jeoit belirleme çalışmaları. TUJK 2012 Türkiye Ulusal Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu Çalıştayı, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak.

Doğanalp, S. 2013. Gravite alanı belirleme amaçlı yakın yer uyduları için duyarlı yörünge belirleme teknikleri. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Gao, Y., 2017. Analysis of coordinate transformation with different polynomial models, Bachelorarbeit im Studiengang, Universitat Stuttgart, Geodatisches Institut, Deutschland.

Gedik, Ö., 2016. Serbest ağ dengelemesi ve özel çözüm yöntemleri. Dengelemede Özel Konular Dersi Araştırma Ödevi, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Zonguldak.

Ghilani, C.D., 2017. Adjustment computations: spatial data analysis, Wiley, U.S.A.

Güllü, M., Tuşat, E., Baybura, T. ve Turgut, B., 2018. Üç boyutlu koordinat dönüşüm yöntemlerinin incelenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18, 015503, 250- 255.

Hoşbaş, R. G., ve Bozdağ, Y. 2016. Jeodezik ağlarda dengeleme hesabı ve deformasyon analizi için yazılım tasarımı, 8. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul, Yıldız Teknik Üniversitesi, 1-7.

Hüsrevoğlu, M. ve Tuşat, E. 2018. İki boyutlu bazı datum dönüşüm yöntemlerinin incelenmesi, Geomatik Dergisi, 3, 1, 22-34.

İlvan, A., 2014. Mersin ili Toroslar ilçesi örneğinde lokal datum dönüşüm parametrelerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

İnal, C., ve Yiğit, C.Ö., 2004. Elipsoidal yüksekliklerin ortometrik yüksekliğe dönüşümünde enterpolasyon yöntemlerinin kullanılabilirliği, Selçuk Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19, 1, 73-84.

Kurt, O., 2002. İki boyutlu benzerlik ve afin dönüşümleri, Bölüm İçi Seminer Çalışması, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Zonguldak.

Kutoglu, H.S., Mekik, C., ve H. Akcin, 2002. A comparison of two well known models for 7- parameter transformation. Australian Surveyor, 47, 1, 24-30.

Kutoğlu, Ş.H., 2001. GSP ağlarının ülke nirengi ağlarına entegrasyonu, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Markovsky, I., ve Van Huffel, S., 2007. Overview of total least-squares methods, Signal Processing, 87, 10, 2283-2302.

Noureldin, A., Karamat, T.B. ve Georgy, J., 2013. Basic navigational mathematics, reference frames and the earth's geometry, in Fundamentals of Inertial Navigation, Satellite Positioning and their Integration, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 21-63.

PCN304 521, 2013. Methodology and parameters for datum transformation between the new and old reference systems, EU-Georgia E-Governance Facility, Tbilisi, Georgia.

Pramanik, A. 2008. Electromagnetısm: theory and applications, PHI Learning, India.

Romero, L., Garcia, M. ve Gómez Suárez, C., 2014. A tutorial on the total least squares method for fitting a straight line and a plane, Journal of Scıence and Engıneerıng of The Superıor Technologıcal Instıtute of Coatzacoalcos, 1, 167-173.

Subaşı, Y.S., 2014, Nokta konum doğruluğunun iki ve üç boyutlu koordinat dönüşümüne etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Şanloğlu, İ. ve İnal, C., 2005. ITRF2000'nin tanıtımı ve ITRF2000 ile diğer referans ağları arasındaki dönüşüme alternatif bir yaklaşım. Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 275- 284.

Şimşek, M., 2008. Jeodezik ağların dengelenmesinde hedef programlama tekniği, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Şişman, Y., 2005. Uyuşumsuz ölçü gruplarının belirlenmesi yöntemleri. Harita Genel Komutanlığı Harita Dergisi, 133, 74-89.

Şişman, Y., Şişman, A. ve Bektaş, S., 2013. Koordinat dönüşümünde deney tasarımı yaklaşımı, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 5, 1, 37-46.

Şişman, Y., Bektaş, S. ve Yıldırım, Ö., 2009. Uyuşumsuz ölçü analizinde robust kestirim ve L1 norm yöntemleri. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.

Şişman, Y. ve Dilaver, A., 2005. Datum dönüşümünde kalite kontrol. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.

Ünsal, F.B., 2009. İki boyutlu doğrusal koordinat dönüşümleri. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.

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

Yalçınkaya, M. ve Kayıkçı, E.T., 2016. Dengeleme hesabı-ı ders notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Trabzon.

Yalçınkaya, E., 2018. Some problems on the geometry of calıbrated manıfolds, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Yiğit, C.Ö., 2003. Elipsoidal yüksekliklerin ortometrik yüksekliğe dönüşümünde kullanılan enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Konya.

Yevenyo, Z.Y., Youjian, H., Amans, C.O. ve Fan, D.L., 2013. Determination of GPS coordinate transformation parameters of geodetic data between reference datums-a case. International Journal of Engineering Sciences & Research Technology, 2, 4, 956-971.

