

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İKİ BOYUTLU DÖNÜŞÜM YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI:
TRABZON İLİ ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatma Nur AYYILDIZ

EKİM 2024

TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İKİ BOYUTLU DÖNÜŞÜM YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI:
TRABZON İLİ ÖRNEĞİ

Fatma Nur AYYILDIZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"HARİTA YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16 / 09 / 2024

Tezin Savunma Tarihi : 15 / 10 / 2024

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Faruk YILDIRIM

Trabzon 2024

ÖNSÖZ

“İki Boyutlu Dönüşüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması: Trabzon İli Örneği” isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Programı’nda hazırlanmıştır.

Tez çalışmamı bana öneren, çalışmam boyunca hiçbir desteğini esirgemeyen, çalışmamın her aşamasında benim yanımda olan, kıymetli bilgileriyle ve tecrübesiyle yolumu aydınlatan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Faruk YILDIRIM’a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca, yapıcı eleştirileri ve önerileri ile tezime büyük katkıları bulunan saygıdeğer hocam Sayın Prof. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI’ya ve eğitim öğretim hayatımda katkısı olan tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmamın yazımı aşamasında beni fikirleri ile yönlendiren ve desteğini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Öğr. Gör. Dr. Müge YURTCAN ile Özden GÖKÇELİK’e teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemde bana her türlü imkânı sağlayan, hayatım boyunca aldığım tüm kararlarda arkamda olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili annem ve babama teşekkür eder, minnettarlığımı sunarım.

Bu tez çalışmasının bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Fatma Nur AYYILDIZ

Trabzon 2024

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “İKİ BOYUTLU DÖNÜŞÜM YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI: TRABZON İLİ ÖRNEĞİ” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Faruk YILDIRIM’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, analizleri ilgili programlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 15/10/2024

Fatma Nur AYYILDIZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.1.1. Problemin Tanımı.....	2
1.1.2. Tezin Amacı.....	2
1.1.3. Metodoloji.....	3
1.2. Türkiye'de Kullanılan Datuılar	4
1.2.1. ED50 Datumu	6
1.2.2. WGS84 Datumu	6
1.2.3. ITRF96 Datumu	7
1.3. Türkiye'de Haritacılık Çalışmaları ve Datum Dönüşümü	8
1.3.1. TKGM Yenileme Çalışmalarında Datum Dönüşümü.....	11
1.3.2. BÖHHBÜY Datum Dönüşüm İlkeleri	12
1.4. Üç Boyutlu Dönüşüm Yöntemleri.....	13
1.5. İki Boyutlu Dönüşüm Yöntemleri	15
1.2.1. Benzerlik Dönüşümü Yöntemi.....	15
1.2.2. Afın Dönüşümü Yöntemi.....	18
1.2.3. Kollokasyon Yöntemiyle Benzerlik Dönüşümü Yöntemi	21
1.6. Duyarlık ve Güven Hesapları	23
1.7. Uyuşumsuz Ölçü Testleri	25
1.7.1. Poppe Yöntemi.....	26
1.7.2. t-Testi Yöntemi	27
1.7.3. Data Snooping Testi Yöntemi.....	28

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	29
2.1. Uygulama Alanının Seçimi	29
2.2. Trabzon İlinde Kullanılan Datum Dönüşüm Parametreleri	35
2.3. Benzerlik Dönüşümü Uygulaması.....	36
2.3.1. 10 Ortak Noktalı Benzerlik Dönüşümü Uygulaması	36
2.3.2. 16 Ortak Noktalı Benzerlik Dönüşümü Uygulaması	40
2.3.3. 10 ve 16 Ortak Noktalı Benzerlik Dönüşüm Modellerinin Karşılaştırılması	44
2.4. Afin Dönüşümü Uygulaması.....	53
2.4.1. 10 Ortak Noktalı Afin Dönüşümü Uygulaması	53
2.4.2. 16 Ortak Noktalı Afin Dönüşümü Uygulaması	57
2.4.3. 10 ve 16 Ortak Noktalı Afin Dönüşüm Modellerinin Karşılaştırılması	62
2.5. Kollokasyon Yöntemiyle Benzerlik Dönüşümü Uygulaması	71
2.5.1. 10 Ortak Noktalı Kollokasyon Yöntemiyle Benzerlik Dönüşümü Uygulaması	71
2.5.2. 16 Ortak Noktalı Kollokasyon Yöntemiyle Benzerlik Dönüşümü Uygulaması	74
2.5.3. 10 ve 16 Ortak Noktalı Kollokasyon Yöntemiyle Benzerlik Dönüşüm Modellerinin Karşılaştırılması.....	78
3. BULGULAR VE İRDELEMELER.....	88
3.1. 16 Ortak Noktalı Dönüşüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	88
3.2. Yöntemin Trabzon İline Ait Dönüşüm Parametrelerinde Test Edilmesi	98
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	115
5. KAYNAKLAR	119
ÖZGEÇMİŞ	

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

İKİ BOYUTLU DÖNÜŞÜM YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI: TRABZON İLİ ÖRNEĞİ

Fatma Nur AYYILDIZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Faruk YILDIRIM
2024, 120 Sayfa

Koordinat dönüşümlerine olan ilgi, ülkemizde GNSS sistemlerinin kullanılmasıyla ED50 datumundan ITRF96 datumuna dönüşümün jeodezik hassasiyette gerçekleştirilmesi ve uygulamada kolaylıklar sağlanması için, son yıllarda özellikle de kadastro yenileme çalışmalarıyla oldukça artmıştır. ED50 datumundaki elipsoid yüksekliklerinin jeodezik hassasiyette belirlenememesinden dolayı datum dönüşümü iki boyutlu yapılmaktadır. Bu çalışmada, Trabzon ilinde, tüm ilçelerde datum dönüşümünde 139 noktanın ED50 ile ITRF96 datumlarındaki koordinatları kullanılmıştır. Bu noktalarla Trabzon ili sınırları içinde, tek bir datum dönüşümü ile elde edilen parametrelerin kullanılması amaçlanmıştır. Bu amaç için ilin tamamına homojen şekilde dağıtılarak seçilen 10 ve 16 ortak noktalı iki boyutlu benzerlik, afin ve kollokasyonlu benzerlik dönüşümleri irdelenmiştir. İrdeleme sonucunda 16 ortak noktalı kollokasyonlu benzerlik yöntemi; hem 123 test noktasında hem de ilin farklı ilçelerinde daha önce yapılmış datum dönüşümlerinde kullanılan ortak noktalarda test edilerek en iyi sonuçları vermiştir. Seçilen yöntemle x ve y yönündeki düzeltmelerin karesel ortalamasının ortalaması; 123 test noktasında 16.2cm ve Akçaabat, Arsin, Beşikdüzü, Çaykara, Maçka, Of, Ortahisar, Sürmene, Tonya, Yomra ilçelerinde seçilen datum dönüşümlerinde kullanılan ortak noktalarda ise 18.1cm elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İki Boyutlu Dönüşüm, Datum, ED50, ITRF96

Master Thesis

SUMMARY

COMPARISON OF TWO DIMENSIONAL TRANSFORMATION METHODS: THE CASE OF TRABZON PROVINCE

Fatma Nur AYYILDIZ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geomatics Engineering Graduate Programme
Supervisor: Prof. Dr. Faruk YILDIRIM
2024, 120 Pages

Coordinate transformations have gained interest in recently especially with the cadastral renewal works to perform transformation from ED50 datum to ITRF96 datum with geodetic precision by using GNSS in our country. Datum transformation is performed in two dimensions for ellipsoid heights in ED50 datum cannot be determined with geodetic precision. In this thesis, coordinates of 139 points in ED50 and ITRF96 datums have been used for datum transformation in Trabzon province. With these points, use of parameters that are derived from a single datum transformation within the borders of the Trabzon province is aimed. For this purpose, two-dimensional similarity, affine and collocated similarity transformations with 10 and 16 common points that are homogeneously distributed throughout the province have been analyzed. The analysis has indicated that the collocated similarity method with 16 common points has yielded the best results both at 123 test points and at the common points used in datum transformations previously performed in different districts of the province. With the selected method, the average of square mean of the corrections in x and y directions has been obtained as 16.2cm at 123 test points and 18.1cm at the common points selected in ten different districts.

Key Words: Two Dimensional Transformation, Datum, ED50, ITRF96

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Geometrik ve fiziksel yüzeyler	4
Şekil 2. En yaygın kullanılan jeodezik datumlar ve elipsoidleri	5
Şekil 3. Datum farklılığı	8
Şekil 4. Yatay Kontrol Ağı poligon zincirleri.....	9
Şekil 5. Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı_1999 (TUTGA).....	10
Şekil 6. Datum uyumsuzluğu.....	12
Şekil 7. Üç boyutlu dönüşüm.....	14
Şekil 8. Benzerlik dönüşümü	16
Şekil 9. Afin dönüşümü	18
Şekil 10. Trabzon ili ve ilçeleri.....	30
Şekil 11. Trabzon ilçelerinde ortak139 noktanın Google Earth görünümü	33
Şekil 12. Dönüşümde kullanılan ortak noktaların NETCAD GIS programındaki görünümü.....	35
Şekil 13. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan benzerlik dönüşümü sonucu ortak noktaların x eksenini boyunca elde edilen düzeltmeleri.....	45
Şekil 14. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan benzerlik dönüşümü sonucu ortak noktaların y eksenini boyunca elde edilen düzeltmeleri.....	46
Şekil 15. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan benzerlik dönüşümü sonrasında test noktalarının x eksenini boyunca elde edilen koordinat farkları.....	49
Şekil 16. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan benzerlik dönüşümü sonrasında test noktalarının y eksenini boyunca elde edilen koordinat farkları.....	52
Şekil 17. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümü sonucu ortak noktaların x eksenini boyunca elde edilen düzeltmeleri.....	63
Şekil 18. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümü sonucu ortak noktaların y eksenini boyunca elde edilen düzeltmeleri.....	64
Şekil 19. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümü sonrasında test noktalarının x eksenini boyunca elde edilen koordinat farkları.....	67
Şekil 20. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümü sonrasında test noktalarının y eksenini boyunca elde edilen koordinat farkları.....	70
Şekil 21. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümü sonucu ortak noktaların x eksenini boyunca elde edilen düzeltmeleri	79
Şekil 22. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümü sonucu ortak noktaların y eksenini boyunca elde edilen düzeltmeleri	80

Şekil 23.	10 ve 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümü sonrasında test noktalarının x eksenini boyunca elde edilen koordinat farkları	83
Şekil 24.	10 ve 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümü sonrasında test noktalarının y eksenini boyunca elde edilen koordinat farkları	86
Şekil 25.	16 ortak nokta ile yapılan iki boyutlu dönüşümlerde ortak noktaların x eksenini boyunca elde edilen düzeltmeleri	89
Şekil 26.	16 ortak nokta ile yapılan iki boyutlu dönüşümlerde ortak noktaların y eksenini boyunca elde edilen düzeltmeleri	90
Şekil 27.	16 ortak nokta ile yapılan iki boyutlu dönüşümlerde test noktalarının x eksenini boyunca elde edilen farkları	93
Şekil 28.	16 ortak nokta ile yapılan iki boyutlu dönüşümlerde test noktalarının y eksenini boyunca elde edilen farkları	97
Şekil 29.	Akçaabat'ta ED50 koordinatları elde edilen parselin görünümü	99
Şekil 30.	Akçaabat'ta ITRF96 koordinatları elde edilen parselin görünümü	99
Şekil 31.	Arsin'de ED50 koordinatları elde edilen parselin görünümü.....	100
Şekil 32.	Arsin'de ITRF96 koordinatları elde edilen parselin görünümü	100
Şekil 33.	Beşikdüzü'nde ED50 koordinatları elde edilen parselin görünümü.....	101
Şekil 34.	Beşikdüzü'nde ITRF96 koordinatları elde edilen parselin görünümü	101
Şekil 35.	Çaykara'da ED50 koordinatları elde edilen parselin görünümü	103
Şekil 36.	Çaykara'da ITRF96 koordinatları elde edilen parselin görünümü	103
Şekil 37.	Maçka'da ED50 koordinatları elde edilen parselin görünümü.....	104
Şekil 38.	Maçka'da ITRF96 koordinatları elde edilen parselin görünümü	104
Şekil 39.	Of'ta ED50 koordinatları elde edilen parselin görünümü	105
Şekil 40.	Of'ta ITRF96 koordinatları elde edilen parselin görünümü	105
Şekil 41.	Ortahisar'da ED50 koordinatları elde edilen parselin görünümü.....	107
Şekil 42.	Ortahisar'da ITRF96 koordinatları elde edilen parselin görünümü	107
Şekil 43.	Sürmene'de ED50 koordinatları elde edilen parselin görünümü	108
Şekil 44.	Sürmene'de ITRF96 koordinatları elde edilen parselin görünümü	108
Şekil 45.	Tonya'da ED50 koordinatları elde edilen parselin görünümü	109
Şekil 46.	Tonya'da ITRF96 koordinatları elde edilen parselin görünümü	109
Şekil 47.	Yomra'da ED50 koordinatları elde edilen parselin görünümü.....	110
Şekil 48.	Yomra'da ITRF96 koordinatları elde edilen parselin görünümü	111
Şekil 49.	Yöntemin Trabzon ilinde on farklı ilçede test edilmesi sonucu tüm ilçelerde oluşan koordinat farkları	113

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. En yaygın kullanılan jeodezik datum ve elipsoidleri.....	5
Tablo 2. Poppe testi matlab kodu.....	26
Tablo 3. t-testi matlab kodu	28
Tablo 4. Trabzon ilçelerindeki ED50 ve ITRF96 datumu ortak 3°lik UTM koordinatları.....	30
Tablo 5. 10 ortak noktalı dönüşümde ortak noktaların ED50 ve ITRF96 datum koordinatları.....	34
Tablo 6. 16 ortak noktalı dönüşümde ortak noktaların ED50 ve ITRF96 datum koordinatları.....	34
Tablo 7. 10 ortak noktanın benzerlik yöntemine dönüştürülmüş koordinatları ve düzeltmeleri	36
Tablo 8. 10 ortak nokta ile hesaplanan benzerlik dönüşümü parametreleri.....	37
Tablo 9. 10 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde parametrelerin ortalama hataları	37
Tablo 10. 10 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde ortak noktaların güvenilirlikleri	38
Tablo 11. 10 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde ortak noktaların poppe normlandırılmış test düzeltmeleri	39
Tablo 12. 10 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde ortak noktaların normlandırılmış t-testi büyüklükleri ve $S_{0,i}^2$ değerleri.....	39
Tablo 13. 16 ortak noktanın benzerlik yöntemine göre dönüştürülmüş koordinatları ve düzeltmeleri.....	40
Tablo 14. 16 ortak nokta ile hesaplanan benzerlik dönüşümü parametreleri.....	41
Tablo 15. 16 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde parametrelerin ortalama hataları	42
Tablo 16. 16 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde ortak noktaların güvenilirlikleri	42
Tablo 17. 16 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde ortak noktaların poppe normlandırılmış test düzeltmeleri	43
Tablo 18. 16 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde ortak noktaların normlandırılmış t-testi büyüklükleri ve $S_{0,i}^2$ değerleri.....	43
Tablo 19. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan benzerlik dönüşümünde ortak noktaların x ekseni boyunca elde edilen düzeltmeleri.....	44
Tablo 20. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan benzerlik dönüşümünde ortak noktaların y ekseni boyunca elde edilen düzeltmeleri.....	45

Tablo 21.	10 ve 16 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde test noktalarının x eksenini boyunca elde edilen koordinat farkları	47
Tablo 22.	10 ve 16 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde test noktalarının y eksenini boyunca elde edilen koordinat farkları	50
Tablo 23.	10 ortak noktanın afin yöntemine göre dönüştürülmüş koordinatları ve düzeltmeleri	54
Tablo 24.	10 ortak nokta ile hesaplanan afin dönüşümü parametreleri	54
Tablo 25.	10 ortak noktalı afin dönüşümünde parametrelerin ortalama hataları	55
Tablo 26.	10 ortak noktalı afin dönüşümünde ortak noktaların güvenilirlikleri	55
Tablo 27.	10 ortak noktalı afin dönüşümünde ortak noktaların poppe normlandırılmış test düzeltmeleri	56
Tablo 28.	10 ortak noktalı afin dönüşümünde ortak noktaların normlandırılmış t-testi büyüklükleri ve $S_{0,i}^2$ değerleri	57
Tablo 29.	16 ortak noktanın afin yöntemine göre dönüştürülmüş koordinatları ve düzeltmeleri	58
Tablo 30.	16 ortak nokta ile hesaplanan afin dönüşümü parametreleri	59
Tablo 31.	16 ortak noktalı afin dönüşümünde parametrelerin ortalama hataları	59
Tablo 32.	16 ortak noktalı afin dönüşümünde ortak noktaların güvenilirlikleri	60
Tablo 33.	16 ortak noktalı afin dönüşümünde ortak noktaların poppe normlandırılmış test düzeltmeleri	60
Tablo 34.	16 ortak noktalı afin dönüşümünde ortak noktaların normlandırılmış t-testi büyüklükleri ve $S_{0,i}^2$ değerleri	61
Tablo 35.	10 ve 16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümünde ortak noktaların x eksenini boyunca elde edilen düzeltmeleri	62
Tablo 36.	10 ve 16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümünde ortak noktaların y eksenini boyunca elde edilen düzeltmeleri	63
Tablo 37.	10 ve 16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümünde test noktalarının x eksenini boyunca elde edilen koordinat farkları	65
Tablo 38.	10 ve 16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümünde test noktalarının y eksenini boyunca elde edilen koordinat farkları	68
Tablo 39.	10 ortak noktanın kollokasyonlu benzerlik yöntemine göre dönüştürülmüş koordinatları, düzeltmeleri ve sinyalleri	72
Tablo 40.	10 ortak nokta ile hesaplanan kollokasyonlu benzerlik dönüşümü parametreleri	73
Tablo 41.	10 ortak noktalı kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde parametrelerin ortalama hataları	74
Tablo 42.	10 ortak noktalı kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde ortak noktaların data snooping testi değerleri	74

Tablo 43.	16 ortak noktanın kollokasyonlu benzerlik yöntemine göre dönüştürülmüş koordinatları, düzeltmeleri ve sinyalleri	75
Tablo 44.	16 ortak nokta ile hesaplanan kollokasyonlu benzerlik dönüşümü parametreleri	76
Tablo 45.	16 ortak noktalı kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde parametrelerin ortalama hataları	77
Tablo 46.	16 ortak noktalı kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde ortak noktaların data snooping testi değerleri	77
Tablo 47.	10 ve 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde ortak noktaların x eksenı boyunca elde edilen düzeltmeleri	78
Tablo 48.	10 ve 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde ortak noktaların y eksenı boyunca elde edilen düzeltmeleri	80
Tablo 49.	10 ve 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde test noktalarının x eksenı boyunca elde edilen koordinat farkları	81
Tablo 50.	10 ve 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde test noktalarının y eksenı boyunca elde edilen koordinat farkları	84
Tablo 51.	16 ortak nokta ile yapılan iki boyutlu dönüşümlerde ortak noktaların x eksenı boyunca elde edilen düzeltmeleri	88
Tablo 52.	16 ortak nokta ile yapılan iki boyutlu dönüşümlerde ortak noktaların y eksenı boyunca elde edilen düzeltmeleri	89
Tablo 53.	16 ortak nokta ile yapılan iki boyutlu dönüşümlerde test noktalarının x eksenı boyunca elde edilen farkları	91
Tablo 54.	16 ortak nokta ile yapılan iki boyutlu dönüşümlerde test noktalarının y eksenı boyunca elde edilen farkları	95
Tablo 55.	Akçaabat ilçesinde test edilen parselin ED50 ile ITRF96 datum koordinatları	99
Tablo 56.	Yöntemin Akçaabat ilçesinde test edilmesi sonucu elde edilen dönüştürülmüş koordinatlar ve farkları	99
Tablo 57.	Arsin ilçesinde test edilen parselin ED50 ile ITRF96 datum koordinatları	100
Tablo 58.	Yöntemin Arsin ilçesinde test edilmesi sonucu elde edilen dönüştürülmüş koordinatlar ve farkları	100
Tablo 59.	Beşikdüzü ilçesinde test edilen parselin ED50 ile ITRF96 datum koordinatları	102
Tablo 60.	Yöntemin Beşikdüzü ilçesinde test edilmesi sonucu elde edilen dönüştürülmüş koordinatlar ve farkları	102

Tablo 61.	Çaykara ilçesinde test edilen parselin ED50 ile ITRF96 datum koordinatları.....	103
Tablo 62.	Yöntemin Çaykara ilçesinde test edilmesi sonucu elde edilen dönüştürülmüş koordinatlar ve farkları	104
Tablo 63.	Maçka ilçesinde test edilen parselin ED50 ile ITRF96 datum koordinatları.....	104
Tablo 64.	Yöntemin Maçka ilçesinde test edilmesi sonucu elde edilen dönüştürülmüş koordinatlar ve farkları	105
Tablo 65.	Of ilçesinde test edilen parselin ED50 ile ITRF96 datum koordinatları	106
Tablo 66.	Yöntemin Of ilçesinde test edilmesi sonucu elde edilen dönüştürülmüş koordinatlar ve farkları	106
Tablo 67.	Ortahisar ilçesinde test edilen parselin ED50 ile ITRF96 datum koordinatları.....	107
Tablo 68.	Yöntemin Ortahisar ilçesinde test edilmesi sonucu elde edilen dönüştürülmüş koordinatlar ve farkları	108
Tablo 69.	Sürmene ilçesinde test edilen parselin ED50 ile ITRF96 datum koordinatları.....	108
Tablo 70.	Yöntemin Sürmene ilçesinde test edilmesi sonucu elde edilen dönüştürülmüş koordinatlar ve farkları	109
Tablo 71.	Tonya ilçesinde test edilen parselin ED50 ile ITRF96 datum koordinatları.....	110
Tablo 72.	Yöntemin Tonya ilçesinde test edilmesi sonucu elde edilen dönüştürülmüş koordinatlar ve farkları	110
Tablo 73.	Yomra ilçesinde test edilen parselin ED50 ile ITRF96 datum koordinatları.....	111
Tablo 74.	Yöntemin Yomra ilçesinde test edilmesi sonucu elde edilen dönüştürülmüş koordinatlar ve farkları	112

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ED50	: European Datum 1950
ITRF96	: International Terrestrial Reference Frame 1996
BÖHHBÜY	: Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
UTM	: Universal Transverse Mercator
TUD54	: Türkiye Ulusal Datumu 1954
WGS84	: World Geodetic System 1984
GNSS	: Global Navigation Satellite Systems
GRS80	: Geodetic Reference System 1980
ITRS	: International Terrestrial Reference System
ITRF	: International Terrestrial Reference Frame
TKBM	: Tapu Kadastro Bölge Müdürlüğü
KB	: Kollokasyonlu Benzerlik
GPS	: Global Positioning System
MATLAB	: MATrix LABoratory
TUTGA	: Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı
NAD27	: North American Datum of 1927
N	: North
E	: East
W	: West
IGGU	: International Union of Geodesy and Geophysics
IERS	: International Earth Rotation and Reference Service
TUREF	: Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi
TUSAGA	: Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı
CORS	: Continuously Operating Reference Station

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Konum belirleme, jeodezi biliminin temel amaçlarından biri arasında yer alır. Ancak her nokta, bulunduğu ülkenin koordinat sistemine göre değer alır. Her ülkenin koordinat sistemi de birbirinden farklıdır; fakat kendi içinde tek anlamlıdır. İnsan hayatını düzenlemek ve kolaylaştırmak için yapılan birçok mühendislik projesinin, amacına uygun olarak oluşturulup kullanılması, onun diğer projelerle ilişkili olmasına bağlıdır. Bu ilişkinin kurulabilmesi için de, projelerde kullanılan altlıkların yani noktaların konumlarının bilinmesi gerekir. Tanımlanan farklı koordinat sistemlerinde oluşturulmuş projelerin, birbirleriyle ilişkilendirilmesi için, bir koordinat sisteminde elde edilen nokta koordinatının, başka bir sistemde karşılık olan değerinin bilinmesi gerekir. Bu sebeple, haritacılık çalışmalarında koordinat dönüşümü yapılır (Başçiftçi & İnal, 2008).

Türkiye’de jeodezik ağlarla ilgili ilk çalışmalar 1932 yılında başlamış, 1950’li yılların başında tamamlanarak Birinci Derece Yatay Kontrol Ağı oluşturulmuştur. Bu ağ 1954 yılında dengelenerek Türkiye Ulusal Datumu-1954 (TUD54)’na dayandırılmıştır. Daha sonra da bu datum ED50 (European Datum 50) datumuna dönüştürülmüştür. Ancak Türkiye’nin tektonik plakalar üzerinde yer alması sebebiyle tabaka hareketlerinden fazlaca etkilenmesi, ED50 datumunun sürekli güncellenmesi ve alan hareket vektörlerinin belirlenmesi gibi sorunları beraberinde getirmiştir. Zamanla yapılan güncellemeler yeterli olamayıp, elde edilen konum duyarlılıkları son teknolojilerin gerisinde kaldığından ED50 datumu pratik ihtiyaçları karşılayamaz hale gelmiştir (Ürüşan, 2010).

Günümüzde, WGS84 (World Geodetic System 1984) küresel datumunu kullanan, uydularla konum belirleme sistemi olan GNSS kullanımı, hızlı bir şekilde artmaktadır. Gerçek zamanlı konum, hız ve zaman bilgisi sağlayabilmesi; ekonomik bir sistem olması; gece ve gündüz sürekli ölçüm yapılabilmesi; ölçüm sürecinin hava şartlarından bağımsız olması; nokta tesisinin gereksinim olan her yerde yapılabilmesi ve noktaların birbirini görme zorunluluğunu ortadan kaldırması GNSS’ye olan ilgiyi, hızla arttırmıştır. Böylece GNSS teknolojilerinin kullandığı küresel datumlar, jeodezik kontrol ve gözlem ağlarının yaygın datumu olmaya başlamıştır. Bu durum, yerel koordinat sistemlerini kullanan

ülkelerin, küresel referans sistemleri ile kendi datumları arasında dönüşüm yapma ihtiyacını ortaya çıkarmıştır (Hüsrevoğlu & Tuşat, 2018).

Son yıllarda uzay merkezli jeodezik yöntemlerin kullanımının yoğunlaşması, yer kürenin ağırlık merkezinin konum doğruluğu ile eksen yönelimlerinin doğruluğunu artırmıştır. Bu durum, yer merkezli koordinat sistemleri ile elipsoidin tanımlanmasını beraberinde getirmiştir. Jeodezik Referans Sistemi GRS80 (Geodetic Reference System 80) elipsoidini kullanan Uluslararası Yersel Referans Sistemi (International Terrestrial Reference System, ITRS), yıllar geçtikçe Uluslararası Yersel Referans Çerçevesi (International Terrestrial Reference Frame, ITRFxx) datumları olarak küresel çapta “mutlak datum” olarak benimsenmiştir (Deniz vd., 2022).

Uzay bağlantılı jeodezik yöntemleri temel alan GPS teknolojisinin ve bu teknoloji ile edinilmiş ürünlerin kullanılması, bunların GRS80 elipsoidine entegrasyonu gibi nedenlerle; eski yöntemlerle oluşturulan ulusal ve bölgesel koordinat sistemlerinin dayandığı “bağlı datum”ların, mutlak datumlarla ilişkilendirilmesi, jeodezik araştırmalarda en güncel problemlerden biri haline gelmiştir (Deniz vd., 2022).

1.1.1. Problemin Tanımı

Literatürde, datum dönüşümlerine yönelik farklı amaçlarla yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu konu üzerine yapılmış çalışmalar incelendiğinde, bölgesel olarak yapılmış çeşitli dönüşüm modellerinin ve bilgisayar programlarının olduğu görülür. TKBM kurumu ile yapılan görüşmelerle de Trabzon ilinin farklı ilçelerinde yapılmış farklı dönüşüm modellerinin olduğu, ancak ilin tamamını kapsayan, genel bir iki boyutlu dönüşüm modelinin olmadığı belirlenmiştir. Bu nedenlerden dolayı Trabzon ilinin tamamında kullanımı kolay, anlaşılabilir, istatistiksel analizlerin yapılabileceği ve dönüşümün, mevcut yönetmelikteki esaslara uygun, istenilen hassasiyetle yapılabileceği bir dönüşüm modelinin oluşturulması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

1.1.2. Tezin Amacı

Bu çalışmada, hem ED50 hem de ITRF96 datumunda koordinatları bilinen ve Trabzon ilinin tamamını kapsayacak şekilde seçilen 139 nokta ile Büyük Ölçekli Harita ve

Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY, 2018)'nde belirlenen esaslara göre, iki boyutlu datum dönüşümü yapılması amaçlanmaktadır. Yönetmelikte açıklanan yöntemlerle yapılan dönüşümler sonucu elde edilen koordinat farkları, hem ortak nokta sayısına göre hem de kullanılan dönüşüm yöntemine göre, ortak noktaların düzeltilmeleri ve test noktalarının düzeltilmeleri bakımından karşılaştırılacaktır. Elde edilen bulgular sonucu seçilecek olan en hassas yöntem, Trabzon ilinin farklı ilçelerinde kendine özgü parametrelerle daha önce yapılmış datum dönüşümlerde tekrar test edilecektir. Bu amaçla farklı ilçelerde test edilen genel yöntemin, ilçelerde oluşturduğu koordinat farklarının yönetmeliğe uygunluğu araştırılacaktır.

1.1.3. Metodoloji

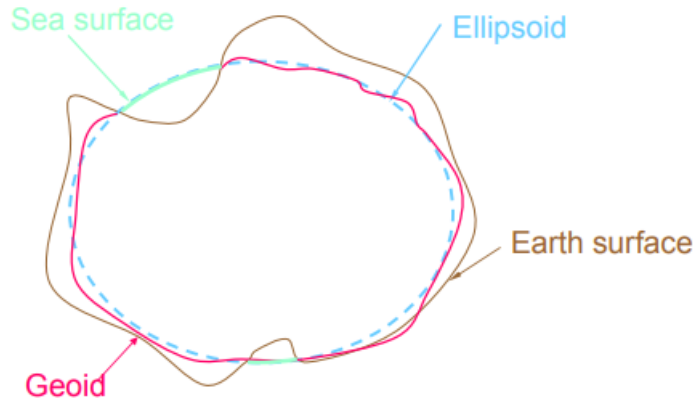
Çalışmada, iki boyutlu datum dönüşümleri yapmak için, kodlama aracı olarak MS Excel programı kullanılmıştır. Çalışma alanı olarak Trabzon ili seçilmiştir. İlin tamamına rastgele dağılmış 139 nokta üzerinde çalışılmıştır. Benzerlik, afin ve kollokasyonlu benzerlik yöntemlerinin her biri, 10 ve 16 ortak nokta ile altı farklı excel çalışma sayfasında programlanmıştır. Seçilen ortak noktaların homojen bir dağılıma sahip olması, kullanılan dönüşüm modeline göre değişir ve çalışmanın hassasiyeti bakımından önemlidir. Bu nedenle ortak noktaların homojenliği her bir yöntemde duyarlık ve güven hesaplarıyla irdelenmiştir. Tüm bu çalışmalar, excel çalışma sayfasında matris vektör formları düzenlenerek yapılmıştır. Ayrıca seçilen ortak noktalar arasında, ölçüm esnasında, çevre etkisi kaynaklı bir takım kaba hatalara sahip olan uyuşumsuz ölçüler varsa tespit edilmeye çalışılmıştır. Uyuşumsuz ölçü testlerinde güven sınır değerleri, kullanılan testin türüne, dönüşüm yöntemindeki ortak nokta sayısına ve bilinmeyen parametre sayısına göre değişir. Güven sınır değerlerinin elde edilmesi amacıyla MATLAB programlama dili kullanılmıştır. Ölçülere ait normlandırılmış test düzeltilmeleri ise yine excel programıyla elde edilmiştir.

Kodlama programlarında ilk amaç, kullanılan ortak nokta sayısına göre her bir dönüşüm yönteminde farklı parametreler elde etmektir. Elde edilen parametreler, ortak noktalar kullanıldıktan sonra ilin tamamında geriye kalan 123 test noktasına uygulanmış, bu noktaların ilgili dönüşüm yöntemine göre dönüştürülmüş koordinatları hesaplanmıştır. Dönüşüm yöntemlerinin hassasiyetinin araştırılması amacıyla, her bir yöntemde elde edilen

koordinat farkları, ortak noktaların sayısına göre, hem ortak noktaların hem de test noktalarının düzeltmeleri bakımından karşılaştırılmıştır. Uygun ortak nokta sayısı tespit edildikten sonra, koordinat farkları, kullanılan dönüşüm yöntemine göre karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgulardan hareketle Trabzon ilinin tamamında uygulanabilir olarak öngörülen iki boyutlu datum dönüşümü yöntemi, ilin farklı ilçelerinde daha önce yapılmış datum dönüşümlerinde, ayrıca test edilmiştir.

1.2. Türkiye’de Kullanılan Datuamlar

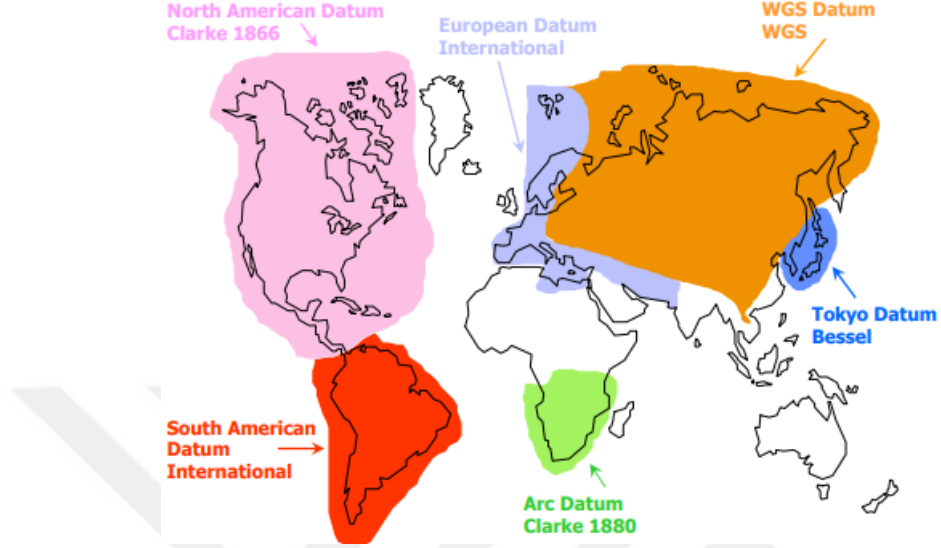
Yer’in gerçek şekli olan ve karaların altında da devam ettiği kabul edilen durgun deniz yüzeyine geoid adı verilir. Geoidin geometrik anlamda tanımlanmamış bir yüzey olması, üzerinde hesap yapılamamasına sebep olur. Bu engeli ortadan kaldırmak için, hesap yüzeyi olarak, geometrik anlamda tanımlı olan düzlem, küre veya elipsoid yüzeyleri kullanılır. Yüzölçümü 5000 km²’den büyük olan ülkeler için, hesap yüzeyi olarak elipsoid seçilir.



Şekil 1. Geometrik ve fiziksel yüzeyler

Seçilen referans yüzeyi, yeryüzündeki herhangi bir noktanın konumunu belirlemek için yeterli değildir. Çünkü referans yüzey ile geoid arasında mekânsal ilişkinin kurulması gerekir. Literatürde bu ilişki “Jeodezik Datum” kavramı ile ifade edilir. Jeodezik datum, üzerinde hesap yapılabilmesi için referans alınan elipsoidin konumunu belirleyen parametre bilgileridir. Bu parametre bilgileri aynı zamanda koordinat sistemini de tanımlamaktadır. Datum ise, referans olarak kabul edilen başlangıç yüzeyi ile ilgili sabit

olan bilgileridir. Her datum bir koordinat sistemi tanımlar. Çünkü datumlar, referans alınan yüzeylerin başlangıç noktalarını ve boyutlarını ifade eder (Altun, 2014).



Şekil 2. En yaygın kullanılan jeodezik datumlar ve elipsoidleri

Yeryüzündeki herhangi bir noktanın hem yatay hem de düşeydeki konumunu belirlemek için referans alınan koordinat sisteminin başlangıcını tanımlayan datum, yerin şeklini ve boyutunu da tanımlar. Yatay datum, koordinatları belirlemek için referans alınan başlangıç yüzeyini; düşey datum ise yükseklikleri belirlemek için referans alınan başlangıç yüzeyini ifade eder. Her ülkenin kullandığı datum kendine özgüdür. Bir noktanın koordinatları, farklı datumlarda, birbirinden farklı değer alır (Konakoğlu, 2014).

Tablo 1. En yaygın kullanılan jeodezik datum ve elipsoidleri

Datum adı	Kullanılan bölge	Başlangıç noktası	Başlangıç noktası koordinatları	Referans elipsoidi
NAD27	Kuzey Amerika	Kansas, Meades Ranch	39 13 26.686 N 98 32 30.506 W	Clarke 1866
ED50	Avrupa, Ortadoğu, Kuzey Afrika	Postdam, Helmert Tower	52 22 51.4456 N 13 03 58.9283 E	International Hayford
WGS84	Global	Yerin Kütle Merkezi		WGS84
ITRF	Global	Yerin Kütle Merkezi		GRS80

Türkiye'deki koordinat sistemleri yıllar içinde ihtiyaca göre değişime uğramıştır. Bu sistemler ED50, WGS84 ve ITRF96'dır (Kırıcı & Şişman, 2017).

1.2.1. ED50 Datumu

Türkiye’de jeodezik ağ kurma çalışmalarına ilk defa 1932 yılında başlanmış, yenilenen ve değişen teknolojiye bağlı olarak bu çalışmalar sürekli güncellenmiştir. 1950’li yıllarda, yatay ağlar ve düşey ağlar olarak I.Derece Yatay Kontrol Ağı oluşturulmuş, 1954 yılında Meşedağ noktası başlangıç alınarak dengelenmiş ve TUD54’e dayandırılmıştır. TUD54’ün ED50’ye dönüşümü, ED50 datumunda koordinatları bilinen ve Yunanistan ile Bulgaristan’da yer alan 8 ortak noktanın, bağlantı ölçüleri ile hesaplanan TUD54 koordinatlarından yararlanılarak gerçekleştirilmiştir.

ED50 datumunda referans elipsoidi olarak uluslararası 1924 elipsoidi (Hayford elipsoidi) ($a=6378388$ m; $b=6356911.9461$; $f=1/297$; $e=0.08199188998$), başlangıç meridyeni olarak Greenwich meridyeni kullanılmıştır. Bu sistemde elipsoid ile jeoidin çakışık, jeodezik ve astronomik koordinatlarının aynı varsayıldığı temel nokta Potsdam/Almanya’daki Helmert Tower noktası ($\phi=52^{\circ} 22' 51''.446$ N; $\lambda=13^{\circ} 03' 58''.741$ E; Jeoid yüksekliği (N) = 0 m; çekül sapmasının kuzey-güney bileşeni (ζ)= $3''.36$, doğu-batı bileşeni (η)= $1''.78$)’ dır. Bu sistemde kullanılan referans elipsoidi ile yerin ağırlık merkezi arasında birkaç yüz metreye varan bir kayıklık söz konusudur. ED50 datumu, ikinci dünya savaşından sonra güvenli olarak sınır haritaları yapmak için batı Avrupa ülkelerine uygun olarak geliştirilmiştir (Altun, 2014).

1.2.2. WGS84 Datumu

Dünyada, uzay merkezli jeodezik çalışmaların gerçekleşmesi GPS kullanımı ile yaygınlaşmıştır. GPS, WGS84 datumu ile bu datumla aynı isme sahip elipsoidi kullanır. WGS84 datumu ülkemizde kullanılmayan, Amerika Savunma Bakanlığı Harita Dairesi (NIMA) tarafından tanımlanmış, ulusal bir datumdur. GPS ile ülkemizdeki sistemin jeodezik alt yapısının farklı olması ve ikisinin birbirinden farklı datumlara sahip olması, GPS’in ülkemizde kullanımına engel olmuştur. WGS84 elipsoidinde yapılan birkaç

değişikle GRS80 elipsoidi tanımlanmış ve 1979 yılında Uluslararası Jeodezi Jeofizik Birliği (IGGU) tarafından ITRF datumu için referans elipsoidi olarak kabul edilmiştir.

1980'lerin sonlarından itibaren, ABD askeri gücü GPS teknolojisinin dayandığı WGS84 datumunu yoğun bir şekilde kullanmaya başlamıştır. Benzer şekilde 1990'ların başlarından itibaren NATO içerisindeki ortak harekâtlarda ve harita üretimlerinde WGS84 datumunun kullanımı zorunlu hale getirilmiştir. Ülkemizde askeri ve sivil amaçlarla 2001 yılına kadar ED50 datumunda üretilen 1/25000, 1/50000 ve 1/100000 ölçekli topoğrafik haritalar, 2002 yılından itibaren WGS84 datumunda üretilmeye başlanmıştır. 2010'lu yılların başında ise kalkınma amaçlı harita üretimlerinde WGS84 datumuna dayalı harita üretimi yaygınlaşmıştır (Altun, 2014).

1.2.3. ITRF96 Datumu

Bilim ve teknolojiadaki gelişmelerle uzay tabanlı konum belirleme sistemlerine yönelimin artmasının yanı sıra Türkiye'deki tektonik hareketler sonucu oluşan deformasyonlar ile yersel ağlardaki kaçınılmaz geometrik distorsiyonlar sonucu ED50 datumu zamanla pratik ihtiyaçları karşılayamaz hale gelmiştir. Ayrıca Türkiye'deki Yatay Kontrol Ağı'nın günümüz modern ağlarına göre daha düşük duyarlılığa sahip olması yeni bir jeodezik ağına ihtiyaç duyulmasına sebep olmuş ve bu ağı temel alan datumun GPS teknolojisine dayalı olması öngörülmüştür (Aktuğ vd., 2011).

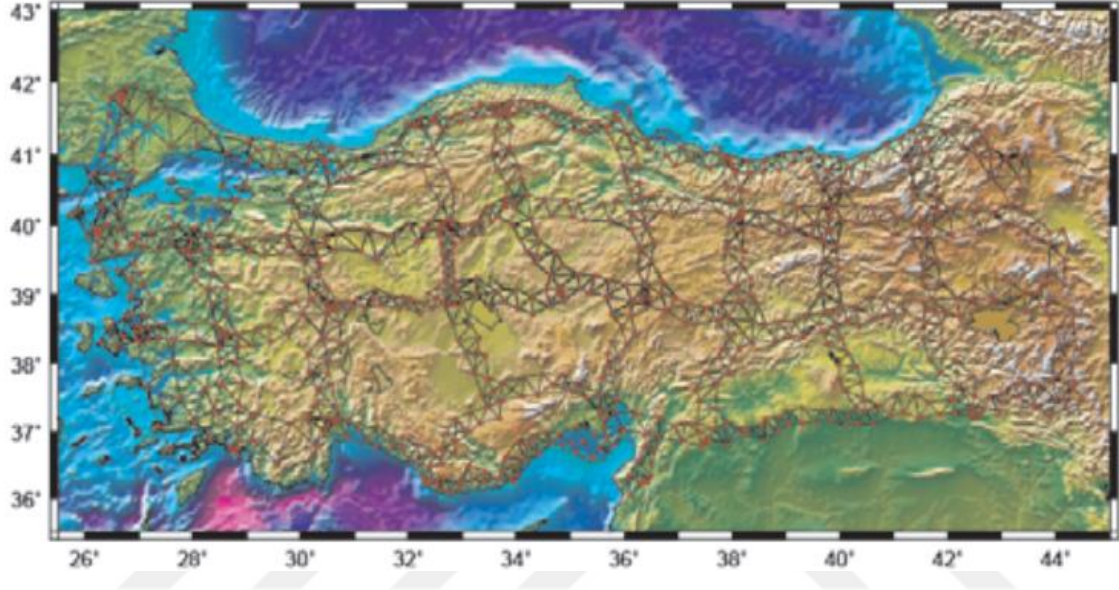
ITRF, Uluslararası Yer Dönme ve Referans Servisi (International Earth Rotation and Reference Service (IERS)) tarafından kurulmuş olan datumdur. Yerkürenin, tabaka hareketlerinden dolayı hareketli bir yapıya sahip olması sebebiyle, her tabaka hareketinden sonra yerkürenin yeniden konumlandırılması gerekir. Bu sebeple ITRF datumu belli yıllarda güncelleştirilir. Güncelleştirildiği yılı belirtmek için ITRFxx şeklindeki notasyon kullanılır. Örneğin ITRF96, 1996 yılında yapılan gözlemler sonucu elde edilen datum parametrelerini içermektedir. Bunun yanında ITRF sisteminde, noktaların "epok" adı verilen belli bir zamandaki yer değiştirme hızları da yer almaktadır (Altun, 2014).