EKLER

EK A. Dayalı dengelemesi sonuçları

EK B. Ölçülerin düzeltmeleri

EK C. Dengeli yükseklikler ve ortalama hataları

EK D. Ölçülerin düzeltmeleri

EK E. Uyuşumsuz ölçü testi

EK F. Nivelman noktaları elipsoid, ortometrik ve jeoit yükseklikleri

EK G. Şırnak iline bağlı dönüşüm uygulama özet raporu

EK H. ED50 datumunun parametreleri

Çizelge A. Dayalı dengelemesi sonuçları

Nokta No	Yaklaşık Yükseklik	DH (m)	Kesin Yükseklik	Karesel Ortalama Hata
	Ho (m)		H=Ho+DH (m)	Mh (mm)
AN20			741.9553	*****
AN35			754.4502	*****
AN1	707.7215	0.0050	707.7265	4.3
AN2	710.7110	0.0004	710.7114	3.7
AN3	695.0322	-0.0024	695.0298	3.1
AN4	716.7619	0.0011	716.7630	3.9
AN5	665.6983	0.0036	665.7019	3.3
AN6	741.5535	0.0023	741.5558	2.4
AN7	747.7490	0.0034	747.7524	4.0
AN8	724.1638	0.0120	724.1758	3.8
AN9	744.5361	0.0136	744.5497	5.1
AN10	776.0578	0.0096	776.0674	4.8
AN11	803.5733	0.0057	803.5790	5.9
AN12	796.0824	0.0033	796.0857	5.6
AN13	782.3035	0.0070	782.3105	6.3
AN14	788.5599	0.0012	788.5611	5.2
AN15	753.1542	0.0002	753.1544	5.7
AN16	765.0661	0.0024	765.0685	4.8
AN17	711.6595	0.0105	711.6700	4.6
AN18	711.4306	0.0044	711.4350	4.2
AN19	731.9888	-0.0052	731.9836	3.1
AN21	748.9813	-0.0147	748.9666	3.1
AN22	771.0303	0.0100	771.0403	3.8
AN23	768.3384	-0.0127	768.3257	3.8
AN24	771.0280	-0.0191	771.0089	3.9
AN25	774.4695	-0.0002	774.4693	4.1
AN26	780.3671	-0.0045	780.3626	4.4
AN27	754.7642	0.0228	754.7870	4.4
AN28	799.9328	0.0025	799.9353	5.1
AN29	789.2421	0.0056	789.2477	5.9
AN30	785.3160	0.0004	785.3164	5.0
AN31	770.2683	0.0008	770.2691	4.4
AN32	770.7320	0.0132	770.7452	4.0
AN33	761.8785	0.0151	761.8936	4.6
AN34	763.9249	0.0116	763.9365	4.4

Çizelge B. Ölçülerin düzeltmeleri

Başlangıç Noktası	Bitiş Noktası	Ölçülen Dh(m)	Düzeltme V(m)	Dengeli DH=Dh+V	Ort.Hata MH(mm)	Ağırlık [P=1/S(km)]
AN1	AN2	2.9848	0.0001	2.9849	3.3	1.0204
AN2	AN19	21.2724	-0.0002	21.2722	3.4	0.7782
AN3	AN2	15.6835	-0.0020	15.6815	3.7	0.7067
AN3	AN4	21.7336	-0.0005	21.7331	3.6	0.7849
AN4	AN5	-51.0623	0.0012	-51.0611	3.3	1.1161
AN5	AN20	76.2570	-0.0036	76.2534	3.3	0.5900
AN6	AN5	-75.8552	0.0012	-75.8540	3.4	0.6154
AN6	AN35	12.8916	0.0028	12.8944	2.4	1.9531
AN7	AN6	-6.1955	-0.0011	-6.1966	3.7	0.8150
AN8	AN7	23.5852	-0.0086	23.5766	3.8	0.6935
AN8	AN22	46.8665	-0.0020	46.8645	3.0	0.5328
AN8	AN27	30.6004	0.0107	30.6111	3.0	0.8432
AN9	AN8	-20.3723	-0.0016	-20.3739	3.9	0.5110
AN10	AN9	-31.5217	0.0040	-31.5177	3.0	1.4793
AN10	AN11	27.5155	-0.0038	27.5117	4.1	0.6353
AN12	AN11	7.4909	0.0024	7.4933	4.1	0.6094
AN12	AN29	-6.8403	0.0023	-6.8380	3.1	1.1669
AN13	AN12	13.7789	-0.0037	13.7752	3.9	0.6821
AN14	AN13	-6.2564	0.0058	-6.2506	4.1	0.4921
AN14	AN28	11.3729	0.0013	11.3742	3.4	0.5889
AN14	AN30	-3.2439	-0.0008	-3.2447	3.5	0.6219
AN15	AN14	35.4057	0.0010	35.4067	3.7	0.7067
AN16	AN15	-11.9119	-0.0022	-11.9141	3.7	0.7342
AN16	AN25	9.4034	-0.0026	9.4008	2.9	0.8757
AN17	AN16	53.4066	-0.0081	53.3985	3.5	0.4655
AN17	AN34	52.2654	0.0011	52.2665	3.0	0.8110
AN18	AN1	-3.7054	-0.0031	-3.7085	2.6	1.8282
AN18	AN17	0.2289	0.0061	0.2350	3.6	0.4515
AN19	AN20	9.9665	0.0052	9.9717	3.1	0.8137
AN19	AN21	16.9925	-0.0095	16.9830	3.0	0.9174
AN19	AN23	36.3496	-0.0075	36.3421	3.4	0.5952
AN20	AN3	-46.9231	-0.0024	-46.9255	3.1	0.9737
AN20	AN35	12.4800	0.0149	12.4949	0.0	0.4812
AN21	AN8	-24.7983	0.0075	-24.7908	3.3	0.5777
AN21	AN22	22.0826	-0.0089	22.0737	3.2	0.6112
AN22	AN23	-2.7121	-0.0025	-2.7146	2.4	1.4771
AN22	AN32	-0.2983	0.0032	-0.2951	2.4	1.0173
AN23	AN18	-56.8916	0.0009	-56.8907	3.2	0.6406
AN23	AN24	2.6896	-0.0064	2.6832	2.4	1.4245
AN24	AN22	0.0299	0.0015	0.0314	2.2	1.3812

Çizelge B. Ölçülerin düzeltmeleri (devamı)