Yer merkezli olan ve dünya çapında kullanılan ITRF96 datumu, GRS80 elipsoidini kullanır. Ayrıca yeni üretilen haritalarda iki renkli (mavi ve siyah) karelaj bulunmaktadır. Siyah renkli karelaj ITRF96 datumunu, mavi renkli karelaj ise ED50 datumunu temsil etmektedir (URL-1, 2024).

1.3. Türkiye’de Haritacılık Çalışmaları ve Datum Dönüşümü

Ülkemizde ulusal kontrol ağı kurma çalışmalarına ilk defa 1932 yılında başlanmış, bu uygulamalar 1953 yılında tamamlanarak, 1.derece nirengi ağı ve zincirleri oluşturulmuştur. 1954 yılında Lambert Konformal Konik projeksiyonunda düzlem koordinatları ile zamanın şartlarına göre yüksek duyarlılıkla dengeleme çalışmaları yapılmış, Meşedağ noktası başlangıç noktası olarak alınarak TUD54'e dayandırılmıştır. Bu datumun Avrupa Datumu 1950 (ED50)'na dönüşümü için gerekli bilgiler 1.derece ağ ölçüleri ile birlikte toplanmış, Yunanistan ve Bulgaristan'da bulunan altı nokta ve Sakız Adası'nda bulunan iki noktaya doğrultu gözlemleri yapılmış ve bu 8 noktanın Meşedağ başlangıcına göre koordinatları hesaplanmıştır. TUD54'ün ED50 datumuna dönüşümünde Oblik Lambert Konformal Konik projeksiyonu kullanılmıştır. 1954 yılındaki dengeleme 786

nokta ile yapılmış, daha sonra daha alt dereceli noktaların sıklaştırılması çalışmasına başlanmıştır. Günümüzde Türkiye Ulusal Yatay Kontrol Ağı, 27 poligon zinciri halinde dengelendikten sonra 904 adet 1'inci Derece ve hiyerarşik olarak üretilmiş 3311 adet 2'nci Derece, 95000 adet 3'üncü Derece ve 350000 adet 4'üncü Derece noktadan oluşmaktadır (Aktuğ vd., 2011).



Şekil 4. Yatay Kontrol Ağı poligon zincirleri

Ülkemizde, depremler nedeniyle değişen nokta konumlarını, güncel jeodezik gereksinimlerle büyük ölçüde karşılayamayan ve ED50 datumuna dayalı olan Türkiye Ulusal Yatay Kontrol (Nirengi) Ağı yerine, 1997-1999 yılları arasında, ülkemizdeki GPS kullanımının altyapısı olan Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) oluşturulmuştur. TUTGA, noktaların hem koordinatlarını üç boyutlu (X, Y, Z) olarak 1-3 cm duyarlılıkla hem de zamana bağlı hızlarını ölçebilen, uygun yükseklik sisteminde yükseklik (H) ve jeoid yüksekliği (N) bilinen, nokta aralığı 25-30 km olan, hatta bu aralığın jeoidin hızlı değiştiği bölgelerde 15 km ye kadar düştüğü, mümkün olduğunca homojen şekilde dağılmış günümüzde 654 noktadan oluşan bir ağıdır (URL-2, 2024).



Şekil 5. Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı_1999 (TUTGA)

TUTGA, Ulusal Nirengi Ağı ile ilişkilendirilerek 1999 yılından itibaren ITRF96 datumu ile GRS80 elipsoidine dayandırılmıştır. 1999 yılındaki İzmit ve Kocaeli depremleri ile 2000 yılındaki Çerkeş depremlerinin ardından, yatayda ve düşeyde nokta yer değişiklikleri sebebiyle 2000 ve 2001 yıllarında güncellenerek TUTGA-99A'ya dönüştürülmüştür (URL-2, 2024).

ITRF tabanlı datum tanımlarında, ülkelerin İngilizce adlarının ilk birkaç harfi ile “referans çerçevesi” kelimesinin “ref” şeklindeki kısaltması kullanılır. Son yıllarda Türkiye’de ITRF tabanlı güncel datumlar, Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi kelimelerinin ilk harfleri ile oluşturulmuş “TUREF” kısaltması ile ifade edilir. TUREF sayesinde; referans epoğu tek anlamlı tanımlanmakta, farklı ITRF sürümlerinden (ITRF97, ITRF2000, ITRF2005, ITRF2008) elde edilen verilen veriler ulusal olarak aynı sistemde ifade edilmekte ve önceki yıllarda elde edilmiş harita bilgileri ile geçmişe dönük uyumluluk sağlanması amaçlanmaktadır (Aktuğ vd., 2011).

Tektonik hareketlerin incelenmesi ve jeodezik alt yapıdaki fiziksel hasarların onarılması için, Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı (TUSAGA) da TUTGA çalışmalarına paralel olarak tamamlanmış ve daha sonra sürekli çalışan referans istasyonları olarak CORS TR adı altında uygulamaya geçilmiştir. Bu ağ da ülkemizin ITRF tabanlı modern jeodezik datumu TUREF’e dayalıdır. TUTGA ve TUSAGA ölçülerinin konum duyarlılığı 1 cm, yükseklik duyarlılığı ise 2-3 cm.dir.

Herhangi bir datumda üretilmiş olan bir verinin başka bir datuma dönüştürülmesine datum dönüşümü adı verilir. Datum dönüşümünde noktaların yerleri değişmezken, koordinatlarının değeri değişir. Çünkü her datumun referans aldığı elipsoid farklıdır ve farklı datum parametrelerini kullanırlar. Örneğin ED50 datumunda bulunan bir noktanın ITRF96 datumundaki koordinatlarının hesaplanması bir datum dönüşümü işlemidir. Burada referans alınan elipsoid değişmiştir. ED50 datumu Hayford elipsoidini kullanırken, ITRF96 datumu GRS80 elipsoidini kullanır. Bu iki elipsoidin koordinat eksenleri farklı yerlerdedir. ED50 datumunun başlangıç noktası yerin merkezinden yaklaşık 25 ile 150 metre uzağında iken, ITRF96 datumunun başlangıç noktası yerin merkezidir. Yani bir öteleme söz konusudur. Ayrıca her iki datumdaki farklı iki nokta arasındaki mesafe de değiştiğinden, dönüşüm sebebiyle ölçek faktörü de ortaya çıkmıştır (Altun, 2014). Datum dönüşümdeki sorun, bilinen koordinatlara sahip ortak noktaları kullanarak dönüşüm parametrelerini hesaplamaktır (Yılmaz, 2023).

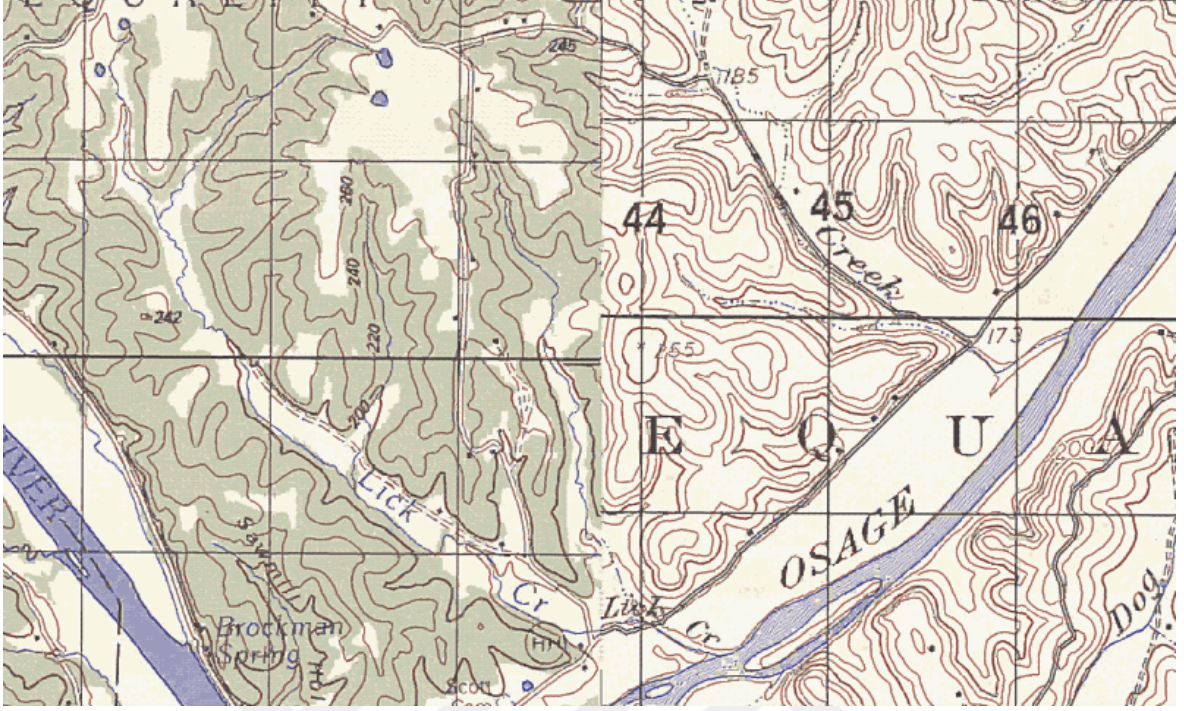
1.3.1. TKGM Yenileme Çalışmalarında Datum Dönüşümü

GNSS tabanlı jeodezik yöntemler, ulusal ağların ortak bir datumda toplanmasına sebep olmuştur. Bu da önceki datumlarla ilişki kurulmasını gerektirir. Ülkemizde de koordinat bütünlüğünü sağlamak için, GPS ile yapılan gözlemler TUTGA'ya bağlanmalıdır.

Ulusal veya bölgesel datumlardan, uluslararası ortak datumlara dönüşüm parametreleri genelde mevcuttur; ancak yerel datumlar arasındaki dönüşüm parametreleri genellikle bulunmamaktadır ve hesaplanması gerekir. Örneğin bu çalışmada Trabzon ilinde iki boyutlu datum dönüşümü yapılacağından, önce kullanılacak olan yöntemin dönüşüm parametreleri elde edilecektir. Bu parametreler yerel bir datum için belirlenmiş olacaktır.

Ülkemizde iki sebepten dolayı datum dönüşümüne ihtiyaç duyulur.

- Türkiye Asya ve Avrupa'yı birbirine bağlayan, köprü vazifesi gören bir ülkedir. Konumu itibarıyla çok büyük projelerde yer alır. Bu projeler iki kıta üzerinde olduğu için farklı datumlara dayalıdır. Türkiye' de kullanılan datumun ED50 olması sebebiyle çalışma güzergâhında bulunan paftalar yan yana konunca aynı yeri temsil eden iki pafta çakışmaz. Dolayısıyla iki pafta birleştirilip uygun çalışma alanı elde edilemez. Bu sebeple uluslararası datum olan ITRF'e dönüşüm yapılarak sorun ortadan kaldırılır.



Şekil 6. Datum uyumsuzluğu

- Dünyanın farklı bölgelerinde farklı zamanlarda yer kabuğu hareketleri ve depremler meydana gelmektedir. Ancak depremler sonucu oluşan deformasyonlar sadece olduğu bölgeyi değil, farklı coğrafyaları da belli ölçülerde etkilemektedir. Ülkemiz de tüm ülkeler gibi bu depremlerden az ya da çok etkilenir ve nokta konum bilgisi sürekli değişir. GPS ve CORS TR uygulamasıyla datum dönüşümü yapılarak jeodezik alt yapıdaki fiziksel hasarlar onarılır.

1.3.2. BÖHHBÜY Datum Dönüşüm İlkeleri

Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY), ITRF 96 datumunda çalışmayı öngörür. Bu sebeple ED50 datumundaki memleket koordinat sistemi ile ITRF96 datumu ilişkilendirilmelidir. BÖHHBÜY'nin yedinci bölümünde yer alan madde 79'da ED50 ile TUREF arasındaki dönüşüm ilke ve esasları açıklanmıştır. Buna göre;

- En az ortak nokta sayısı; 200 km^2 ye kadar dört nokta ve buna ilâveten her 200 km^2 için bir fazla nokta olarak hesaplanır.

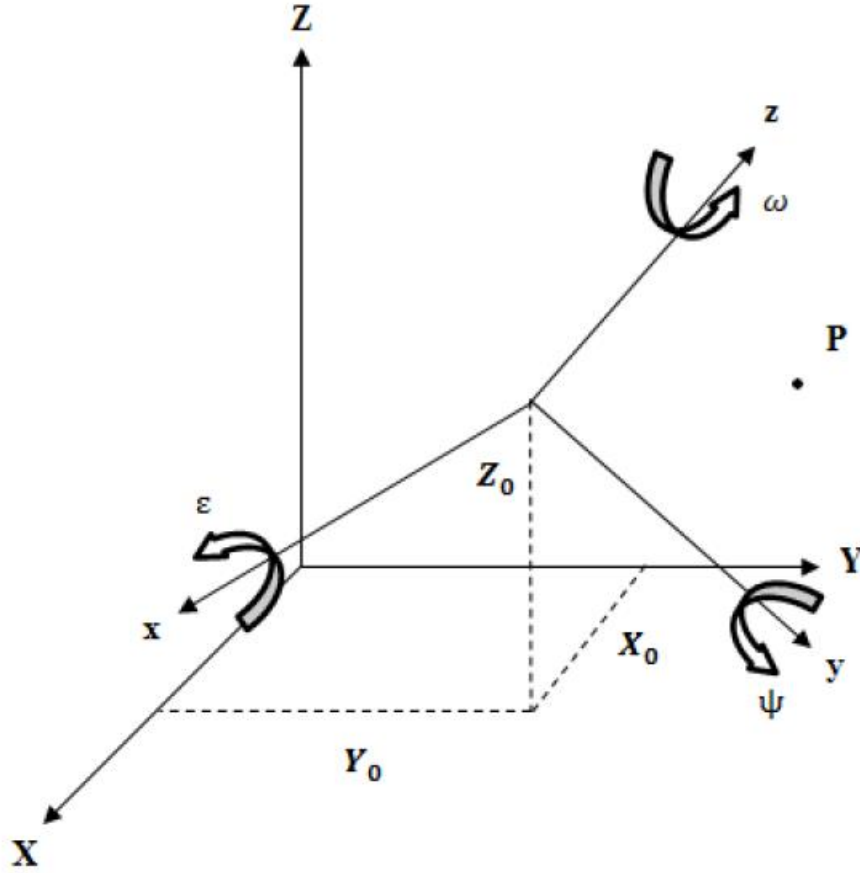
- En az ortak nokta sayısı 4'tür.
- Dönüşüm yöntemi olarak; iki veya üç boyutlu benzerlik dönüşüm yöntemleri, polinomlarla dönüşüm, enterpolasyon veya sonlu elemanlarla dönüşüm ve benzeri bilimsel literatürde yer almış yöntemlerden en uygun olanı kullanılır.
- Ortak noktaların koordinatları arasındaki uyum bir istatistik test ile araştırılır ve uyumsuz noktalar ayıklanır. İstatistik güven aralığı $1-\alpha=0.95$ alınmalıdır. Sonuç uyum doğruluğu $(\sigma_0) \pm 9$ cm (dahil)'den daha iyi olmalıdır. Aksi durumda idarenin görüşüne başvurulur.
- Dönüşüm sonrası en büyük koordinat düzeltmesi ± 14 cm (dahil)'den küçük olmalıdır. Aksi durumlarda idarenin görüşüne başvurulur.
- Ortak noktalar uygun dağılımda olmalı ve proje alanının en az %60'ını kaplamalıdır.
- Dönüşümde, uygun ortak noktaların bulunmaması durumunda; ED50 ile TUREF arasındaki dönüşüm için iki sistem arasında Harita Genel Komutanlığınca sağlanan Türkiye boyutunda yatay konum farklarını ($\Delta\phi = \phi_{TUREF} - \phi_{ED50}$; $\Delta\lambda = \lambda_{TUREF} - \lambda_{ED50}$) içeren dönüşüm dosyasından, noktaların konumuna bağlı olarak hesaplanan düzeltme değerleri, sistemler arası dönüşümler için doğrudan kullanılır.
- Dönüşüm parametreleri sadece proje alanı için geçerlidir, ekstrapolasyon uygulanmaz. ED50'den dönüştürülmüş TUREF koordinatları nokta sıklaştırmasında kullanılamaz.
- Proje alanının aktif fay zonlarında bulunması durumunda TUREF ile ED50 arasındaki dönüşüm işlemi idarenin görüşü alınarak gerçekleştirilir (BÖHHEBÜY, 2018).

1.4. Üç Boyutlu Dönüşüm Yöntemleri

Üç boyutlu dönüşümler, bir noktanın (X,Y,Z) şeklinde temsil edilen koordinat değerleriyle yapılan dönüşümlerdir. Örneğin bir noktanın konumunu; enlem, boylam ve yükseklik olarak gösteren coğrafi koordinatlardan kartezyen koordinatlar şeklinde hesaplamak, üç boyutlu dönüşüm türlerinden birine örnek olarak verilebilir. Son yıllarda, jeodezik ağlar için gereksinim duyulan üst düzey referans ağlarına hizmet vermek, depremle nedeniyle nirengi noktalarının bağlı konumlarındaki yer değiştirmelerin periyodik olarak ya da sabit GNSS istasyonlarıyla sürekli izlenmesinin gerekliliği gibi

güncel sebeplerle mutlak koordinatların elde edilmesinin önemi artmıştır. Üç boyutlu konum belirleme, özellikle ülke jeodezik ağlarının iyileştirilmesi ve nokta sıklaştırılması çalışmalarında da büyük önem kazanmıştır. Bu sebeplerle GNSS ile elde edilen ölçülerin, ortak bir sistemde değerlendirilip dönüştürülmesi gerekir.

Literatürde pek çok üç boyutlu dönüşüm yöntemi vardır. Bunlardan bazıları üç boyutlu benzerlik dönüşümü (üç boyutlu bursa wolf modeli) ve üç boyutlu afin dönüşümüdür. Dönüşümün yapılabilmesi için her iki sistemde de koordinatları bilinen ortak noktalara ihtiyaç vardır. Ortak noktalar kullanılarak, sayısı kullanılan yönteme göre de değişen öteleme, ölçek ve dönüklük parametreleri elde edilir. Örneğin üç boyutlu benzerlik dönüşümü 3 öteleme 3 dönüklük 1 ölçek olmak üzere 7 parametre ile çözülürken, üç boyutlu afin dönüşümü 3 öteleme 3 dönüklük ve 3 ölçek faktörü olmak üzere 9 parametre ile çözülür. Seçilen ortak nokta sayısı da hesaplanması gereken parametre sayısına bağlıdır.



Şekil 7. Üç boyutlu dönüşüm

1.5. İki Boyutlu Dönüşüm Yöntemleri

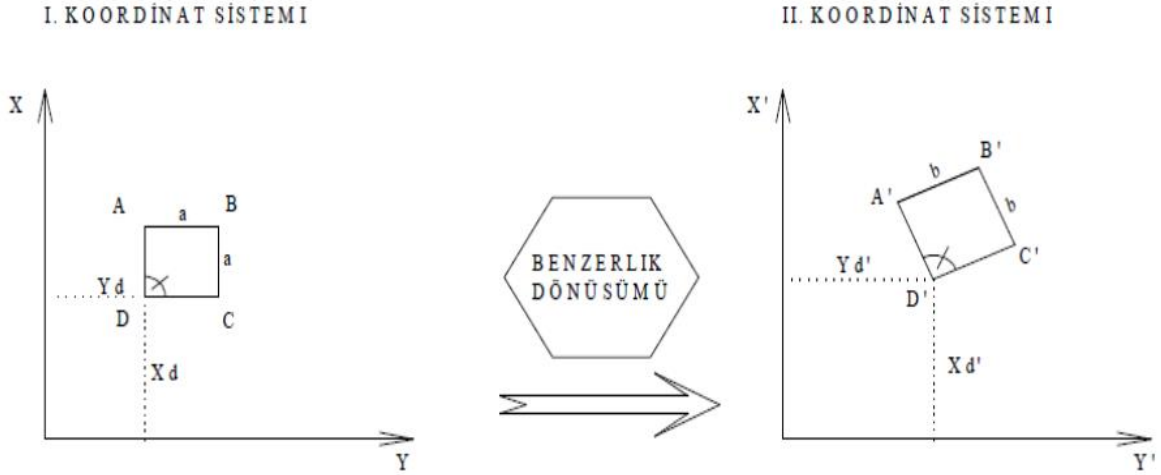
İki boyutlu dönüşümler, bir noktanın (X,Y) şeklinde temsil edilen koordinat değerleriyle yapılan dönüşümlerdir. Türkiye’de haritacılık çalışmalarının başladığı ilk yıllarda, nirengi ağları, hem yatay hem de düşey kontrol ağları olarak birbirinden bağımsız iki alan olarak irdelenmekteydi. Günümüze kadar yapılan jeodezik uygulamalarda, yatay kontrol ağlarındaki datum farklılığı sebebiyle ortaya çıkan parametre farklılığı iki boyutlu datum dönüşümü ile birçok kez giderilmiştir. Ancak GPS ile edilen konum bilgisi üç boyutludur. GPS ile sağlanan koordinatların eksenler yönündeki ölçeği aynıdır; fakat yersel çalışmalarda yatay ve düşey olarak çalışılan iki farklı ağın bulunması, yatay ve düşey ölçme tekniklerinde ölçek farklılığına neden olur. Bu nedenle de GPS’in koordinat sistemi ile onun karşılığı olan yersel koordinat sistemi arasında iki boyutta bir dönüşüm gerekir (Altun, 2014).

Literatürde yer alan dönüşüm yöntemleri kullanım alanlarına göre farklılık gösterir. Benzerlik dönüşümü arazi koordinatlarının dönüşümünde yaygın olarak kullanılırken, afin ve perspektif dönüşüm yöntemleri fotogrametri ve kartoğrafya alanlarında sıklıkla kullanılır (Hüsrevoğlu ve Tuşat 2018).

Bu çalışmada yönetmelikte açıklanan iki boyutlu dönüşüm modelleri olan benzerlik, afin ve kollokasyon yöntemiyle benzerlik dönüşümleri irdelenecektir.