AN24	AN25	3.4687	-0.0083	3.4604	2.3	1.2453
AN25	AN17	-62.7952	-0.0041	-62.7993	3.0	0.5886
AN25	AN26	5.8976	-0.0043	5.8933	2.4	1.1287
AN25	AN32	-3.7104	-0.0137	-3.7241	2.3	1.0070
AN25	AN34	-10.5365	0.0037	-10.5328	2.7	0.9506
AN26	AN27	-25.5721	-0.0035	-25.5756	3.2	0.5030
AN26	AN30	4.9507	0.0031	4.9538	3.1	0.8540
AN27	AN10	21.2833	-0.0029	21.2804	3.1	1.0537
AN27	AN32	15.9542	0.0041	15.9583	2.9	0.7468
AN28	AN10	-23.8709	0.0030	-23.8679	3.7	0.5092
AN28	AN12	-3.8476	-0.0020	-3.8496	3.5	0.6139
AN28	AN26	-19.5743	0.0015	-19.5728	3.4	0.6698
AN29	AN14	-0.6825	-0.0041	-0.6866	3.5	0.7994
AN30	AN16	-20.2458	-0.0021	-20.2479	3.2	0.8244
AN31	AN25	4.2012	-0.0010	4.2002	2.5	0.9891
AN31	AN26	10.0970	-0.0036	10.0934	2.4	1.5949
AN32	AN24	0.2652	-0.0015	0.2637	2.3	1.1876
AN32	AN31	-0.4789	0.0028	-0.4761	2.6	1.0953
AN33	AN8	-37.7147	-0.0031	-37.7178	3.4	0.6757
AN33	AN32	8.8497	0.0019	8.8516	3.0	1.2407
AN34	AN18	-52.5049	0.0034	-52.5015	3.2	0.6623
AN34	AN24	7.0680	0.0044	7.0724	2.8	0.7582
AN35	AN21	-5.4867	0.0031	-5.4836	3.1	0.8230
AN1	AN18	3.7091	-0.0006	3.7085	2.6	1.8832
AN2	AN1	-2.9895	0.0046	-2.9849	3.3	0.9901
AN2	AN3	-15.6805	-0.0010	-15.6815	3.7	0.6725
AN3	AN20	46.9296	-0.0041	46.9255	3.1	0.9268
AN4	AN3	-21.7297	-0.0034	-21.7331	3.6	0.7634
AN5	AN4	51.062	-0.0009	51.0611	3.3	1.0707
AN5	AN6	75.8517	0.0023	75.854	3.4	0.6177
AN6	AN7	6.1905	0.0061	6.1966	3.7	0.7987
AN7	AN8	-23.5762	-0.0004	-23.5766	3.8	0.6944
AN8	AN9	20.3799	-0.0060	20.3739	3.9	0.4789
AN8	AN21	24.7966	-0.0058	24.7908	3.3	0.5711
AN8	AN33	37.7126	0.0052	37.7178	3.4	0.6378
AN9	AN10	31.5148	0.0029	31.5177	3.0	1.3441
AN10	AN27	-21.2804	0.0000	-21.2804	3.1	0.9823
AN10	AN28	23.8785	-0.0106	23.8679	3.7	0.4975
AN11	AN10	-27.5048	-0.0069	-27.5117	4.1	0.5956
AN11	AN12	-7.4987	0.0054	-7.4933	4.1	0.5848
AN12	AN13	-13.7667	-0.0085	-13.7752	3.9	0.6698

Çizelge B. Ölçülerin düzeltmeleri (devamı)

AN12	AN28	3.8376	0.0120	3.8496	3.5	0.5981
AN13	AN14	6.2514	-0.0008	6.2506	4.1	0.5128
AN14	AN15	-35.4017	-0.0050	-35.4067	3.7	0.7082
AN14	AN29	0.6863	0.0003	0.6866	3.5	0.7576
AN15	AN16	11.9219	-0.0078	11.9141	3.7	0.7593
AN16	AN17	-53.4021	0.0036	-53.3985	3.5	0.5139
AN16	AN30	20.2492	-0.0013	20.2479	3.2	0.8058
AN17	AN18	-0.2149	-0.0201	-0.2350	3.6	0.4382
AN17	AN25	62.7916	0.0077	62.7993	3.0	0.5814
AN18	AN23	56.8988	-0.0081	56.8907	3.2	0.6215
AN18	AN34	52.5003	0.0012	52.5015	3.2	0.6378
AN19	AN2	-21.2796	0.0074	-21.2722	3.4	0.6940
AN20	AN5	-76.2470	-0.0064	-76.2534	3.3	0.5787
AN20	AN19	-9.9691	-0.0026	-9.9717	3.1	0.4850
AN21	AN19	-16.9790	-0.0040	-16.983	3.0	0.8905
AN21	AN35	5.4808	0.0028	5.4836	3.1	0.7593
AN22	AN8	-46.8603	-0.0042	-46.8645	3.0	0.5388
AN22	AN21	-22.0854	0.0117	-22.0737	3.2	0.5831
AN22	AN24	-0.0226	-0.0088	-0.0314	2.2	1.3158
AN23	AN19	-36.3441	0.0020	-36.3421	3.4	0.5858
AN23	AN22	2.7194	-0.0048	2.7146	2.4	1.3947
AN24	AN23	-2.6825	-0.0007	-2.6832	2.4	1.3680
AN24	AN32	-0.2659	0.0022	-0.2637	2.3	1.1547
AN24	AN34	-7.0581	-0.0143	-7.0724	2.8	0.7199
AN25	AN16	-9.4093	0.0085	-9.4008	2.9	0.9625
AN25	AN24	-3.4624	0.0020	-3.4604	2.3	1.2346
AN25	AN31	-4.2007	0.0005	-4.2002	2.5	0.9542
AN26	AN25	-5.8918	-0.0015	-5.8933	2.4	1.1136
AN26	AN28	19.5744	-0.0016	19.5728	3.4	0.6734
AN26	AN31	-10.0900	-0.0034	-10.0934	2.4	1.5625
AN27	AN8	-30.6113	0.0002	-30.6111	3.0	0.7806
AN27	AN26	25.5715	0.0041	25.5756	3.2	0.5045
AN28	AN14	-11.3746	0.0004	-11.3742	3.4	0.5917
AN29	AN12	6.8326	0.0054	6.8380	3.1	1.1587
AN30	AN14	3.2413	0.0034	3.2447	3.5	0.7128
AN30	AN26	-4.9542	0.0004	-4.9538	3.1	0.8576
AN31	AN32	0.4714	0.0047	0.4761	2.6	1.0560
AN32	AN22	0.2915	0.0036	0.2951	2.4	1.0070
AN32	AN25	3.7182	0.0059	3.7241	2.3	0.9737
AN32	AN27	-15.9516	-0.0067	-15.9583	2.9	0.7576
AN32	AN33	-8.849	-0.0026	-8.8516	3.0	1.1416
AN34	AN17	-52.2556	-0.0109	-52.2665	3.0	0.8503