1.5.1. Benzerlik Dönüşümü Yöntemi

Helmert dönüşümü olarak da adlandırılan benzerlik dönüşümü, iki boyutlu iki farklı dik koordinat sistemi arasında kurulan ilişkiyi ifade eden bir yöntemdir. Dönüşüm öncesi şekiller ile dönüşüm sonrası oluşan yeni şekiller görüntü olarak benzerdir ki yöntem de ismini buradan almaktadır. Şekil koruyan olarak bilinen benzerlik dönüşümünde, dönüşüme konu geometrik yapıların kenar uzunlukları aynı oranda büyür veya küçülür, açıların mutlak değerleri ise değişmeden kalır.



Şekil 8. Benzerlik dönüşümü (Ünsal, 2009)

Ghilani'ye (2011) göre, benzerlik dönüşümü üç aşamada gerçekleşir. Bunlar; her iki sistem arasında ortak bir orjin oluşturmak için yapılan öteleme, sistemler arasında aynı boyutlar oluşturmak için ölçekleme ve iki sistemin eksenlerinin paralel olması için döndürmedir (Hüsrevoğlu & Tuşat, 2018). Öteleme işlemi her iki eksen yönünde yapılır. Böylece benzerlik dönüşümünün yapılması için çözülmesi gereken dört parametreye ihtiyaç vardır. Bunlar iki öteleme, bir ölçek, bir de dönüklüktür. Dört parametrenin hesaplanabilmesi için her iki sistemde koordinatları bilinen en az iki noktaya ihtiyaç vardır (Başçiftçi & İnal, 2008). Eğer ortak nokta sayısı iki ise dönüşüm tek anlamlıdır; ikiden fazla ise dönüşüm parametreleri en küçük kareler yöntemi ile dengeleme hesabı yapılarak bulunur ve bu durumda ortak nokta sayısının iki katı kadar düzeltme denklemi yazılır.

Bu çalışmada ED50 datumundan ITRF96 datumuna dönüşüm yapıldığı için formüllerde kullanılan değişkenler, bu datumlardaki koordinatlara ilişkin olarak yazılmıştır. ED50 datumundan ITRF96'ya benzerlik dönüşümü,

$$x_{ITRF} = t_x + k \cdot \cos \varepsilon \cdot x_{ED 50} - k \cdot \sin \varepsilon \cdot y_{ED 50} \quad (1)$$

$$y_{ITRF} = t_y + k \cdot \sin \varepsilon \cdot x_{ED 50} + k \cdot \cos \varepsilon \cdot y_{ED 50} \quad (2)$$

şeklindeki genel eşitliklerle tanımlanır. Eşitliklerde geçen t_x ve t_y sırasıyla x ve y eksenleri boyunca olan öteleme miktarlarını, ε dönüklük açısını, k ise ölçek faktörünü temsil etmektedir. Dolayısıyla (1) ve (2) eşitliklerinin kullanılabilmesi için önce bu 4

parametrenin hesaplanması gerekir. Söz konusu eşitliklerde $k \cdot \cos \varepsilon = a$ şeklinde, $k \cdot \sin \varepsilon = b$ şeklinde yazılarak,

$$x_{ITRF} = t_x + a \cdot x_{ED\ 50} - b \cdot y_{ED\ 50} \quad (3)$$

$$y_{ITRF} = t_y + b \cdot x_{ED\ 50} + a \cdot y_{ED\ 50} \quad (4)$$

bu eşitlikler doğrusal hale getirilir. Eşitlik (3) ve (4) doğrusal olduğundan en küçük kareler yöntemi ile parametre hesabında doğrudan doğruya kullanılabilir (BÖHHBÜY, 2008). Parametre hesabı için, ortak noktaların koordinatları kullanılarak, eşitlik (3) ve (4)'ün matris vektör formunda düzeltme denklemleri,

$$\begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_{ED\ 50} & -y_{ED\ 50} \\ 0 & 1 & y_{ED\ 50} & x_{ED\ 50} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ a \\ b \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_{ITRF} \\ y_{ITRF} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$V = A \cdot X - L \quad (6)$$

şeklinde düzenlenir. Eşitlik (5)'ten de anlaşılacağı üzere her bir ortak nokta ile iki düzeltme denklemi yazılır. Yani ortak nokta sayısının iki katı kadar düzeltme denklemi elde edilir. Bu araştırmada ortak nokta sayıları ikiden fazla olduğu için (5) ve (6) eşitlikleri ile elde edilen fonksiyonel model dolaylı ölçüler dengelemesini gerektirir. Hesaplanması gereken dönüşüm parametreleri,

$$Q_{xx} = (A^T \cdot A)^{-1} \quad (7)$$

kofaktörler matrisi ile,

$$X = Q_{xx} \cdot A^T \cdot L \quad (8)$$

eşitliğinden elde edilir. Eşitlik (5)'te sütun matrisle temsil edilen bilinmeyenler vektöründe yer alan a ve b değişkenleri kullanılarak ε dönüklük açısı,

$$\varepsilon = \arctan \frac{b}{a} \quad (9)$$

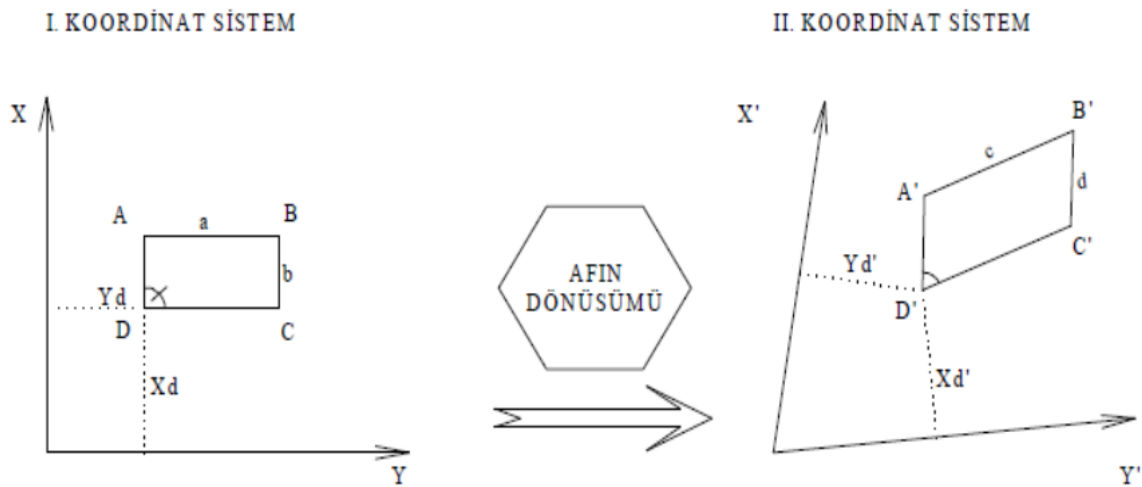
eşitliği ile, ölçek faktörü ise,

$$k = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (10)$$

eşitliği ile elde edilir. Dönüşüm parametreleri elde edildikten sonra, eşitlik (6) ile düzeltmeler hesaplanır. Ortak noktalara ait dönüştürülmüş koordinatlar olan dengeli ölçüler, dönüşüm öncesi koordinatlara, düzeltmeler eklenerek bulunur. Ayrıca dönüşüm parametrelerinin eşitlik (1) ve eşitlik (2)'de yerine yazılmasıyla ortak noktalar dışındaki herhangi bir noktanın ITRF96 datumundaki dönüştürülmüş koordinatları hesaplanır.

1.5.2. Afin Dönüşümü Yöntemi

İki şekil arasında afin dönüşümü bağıntısı kurulması için, dönüşüm yapılacak koordinat sistemlerinin dik değil de en az birinin eğik olması gerekir. Bu durum, paralel olmayan iki düzlemin kullanılmasıyla ortaya çıkar. Bu şekilde paralel olamayan iki düzlemden biri, diğeri üzerine iz düşümlendirilirse, görüntü ile ilk şekil arasında afin dönüşümü gerçekleşmiş olur (Ünsal, 2009).



Şekil 9. Afin dönüşümü (Ünsal, 2009)

Bu dönüşümde her iki eksen yönünde bozulmalar aynı değildir; yani hesaplanması gereken iki ölçek faktörü vardır. Ölçek belli bir yönde aynı kalırken, açılar dönüşüm sonrası değişime uğramaktadır. Yani benzerlik dönüşümünde açılar korunmakta iken, afin dönüşümünde tam aksine değişmektedir. Dönüşüm öncesi ile dönüşüm sonrası uzunluklar da belli miktarlarda değiştiğinden, alanlar da dönüşümden sonra farklı miktarlarda değişime uğramaktadır (Turgut & İnal, 2003). Uygulamalarda afin dönüşümü altı parametre ile çözülür. Aslında hesaplanması gereken parametreler ölçek faktörü, öteleme ve dönüklüktür. Ancak bu parametreler iki boyutlu afin dönüşümlerinde her iki eksen boyunca değiştiğinden, 2 ölçek faktörü, 2 öteleme ve 2 dönüklüğün hesaplanması gerekir. Bu parametrelerin tek anlamlı çözümü için, her iki sistemde de koordinatları bilinen üç noktaya ihtiyaç vardır. Eğer ortak nokta sayısı üçten fazla ise, parametreler, yine benzerlik dönüşümünde olduğu gibi “en küçük kareler yöntemi” ilkesine göre dengeleme hesabı yapılarak bulunur (Hüsrevoğlu & Tuşat, 2018).

Bu araştırmada, ED50 datumundan ITRF96 datumuna afin dönüşümü,

$$x_{ITRF} = t_x + k_x \cdot \cos \varepsilon_x \cdot x_{ED 50} - k_y \cdot \sin \varepsilon_y \cdot y_{ED 50} \quad (11)$$

$$y_{ITRF} = t_y + k_x \cdot \sin \varepsilon_x \cdot x_{ED 50} + k_y \cdot \cos \varepsilon_y \cdot y_{ED 50} \quad (12)$$

genel eşitlikleri ile hesaplanmıştır. Eşitliklerde geçen t_x ve t_y sırasıyla x ve y eksenleri yönündeki öteleme miktarını, ε_x ve ε_y sırasıyla x ve y eksenleri boyunca olan dönüklük açısını, k_x ve k_y ise sırasıyla x ve y eksenleri boyunca ölçek faktörünü temsil etmektedir. Dolayısıyla (11) ve (12) eşitliklerinin kullanılabilmesi için öncelikli adım bu 6 parametrenin hesaplanmasıdır. Söz konusu eşitliklerde $k_x \cdot \cos \varepsilon_x = a$ şeklinde, $k_y \cdot \sin \varepsilon_y = b$ şeklinde, $k_x \cdot \sin \varepsilon_x = c$ şeklinde ve $k_y \cdot \cos \varepsilon_y = d$ şeklinde yazılarak,

$$x_{ITRF} = t_x + a \cdot x_{ED 50} - b \cdot y_{ED 50} \quad (13)$$

$$y_{ITRF} = t_y + c \cdot x_{ED 50} + d \cdot y_{ED 50} \quad (14)$$

bu eşitlikler doğrusal hale getirilir. Parametre hesabı için, ortak noktaların koordinatları kullanılarak, eşitlik (13) ve (14)'ün matris vektör formunda düzeltme denklemleri,

$$\begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_{ED\ 50} & -y_{ED\ 50} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & x_{ED\ 50} & y_{ED\ 50} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_{ITRF} \\ y_{ITRF} \end{bmatrix} \quad (15)$$

$$V = A \cdot X - L \quad (16)$$

şeklinde düzenlenir. Yani ortak nokta sayısının iki katı kadar düzeltme denklemi elde edilir. Düzeltme denklemleri elde edildikten sonra eşitlik (16)'da yer alan X bilinmeyenler vektöründeki parametreler benzerlik dönüşümünde olduğu gibi eşitlik (7)'deki kofaktörler matrisi ve eşitlik (8) kullanılarak elde edilir. Eşitlik (15)'de sütun matrisle temsil edilen X bilinmeyenler vektöründe yer alan a, b, c, d yardımcı değişkenleri kullanılarak ϵ_x x eksenini yönündeki dönüklük açısı,

$$\epsilon_x = \arctan \frac{c}{a} \quad (17)$$

eşitliği ile, ϵ_y y eksenini yönündeki dönüklük açısı,

$$\epsilon_y = \arctan \frac{b}{d} \quad (18)$$

eşitliği ile, k_x x eksenini boyunca ölçek faktörü,

$$k_x = \sqrt{a^2 + c^2} \quad (19)$$

eşitliği ile, k_y y eksenini boyunca ölçek faktörü,

$$k_y = \sqrt{b^2 + d^2} \quad (20)$$

eşitliği ile elde edilir. Dönüşüm parametrelerinin hesaplanmasının ardından, eşitlik (16) ile önce düzeltmeler, sonra da ölçülere bu düzeltmeler eklenerek dönüştürülmüş dengeli koordinatlar hesaplanır. Dönüşüm parametreleri eşitlik (11) ve eşitlik (12)'de yerine yazılarak, ortak noktalar dışındaki farklı noktaların ITRF96 datumuna göre afin dönüşümüyle dönüştürülmüş koordinatları hesaplanır.

1.5.3. Kollokasyon Yöntemiyle Benzerlik Dönüşümü Yöntemi

Bazı jeodezik problemlerde, ölçülere uygun fonksiyonel modelde bilinmeyenlerin sayısı çok fazla olabilir. Bu durumda ölçüleri, fonksiyonel model olarak ifade etmek kolay olmayabilir. Böyle durumlarda ölçülerdeki saklı bilgiler, kollokasyon yöntemiyle yeterli incelikte elde edilebilmektedir. Örneğin değişik birim ve özellikteki ölçüler, kollokasyon yöntemiyle bir arada değerlendirilebilmekte ve aranan büyüklükler en uygun biçimde belirlenebilmektedir. (URL-3, 2024). Benzerlik dönüşümü kollokasyon yöntemiyle gerçekleştirdiğinde eşitlik (5)'in sağ tarafında sistematik hatalar için S_x ve S_y sinyallerinin varlığı söz konusudur (BÖHHBÜY, 2008).

$$\begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_{ED\ 50} & -y_{ED\ 50} \\ 0 & 1 & y_{ED\ 50} & x_{ED\ 50} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ a \\ b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} S_x \\ S_y \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_{ITRF} \\ y_{ITRF} \end{bmatrix} \quad (21)$$

$$V = A \cdot X + S - L \quad (22)$$

Düzeltilmelerin hesabında kullanılacak olan eşitlik (22), öncelikle, hem dönüşüm parametrelerinin hem de sinyallerin hesaplanmasını gerektirir. Kollokasyon yönteminde bilinmeyenlerin hesaplanmasında kullanılacak olan X sütun matrisi,

$$Q_{xx} = (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} \quad (23)$$

kofaktörler matrisi ile,

$$X = (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot P \cdot L \quad (24)$$

eşitliğinden elde edilir. Eşitlik (23)'te kullanılan P ağırlık matrisi,

$$P = (C_{vv} + C_{ss})^{-1} \quad (25)$$

eşitliği ile elde edilir. C_{vv} düzeltmelerin ters ağırlık matrisi olarak,

$$C_{vv} = I \quad (26)$$

eşitliği ile elde edilir. C_{ss} matrisi ise dönüşümde kullanılan ortak noktaların her birinin birbirleri ile arasındaki mesafenin kilometre cinsinden hesaplanmasıyla bileşenleri oluşturulmuş bir matristir. Bu bileşenlerden x koordinat bileşeni olan değer, sinyallerin ters ağırlık matrisi elemanları,

$$C_{sx_1sx_j} = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_{ij}}{d_x}\right)^2} \quad (27)$$

eşitliği ile, y koordinat bileşeni olan değer, sinyallerin ters ağırlık matrisi elemanları,

$$C_{sy_1sy_j} = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_{ij}}{d_y}\right)^2} \quad (28)$$

eşitliği ile elde edilir. Eşitlik (27) ve eşitlik (28)'de kullanılan d_{ij} ilgili satır ve sütundaki noktalar arasındaki mesafenin kilometre cinsinden değeridir. d_x ve d_y sinyallerin mesafe korelasyonunun derecesinin belirleyen katsayılarıdır. Bu katsayıların uygun değerlerinin bulunması, bunlara başlangıçta keyfi değerler verilmesine bağlıdır (BÖHHBÜY, 2008). Kollokasyonlu benzerlik yönteminde kullanılacak olan dönüşüm parametreleri, eşitlik (24) ile hesaplanan X bilinmeyenler vektörü aracılığıyla elde edilir. Eşitlik (21)'de sütun matrisle temsil edilen bilinmeyenler vektöründe yer alan a ve b değişkenleri kullanılarak, ε dönüklük açısı eşitlik (9) ile, ölçek faktörü ise eşitlik (10) ile elde edilir.

Düzeltilmelerin hesaplanması için dönüşüm parametrelerinin hesaplanması yeterli değildir. Aynı zamanda ortak noktalara ait sinyallerin de elde edilmesi gerekir. Ortak noktalara ait sinyaller ise,

$$S = C_{ss} \cdot P \cdot (L - A \cdot X) \quad (29)$$

eşitliği ile bulunur. Parametre tahmininde kullanılmayan ortak noktalar dışındaki herhangi bir noktanın, dönüşüm sonrası hesaplanacak yeni koordinatlarına getirilecek sinyaller ise,

$$S = C_{ssp} \cdot P \cdot (L - A \cdot X) \quad (30)$$

eşitliği ile hesaplanır. Bu eşitlikte kullanılan C_{ssp} matrisi, yeni noktanın, parametre tahmininde kullanılan noktalarla arasındaki korelasyon değerlerinden oluşan bir matristir. Sinyallerin ters ağırlık matrisi olan bu matrisin elemanlarından x koordinat bileşeni,

$$C_{sxp sxi} = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_{pi}}{dx}\right)^2} \quad (31)$$

eşitliği ile elde edilirken, y koordinat bileşeni ise,

$$C_{sy p syj} = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_{pi}}{dy}\right)^2} \quad (32)$$

eşitliği ile elde edilir. Eşitlik (31) ile (32)'de kullanılan $p=1,2,\dots,m$ yeni nokta numarasını, $i=1,2,\dots,n$ ortak nokta numarasını temsil etmektedir (BÖHHBÜY, 2008).

1.6. Duyarlık ve Güven Hesapları

Farklı datum ve koordinat sistemlerinde üretilmiş olan jeodezik verilerin ya da farklı mühendislik projelerinin ortak bir amaçla kullanılmasıyla datumlar arasında geçiş ve koordinat dönüşümü ihtiyacı ortaya çıkmıştır (Evsen, 2019) . Birçok bilim dalında olduğu gibi jeodezik araştırmalarda da hem ölçülerden hem de ölçü sonuçlarından elde edilen doğruluğu ve duyarlılığı artırmak için, bilinmeyen sayısından çok daha fazla sayıda ölçü kullanılmaktadır (Şişman, vd., 2013). Dönüşümlerde, parametrelerin tek ve yeterli biçimde hesabı için, gerekli olan ortak nokta sayısı benzerlik dönüşümü için 2 iken, afin dönüşümü

için 3'tür. Ancak dönüşümün duyarlılığını artırmak için çok daha fazla sayıda ortak nokta kullanılarak dengeli çözüm yapılır. Dengeli çözüm yapılmasındaki amaç, kaba hata, sistematik hata ve uyuşumsuz ölçü içermeyen ölçü grubundaki herhangi bir ölçüyü çıkarmadan bilinmeyenlerin değerini en yüksek olasılıkla hesaplamaktır (Evsen, 2019).

Yalçinkaya & Kayıkçı'ya (2024) göre, dengeleme yapmanın amacı, gereğinden fazla yapılmış ölçüler arasından herhangi birini seçmeden iki adımı gerçekleştirmektir. Bunlardan birincisi, bilinmeyen parametrelerin gerçek değere en yakın, kesin veya dengeli değerlerini belirlemek; ikincisi ise hesaplanacak parametrelerin, diğer ölçülerin veya ilgili fonksiyonların duyarlılıklarını ve güvenilirliklerini belirlemektir.

Şimşek'e (2008) göre, bir dengeleme problemi, matris hesabı ile kolaylıkla programlanıp, çözülebilir. Bilinmeyenlerin sayısından daha fazla sayıda denklem kullanılarak, bilinmeyenlerin en uygun, dengeli ve gerçek değere en yakın değerleri hesaplanabilir. Denklemler arasında hiçbir seçim ve öncelik kullanılmaz. Bu amaçla da "en küçük kareler yöntemi" yaygın olarak kullanılır.

Bir dengeleme probleminde, düzeltmeler elde edildikten sonra birim ölçünün karesel ortalama hatası,

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[VV]}{n-u}} \quad (33)$$

eşitliği ile belirlenir. Eşitlikte geçen n ölçü sayısını, u ise bilinmeyen sayısını temsil etmektedir. İki boyutlu koordinat dönüşümünün yapıldığı bu çalışmada, n ortak nokta sayısının iki katı kadar alınmalıdır. Ayrıca benzerlik dönüşümünün 4 parametre, afin dönüşümünün ise 6 parametreyle çözüldüğü göz önüne alınırsa; benzerlik dönüşümü için koordinatların ortalama hatası olan birim ölçünün karesel ortalama hatası,

$$m_0 = m_x = m_y = \pm \sqrt{\frac{[VV]}{n-4}} \quad (34)$$

eşitliği ile elde edilir. Eğer benzerlik dönüşümü kollokasyon yöntemiyle yapılmışsa, bu durumda birim ölçünün karesel ortalama hatası,

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[VV] + S^T \cdot C_{SS}^{-1} \cdot S}{n-4}} \quad (35)$$

eşitliği ile, afin dönüşümü için birim ölçünün karesel ortalama hatası ise,

$$m_0 = m_x = m_y = \pm \sqrt{\frac{[VV]}{n-6}} \quad (36)$$

eşitliği ile hesaplanır. Parametrelerin yani bilinmeyenlerin ortalama hatası ise kofaktörler matrisinin köşegen elemanları ve birim ölçünün ortalama hatası kullanılarak,

$$m_{xi} = m_0 \cdot \sqrt{q_{xxi}} \quad (37)$$

şeklinde hesaplanır. Bu eşitlik benzerlik ve afin dönüşümleri için geçerlidir. Eğer benzerlik dönüşümü kollokasyon yöntemiyle yapılmışsa bu durumda bilinmeyenlerin ortalama hatası, Eşitlik (37)'de, (23) ve (35) numaralı eşitliklerden elde edilen değerlerin kullanılmasıyla hesaplanır.