Çizelge B. Ölçülerin düzeltmeleri (devamı)

AN34	AN25	10.5342	-0.0014	10.5328	2.7	0.8913
AN35	AN6	-12.8997	0.0053	-12.8944	2.4	1.9802
AN35	AN20	-12.4881	-0.0068	-12.4949	0.0	0.4757

Çizelge C. Dengeli yükseklikler ve ortalama hataları

Nokta No	Yaklaşık Yükseklik	DH(m)	Kesin Yükseklik	Karesel Ortalama Hata
	Ho(m)		H=Ho+DH(m)	Mh(mm)
AN20			741.9553	*****
AN1	707.7215	0.0041	707.7256	4.6
AN2	710.7110	-0.0004	710.7106	4.0
AN3	695.0322	-0.0028	695.0294	3.2
AN4	716.7619	0.0005	716.7624	4.0
AN5	665.6983	0.0028	665.7011	3.6
AN6	741.5535	0.0006	741.5541	3.9
AN7	747.7490	0.0019	747.7509	4.8
AN8	724.1638	0.0107	724.1745	4.4
AN9	744.5361	0.0124	744.5485	5.6
AN10	776.0578	0.0083	776.0661	5.3
AN11	803.5733	0.0045	803.5778	6.3
AN12	796.0824	0.0021	796.0845	5.9
AN13	782.3035	0.0058	782.3093	6.6
AN14	788.5599	0.0000	788.5599	5.6
AN15	753.1542	-0.001	753.1532	6.0
AN16	765.0661	0.0013	765.0674	5.2
AN17	711.6595	0.0094	711.6689	5.0
AN18	711.4306	0.0034	711.4340	4.6
AN19	731.9888	-0.0060	731.9828	3.5
AN21	748.9813	-0.0160	748.9653	3.9
AN22	771.0303	0.0088	771.0391	4.3
AN23	768.3384	-0.0138	768.3246	4.3
AN24	771.0280	-0.0203	771.0077	4.4
AN25	774.4695	-0.0014	774.4681	4.6
AN26	780.3671	-0.0057	780.3614	4.9
AN27	754.7642	0.0215	754.7857	4.9
AN28	799.9328	0.0013	799.9341	5.5
AN29	789.2421	0.0044	789.2465	6.2
AN30	785.3160	-0.0008	785.3152	5.4
AN31	770.2683	-0.0003	770.2680	4.9
AN32	770.7320	0.0120	770.7440	4.5
AN33	761.8785	0.0139	761.8924	5.1
AN34	763.9249	0.0105	763.9354	4.8
AN35	754.4502	-0.0021	754.4481	3.7

Çizelge D. Ölçülerin düzeltmeleri

Başlangıç Noktası	Bitiş Noktası	Ölçülen	Düzeltme	Dengeli	Ort.Hata	Ağırlık
		Dh(m)	V(m)	DH=Dh+ V	MH(mm)	[P=1/S(k m)]
AN1	AN2	2.9848	0.0002	2.985	3.4	1.0204
AN2	AN19	21.2724	-0.0003	21.2721	3.4	0.7782
AN3	AN2	15.6835	-0.0023	15.6812	3.7	0.7067
AN3	AN4	21.7336	-0.0007	21.7329	3.6	0.7849
AN4	AN5	-51.0623	0.0010	-51.0613	3.3	1.1161
AN5	AN20	76.2570	-0.0028	76.2542	3.6	0.5900
AN6	AN5	-75.8552	0.0022	-75.853	3.8	0.6154
AN6	AN35	12.8916	0.0024	12.894	2.5	1.9531
AN7	AN6	-6.19550	-0.0013	-6.1968	3.7	0.8150
AN8	AN7	23.5852	-0.0089	23.5763	3.9	0.6935
AN8	AN22	46.8665	-0.0019	46.8646	3.0	0.5328
AN8	AN27	30.6004	0.0108	30.6112	3.0	0.8432
AN9	AN8	-20.3723	-0.0016	-20.3739	3.9	0.5110
AN10	AN9	-31.5217	0.0040	-31.5177	3.0	1.4793
AN10	AN11	27.5155	-0.0038	27.5117	4.1	0.6353
AN12	AN11	7.4909	0.0024	7.4933	4.1	0.6094
AN12	AN29	-6.8403	0.0023	-6.838	3.1	1.1669
AN13	AN12	13.7789	-0.0037	13.7752	3.9	0.6821
AN14	AN13	-6.2564	0.0057	-6.2507	4.1	0.4921
AN14	AN28	11.3729	0.0013	11.3742	3.4	0.5889
AN14	AN30	-3.2439	-0.0008	-3.2447	3.5	0.6219
AN15	AN14	35.4057	0.0010	35.4067	3.8	0.7067
AN16	AN15	-11.9119	-0.0022	-11.9141	3.7	0.7342
AN16	AN25	9.4034	-0.0026	9.4008	2.9	0.8757
AN17	AN16	53.4066	-0.0081	53.3985	3.6	0.4655
AN17	AN34	52.2654	0.0011	52.2665	3.0	0.8110
AN18	AN1	-3.7054	-0.0030	-3.7084	2.7	1.8282
AN18	AN17	0.2289	0.0060	0.2349	3.6	0.4515
AN19	AN20	9.9665	0.0060	9.9725	3.5	0.8137
AN19	AN21	16.9925	-0.0100	16.9825	3.1	0.9174
AN19	AN23	36.3496	-0.0077	36.3419	3.4	0.5952
AN20	AN3	-46.9231	-0.0028	-46.9259	3.2	0.9737
AN20	AN35	12.4800	0.0128	12.4928	3.7	0.4812
AN21	AN8	-24.7983	0.0076	-24.7907	3.3	0.5777
AN21	AN22	22.0826	-0.0087	22.0739	3.2	0.6112
AN22	AN23	-2.7121	-0.0024	-2.7145	2.4	1.4771
AN22	AN32	-0.2983	0.0032	-0.2951	2.4	1.0173
AN23	AN18	-56.8916	0.0010	-56.8906	3.3	0.6406
AN23	AN24	2.6896	-0.0065	2.6831	2.4	1.4245

Çizelge D. Ölçülerin düzeltmeleri (devamı)

AN24	AN22	0.02990	0.0015	0.0314	2.2	1.3812
AN24	AN25	3.4687	-0.0083	3.4604	2.3	1.2453
AN25	AN17	-62.7952	-0.0041	-62.7993	3.0	0.5886
AN25	AN26	5.8976	-0.0044	5.8932	2.4	1.1287
AN25	AN32	-3.7104	-0.0137	-3.7241	2.3	1.0070
AN25	AN34	-10.5365	0.0038	-10.5327	2.7	0.9506
AN26	AN27	-25.5721	-0.0035	-25.5756	3.2	0.5030
AN26	AN30	4.9507	0.0031	4.9538	3.1	0.8540
AN27	AN10	21.2833	-0.0029	21.2804	3.1	1.0537
AN27	AN32	15.9542	0.0041	15.9583	2.9	0.7468
AN28	AN10	-23.8709	0.0029	-23.868	3.7	0.5092
AN28	AN12	-3.8476	-0.0020	-3.8496	3.5	0.6139
AN28	AN26	-19.5743	0.0016	-19.5727	3.4	0.6698
AN29	AN14	-0.6825	-0.0041	-0.6866	3.5	0.7994
AN30	AN16	-20.2458	-0.0021	-20.2479	3.2	0.8244
AN31	AN25	4.2012	-0.0010	4.2002	2.5	0.9891
AN31	AN26	10.097	-0.0036	10.0934	2.4	1.5949
AN32	AN24	0.2652	-0.0015	0.2637	2.3	1.1876
AN32	AN31	-0.4789	0.0028	-0.4761	2.6	1.0953
AN33	AN8	-37.7147	-0.0032	-37.7179	3.4	0.6757
AN33	AN32	8.8497	0.0020	8.8517	3.1	1.2407
AN34	AN18	-52.5049	0.0035	-52.5014	3.3	0.6623
AN34	AN24	7.0680	0.0043	7.0723	2.8	0.7582
AN35	AN21	-5.4867	0.0039	-5.4828	3.4	0.8230
AN1	AN18	3.7091	-0.0007	3.7084	2.7	1.8832
AN2	AN1	-2.9895	0.0045	-2.985	3.4	0.9901
AN2	AN3	-15.6805	-0.0007	-15.6812	3.7	0.6725
AN3	AN20	46.9296	-0.0037	46.9259	3.2	0.9268
AN4	AN3	-21.7297	-0.0032	-21.7329	3.6	0.7634
AN5	AN4	51.0620	-0.0007	51.0613	3.3	1.0707
AN5	AN6	75.8517	0.0013	75.853	3.8	0.6177
AN6	AN7	6.1905	0.0063	6.1968	3.7	0.7987
AN7	AN8	-23.5762	-0.0001	-23.5763	3.9	0.6944
AN8	AN9	20.3799	-0.0060	20.3739	3.9	0.4789
AN8	AN21	24.7966	-0.0059	24.7907	3.3	0.5711
AN8	AN33	37.7126	0.0053	37.7179	3.4	0.6378
AN9	AN10	31.5148	0.0029	31.5177	3.0	1.3441
AN10	AN27	-21.2804	0.0000	-21.2804	3.1	0.9823
AN10	AN28	23.8785	-0.0105	23.868	3.7	0.4975
AN11	AN10	-27.5048	-0.0069	-27.5117	4.1	0.5956
AN11	AN12	-7.4987	0.0054	-7.4933	4.1	0.5848

Çizelge D. Ölçülerin düzeltmeleri (devamı)

AN12	AN13	-13.7667	-0.0085	-13.7752	3.9	0.6698
AN12	AN28	3.8376	0.0120	3.8496	3.5	0.5981
AN13	AN14	6.2514	-0.0007	6.2507	4.1	0.5128
AN14	AN15	-35.4017	-0.0050	-35.4067	3.8	0.7082
AN14	AN29	0.6863	0.0003	0.6866	3.5	0.7576
AN15	AN16	11.9219	-0.0078	11.9141	3.7	0.7593
AN16	AN17	-53.4021	0.0036	-53.3985	3.6	0.5139
AN16	AN30	20.2492	-0.0013	20.2479	3.2	0.8058
AN17	AN18	-0.2149	-0.0200	-0.2349	3.6	0.4382
AN17	AN25	62.7916	0.0077	62.7993	3.0	0.5814
AN18	AN23	56.8988	-0.0082	56.8906	3.3	0.6215
AN18	AN34	52.5003	0.0011	52.5014	3.3	0.6378
AN19	AN2	-21.2796	0.0075	-21.2721	3.4	0.6940
AN20	AN5	-76.2470	-0.0072	-76.2542	3.6	0.5787
AN20	AN19	-9.9691	-0.0034	-9.9725	3.5	0.4850
AN21	AN19	-16.979	-0.0035	-16.9825	3.1	0.8905
AN21	AN35	5.4808	0.0020	5.4828	3.4	0.7593
AN22	AN8	-46.8603	-0.0043	-46.8646	3.0	0.5388
AN22	AN21	-22.0854	0.0115	-22.0739	3.2	0.5831
AN22	AN24	-0.02260	-0.0088	-0.0314	2.2	1.3158
AN23	AN19	-36.3441	0.0022	-36.3419	3.4	0.5858
AN23	AN22	2.7194	-0.0049	2.7145	2.4	1.3947
AN24	AN23	-2.6825	-0.0006	-2.6831	2.4	1.3680
AN24	AN32	-0.2659	0.0022	-0.2637	2.3	1.1547
AN24	AN34	-7.0581	-0.0142	-7.0723	2.8	0.7199
AN25	AN16	-9.4093	0.0085	-9.4008	2.9	0.9625
AN25	AN24	-3.4624	0.0020	-3.4604	2.3	1.2346
AN25	AN31	-4.2007	0.0005	-4.2002	2.5	0.9542
AN26	AN25	-5.8918	-0.0014	-5.8932	2.4	1.1136
AN26	AN28	19.5744	-0.0017	19.5727	3.4	0.6734
AN26	AN31	-10.0900	-0.0034	-10.0934	2.4	1.5625
AN27	AN8	-30.6113	0.0001	-30.6112	3.0	0.7806
AN27	AN26	25.5715	0.0041	25.5756	3.2	0.5045
AN28	AN14	-11.3746	0.0004	-11.3742	3.4	0.5917
AN29	AN12	6.8326	0.0054	6.8380	3.1	1.1587
AN30	AN14	3.2413	0.0034	3.2447	3.5	0.7128
AN30	AN26	-4.9542	0.0004	-4.9538	3.1	0.8576
AN31	AN32	0.4714	0.0047	0.4761	2.6	1.0560
AN32	AN22	0.2915	0.0036	0.2951	2.4	1.0070
AN32	AN25	3.7182	0.0059	3.7241	2.3	0.9737
AN32	AN27	-15.9516	-0.0067	-15.9583	2.9	0.7576