Doğan & Aydın'a (2024) göre, arazi ölçmelerinde jeodezik ağdaki ölçülerin bazılarında kaba hatalı ölçüler olabilir. Bu sebeple jeodezik ağ, kaba hatalı ölçülere karşı dayanıklı olacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu dayanıklılık güvenilirlik ile tanımlanır. Bir ölçünün, kaba hatalar bakımından kontrol edilebilirlik derecesindeki en temel ölçüt redüdüans payıdır. r ile temsil edilen redüdüans payı 0 ile 1 arasında değer alır. İdeal bir jeodezik ağda redüdüans payı 0.3'ten büyük olmalıdır. Redüdüans payı,

$$r_i = (I - A \cdot Q_{xx} \cdot A^T)_{ii} \quad (38)$$

eşitliği ile elde edilen matrisin köşegen elemanlarından oluşur.

1.7. Uyuşumsuz Ölçü Testleri

Kullanıcı kaynaklı olduğu kadar çevre faktörlerinin de etkisiyle ortaya çıkan kaba hatalar, jeodezik gözlemler sonucu birtakım ölçülerde ortaya çıkabilirler (Subaşı, 2014). Böyle hatalar kolaylıkla fark edilmedikleri gibi dengeleme sonucunu da olumsuz yönde

etkilerler (Uzun, Konak & Dilaver, 2005). Ölçüm esnasındaki hava şartları, ölçümün yapıldığı zaman gibi değişen çevreye bağlı etmenler sonucu elde edilen veriler içerisinde diğer verilerden farklılık içeren veri grupları bulunabilir (Subaşı, 2014). Bu şekilde kaba hatalı olan ölçülere uyuşumsuz ölçü denir (Doğan & Aydın, 2024). Evsen'e (2019) göre, uyuşumsuz ölçüler, çeşitli programlarda elde edilen ölçüler arasında ölçü kümesinin dağılımına uymayan ölçü veya ölçü grubudur. Bazı durumlarda bu ölçüler, tüm ölçü grubu için önemli bilgileri içerebilmektedir. Eğer belirlenmiş olan uyuşumsuz ölçüler veri grubunun önemli bir kısmını oluşturuyorsa, bu ölçülerin çıkarılması matematik modelde şekil deformasyonuna yol açabilir (Uzun, Konak & Dilaver, 2005).

Kaba hatalar, bir dengeleme probleminde, düzeltmelerin elde edilmesinden sonraki aşamada belirlenip ayıklanabilmektedir (Evsen, 2019). Bu tür hatalar dengeleme sonucunda uygulanan uyuşumsuz ölçü testleri ile belirlenebilir (Başçiftçi, 2008). Uyuşumsuz ölçülerin tespitinde, klasik jeodezik yöntemler olarak üç farklı yaklaşım kullanılmaktadır. Bunlar poppe, t-testi ve data snooping testleridir (Doğan & Aydın, 2024). Bu yöntemlerin temeli, çeşitli varyans faktörlerini kullanarak düzeltmeleri standartlaştırmaktır (Subaşı, 2014).

1.7.1. Poppe Yöntemi

Poppe yöntemine göre herhangi bir ölçü için test büyüklüğü,

$$\overline{V_{i,P}} = \frac{|V_i|}{m_0 \cdot \sqrt{(I - A \cdot Q_{xx} \cdot A^T)_{ii}}} \quad (39)$$

eşitliği ile elde edilir. Buna “poppe normlandırılmış test düzeltmesi” adı verilir (Doğan & Aydın, 2024). Ölçüt olarak kullanılacak olan güven sınır değeri ise MATLAB programı aracılığıyla,

Tablo 2. Poppe testi matlab kodu

```

% pope testi----%
clc;
clear all;
alfa=0.05; %jeodezi uygulamalarda genellikle bu değer seçiliyor.
n=32;u=4; f=n-u;
fdist=finv((1-alfa/n),1,(f-1));
tauc=sqrt((f*fdist)/(f-1+fdist));

```

şeklindeki kodla elde edilir. Burada ‘alfa’ yanılma olasılığıdır (Uzun, Konak & Dilaver, 2005). Jeodezik uygulamalarda genellikle 0.05 olarak alınır (Doğan & Aydın, 2024). n, ölçü sayısını temsil eder ve ortak nokta sayısının 2 katı şeklinde değer alır. u ise, dönüşümde hesaplanan bilinmeyen sayısını temsil etmektedir. Normlandırılmış düzeltmesi, güven sınırından büyük olan ölçüler tespit edilerek, kaba hatalı olduğu sonucuna varılır. İlgili ölçü ya yeniden ölçülür ya da ölçüler arasından çıkarılarak yeniden dengelenmiş değerlerle tekrar uyumsuz ölçü araştırması yapılır (Doğan & Aydın, 2024).

1.7.2. t-Testi Yöntemi

t-testi yöntemine göre her bir düzeltme için normlandırılmış test büyüklüğü,

$$\overline{V}_{l,t} = \frac{|V_i|}{S_{0,i} \cdot \sqrt{(I-A \cdot Q_{xx} \cdot A^T)_{ii}}} \quad (40)$$

eşitliği ile elde edilir. Eşitlikte kullanılan $S_{0,i}$, i.ölçü dengelemeden çıkarıldıktan sonra elde edilen birim ağırlıklı ölçünün standart sapmasıdır (Doğan & Aydın, 2024). Bu değer,

$$S_{0,i} = \sqrt{\frac{[VV] - \frac{V_i^2}{(I-A \cdot Q_{xx} \cdot A^T)_{ii}}}{f-1}} \quad (41)$$

şeklinde hesaplanır. Eşitlikte geçen f, serbestlik derecesidir ve ölçü ile bilinmeyen sayısının farkına eşittir. Ölçüt olarak kullanılacak olan güven sınır değeri ise MATLAB programı aracılığıyla,

Tablo 3. t-testi matlab kodu

```
% -- t-testi----%
clc;
clear all;
alfa=0.05; %jeodezi uygulamalarda genellikle bu değer seçiliyor.
n=32;u=6;f=n-u;
ttest=tinv(1-0.05/(2*n),f-1);
```

şeklindeki kodla elde edilir. Normlandırılmış test büyüklüğü, güven sınır değerini aşan ölçüler tespit edilip, uygulamadan çıkarılır. Yerine eklenen ölçülerle yeniden dengeleme yapılarak, tekrar uyşumsuz ölçü araştırması yapılır. Uyşumsuz ölçü kalmayıncaya kadar bu işleme devam edilir.

1.7.3. Data Snooping Testi Yöntemi

Baarda yöntemi olarak da adlandırılan data snooping testinde her bir ölçü için baarda normlandırılmış düzeltmesi,

$$\overline{V}_{1,B} = \frac{|V_i|}{m_0} \quad (42)$$

eşitliği ile hesaplanır. 3.29 değeri, standart normal dağılımın, %0.1 tek boyutlu testin yanılma olasılığına karşılık gelen güven sınır değeridir (Doğan & Aydın, 2024). Normlandırılmış düzeltmesi, bu değerden büyük olan değerler uygulamadan çıkarılarak, kalan dengeli ölçülerle uyşumsuz ölçü kalmayıncaya kadar işlem tekrarlanır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, ED50 datumu ile ITRF96 datumu arasındaki iki boyutlu datum dönüşüm modelleri, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHKBÜY)'nde belirlenen dönüşüm yöntemleriyle, Trabzon ilinin tamamında kullanılmak üzere irdelenmiştir. Benzerlik (Helmert), Afin ve Kollokasyonlu Benzerlik olan bu dönüşüm yöntemleri, MS Excel Programı'nda kodlanmış, gerekli karşılaştırmalar yapılarak, ilçe bazlı değil, ilin tamamında kullanılabilecek bir dönüşüm modeli araştırılmıştır. Trabzon'un merkez Ortahisar ve ilçelerinde kullanılan farklı datum dönüşüm parametrelerindeki her iki datuma ait nokta koordinatlarından hareketle, ilin tamamında kullanılabilen genel bir dönüşüm modeli geliştirilmesi, ortak nokta sayısı test edilerek planlanmıştır. İki boyutlu dönüşüm yöntemleri, Trabzon ili bazında 10 ve 16 ortak nokta ile test edilerek, en uygun ortak nokta sayısı ve dönüşüm yöntemi belirlenmiştir. Her bir uygulamada, seçilen ortak noktalarla, önce dönüşüm parametreleri hesaplanmış, ardından ortak noktaların dönüştürülmüş koordinatları ile koordinatların düzeltme değerleri elde edilmiştir. Düzeltme değerlerinin BÖHKBÜY'nde belirlenen sınır değerlere göre uygunluğu incelenmiş; böylelikle en uygun yöntem tespit edilmeye çalışılmıştır. Her bir yöntemde elde edilen parametrelerle Trabzon ilinin tamamında geriye kalan test noktalarının datum dönüşümü yapılmış, eski koordinatlarla hesaplanan yeni koordinatların farklarının yönetmeliğe uygunluğu incelenmiştir. İki boyutlu dönüşüm yöntemlerinin her birinde yapılan uygulamalarda, seçilen ortak noktaların duyarlık ve güven hesapları yapılmış; böylelikle ortak noktaların güvenilirliği araştırılmıştır. Aynı şekilde uyumsuz ölçüler de varsa tespit edilmeye çalışılmıştır. Belirlenen model Trabzon ilinin farklı ilçelerinde daha önce yapılan datum dönüşümlerinde de ayrıca test edilmiştir.

2.1. Uygulama Alanının Seçimi

Gerek yaşadığımız il olması gerekse verilerin kolay ulaşılabilir olması nedeniyle çalışma alanı olarak Trabzon ili seçilmiştir. Trabzon ili ve ilçelerini gösteren harita şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. Trabzon ili ve ilçeleri

İki boyutlu dönüşüm yöntemleri için ilin tamamında 139 nokta kullanılmış olup, bu noktaların ED50 ile ITRF96 datumundaki 3°lik UTM koordinatları Trabzon Kadastro Müdürlüğü'nden temin edilmiş ve tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Trabzon ilçelerindeki ED50 ve ITRF96 datumu ortak 3°lik UTM koordinatları

SIRA NO	NOKTA NO	ED50 DATUMU		ITRF96 DATUMU	
		Yukarı (m)	Sağa(m)	Yukarı (m)	Sağa(m)
1	NVÇ1	4529886.500	519349.270	4529702.088	519336.209
2	NVÇ2	4543217.256	525545.910	4543032.505	525532.691
3	NVÇ3	4542168.152	531237.079	4541983.437	531223.711
4	NVÇ4	4532045.364	522035.309	4531860.903	522022.181
5	NVÇ5	4543010.714	550098.810	4542825.777	550084.919
6	NVÇ6	4522891.459	551859.905	4522707.159	551845.836
7	NVÇ7	4548013.799	529563.885	4547828.852	529550.584
8	NVÇ8	4543893.388	518431.820	4543708.637	518418.774
9	NVÇ9	4542392.379	516351.829	4542207.669	516338.850
10	NVÇ10	4539884.429	514849.712	4539699.805	514836.757
11	NVÇ11	4539688.042	517924.340	4539503.414	517911.310
12	1	4534271.820	604822.820	4534086.228	604807.277
13	6	4533224.900	616375.170	4533039.394	616359.323
14	9	4529279.360	610244.610	4529093.925	610228.989
15	12	4524537.640	603171.510	4524352.269	603156.077
16	153	4538163.100	613067.140	4537977.464	613051.390
17	154	4529040.310	619552.920	4528854.983	619537.085
18	F431H001	4543010.714	550098.871	4542825.777	550084.919
19	G44_G001	4534271.820	604822.820	4534086.230	604807.277
20	G4410002	4516128.140	595750.490	4515943.016	595735.277
21	G4420008	4524868.960	588050.350	4524683.622	588035.101
22	G4430154	4529040.310	619552.920	4528855.021	619537.274
23	G4430022	4527640.740	597382.030	4527455.487	597366.744
24	G4430027	4524243.020	596657.470	4524057.817	596642.185
25	G4430039	4521730.320	596506.060	4521545.147	596490.759

Tablo 4'ün devamı

26	G4430044	4519519.890	595108.130	4519334.725	595092.881
27	N.114	4536052.700	587941.110	4535867.262	587926.123
28	N.115	4535238.030	588911.980	4535052.616	588896.958
29	N.127	4536528.340	587789.440	4536342.897	587774.494
30	N.129	4536626.080	586590.630	4536440.664	586575.684
31	N.206	4530462.240	588541.690	4530277.029	588526.543
32	N.21	4541368.370	558549.690	4541183.270	558535.470
33	N.21011	4505745.100	547449.620	4505560.965	547435.490
34	N.21236	4510853.772	587825.791	4510669.022	587810.565
35	N.218	4533116.430	588678.670	4532931.140	588663.544
36	N.219	4531950.910	588345.360	4531765.638	588330.244
37	N.255	4516850.581	576649.620	4516665.587	576634.971
38	N.257	4517020.879	581326.971	4516835.932	581312.044
39	N.429	4511756.860	556188.270	4511572.649	556173.957
40	N.434	4509854.060	557415.460	4509669.973	557401.083
41	N.525	4545534.726	546497.890	4545349.770	546484.030
42	N.529	4546179.910	544636.446	4545994.960	544622.700
43	N.533	4546526.976	544617.103	4546342.020	544603.480
44	N.536	4544853.057	545696.736	4544668.130	545682.750
45	N.537	4544059.920	545539.033	4543875.000	545525.110
46	N.585	4507427.094	540981.988	4507242.869	540967.918
47	N.593	4505053.143	539141.001	4504868.916	539126.937
48	N.598	4514151.969	548945.167	4513967.773	548931.008
49	N.599	4517684.735	548171.620	4517500.416	548157.531
50	N.600	4519303.942	555091.979	4519119.635	555077.801
51	N.620	4500522.712	546899.812	4500338.575	546885.740
52	N.627	4513160.184	547098.282	4512976.646	547084.132
53	N.653	4510870.583	554764.610	4510686.410	554750.351
54	N.661	4505352.418	541285.408	4505168.275	541271.388
55	N.F4220003	4549048.702	517223.086	4548863.751	517209.969
56	N.F422H004	4546218.440	520832.342	4546033.579	520819.121
57	N.F42H022	4546853.408	519649.524	4546668.577	519636.363
58	N.F430544	4540829.280	561552.790	4540644.190	561538.480
59	N.G4230020	4523632.221	534159.314	4523447.950	534145.420
60	N.G430042	4540434.700	555325.400	4540249.680	555311.240
61	N.G430822	4540095.690	557249.520	4539910.660	557235.300
62	N.G430823	4540744.820	556809.170	4540559.830	556794.930
63	N21116	4528234.250	579268.460	4528049.160	579253.730
64	N232	4533797.395	577397.327	4533612.200	577382.622
65	N537	4534494.620	577020.530	4534309.362	577005.859
66	NG430003	4526354.617	580353.150	4526169.679	580338.490
67	NG430005	4522490.034	581513.237	4522305.172	581498.516
68	P.11	4523873.865	533647.702	4523689.620	533633.710
69	P.122	4524207.830	532918.761	4524023.550	532904.840
70	P.52	4524845.060	533607.700	4524660.760	533593.770
71	P.61	4525294.160	534311.360	4525109.860	534297.460
72	P.82	4524298.147	534542.014	4524113.800	534528.090
73	N.G422H002	4528424.431	536754.088	4528240.061	536740.146
74	N.G422H007	4523297.520	536596.213	4523113.514	536582.121
75	N.G423H104	4527709.050	537134.350	4527524.701	537120.365
76	N.G4230117	4522323.006	538218.919	4522138.936	538204.799
77	G4320007	4517684.735	548171.620	4517500.416	548157.531
78	G4330028	4513160.814	547098.282	4512976.646	547084.132
79	G4330038	4514151.969	548945.167	4513967.773	548931.008
80	F430527	4541767.370	547553.070	4541582.570	547539.170

Tablo 4'ün devamı

81	F430528	4542407.050	546982.080	4542222.240	546968.190
82	F430529	4543808.630	546266.610	4543623.810	546252.720
83	G430724	4540498.010	546485.480	4540313.240	546471.590
84	G430719	4538552.860	544976.740	4538368.130	544962.860
85	G430717	4539229.560	547137.960	4539044.810	547124.050
86	N.G420026	4525054.660	539322.720	4524870.600	539308.870
87	P.356	4525005.110	539343.520	4524821.000	539329.730
88	P.347	4524768.100	539237.230	4524584.070	539223.400
89	P.348	4524729.640	539216.880	4524545.570	539203.030
90	P.353	4524493.120	539125.970	4524309.070	539112.090
91	N.420543	4524257.200	539322.520	4524073.130	539308.640
92	P.340	4524261.900	539387.610	4524077.830	539373.730
93	P.505	4525099.360	539914.860	4524915.210	539901.020
94	P.17	4523319.310	538921.380	4523135.310	538907.470
95	N.420532	4523138.050	538669.230	4522954.020	538655.320
96	P.14	4523048.820	538658.030	4522864.780	538644.140
97	P.73	4522846.790	539111.050	4522662.780	539097.140
98	P.140	4522648.750	539432.680	4522464.720	539418.750
99	P.113	4522492.570	539778.770	4522308.520	539764.830
100	P.108	4522441.360	539788.210	4522257.290	539774.270
101	P.94	4522594.960	540025.090	4522410.870	540011.160
102	P.96	4522753.560	540022.320	4522569.470	540008.380
103	P.163	4523290.170	540820.070	4523106.000	540806.170
104	P.451	4525228.970	540442.710	4525044.820	540428.880
105	P.332	4522817.600	541396.040	4522633.430	541382.080
106	P.305	4523243.250	542230.560	4523059.010	542216.520
107	P.219	4523315.140	541696.360	4523130.990	541682.410
108	P.218	4523288.470	541656.490	4523104.300	541642.530
109	P.217	4523231.740	541583.090	4523047.570	541569.170
110	P.288/2	4522955.380	541682.940	4522771.260	541669.010
111	G4320013	4520349.492	572721.214	4520164.811	572706.677
112	G4330060	4518299.899	565756.883	4518115.371	565742.557
113	G4330061	4520802.464	565949.890	4520617.822	565935.550
114	G4330062	4524902.357	569583.927	4524717.506	569569.534
115	G4330066	4519648.881	568591.036	4519464.249	568576.627
116	G4330067	4522368.143	568050.438	4522183.441	568036.058
117	G4330068	4521098.877	570448.259	4520914.208	570433.818
118	G430025	4528057.651	570545.153	4527872.764	570530.725
119	G430522	4530160.501	572370.085	4529975.559	572355.639
120	N12/17	4534951.646	572456.846	4534766.711	572442.298
121	N12/18	4535411.685	573627.978	4535226.686	573613.431
122	N8/15	4533076.829	572135.782	4532891.906	572121.237
123	201	4533877.256	570132.771	4533692.269	570118.265
124	202	4534275.602	566803.462	4534090.557	566789.011
125	N.590	4538394.640	568584.120	4538209.580	568569.771
126	N.591	4538253.280	569088.080	4538068.209	569073.716
127	N.2115	4530934.660	564456.820	4530749.877	564442.382
128	N.3007	4535330.450	558051.150	4535145.616	558037.034
129	N.3008	4534934.080	564223.150	4534749.159	564208.857
130	N.3010	4530171.780	560707.150	4529987.024	560692.843
131	N.3005	4536369.339	551873.248	4536184.580	551859.321
132	N.3003	4540829.306	561552.734	4540644.270	561538.646
133	N.3082	4540212.117	554777.289	4540027.190	554763.343
134	N.3061	4540434.668	555325.342	4540249.770	555311.404
135	N.3102	4540304.198	558338.011	4540119.180	558324.046

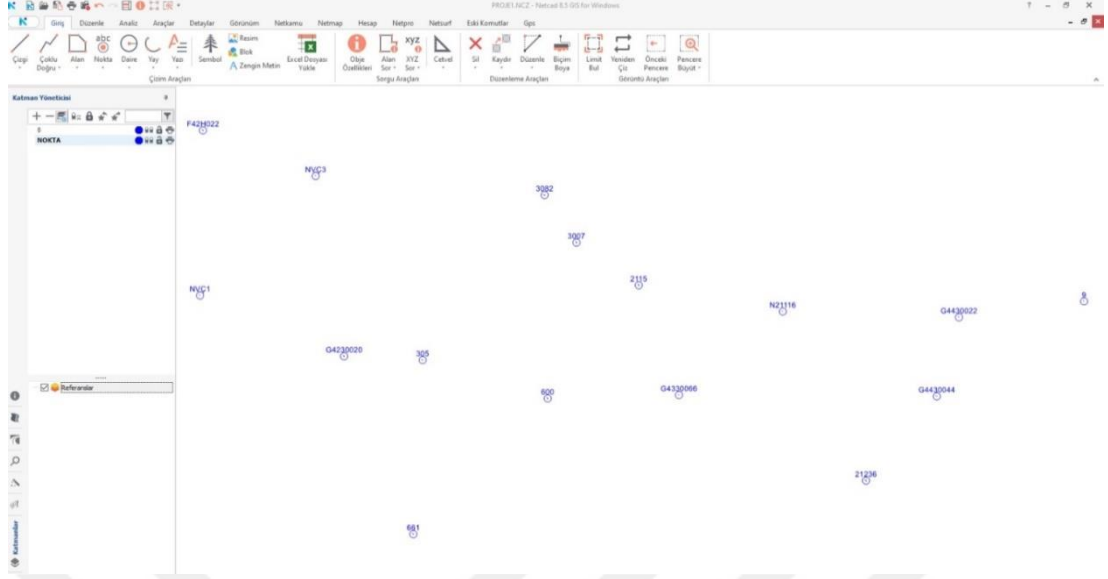
Tablo 5. 10 ortak noktalı dönüşümde ortak noktaların ED50 ve ITRF96 datum koordinatları

SIRA NO	NOKTA NO	ED50 DATUMU		ITRF96 DATUMU	
		Yukarı (m)	Sağa(m)	Yukarı (m)	Sağa(m)
1	N.F42H022	4546853.408	519649.524	4546668.577	519636.363
2	N.G4230020	4523632.221	534159.314	4523447.950	534145.420
3	N.661	4505352.418	541285.408	4505168.275	541271.388
4	G4330066	4519648.881	568591.036	4519464.249	568576.627
5	G4430044	4519519.890	595108.130	4519334.725	595092.881
6	9	4529279.360	610244.610	4529093.925	610228.989
7	N21116	4528234.250	579268.460	4528049.160	579253.730
8	N.3082	4540212.117	554777.289	4540027.190	554763.343
9	P.305	4523243.250	542230.560	4523059.010	542216.520
10	N.3007	4535330.450	558051.150	4535145.616	558037.034

Tablo 6. 16 ortak noktalı dönüşümde ortak noktaların ED50 ve ITRF96 datum koordinatları

SIRA NO	NOKTA NO	ED50 DATUMU		ITRF96 DATUMU	
		Yukarı (m)	Sağa(m)	Yukarı (m)	Sağa(m)
1	N.F42H022	4546853.408	519649.524	4546668.577	519636.363
2	N.G4230020	4523632.221	534159.314	4523447.950	534145.420
3	N.661	4505352.418	541285.408	4505168.275	541271.388
4	G4330066	4519648.881	568591.036	4519464.249	568576.627
5	G4430044	4519519.890	595108.130	4519334.725	595092.881
6	9	4529279.360	610244.610	4529093.925	610228.989
7	N21116	4528234.250	579268.460	4528049.160	579253.730
8	N.3082	4540212.117	554777.289	4540027.190	554763.343
9	P.305	4523243.250	542230.560	4523059.010	542216.520
10	N.3007	4535330.450	558051.150	4535145.616	558037.034
11	NVÇ3	4542168.152	531237.079	4541983.437	531223.711
12	N.2115	4530934.660	564456.820	4530749.877	564442.382
13	NVÇ1	4529886.500	519349.270	4529702.088	519336.209
14	N.600	4519303.942	555091.979	4519119.635	555077.801
15	N.21236	4510853.772	587825.791	4510669.022	587810.565
16	G4430022	4527640.740	597382.030	4527455.487	597366.744

Ortak noktaların konumları, uygulamanın hassasiyetle yapılabilmesi açısından önemlidir. Bu nedenle 10 ve 16 adet ortak nokta hemen hemen homojen bir dağılımla seçilmeye çalışılmıştır. Seçilen ortak noktaların NETCAD GIS programındaki görünüşleri ise şekil 12’de verilmiştir.