Çizelge D. Ölçülerin düzeltmeleri (devamı)

AN32	AN33	-8.8490	-0.0027	-8.8517	3.1	1.1416
AN34	AN17	-52.2556	-0.0109	-52.2665	3.0	0.8503
AN34	AN25	10.5342	-0.0015	10.5327	2.7	0.8913
AN35	AN6	-12.8997	0.0057	-12.894	2.5	1.9802
AN35	AN20	-12.4881	-0.0047	-12.4928	3.7	0.4757

Çizelge E. Uyuşumsuz ölçü testi

Başlangıç Noktası	Bitiş Noktası	Düzeltme V(mm)	Qvv	T	Test Sonucu
AN1	AN2	0.23	0.6084	0.05	UYUŞUMLU
AN2	AN19	-0.25	0.9086	0.05	UYUŞUMLU
AN3	AN2	-2.32	0.9574	0.43	UYUŞUMLU
AN3	AN4	-0.67	0.8378	0.13	UYUŞUMLU
AN4	AN5	1.03	0.5438	0.25	UYUŞUMLU
AN5	AN20	-2.79	1.2798	0.45	UYUŞUMLU
AN6	AN5	2.22	1.1388	0.38	UYUŞUMLU
AN6	AN35	2.39	0.3026	0.79	UYUŞUMLU
AN7	AN6	-1.29	0.7771	0.26	UYUŞUMLU
AN8	AN7	-8.87	0.9511	1.65	UYUŞUMLU
AN8	AN22	-1.89	1.5838	0.27	UYUŞUMLU
AN8	AN27	10.80	0.8887	2.08	UYUŞUMLU
AN9	AN8	-1.62	1.4584	0.24	UYUŞUMLU
AN10	AN9	4.01	0.3847	1.17	UYUŞUMLU
AN10	AN11	-3.81	1.0197	0.69	UYUŞUMLU
AN12	AN11	2.41	1.0778	0.42	UYUŞUMLU
AN12	AN29	2.33	0.5346	0.58	UYUŞUMLU
AN13	AN12	-3.67	0.9684	0.68	UYUŞUMLU
AN14	AN13	5.75	1.4750	0.86	UYUŞUMLU
AN14	AN28	1.28	1.3243	0.20	UYUŞUMLU
AN14	AN30	-0.83	1.2092	0.14	UYUŞUMLU
AN15	AN14	1.01	0.9495	0.19	UYUŞUMLU
AN16	AN15	-2.23	0.9090	0.42	UYUŞUMLU
AN16	AN25	-2.62	0.8609	0.51	UYUŞUMLU
AN17	AN16	-8.11	1.7310	1.12	UYUŞUMLU
AN17	AN34	1.14	0.9354	0.21	UYUŞUMLU
AN18	AN1	-3.01	0.3145	0.97	UYUŞUMLU
AN18	AN17	5.98	1.7950	0.81	UYUŞUMLU
AN19	AN20	6.04	0.8312	1.20	UYUŞUMLU
AN19	AN21	-9.99	0.7733	2.06	UYUŞUMLU
AN19	AN23	-7.74	1.3005	1.23	UYUŞUMLU
AN20	AN3	-2.77	0.6965	0.60	UYUŞUMLU
AN20	AN35	12.76	1.6343	1.81	UYUŞUMLU
AN21	AN8	7.56	1.3708	1.17	UYUŞUMLU
AN21	AN22	-8.73	1.2935	1.39	UYUŞUMLU
AN22	AN23	-2.42	0.4913	0.63	UYUŞUMLU
AN22	AN32	3.21	0.7857	0.66	UYUŞUMLU
AN23	AN18	0.96	1.2108	0.16	UYUŞUMLU
AN23	AN24	-6.48	0.5159	1.64	UYUŞUMLU
AN24	AN22	1.49	0.5597	0.36	UYUŞUMLU

Çizelge E. Uyuşumsuz ölçü testi (devamı)

AN24	AN25	-8.3	0.6291	1.90	UYUŞUMLU
AN25	AN17	-4.07	1.4036	0.62	UYUŞUMLU
AN25	AN26	-4.36	0.6945	0.95	UYUŞUMLU
AN25	AN32	-13.69	0.8211	2.74	UYUŞUMLU
AN25	AN34	3.77	0.8162	0.76	UYUŞUMLU
AN26	AN27	-3.55	1.6551	0.50	UYUŞUMLU
AN26	AN30	3.13	0.8461	0.62	UYUŞUMLU
AN27	AN10	-2.88	0.6360	0.66	UYUŞUMLU
AN27	AN32	4.12	1.0566	0.73	UYUŞUMLU
AN28	AN10	2.93	1.5212	0.43	UYUŞUMLU
AN28	AN12	-2.00	1.2173	0.33	UYUŞUMLU
AN28	AN26	1.56	1.1184	0.27	UYUŞUMLU
AN29	AN14	-4.10	0.8488	0.81	UYUŞUMLU
AN30	AN16	-2.05	0.8756	0.40	UYUŞUMLU
AN31	AN25	-1.02	0.8075	0.21	UYUŞUMLU
AN31	AN26	-3.58	0.4313	0.99	UYUŞUMLU
AN32	AN24	-1.51	0.6718	0.33	UYUŞUMLU
AN32	AN31	2.81	0.6874	0.61	UYUŞUMLU
AN33	AN8	-3.15	1.0896	0.55	UYUŞUMLU
AN33	AN32	1.97	0.499	0.50	UYUŞUMLU
AN34	AN18	3.47	1.162	0.58	UYUŞUMLU
AN34	AN24	4.34	1.0568	0.77	UYUŞUMLU
AN35	AN21	3.91	0.8351	0.78	UYUŞUMLU
AN1	AN18	-0.69	0.2985	0.23	UYUŞUMLU
AN2	AN1	4.47	0.6384	1.01	UYUŞUMLU
AN2	AN3	-0.68	1.0294	0.12	UYUŞUMLU
AN3	AN20	-3.73	0.7485	0.78	UYUŞUMLU
AN4	AN3	-3.23	0.8738	0.63	UYUŞUMLU
AN5	AN4	-0.73	0.5818	0.17	UYUŞUMLU
AN5	AN6	1.28	1.1328	0.22	UYUŞUMLU
AN6	AN7	6.29	0.8021	1.27	UYUŞUMLU
AN7	AN8	-0.13	0.9491	0.02	UYUŞUMLU
AN8	AN9	-5.98	1.5894	0.86	UYUŞUMLU
AN8	AN21	-5.86	1.3908	0.90	UYUŞUMLU
AN8	AN33	5.25	1.1776	0.88	UYUŞUMLU
AN9	AN10	2.89	0.4527	0.78	UYUŞUMLU
AN10	AN27	-0.02	0.7050	0.00	UYUŞUMLU
AN10	AN28	-10.53	1.5672	1.53	UYUŞUMLU
AN11	AN10	-6.89	1.1247	1.18	UYUŞUMLU
AN11	AN12	5.39	1.1468	0.91	UYUŞUMLU
AN12	AN13	-8.53	0.9954	1.55	UYUŞUMLU

Çizelge E. Uyuşumsuz ölçü testi (devamı)

AN12	AN28	12.00	1.2603	1.94	UYUŞUMLU
AN13	AN14	-0.75	1.3930	0.11	UYUŞUMLU
AN14	AN15	-5.01	0.9465	0.93	UYUŞUMLU
AN14	AN29	0.30	0.9178	0.06	UYUŞUMLU
AN15	AN16	-7.77	0.8640	1.52	UYUŞUMLU
AN16	AN17	3.61	1.5290	0.53	UYUŞUMLU
AN16	AN30	-1.35	0.9036	0.26	UYUŞUMLU
AN17	AN18	-19.98	1.8620	2.66	UYUŞUMLU
AN17	AN25	7.67	1.4246	1.17	UYUŞUMLU
AN18	AN23	-8.16	1.2588	1.32	UYUŞUMLU
AN18	AN34	1.13	1.2200	0.18	UYUŞUMLU
AN19	AN2	7.45	1.0646	1.31	UYUŞUMLU
AN20	AN5	-7.21	1.3128	1.14	UYUŞUMLU
AN20	AN19	-3.44	1.6642	0.48	UYUŞUMLU
AN21	AN19	-3.51	0.8063	0.71	UYUŞUMLU
AN21	AN35	1.99	0.9371	0.37	UYUŞUMLU
AN22	AN8	-4.31	1.5628	0.63	UYUŞUMLU
AN22	AN21	11.53	1.3725	1.79	UYUŞUMLU
AN22	AN24	-8.79	0.5957	2.07	UYUŞUMLU
AN23	AN19	2.24	1.3275	0.35	UYUŞUMLU
AN23	AN22	-4.88	0.5313	1.21	UYUŞUMLU
AN24	AN23	-0.62	0.5449	0.15	UYUŞUMLU
AN24	AN32	2.21	0.6958	0.48	UYUŞUMLU
AN24	AN34	-14.24	1.1268	2.43	UYUŞUMLU
AN25	AN16	8.52	0.7579	1.78	UYUŞUMLU
AN25	AN24	2.00	0.6361	0.46	UYUŞUMLU
AN25	AN31	0.52	0.8445	0.10	UYUŞUMLU
AN26	AN25	-1.44	0.7065	0.31	UYUŞUMLU
AN26	AN28	-1.66	1.1104	0.29	UYUŞUMLU
AN26	AN31	-3.42	0.4443	0.93	UYUŞUMLU
AN27	AN8	0.10	0.9837	0.02	UYUŞUMLU
AN27	AN26	4.15	1.6491	0.59	UYUŞUMLU
AN28	AN14	0.42	1.3163	0.07	UYUŞUMLU
AN29	AN12	5.37	0.5406	1.33	UYUŞUMLU
AN30	AN14	3.43	1.0042	0.62	UYUŞUMLU
AN30	AN26	0.37	0.8411	0.07	UYUŞUMLU
AN31	AN32	4.69	0.7214	1.00	UYUŞUMLU
AN32	AN22	3.59	0.7957	0.73	UYUŞUMLU
AN32	AN25	5.89	0.8551	1.16	UYUŞUMLU
AN32	AN27	-6.72	1.0376	1.20	UYUŞUMLU
AN32	AN33	-2.67	0.5690	0.64	UYUŞUMLU

Çizelge E. Uyuşumsuz ölçü testi (devamı)

AN34	AN17	-10.94	0.8784	2.12	UYUŞUMLU
AN34	AN25	-1.47	0.8862	0.28	UYUŞUMLU
AN35	AN6	5.71	0.2956	1.91	UYUŞUMLU
AN35	AN20	-4.66	1.6583	0.66	UYUŞUMLU