Şekil 12. Dönüşümde kullanılan ortak noktaların NETCAD GIS programındaki görünümü

2.2. Trabzon İlinde Kullanılan Datum Dönüşüm Parametreleri

Hangi dönüşüm yöntemi olursa olsun, öncelikli adım, dönüşüm parametrelerinin belirlenmesidir. Bu çalışmada; benzerlik, afin ve kollokasyonlu benzerlik dönüşümleri 10 ve 16 ortak noktadan, 6 farklı excel çalışma sayfasında programlanmıştır. Böylece Trabzon ilinde kullanılacak ortak sayısı ve dönüşüm modeli seçimine karar verilmesi amaçlanmıştır.

Benzerlik dönüşümünde hesaplanması gereken 4 parametre var iken; afin dönüşümünde hesaplanması gereken parametre sayısı 6'dır. Kollokasyonlu benzerlik yöntemi de bir çeşit benzerlik dönüşümü olduğundan yine 4 parametre kullanılmaktadır. Benzerlik dönüşümünde hesaplanan bu parametreler 2 öteleme, 1 ölçek faktörü, 1 de dönüklük iken; afin dönüşümündeki parametreler 2 öteleme, 2 ölçek faktörü ve 2 dönüklüktür.

Bütün parametreler bilinmeyenler matrisi olarak adlandırdığımız X'ten eşitlik (8) ve (24) yardımıyla elde edilir. Bilinmeyenler matrisinin 1. ve 2. satır elemanlarıyla x ve y yönündeki ötelemeler; 3. ve 4. satır elemanlarının (10) eşitliğinde kullanılmasıyla ölçek faktörü; yine 3. ve 4. satır elemanlarının (9) eşitliğinde kullanılmasıyla da dönüklük elde edilir. Bu durum benzerlik ve kollokasyonlu benzerlik yöntemleri için geçerlidir. Afin dönüşümünde ise durum biraz farklıdır. Çünkü afin dönüşümünde bilinmeyenler matrisi, yöntem 6 parametre ile çözüldüğünden, (6x1) boyutlu bir sütun matristir. Bu matrisin 1. ve

2. satır elemanlarıyla x ve y yönündeki ötelemeler; 3. ve 5. satır elemanlarının (19) eşitliğinde kullanılmasıyla 1.ölçek faktörü; 4. ve 6. satır elemanlarının (20) eşitliğinde kullanılmasıyla 2.ölçek faktörü; 3. ve 5. satır elemanlarının (17) eşitliğinde kullanılmasıyla 1.dönüklük; 4. ve 6. satır elemanlarının (18) eşitliğinde kullanılmasıyla da 2.dönüklük elde edilir.

2.3. Benzerlik Dönüşümü Uygulaması

2.3.1. 10 Ortak Noktalı Benzerlik Dönüşümü Uygulaması

Her iki sistemde koordinatları bilinen 10 ortak nokta ile tablo 5'teki değerler kullanılarak (20×4) boyutlu katsayılar matrisi oluşturulmuştur. A ile temsil edilen katsayılar matrisi ortak noktaların ED50 datumu koordinatlarından, eşitlik (5) yardımıyla oluşturulmuştur. (20×1) boyutlu L matrisi de, ortak noktaların ITRF96 datumu koordinatlarından, yine eşitlik (5) yardımıyla elde edilmiştir. Katsayılar matrisinin transpozesi alınarak (4×20) boyutlu A^T matrisi oluşturulmuş; A^T ile A matrisleri çarpılarak (4×4) boyutlarındaki $A^T \times A$ matrisi elde edilmiştir. Ardından bu çarpım matrisinin tersi alınıp eşitlik (7) ile hesaplanan kofaktörler matrisi elde edilmiştir. A^T ile L matrisleri de çarpılarak (4×1) boyutlu $A^T \times L$ matrisi elde edilip, eşitlik (8) yardımıyla da (4×1) boyutlarındaki bilinmeyenler matrisi oluşturulmuştur.

10 ortak noktanın, ITRF96 datumundaki dönüştürülmüş koordinatları hesaplanmadan önce, bu noktalara getirilecek düzeltmelerin hesaplanması gerekmektedir. Düzeltmeler, eşitlik (6) yardımıyla hesaplanan (20×1) boyutlu matristen elde edilir. Eski koordinatlara düzeltmeler eklenerek de dönüştürülmüş koordinatlar hesaplanmıştır. Dönüştürülmüş koordinatlar ile bu koordinatların düzeltmeleri tablo 7'te gösterilmiştir.

Tablo 7. 10 ortak noktanın benzerlik yöntemine dönüştürülmüş koordinatları ve düzeltmeleri

NOKTA NO	Orijinal		Dönüşüm Sonrası		Düzeltilmeler	
	Yukarı (m)	Sağa(m)	Yukarı (m)	Sağa(m)	$V_x(m)$	$V_y(m)$
N.F42H022	4546668.577	519636.363	4546668.707	519636.413	0.130	0.050
N.G4230020	4523447.950	534145.420	4523447.880	534145.566	-0.070	0.146
N.661	4505168.275	541271.388	4505168.416	541271.259	0.141	-0.129
G4330066	4519464.249	568576.627	4519464.195	568576.428	-0.054	-0.199
G4430044	4519334.725	595092.881	4519334.868	595092.897	0.143	0.016

Tablo 7'nin devamı

9	4529093.925	610228.989	4529093.916	610229.146	-0.009	0.157
N21116	4528049.160	579253.730	4528049.226	579253.711	0.066	-0.019
N.3082	4540027.190	554763.343	4540027.124	554763.268	-0.066	-0.075
P.305	4523059.010	542216.520	4523058.816	542216.617	-0.194	0.097
N.3007	4535145.616	558037.034	4535145.530	558036.990	-0.086	-0.044

BÖHHBÜY'ne göre dönüşümler konusundaki en büyük koordinat düzeltmesi $\pm 14\text{cm}$ 'den küçük olmalıdır. Tablo 7 incelendiğinde x yönündeki düzeltmelerin sadece bir tanesi yönetmelikteki sınır değerinin dışındadır. Bu da P.305 noktasına ait -0.194m değeridir. y yönündeki düzeltmelerde ise N.G4230020, G4330066 ve 9 noktalarının düzeltme değerleri sınır değerinin dışındadır. Bu noktaların y yönündeki düzeltmeleri sırasıyla 0.146m , -0.199m ve 0.157m dir.

Uygulamada, ortak noktaların ITRF 96 datumundaki dönüştürülmüş koordinatlarının hesaplamasının ardından, Trabzon ilinin tamamında geriye kalan test noktalarının dönüştürülmüş koordinatları hesaplanmıştır. Ancak test noktalarının koordinatları bilinmeyenler matrisinden elde edilen datum dönüşüm parametreleriyle hesaplanmıştır. Bu parametreler tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8. 10 ortak nokta ile hesaplanan benzerlik dönüşümü parametreleri

PARAMETRE ADI	PARAMETRE DEĞERİ
x yönünde öteleme	-71.210 m
y yönünde öteleme	-58.924 m
ölçek faktörü	0.999976498
dönüklük	$1.27622 \cdot 10^{-5}$ radyan

Duyarlık, nokta koordinatlarının kendi içindeki hassasiyetinin göstergesidir. Duyarlık kavramını simgeleyen karesel ortalama hata ise ölçülerin duyarlılığını en iyi tanımlayan ölçüttür(URL-4, 2024). 10 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde, bu noktaların ortalama hatası (34) eşitliği yardımıyla $m_0 = \pm 0.123\text{m}$ olarak elde edilmiştir. Dört bilinmeyenle çözülen benzerlik dönüşümündeki parametrelerin ortalama hataları ise kofaktörler matrisinin köşegen elemanları kullanılarak (37) eşitliği yardımıyla elde edilmiştir. Duyarlık hesaplarıyla elde edilen ortalama hatalar tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 9. 10 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde parametrelerin ortalama hataları

Parametre Adı	Ortalama Hata
x yönünde öteleme	6.099619094 m

Tablo 9'un devamı

y yönünde öteleme	6.099619094 m
ölçek faktörü	$1.33712 \cdot 10^{-6}$
dönüklük	$1.33712 \cdot 10^{-6}$

Noktaların homojen bir dağılıma sahip olup olmadığına sezgisel olarak karar vermek zor olabilir. Çünkü homojenlik kısıtası, uygulanacak dönüşüm modeline bağlı olarak değişim gösterebilir. Bu bakımdan ortak noktaların, dönüşüm modeline bağlı güvenilirliklerinin 0.40-0.50 seviyesinin altında kalmamasına özen gösterilmelidir. (BÖHHBÜY, 2008). Güvenirlik değerleri, kofaktörler matrisi ve birim matris kullanılarak elde edilir. 10 noktalı benzerlik dönüşümünde önce (20×4) boyutlu A matrisi (katsayılar matrisi) ile (4×4) boyutlu kofaktörler matrisi çarpılarak (20×4) boyutlu $A \times Q_{xx}$ matrisi elde edilmiştir. Bu çarpım matrisi (4×20) boyutlu A^T matrisi ile çarpılarak (20×20) boyutlu çarpım matris elde edilmiştir. (20×20) boyutlu birim matris olan I'dan çıkarılarak güvenilirlik değerlerinin elde edileceği kare matris elde edilmiştir. Kare matrisin köşegen elamanları, dönüşüm için seçilen 10 ortak noktanın güvenilirlik değerleridir. Bu değerler tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 10. 10 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde ortak noktaların güvenilirlikleri

Noktalar	Güvenirlik Değeri
N.F42H022	$r_{l1} = r_{l2} = 0.658$
N.G4230020	$r_{l3} = r_{l4} = 0.817$
N.661	$r_{l5} = r_{l6} = 0.801$
G4330066	$r_{l7} = r_{l8} = 0.885$
G4430044	$r_{l9} = r_{l10} = 0.750$
9	$r_{l11} = r_{l12} = 0.604$
N21116	$r_{l13} = r_{l14} = 0.857$
N.3082	$r_{l15} = r_{l16} = 0.876$
P.305	$r_{l17} = r_{l18} = 0.859$
N.3007	$r_{l19} = r_{l20} = 0.891$

Tablo 10 incelendiğinde bütün ölçülerin güvenilirliğinin 0.5 üzerinde olduğu görülür. Bu durum seçilen 10 ortak noktanın benzerlik dönüşümü için uygun bir dağılıma sahip olduğunu göstermektedir.

Koordinat ölçümlerinin yapılmasında oluşan kaba hatalar düzeltme denklemlerinin yazılması sırasında sabit terimlerle ortaya çıkar ve düzeltilirler. Fakat rastgele hata sınırına yakın olan kaba hatalar kolaylıkla fark edilmezler ve dengeleme hesabının sonucunu etkilerler. Böyle hatalar ancak uyumsuz ölçüler testi ile belirlenebilir (URL-4, 2024). 10

noktalı benzerlik dönüşümünde uyumsuz ölçülere sahip noktaları belirlemek için poppe ile t-testi yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Poppe yöntemine göre düzeltmelerin test değerleri (39) eşitliğinden bulunur. Bunun için tablo 7'deki koordinat düzeltmelerinden ve güvenilirlik değerlerinin elde edildiği kare matristen yararlanılmıştır. 10 ortak noktanın test değerleri tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11. 10 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde ortak noktaların poppe normlandırılmış test düzeltmeleri

Nokta No	T_x	T_y
N.F42H022	1.304	0.505
N.G4230020	0.626	1.314
N.661	1.284	1.171
G4330066	0.470	1.722
G4430044	1.347	0.151
9	0.097	1.643
N21116	0.577	0.171
N.3082	0.576	0.652
P.305	1.707	0.854
N.3007	0.744	0.381

Poppe testine göre güven sınır değeri tablo 2'deki MATLAB koduyla elde edilmiştir. 10 noktalı benzerlik dönüşümünde ölçü sayısı $n=20$, bilinmeyen sayısı $u=4$ olduğundan $f=n-u$ şeklindeki serbestlik derecesi $f=16$ olarak elde edilir. Buna göre karşılaştırma değeri 2.733 olarak belirlenir. Tablo 11 incelendiğinde bütün noktaların test değerlerinin güven sınır değerinden küçük olduğu görülür. Yani uyumsuz ölçü yoktur.

t-Testi yöntemine göre düzeltmelerin test değerleri (40) eşitliğinden elde edilir. Eşitlikte geçen $S_{0,i}$ değişkeni, i.ölçü dengelemeden çıkarıldıktan sonra elde edilen birim ağırlıklı ölçünün standart varyansını temsil etmektedir. Bu değerler de (41) eşitliği yardımıyla elde edilmiştir. 10 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde elde edilen t-testi değerleri ile $S_{0,i}^2$ değerleri tablo 12'da gösterilmiştir.

Tablo 12. 10 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde ortak noktaların normlandırılmış t-testi büyüklükleri ve $S_{0,i}^2$ değerleri

Nokta No	$S_{0,i}^2$ (x yönünde)	T_x	$S_{0,i}^2$ (y yönünde)	T_y
N.F42H022	0.014	1.335	0.016	0.493
N.G4230020	0.016	0.613	0.014	1.347
N.661	0.014	1.313	0.015	1.186
G4330066	0.016	0.458	0.013	1.847
G4430044	0.014	1.385	0.016	0.146
9	0.016	0.093	0.013	1.744

Tablo 12'nin devamı

N21116	0.016	0.565	0.016	0.166
N.3082	0.016	0.564	0.016	0.640
P.305	0.013	1.827	0.015	0.847
N.3007	0.016	0.734	0.016	0.371

t-Testi yöntemine göre karşılaştırma değeri tablo 3'teki MATLAB koduyla elde edilmiştir. 10 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde $f=n-u=16$ olarak elde edilir. Buna göre karşılaştırma değeri 3.624 olarak belirlenmiştir. Tablo 12 incelendiğinde bütün noktaların test değerlerinin karşılaştırma değerinden küçük olduğu görülür. Yani uyumsuz ölçü yoktur.

2.3.2. 16 Ortak Noktalı Benzerlik Dönüşümü Uygulaması

Benzerlik dönüşümü uygulaması, ortak nokta sayısına bakılmaksızın, aynı işlem adımlarıyla yapılır. ED50 ve ITRF96 datumlarında koordinatları bilinen 16 ortak nokta ile tablo 6'daki ED50 datum koordinatları kullanılarak (32×4) boyutlu katsayılar matrisi oluşturulmuştur. A ile temsil edilen katsayılar matrisi, (5) eşitliğiyle elde edilmiştir. (32×1) boyutlu L matrisi de, Tablo 6'daki ITRF96 datum koordinatlarından, (5) eşitliğiyle elde edilmiştir. (4×32) boyutlu A^T matrisi oluşturulmuş; A^T ile A matrisleri çarpılarak (4×4) boyutlarındaki $A^T \times A$ matrisi elde edilmiştir. Bu çarpım matrisinin tersi alınıp kofaktörler matrisi belirlenmiştir. A^T ile L matrisleri çarpılarak (4×1) boyutlu $A^T \times L$ matrisi elde edilmiş, kofaktörler matrisi ile de $A^T \times L$ matrisleri çarpılarak (4×1) boyutlarındaki bilinmeyenler matrisi elde edilmiştir.

16 ortak noktanın, ITRF96 datumundaki dönüştürülmüş koordinatlarının hesaplanmasından önce, bu noktalara getirilecek düzeltmelerin hesaplanması gerekmektedir. Bu sebeple düzeltmeler, (6) eşitliği yardımıyla elde edilen (20×1) boyutlu bir matrsten elde edilir. Eski koordinatlara düzeltmeler eklenerek de dönüştürülmüş koordinatlar hesaplanmıştır. Dönüştürülmüş koordinatlar ile bu koordinatların düzeltmeleri tablo 13'te gösterilmiştir.

Tablo 13. 16 ortak noktanın benzerlik yöntemine göre dönüştürülmüş koordinatları ve düzeltmeleri

Nokta No	Orijinal		Dönüşüm Sonrası		Düzeltilmeler	
	Yukarı (m)	Sağa(m)	Yukarı (m)	Sağa(m)	$V_x(m)$	$V_y(m)$

Tablo 13'ün devamı

N.F42H022	4546668.577	519636.363	4546668.688	519636.483	0.111	0.120
N.G4230020	4523447.950	534145.420	4523447.895	534145.617	-0.055	0.197
N.661	4505168.275	541271.388	4505168.458	541271.301	0.183	-0.087
G4330066	4519464.249	568576.627	4519464.218	568576.430	-0.031	-0.197
G4430044	4519334.725	595092.881	4519334.893	595092.861	0.168	-0.020
9	4529093.925	610228.989	4529093.927	610229.088	0.002	0.099
N21116	4528049.160	579253.730	4528049.237	579253.697	0.077	-0.033
N.3082	4540027.190	554763.343	4540027.116	554763.288	-0.074	-0.055
P.305	4523059.010	542216.520	4523058.832	542216.657	-0.178	0.137
N.3007	4535145.616	558037.034	4535145.529	558037.006	-0.087	-0.028
NVÇ3	4541983.437	531223.711	4541983.402	531223.690	-0.035	-0.021
N.2115	4530749.877	564442.382	4530749.768	564442.460	-0.109	0.078
NVÇ1	4529702.088	519336.209	4529702.207	519336.022	0.119	-0.188
N.600	4519119.635	555077.801	4519119.459	555077.705	-0.176	-0.096
N.21236	4510669.022	587810.565	4510669.083	587810.594	0.061	0.029
G4430022	4527455.487	597366.744	4527455.512	597366.808	0.025	0.064

Tablo 13 incelendiğinde x yönündeki düzeltmelerin dört tanesi yönetmelikteki sınır değer olan ± 14 cm dışındadır. Bunlar sırasıyla N.661, G4430044, P.305 ve N.600 noktalarına ait olan 0.183m, 0.168m, -0.178m ve -0.176m değerleridir. y yönündeki düzeltmelerde ise N.G4230020, G4330066 ve NVÇ1 noktalarının düzeltme değerleri sınır değerinin dışındadır. Bu noktaların y yönündeki düzeltmeleri sırasıyla 0.197m, -0.197m ve -0.188m dir.

Ortak noktaların ITRF96 datumundaki dönüştürülmüş koordinatlarının hesaplanmasının ardından, ilin tamamında geriye kalan test noktalarının dönüştürülmüş koordinatları hesaplanmıştır. Ancak bu hesaplamalarda bilinmeyenler matrisinden elde edilen parametreler kullanılmıştır. Bu parametreler tablo 14'te gösterilmiştir.

Tablo 14. 16 ortak nokta ile hesaplanan benzerlik dönüşümü parametreleri

Parametre Adı	Parametre Değeri
x yönünde öteleme	-64.777 m
y yönünde öteleme	-57.827 m
ölçek faktörü	0.999975072
dönüklük	$1.26993 \cdot 10^{-5}$ radyan

16 ortak nokta ile yapılan benzerlik dönüşümünde, istatistiksel olarak noktaların duyarlılığı ile ilişkilendirilen ortalama hata (34) eşitliği yardımıyla $m_0 = \pm 0.117$ m olarak belirlenmiştir. Dört parametrenin ortalama hataları ise kofaktörler matrisinin köşegen elemanları kullanılarak (37) eşitliğiyle elde edilmiştir. Parametrelerin ortalama hataları tablo 15'de gösterilmiştir.

Tablo 15. 16 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde parametrelerin ortalama hataları

Parametre Adı	Ortalama Hata
x yönünde öteleme	4.541 m
y yönünde öteleme	4.541 m
ölçek faktörü	$9.9546 \cdot 10^{-7}$
dönüklük	$9.9546 \cdot 10^{-7}$

Noktaların homojenliğiyle ilgili olan güvenilirlik değerleri, kofaktörler matrisi ve birim matris kullanılarak elde edilir. 16 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde önce (32×4) boyutlu A matrisi (katsayılar matrisi) ile (4×4) boyutlu kofaktörler matrisi çarpılarak (32×4) boyutlu $A \times Q_{xx}$ matrisi elde edilmiştir. Bu çarpım matrisi (4×32) boyutlu A^T matrisi ile çarpılarak (32×32) boyutlu kare matris elde edilmiştir. Bu matris (32×32) boyutlu birim matris olan I'dan çıkarılarak güvenilirlik değerlerinin elde edileceği kare matris elde edilmiştir. Kare matrisin köşegen elamanları, dönüşüm için seçilen 16 ortak noktanın güvenilirlik değerleridir. Bu değerler tablo 16'de gösterilmiştir.