Çizelge F. Nivelman noktaları elipsoid, ortometrik ve jeoit yükseklikleri

DATUM :ITRF96		**ELIPSOID:GRS80**		**EPOK 2005.00**	**D.O.M / D.GEN.:42° / 3°**
Nokta No	***Y***	***X***	***Elip. Yük. (h)***	***Ortometrik Yük.(H)***	***Jeoit Yüksekliği (N)=h-H***
AN1	490793.8155	4136801.0410	728.2795	707.7265	20.5530
AN2	491631.8420	4136817.4378	731.2360	710.7114	20.5246
AN3	492716.2218	4136784.9198	715.5041	695.0298	20.4743
AN4	493462.7215	4136253.5136	737.1695	716.7630	20.4065
AN5	494094.1960	4135815.8259	686.1054	665.7019	20.4035
AN6	493853.3653	4134342.3344	761.9573	741.5558	20.4015
AN7	492856.3523	4134077.0540	768.1550	747.7524	20.4026
AN8	491820.3564	4133760.5305	744.6076	724.1758	20.4318
AN9	491284.3496	4132630.2525	764.9718	744.5497	20.4221
AN10	490691.4463	4132646.5700	796.5100	776.0674	20.4426
AN11	489550.0110	4131962.0177	824.0561	803.5790	20.4771
AN12	488203.3540	4131462.2378	816.5935	796.0857	20.5078
AN13	487063.1005	4131528.9068	802.8444	782.3105	20.5339
AN14	487573.2665	4133001.4502	809.1230	788.5611	20.5619
AN15	487533.2461	4134369.9911	773.7547	753.1544	20.6003
AN16	488756.3556	4134697.9000	785.6364	765.0685	20.5679
AN17	489020.7962	4135918.9515	732.2509	711.6700	20.5809
AN18	490533.5806	4136360.1531	731.9765	711.4350	20.5415
AN19	491911.6970	4135688.9529	752.4544	731.9836	20.4708
AN20	492991.9381	4136013.0662	762.4071	741.9553	20.4518
AN21	492475.6551	4134843.5658	769.4070	748.9666	20.4404
AN22	490937.2570	4134919.2280	791.6303	771.0403	20.5900
AN23	490572.7809	4135430.1091	788.8290	768.3257	20.5033
AN24	490352.8330	4134886.7000	791.5989	771.0089	20.5900
AN25	489706.4830	4134775.4780	795.0593	774.4693	20.5900
AN26	489397.5654	4134004.3833	800.8836	780.3626	20.5210
AN27	490806.7679	4133555.2638	775.2587	754.7870	20.4717
AN28	489079.8162	4132684.8481	820.4312	799.9353	20.4959
AN29	487602.3818	4132041.6265	809.8108	789.2477	20.5631
AN30	488705.0250	4133830.5170	805.9064	785.3164	20.5900
AN31	489899.1160	4134073.0230	790.8591	770.2691	20.5900
AN32	490392.8440	4134243.0370	791.3352	770.7452	20.5900

Çizelge F. Nivelman noktaları elipsoid, ortometrik ve jeoit yükseklikleri (devamı)

AN33	490949.4270	4134212.6670	782.4836	761.8936	20.5900
AN34	489688.9678	4135674.5552	784.4812	763.9365	20.5447
AN35	493436.7708	4134520.1865	774.8580	754.4502	20.4078

Çizelge G. Şırnak iline bağlı dönüşüm uygulama özet raporu

Topoğrafik yapısı	: DÜZ
Bağlanılan nirengi adları	: N47-G001 / N4720001 / N4720002 / N4720003 / N4720004
Kadastro bağlantı nokta adları	: -
Mevcut harita bağlantı nokta adları	: N.47009-47008-506-47006-47003
GPS ölçüsü yapılan aletler	: TOPCON
GPS hesabının yapıldığı program	: LEİCA GEO OFFİCE
Ortalama jeoid yüksekliği (N)	: 20.49
Ölçü / Referans (çizim) epoğu	: 2014.51 / 2005
1/ 100.000 lik pafta isimleri	: N47
Çizimin yapıldığı program	: NETCAD
Kenarlaşılan iş isimleri ve tasdik tarihleri	: .....
Nirengi sayısı	: 20 C3
Poligon sayısı	: 2085 (1-2085)
Poligon ölçü yöntemi	: GPS
Kot taşıma yöntemi	: GPS Niv
Rs. Sayısı	: 35 AN
Kot başlangıcı (Rs no ve İş ismi)	: SIRTKÖY AN12-RN1
Ana nivelman ağı hesap yöntemi	: En küçük kareler yöntemi
Pafta taksimatı	: ÜLKE KOORDİNAT SİSTEMİ (GRS 80)
Dönüşüm ile ilgili bilgiler	: ITRF96-ED50 dönüşümü yapılmıştır

Çizelge H. ED50 datumunun parametreleri

Referans lipsoid: Uluslararası 1924 Elipsoidi

a=6378388m;

b=6356911.9461m;

f=1/297;

e=0.08199188998).

Başlangıç meridyeni: Greenwich Meridyeni

Elipsoit ile jeoidin çakışık. jeodezik ve astronomik koordinatlarının aynı varsayıldığı temel nokta

Postdam/Almanya' daki Helmertturm noktası (φ=52o 22′ 51″.446 N; λ=13o 03′ 58″.741 E;

Jeoid yüksekliği (N)=0 m;

Çekül sapması

Kuzey güney bileşeni: (ζ)=3″.36.

Doğu batı bileşeni (η)=1″.78'.

Kullanılan referans elipsoidi ile yerin ağırlık merkezi arasında birkaç yüz metreye varan bir kayıklık olmaktadır.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı	**:**	Süleyman EVSEN
Adres	**:**	Tozkoparan Zahit Mah. 3358.Sokak Toki1 Dg10B Kat: 1 Daire:1 Tarsus/MERSİN
E-posta adresi	**:**	evsen.34@gmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Ön Lisans **:** Akdeniz Üniversitesi. 2009-2011

Lisans **:** Yıldız Teknik Üniversitesi. 2011-2014

Yüksek Lisans **:** Aksaray Üniversitesi. 2016 -

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. Med Harita Mühendislik 2014-2018
2. Tarsus Atatürk Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Harita Tapu Kadastro Öğretmeni 2018-