Tablo 16. 16 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde ortak noktaların güvenilirlikleri

Noktalar	Güvenirlik Değeri
N.F42H022	$r_{11} = r_{12} = 0.791$
N.G4230020	$r_{13} = r_{14} = 0.888$
N.661	$r_{15} = r_{16} = 0.878$
G4330066	$r_{17} = r_{18} = 0.928$
G4430044	$r_{19} = r_{110} = 0.843$
9	$r_{111} = r_{112} = 0.752$
N21116	$r_{113} = r_{114} = 0.910$
N.3082	$r_{115} = r_{116} = 0.923$
P.305	$r_{117} = r_{118} = 0.914$
N.3007	$r_{119} = r_{120} = 0.932$
NVÇ3	$r_{121} = r_{122} = 0.861$
N.2115	$r_{123} = r_{124} = 0.935$
NVÇ1	$r_{125} = r_{126} = 0.817$
N.600	$r_{127} = r_{128} = 0.931$
N.21236	$r_{129} = r_{130} = 0.862$
G4430022	$r_{131} = r_{132} = 0.835$

Tablo 16 incelendiğinde bütün ölçülerin güvenilirliğinin 0.5 üzerinde olduğu görülür. Bu durum seçilen 16 ortak noktanın benzerlik dönüşümü için uygun bir dağılıma sahip olduğunu göstermektedir.

16 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde uyuşumsuz ölçülere sahip noktaları belirlemek için poppe ile t-testi yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Poppe yöntemine göre düzeltmelerin test değerleri (39) eşitliğinden bulunmuştur. Bunun için tablo 13'teki koordinat düzeltmelerinden ve güvenirlilik değerlerinin elde edildiği kare matristen yararlanılmıştır. 16 ortak noktanın poppe test değerleri tablo 17'de gösterilmiştir.

Tablo 17. 16 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde ortak noktaların poppe normlandırılmış test düzeltmeleri

Nokta No	T_x	T_y	Nokta No	T_x	T_y
N.F42H022	1.070	1.162	P.305	1.600	1.227
N.G4230020	0.496	1.792	N.3007	0.769	0.250
N.661	1.672	0.796	NVÇ3	0.328	0.193
G4330066	0.280	1.755	N.2115	0.970	0.695
G4430044	1.569	0.184	NVÇ1	1.126	1.780
9	0.025	0.978	N.600	1.568	0.852
N21116	0.692	0.298	N.21236	0.568	0.266
N.3082	0.658	0.487	G4430022	0.232	0.598

Poppe testine göre karşılaştırma değeri tablo 2'deki MATLAB koduyla elde edilmiştir. 16 noktalı benzerlik dönüşümünde ölçü sayısı $n=32$, bilinmeyen sayısı $u=4$ olduğundan $f=n-u$ şeklindeki serbestlik derecesi $f=28$ olarak elde edilir. Buna göre karşılaştırma değeri 2.966 olarak belirlenir. Tablo 17 incelendiğinde bütün noktaların test değerlerinin karşılaştırma değerinden küçük olduğu görülür. Yani uyumsuz ölçü yoktur.

t-Testi yöntemine göre düzeltmelerin test değerleri (40) eşitliğinden elde edilir. Eşitlikte geçen $S_{0,i}$ değişkeni de (41) yardımıyla elde edilmiştir. 16 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde elde edilen t-testi ile $S_{0,i}^2$ değerleri tablo 18'de gösterilmiştir.

Tablo 18. 16 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde ortak noktaların normlandırılmış t-testi büyüklükleri ve $S_{0,i}^2$ değerleri

Nokta No	$S_{0,i}^2$ (x yönünde)	T_x	$S_{0,i}^2$ (y yönünde)	T_y
N.F42H022	0.014	1.072	0.013	1.170
N.G4230020	0.014	0.490	0.012	1.870
N.661	0.013	1.731	0.014	0.790
G4330066	0.014	0.276	0.013	1.826
G4430044	0.013	1.614	0.014	0.181
9	0.014	0.024	0.014	0.977
N21116	0.014	0.685	0.014	0.293
N.3082	0.014	0.651	0.014	0.480
P.305	0.013	1.649	0.013	1.239
N.3007	0.014	0.763	0.014	0.246

Tablo 18'in devamı

NVÇ3	0.014	0.323	0.014	0.190
N.2115	0.014	0.969	0.014	0.688
NVÇ1	0.013	1.132	0.012	1.856
N.600	0.013	1.613	0.014	0.848
N.21236	0.014	0.561	0.014	0.262
G4430022	0.014	0.228	0.014	0.591

t-Testi yöntemine göre güven sınır değeri tablo 3'teki MATLAB koduyla elde edilmiştir. 16 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde $f=n-u=28$ olarak elde edilir. Buna göre karşılaştırma değeri 3.517 olarak belirlenmiştir. Tablo 18 incelendiğinde bütün noktaların test değerlerinin karşılaştırma değerinden küçük olduğu görülür. Yani uyumsuz ölçü yoktur.

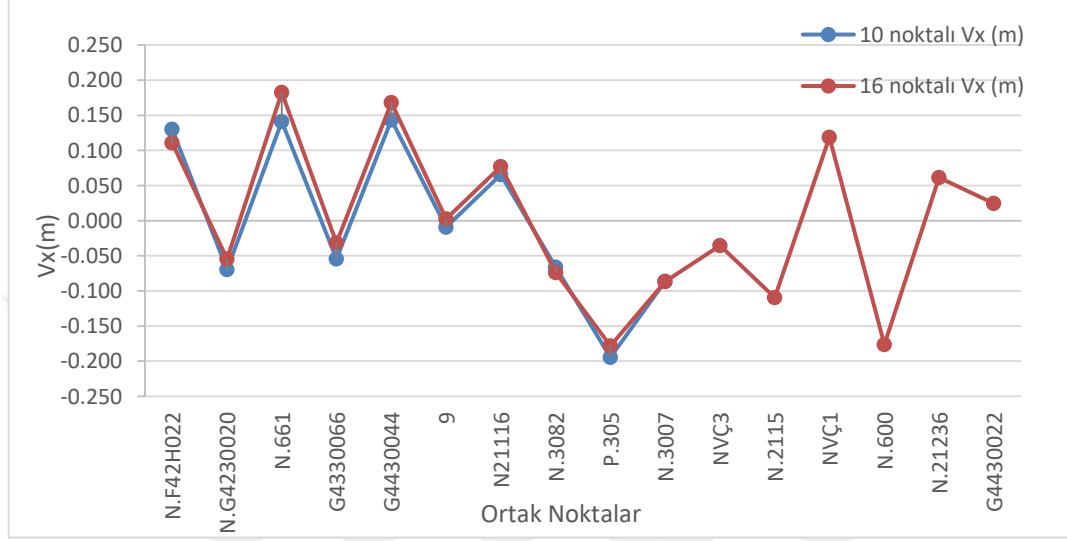
2.3.3. 10 ve 16 Ortak Noktalı Benzerlik Dönüşüm Modellerinin Karşılaştırılması

Farklı ortak nokta sayılarıyla yapılan iki benzerlik dönüşümünde, ortak noktaların ITRF96 datumunda hesaplanan yeni koordinatları ile orijinal değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda hem x eksenini hem de y eksenini boyunca farklar olduğu görülmüştür. x eksenini boyunca elde edilen farklar tablo 19'da gösterilmiştir.

Tablo 19. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan benzerlik dönüşümünde ortak noktaların x eksenini boyunca elde edilen düzeltmeleri

Nokta No	10 noktalı V_x (m)	16 noktalı V_x (m)
N.F42H022	0.130	0.111
N.G4230020	-0.070	-0.055
N.661	0.141	0.183
G4330066	-0.054	-0.031
G4430044	0.143	0.168
9	-0.009	0.002
N21116	0.066	0.077
N.3082	-0.066	-0.074
P.305	-0.194	-0.178
N.3007	-0.086	-0.087
NVÇ3		-0.035
N.2115		-0.109
NVÇ1		0.119
N.600		-0.176
N.21236		0.061
G4430022		0.025

Tablo 19 incelendiğinde 10 ortak nokta ile yapılan benzerlik dönüşümünde x ekseninde boyuncu elde edilen düzeltmelerin bir tanesi, 16 ortak nokta ile yapılan dönüşümde elde edilen düzeltmelerin dört tanesi yönetmelikte belirlenen $\pm 14\text{cm}$ sınır değeri dışında. Bu düzeltme değerlerinin grafik olarak gösterimi şekil 13'te yer almıştır.



Şekil 13. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan benzerlik dönüşümü sonucu ortak noktaların x ekseninde boyuncu elde edilen düzeltmeleri

Şekil 13 incelendiğinde benzerlik dönüşümü sonucu x ekseninde boyuncu elde edilen düzeltmelerin $\pm 20\text{cm}$ 'den küçük olduğu görülmüştür. 10 ortak nokta ile yapılan dönüşümde üç noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 10\text{cm}$ ile $\pm 15\text{cm}$ arasında, beş noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 5\text{cm}$ ile $\pm 10\text{cm}$ arasında, bir noktanın düzeltme değerinin de sıfıra çok yakın olduğu tespit edilmiştir. 16 ortak nokta ile yapılan dönüşümde üç noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 10\text{cm}$ ile $\pm 15\text{cm}$ arasında, beş noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 5\text{cm}$ ile $\pm 10\text{cm}$ arasında, dört noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 5\text{cm}$ aralığında olduğu tespit edilmiştir. Farklı ortak nokta sayılarıyla yapılan benzerlik dönüşümü sonucu y ekseninde boyuncu elde edilen düzeltmeler tablo 20'de gösterilmiştir.

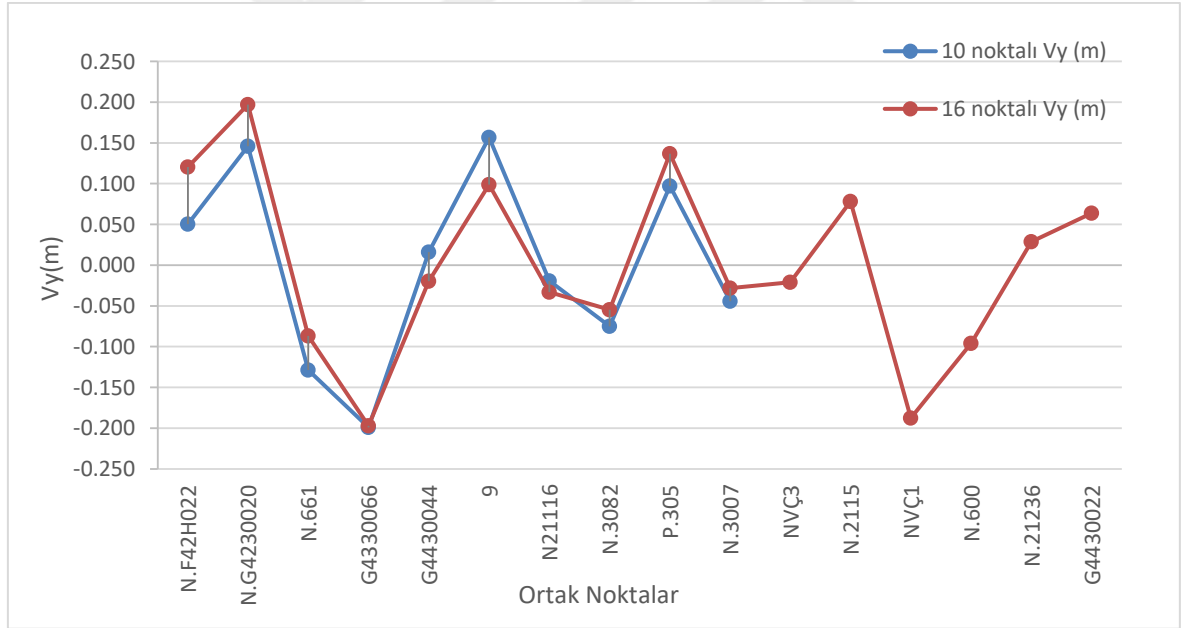
Tablo 20. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan benzerlik dönüşümünde ortak noktaların y ekseninde boyuncu elde edilen düzeltmeleri

Nokta No	10 noktalı V_y (m)	16 noktalı V_y (m)
N.F42H022	0.050	0.120
N.G4230020	0.146	0.197
N.661	-0.129	-0.087
G4330066	-0.199	-0.197

Tablo 20'nin devamı

G4430044	0.016	-0.020
9	0.157	0.099
N21116	-0.019	-0.033
N.3082	-0.075	-0.055
P.305	0.097	0.137
N.3007	-0.044	-0.028
NVÇ3		-0.021
N.2115		0.078
NVÇ1		-0.188
N.600		-0.096
N.21236		0.029
G4430022		0.064

Tablo 20 incelendiğinde 10 ortak nokta ile yapılan benzerlik dönüşümünde y eksenini boyunca elde edilen düzeltmelerin üç tanesi, 16 ortak nokta ile yapılan dönüşümde elde edilen düzeltmelerin de yine üç tanesi yönetmelikte belirlenen ± 14 cm sınır değerinin dışındadır. Bu düzeltme değerlerinin grafik olarak gösterimi şekil 14'te yer almıştır.



Şekil 14. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan benzerlik dönüşümü sonucu ortak noktaların y eksenini boyunca elde edilen düzeltmeleri

Şekil 14 incelendiğinde y eksenini boyunca elde edilen tüm nokta düzeltmelerinin ± 20 cm'den küçük olduğu görülmüştür. 10 ortak nokta ile yapılan dönüşümde dört noktanın düzeltme değerlerinin ± 10 cm ile ± 20 cm arasında, geriye kalan altı noktanın düzeltme değerlerinin ± 10 cm. aralığında olduğu tespit edilmiştir. 16 ortak nokta ile yapılan

dönüşümde ise beş noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 10\text{cm}$ ile $\pm 20\text{cm}$ arasında, on bir noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 10\text{cm}$ aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 19 ve tablo 20 birlikte incelendiğinde 16 ortak nokta ile yapılan benzerlik dönüşümünde ilk 10 noktanın beş tanesinin düzeltme değeri küçülmüş yani hassasiyeti artmış, kalan beş tanesinin düzeltme değeri büyümüş yani hassasiyeti azalmıştır. Bu durumda benzerlik dönüşümü ortak nokta sayısı 10'dan 16'ya çıkarıldığında tercih edilebilir olarak görülmemektedir.

Ortak noktaların dönüştürülmüş koordinatlarının hesaplanmasının ardından elde edilen parametrelerle, çalışma alanı olan Trabzon ilinin tamamında geriye kalan test noktalarının ITRF96 datumundaki yeni koordinatları ile düzeltmeleri hesaplanmıştır. Hem 10 hem de 16 ortak nokta ile yapılan benzerlik dönüşümlerinde kalan test noktalarının x eksenini yönündeki koordinat farkları tablo 21'de gösterilmiştir.

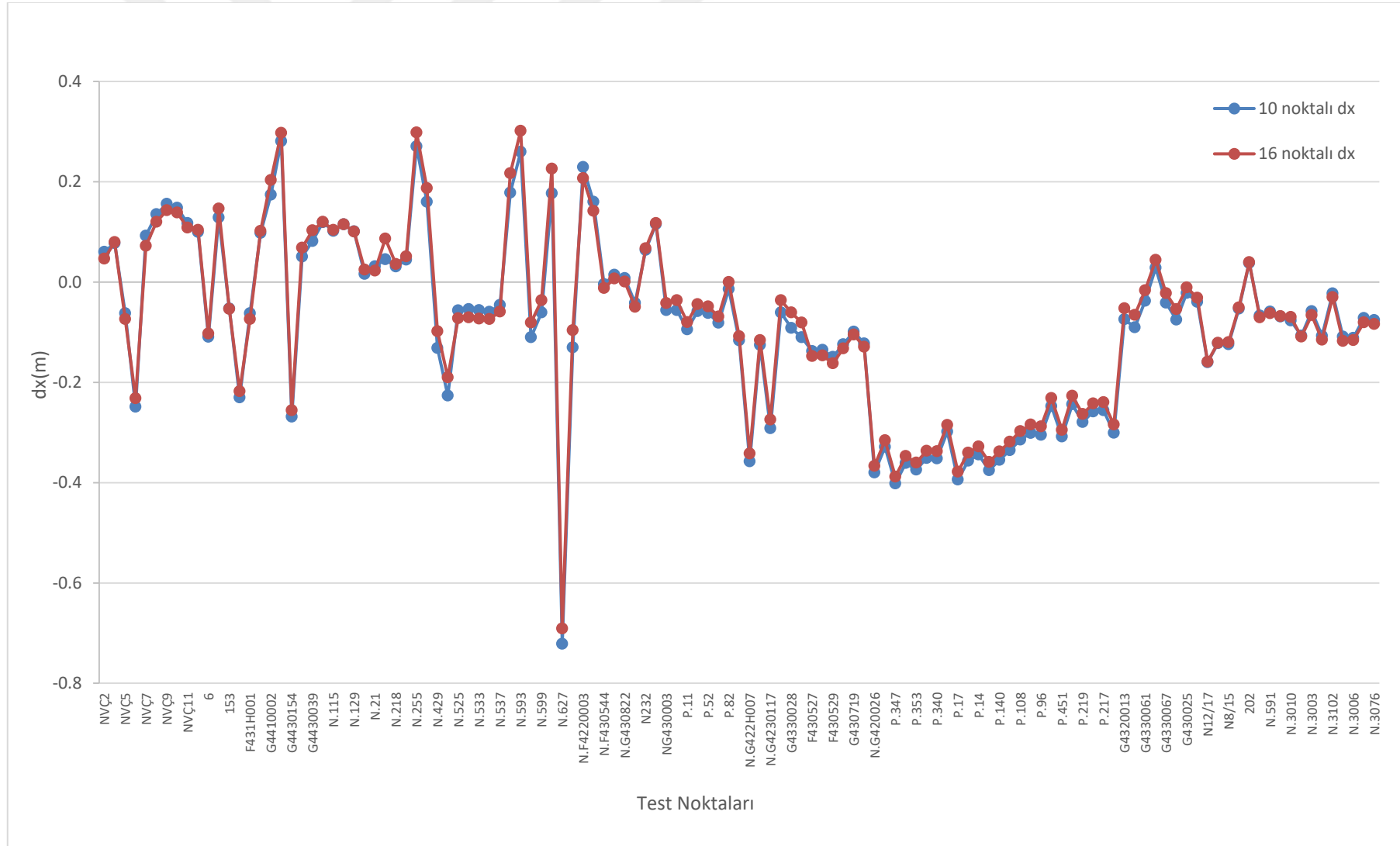
Tablo 21. 10 ve 16 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde test noktalarının x eksenini boyunca elde edilen koordinat farkları

Nokta No	10 noktalı $d_x(m)$	16 noktalı $d_x(m)$	Nokta No	10 noktalı $d_x(m)$	16 noktalı $d_x(m)$	Nokta No	10 noktalı $d_x(m)$	16 noktalı $d_x(m)$
NVÇ2	0.060	0.047	N.G430042	0.014	0.007	G4320013	-0.074	-0.052
NVÇ4	0.077	0.080	N.G430822	0.008	0.001	G4330060	-0.090	-0.066
NVÇ5	-0.062	-0.074	N.G430823	-0.042	-0.050	G4330061	-0.038	-0.017
NVÇ6	-0.249	-0.232	N232	0.064	0.067	G4330062	0.029	0.044
NVÇ7	0.092	0.072	N537	0.115	0.117	G4330067	-0.041	-0.022
NVÇ8	0.135	0.120	NG430003	-0.056	-0.042	G4330068	-0.075	-0.054
NVÇ9	0.156	0.143	NG430005	-0.056	-0.036	G430025	-0.022	-0.011
NVÇ10	0.148	0.139	P.11	-0.095	-0.080	G430522	-0.040	-0.032
NVÇ11	0.117	0.108	P.122	-0.058	-0.044	N12/17	-0.160	-0.159
1	0.100	0.104	P.52	-0.062	-0.049	N12/18	-0.122	-0.121
6	-0.109	-0.103	P.61	-0.082	-0.069	N8/15	-0.124	-0.120
12	0.128	0.147	P.82	-0.014	0.000	201	-0.053	-0.051
153	-0.053	-0.054	N.G422H002	-0.116	-0.108	202	0.038	0.040
154	-0.230	-0.218	N.G422H007	-0.358	-0.342	N.590	-0.067	-0.071
F431H001	-0.062	-0.074	N.G423H104	-0.125	-0.116	N.591	-0.059	-0.063
G44_G001	0.098	0.102	N.G4230117	-0.292	-0.274	N.3008	-0.069	-0.068
G4410002	0.174	0.203	G4320007	-0.061	-0.036	N.3010	-0.077	-0.070
G4420008	0.281	0.297	G4330028	-0.092	-0.061	N.3005	-0.107	-0.109
G4430154	-0.268	-0.256	G4330038	-0.110	-0.081	N.3003	-0.058	-0.066
G4430027	0.051	0.069	F430527	-0.138	-0.148	N.3061	-0.108	-0.115
G4430039	0.082	0.103	F430528	-0.135	-0.146	N.3102	-0.023	-0.030
N.114	0.119	0.120	F430529	-0.149	-0.162	N.3001	-0.109	-0.118
N.115	0.102	0.104	G430724	-0.124	-0.132	N.3006	-0.111	-0.116
N.127	0.115	0.115	G430719	-0.099	-0.105	N.3071	-0.072	-0.081
N.129	0.101	0.101	G430717	-0.123	-0.129	N.3076	-0.076	-0.084
N.206	0.016	0.025	N.G420026	-0.380	-0.367			
N.21	0.031	0.023	P.356	-0.329	-0.316			
N.21011	0.045	0.087	P.347	-0.402	-0.388			

Tablo 21'in devamı

N.218	0.031	0.036	P.348	-0.361	-0.347			
N.219	0.044	0.051	P.353	-0.374	-0.360			
N.255	0.271	0.298	N.420543	-0.351	-0.337			
N.257	0.160	0.187	P.340	-0.352	-0.338			
N.429	-0.132	-0.098	P.505	-0.298	-0.285			
N.434	-0.226	-0.190	P.17	-0.394	-0.378			
N.525	-0.057	-0.072	N.420532	-0.356	-0.340			
N.529	-0.054	-0.071	P.14	-0.344	-0.328			
N.533	-0.056	-0.073	P.73	-0.375	-0.359			
N.536	-0.059	-0.074	P.140	-0.355	-0.338			
N.537	-0.046	-0.059	P.113	-0.335	-0.318			
N.585	0.178	0.217	P.108	-0.314	-0.297			
N.593	0.260	0.301	P.94	-0.301	-0.284			
N.598	-0.110	-0.081	P.96	-0.305	-0.288			
N.599	-0.061	-0.036	P.163	-0.247	-0.232			
N.620	0.177	0.226	P.451	-0.308	-0.295			
N.627	-0.722	-0.691	P.332	-0.244	-0.227			
N.653	-0.131	-0.096	P.219	-0.279	-0.263			
N.F4220003	0.229	0.207	P.218	-0.258	-0.242			
N.F422H004	0.160	0.142	P.217	-0.256	-0.240			
N.F430544	-0.004	-0.012	P.288/2	-0.301	-0.284			

Tablo 21 incelendiğinde test noktalarının sayıca fazla olmasının yorum yapılmasını zorlaştırdığı görülür. Bu nedenle test noktalarının dönüşüm sonrası elde edilen koordinat farkları şekil 15'te grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 15. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan benzerlik dönüşümü sonrasında test noktalarının x eksenı boyunca elde edilen koordinat farkları

Tablo 21 ve şekil 15 birlikte incelendiğinde test noktalarının x eksenî yönündeki fark değerlerinin genellikle $\pm 30\text{cm}$ aralığında olduğu gözlenmiştir. 19 adet noktanın düzeltme değerleri $\pm 30\text{cm}$ ile $\pm 40\text{cm}$ aralığındadır. Bu noktalar Akçaabat ilçesine bağı Kayabaşı Yaylası'nda yer almaktadır. Maçka ilçesi Kiremitli Mahallesi'nde yer alan N.627 noktasının düzeltme değerleri ise $\pm 65\text{cm}$ ile $\pm 75\text{cm}$ arasındadır. Ayrıca 16 ortak nokta ile yapılan benzerlik dönüşümünde, test noktalarının 69 tanesine ait düzeltmelerin, 10 ortak nokta ile yapılan dönüşüme göre daha hassas olduğu yani sıfıra daha yakın olduğu belirlenmiştir.

Parametrelerin elde edilmesi sonrasında ilin tamamında yapılan benzerlik dönüşümünde test noktalarına ait farkların y eksenî yönündeki değerleri tablo 22'de gösterilmiştir.

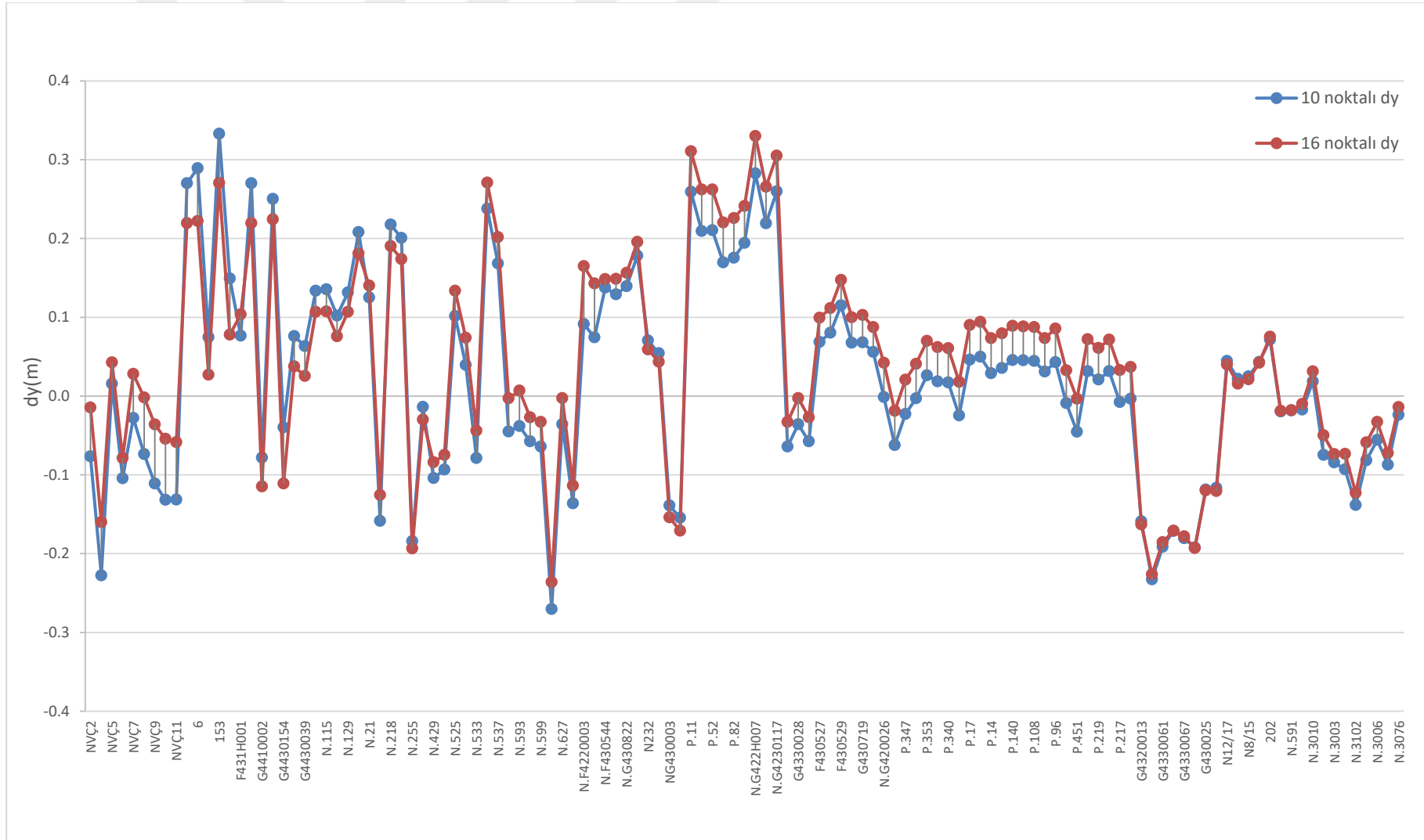
Tablo 22. 10 ve 16 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde test noktalarının y eksenî boyunca elde edilen koordinat farkları

Nokta No	10 noktalı $d_y(m)$	16 noktalı $d_y(m)$	Nokta No	10 noktalı $d_y(m)$	16 noktalı $d_y(m)$	Nokta No	10 noktalı $d_y(m)$	16 noktalı $d_y(m)$
NVÇ2	-0.077	-0.015	N.620	-0.270	-0.236	P.140	0.045	0.089
NVÇ4	-0.228	-0.160	N.627	-0.036	-0.003	P.113	0.045	0.088
NVÇ5	0.016	0.043	N.653	-0.136	-0.114	P.108	0.044	0.087
NVÇ6	-0.104	-0.079	N.F4220003	0.091	0.165	P.94	0.031	0.073
NVÇ7	-0.028	0.028	N.F422H004	0.074	0.143	P.96	0.043	0.086
NVÇ8	-0.074	-0.002	N.F430544	0.138	0.148	P.163	-0.009	0.032
NVÇ9	-0.111	-0.036	N.G430042	0.129	0.149	P.451	-0.045	-0.003
NVÇ10	-0.132	-0.054	N.G430822	0.139	0.156	P.332	0.031	0.072
NVÇ11	-0.132	-0.059	N.G430823	0.178	0.196	P.219	0.021	0.061
1	0.270	0.219	N232	0.071	0.059	P.218	0.031	0.072
6	0.289	0.222	N537	0.054	0.043	P.217	-0.008	0.033
12	0.075	0.027	NG430003	-0.139	-0.154	P.288/2	-0.003	0.037
153	0.333	0.270	NG430005	-0.155	-0.171	G4320013	-0.159	-0.163
154	0.149	0.078	P.11	0.259	0.311	G4330060	-0.233	-0.227
F431H001	0.077	0.104	P.122	0.209	0.262	G4330061	-0.191	-0.186
G44_G001	0.270	0.219	P.52	0.210	0.262	G4330062	-0.171	-0.171
G4410002	-0.078	-0.115	P.61	0.170	0.220	G4330067	-0.181	-0.178
G4420008	0.250	0.224	P.82	0.175	0.226	G4330068	-0.192	-0.193
G4430154	-0.040	-0.111	N.G422H002	0.194	0.241	G430025	-0.119	-0.120
G4430027	0.076	0.038	N.G422H007	0.282	0.330	G430522	-0.117	-0.121
G4430039	0.063	0.026	N.G423H104	0.219	0.265	N12/17	0.044	0.040
N.114	0.134	0.107	N.G4230117	0.260	0.305	N12/18	0.022	0.016
N.115	0.135	0.107	G4320007	-0.064	-0.033	N8/15	0.025	0.021
N.127	0.102	0.076	G4330028	-0.036	-0.003	201	0.043	0.042
N.129	0.132	0.107	G4330038	-0.058	-0.027	202	0.072	0.075
N.206	0.208	0.181	F430527	0.069	0.099	N.590	-0.020	-0.019
N.21	0.125	0.140	F430528	0.080	0.112	N.591	-0.018	-0.018
N.21011	-0.159	-0.126	F430529	0.115	0.147	N.3008	-0.017	-0.010
N.218	0.218	0.190	G430724	0.068	0.100	N.3010	0.018	0.031

Tablo 22'nin devamı

N.219	0.201	0.174	G430719	0.068	0.103	N.3005	-0.075	-0.050
N.255	-0.184	-0.193	G430717	0.056	0.087	N.3003	-0.084	-0.074
N.257	-0.014	-0.030	N.G420026	-0.001	0.042	N.3061	-0.093	-0.073
N.429	-0.104	-0.084	P.356	-0.062	-0.019	N.3102	-0.139	-0.123
N.434	-0.093	-0.075	P.347	-0.023	0.021	N.3001	-0.082	-0.059
N.525	0.102	0.133	P.348	-0.003	0.041	N.3006	-0.056	-0.033
N.529	0.039	0.074	P.353	0.026	0.070	N.3071	-0.087	-0.072
N.533	-0.079	-0.044	N.420543	0.019	0.062	N.3076	-0.024	-0.014
N.536	0.238	0.271	P.340	0.017	0.061			
N.537	0.168	0.202	P.505	-0.025	0.018			
N.585	-0.045	-0.003	P.17	0.046	0.090			
N.593	-0.038	0.007	N.420532	0.050	0.094			
N.598	-0.058	-0.027	P.14	0.029	0.073			
N.599	-0.064	-0.033	P.73	0.036	0.079			

Tablo 22'deki test noktalarına ait koordinat farkı değerleri şekil 16'da yine grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 16. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan benzerlik dönüşümü sonrasında test noktalarının y eksenı boyunca elde edilen koordinat farkları

Şekil 16 incelendiğinde test noktalarının y eksenî yönündeki koordinat farkı değerlerinin genellikle $\pm 25\text{cm}$ aralığında olduğu gözlenmiştir. Bu aralığın dışında, fark değeri 25cm ile 30cm arasında değişen noktalar da vardır. Ancak sayıca çok fazla değildir. Hemen hemen 12 nokta civarındadır. Ayrıca 10 ortak nokta ile yapılan benzerlik dönüşümünün, test noktalarından 70 tanesine ait y eksenî yönündeki fark değerlerinin, 16 ortak nokta ile yapılan dönüşüme göre daha hassas olduğu yani sıfıra daha yakın olduğu gözlenmiştir.

Tablo 21 ve tablo 22'deki 10 ve 16 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde d_x ve d_y değerlerinin mutlak değerce ortalamaları ve farkların karesel ortalamasının ortalaması incelenerek ortak nokta sayısı belirlenmiştir. Buna göre d_x değerlerinin mutlak değerce ortalaması 10 ortak noktada 15.2cm , 16 ortak noktada ise 14.8cm dir. d_y değerlerinin mutlak değerce ortalaması ise 10 ortak noktada 10.3cm , 16 ortak noktada ise 10.5cm dir. Koordinat farklarının karesel ortalamasının ortalaması da 10 ortak noktada 20.8cm , 16 ortak noktada ise 20.5cm dir. Dolayısıyla 16 ortak noktalı benzerlik dönüşümü ile daha hassas sonuçlar elde edilir.

2.4. Afin Dönüşümü Uygulaması

2.4.1. 10 Ortak Noktalı Afin Dönüşümü Uygulaması

Benzerlik dönüşümünde kullanılan 10 ortak nokta ile tablo 5'teki değerler kullanılarak (20×6) boyutlu katsayılar matrisi oluşturulmuştur. Katsayılar matrisi ortak noktaların ED50 koordinatlarından oluşturulmuştur. (20×1) boyutlu L matrisi de, ortak noktaların ITRF96 koordinatlarından oluşturulmuştur. Katsayılar matrisinin transpozesi alınarak (6×20) boyutlu A^T matrisi oluşturulmuş; A^T ile A matrisleri çarpılarak (6×6) boyutlarındaki $A^T \times A$ matrisi elde edilmiştir. Ardından bu çarpım matrisinin tersi alınıp kofaktörler matrisi elde edilmiştir. A^T ile L matrisleri de çarpılarak (6×1) boyutlu $A^T \times L$ matrisi elde edilip, (8) eşitliğiyle de (6×1) boyutlarındaki bilinmeyenler matrisi elde edilmiştir. Bilinmeyenler matrisi bu yöntemin parametrelerinin hesaplanmasında kullanılacak olan matristir.

10 ortak noktanın, ITRF96 datumundaki dönüştürülmüş koordinatları hesaplanmadan önce, bu noktalara getirilecek düzeltmelerin hesaplanması gerekmektedir. Düzeltmeler,

(16) eşitliğiyle (20×1) boyutlu matrizen edilir. Eski koordinatlara düzeltmeler eklenerek de seçilen 10 ortak noktanın dönüştürülmüş koordinatları hesaplanır. Dönüştürülmüş koordinatlar ile bu koordinatların düzeltmeleri tablo 23'te gösterilmiştir.

Tablo 23. 10 ortak noktanın afin yöntemine göre dönüştürülmüş koordinatları ve düzeltmeleri

NOKTA NO	Orijinal		Dönüşüm Sonrası		Düzeltilmeler	
	Yukarı (m)	Sağa(m)	Yukarı (m)	Sağa(m)	V _x (m)	V _y (m)
N.F42H022	4546668.577	519636.363	4546668.746	519636.376	0.169	0.013
N.G4230020	4523447.950	534145.420	4523447.886	534145.587	-0.064	0.167
N.661	4505168.275	541271.388	4505168.396	541271.328	0.121	-0.060
G4330066	4519464.249	568576.627	4519464.183	568576.445	-0.066	-0.182
G4430044	4519334.725	595092.881	4519334.846	595092.903	0.121	0.022
9	4529093.925	610228.989	4529093.900	610229.118	-0.025	0.129
N21116	4528049.160	579253.730	4528049.220	579253.699	0.060	-0.031
N.3082	4540027.190	554763.343	4540027.142	554763.234	-0.048	-0.109
P.305	4523059.010	542216.520	4523058.817	542216.636	-0.193	0.116
N.3007	4535145.616	558037.034	4535145.541	558036.968	-0.075	-0.066

Tablo 23 incelendiğinde x yönündeki düzeltmelerin iki tanesi yönetmelikteki sınır değer dışındadır. Bu değerler N.F42H022 noktasına ait 0.169m değeri ile P.305 noktasına ait -0.193m değeridir. y yönündeki düzeltmelerde ise N.G4230020 noktasına ait 0.167m değeri ile G4330066 noktasına ait -0.182m değeri sınır değer olan ± 14 cm'nin dışında kalmıştır.

Çalışmada, 10 ortak noktanın ITRF 96 datumundaki dönüştürülmüş koordinatlarının hesaplamasının ardından, ilin tamamında geriye kalan test noktalarının ITRF96 datumundaki dönüştürülmüş koordinatları hesaplanmıştır. Ancak bu koordinatlar, bu uygulamadaki bilinmeyenler matrisinden elde edilen yeni datum dönüşüm parametreleriyle hesaplanmıştır. Bu parametreler tablo 24'te gösterilmiştir.

Tablo 24. 10 ortak nokta ile hesaplanan afin dönüşümü parametreleri

Parametre Adı	Parametre Değeri
x yönünde öteleme	-76.563 m
y yönünde öteleme	-46.088 m
1.ölçek faktörü	0.999977726
2.ölçek faktörü	0.999976060
1.dönüklük	$9.98087 \cdot 10^{-6}$ radyan
2.dönüklük	$1.31257 \cdot 10^{-5}$ radyan

Seçilen 10 ortak noktanın, koordinatlarının dağılımı ile temsil edilen duyarlık, doğrudan ortalama hata kavramı ile ilişkilidir. Afin dönüşümü yapılan bu uygulamada, 10 ortak noktanın ortalama hatası (36) eşitliği yardımıyla $m_0 = \pm 0.128m$ olarak elde edilmiştir. Altı bilinmeyenle çözülen afin dönüşümündeki parametrelerin ortalama hataları ise kofaktörler matrisinin köşegen elemanları kullanılarak (37) eşitliğiyle elde edilmiştir. Duyarlık hesaplarıyla elde edilen ortalama hatalar tablo 25’te gösterilmiştir.

Tablo 25. 10 ortak noktalı afin dönüşümünde parametrelerin ortalama hataları

Parametre Adı	Ortalama Hata
x yönünde öteleme	16.781 m
y yönünde öteleme	16.781 m
1.ölçek faktörü	$3.66946 \cdot 10^{-6}$
2.ölçek faktörü	$1.5288 \cdot 10^{-6}$
1.dönüklük	$3.66946 \cdot 10^{-6}$
2.dönüklük	$1.5288 \cdot 10^{-6}$

Dağılımların homojenliği ile ilgili olan güvenilirlik kavramı, uygulanacak dönüşüm modeline bağlı olarak değişim gösterebilir. Ortak noktaların, dönüşüm modeline bağlı güvenilirliklerinde, karşılaştırma değeri 0.40-0.50 seviyesinin altında kalmamalıdır. Bu uygulamada da güvenilirlik değerleri, kofaktörler matrisi Q_{xx} ve birim matris I kullanılarak elde edilmiştir. 10 noktalı afin dönüşümünde önce (20×6) boyutlu A matrisi (katsayılar matrisi) ile (6×6) boyutlu kofaktörler matrisi çarpılarak (20×6) boyutlu $A \times Q_{xx}$ matrisi elde edilmiştir. Bu çarpım matrisi (6×20) boyutlu A^T matrisi ile çarpılarak (20×20) boyutlu bir çarpım matris elde edilmiştir. Ardından bu matris, (20×20) boyutlu birim matris olan I ’dan çıkarılarak güvenilirlik değerlerinin elde edileceği kare matris elde edilmiştir. Kare matrisin köşegen elamanları, afin dönüşümü için seçilen 10 ortak noktanın güvenilirlik değerleridir. Bu değerler tablo 26’da gösterilmiştir.

Tablo 26. 10 ortak noktalı afin dönüşümünde ortak noktaların güvenilirlikleri

Noktalar	Güvenirlik Değeri
N.F42H022	$r_{11} = r_{12} = 0.437$
N.G4230020	$r_{13} = r_{14} = 0.781$
N.661	$r_{15} = r_{16} = 0.408$
G4330066	$r_{17} = r_{18} = 0.851$
G4430044	$r_{19} = r_{110} = 0.710$
9	$r_{111} = r_{112} = 0.527$
N21116	$r_{113} = r_{114} = 0.845$
N.3082	$r_{115} = r_{116} = 0.763$

Tablo 26'nın devamı

P.305	$r_{117} = r_{118} = 0.832$
N.3007	$r_{119} = r_{120} = 0.846$

Tablo 26 incelendiğinde bütün ölçülerin güvenilirliğinin 0.4 - 0.5 üzerinde olduğu görülür. Bu durum, seçilen 10 ortak noktanın afin dönüşümü için uygun bir dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Ancak tablo 10 ile karşılaştırıldığında 10 ortak noktalı benzerlik dönüşümüne göre güvenilirlik değerlerinde düşüş olduğu dikkati çekmektedir.

Koordinat ölçümlerinin yapılması sırasında, rastgele hata sınırına yakın olan kaba hatalar, kolaylıkla fark edilmediğinden dengeleme hesabının sonucunu etkilerler. Böyle hataları tespit etmek için uyumsuz ölçüler testi uygulanmıştır. 10 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümünde uyumsuz ölçülere sahip noktaları belirlemek için poppe ile t-testi yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Poppe yöntemine göre düzeltmelerin test değerleri (39) eşitliğinden elde edilmiştir. Bunun için tablo 23'teki koordinat düzeltmelerinden ve güvenilirlik değerlerinin elde edildiği kare matrsten yararlanılmıştır. 10 ortak noktanın afin dönüşümündeki test değerleri tablo 27'de gösterilmiştir.

Tablo 27. 10 ortak noktalı afin dönüşümünde ortak noktaların poppe normlandırılmış test düzeltmeleri

Nokta No	T_x	T_y
N.F42H022	2.001	0.157
N.G4230020	0.569	1.481
N.661	1.489	0.734
G4330066	0.564	1.543
G4430044	1.127	0.204
9	0.266	1.392
N21116	0.512	0.262
N.3082	0.432	0.976
P.305	1.652	0.996
N.3007	0.642	0.562

Poppe testine göre güven sınır değeri değeri tablo 2'deki MATLAB koduyla elde edilmiştir. 10 ortak noktalı afin dönüşümünde ölçü sayısı $n=20$, bilinmeyen sayısı $u=6$ olacağından $f=n-u$ şeklindeki serbestlik derecesi $f=14$ olarak elde edilir. Buna göre

karşılaştırma değeri 2.692 olarak belirlenir. Tablo 27 incelendiğinde bütün noktaların test değerlerinin karşılaştırma değerinden küçük olduğu görülür. Yani uyşumsuz ölçü yoktur.

t-Testi yöntemine göre düzeltmelerin test değerleri (40) eşitliğinden bulunur. Eşitlikte geçen $S_{0,i}$ değişkeni, i.ölçü dengelemeden çıkarıldıktan sonra elde edilen birim ağırlıklı ölçünün standart varyansını temsil etmektedir. Bu değerler de (41) eşitliğiyle elde edilmiştir. 10 ortak noktalı afin dönüşümünde elde edilen t-testi değerleri ile $S_{0,i}^2$ değerleri tablo 28’de gösterilmiştir.

Tablo 28. 10 ortak noktalı afin dönüşümünde ortak noktaların normlandırılmış t-testi büyüklükleri ve $S_{0,i}^2$ değerleri

Nokta No	$S_{0,i}^2$ (x yönünde)	T_x	$S_{0,i}^2$ (y yönünde)	T_y
N.F42H022	0.013	2.283	0.018	0.152
N.G4230020	0.017	0.555	0.015	1.554
N.661	0.015	1.564	0.017	0.722
G4330066	0.017	0.550	0.015	1.632
G4430044	0.016	1.139	0.018	0.197
9	0.017	0.257	0.015	1.445
N21116	0.017	0.498	0.017	0.253
N.3082	0.017	0.419	0.016	0.975
P.305	0.014	1.774	0.016	0.996
N.3007	0.017	0.628	0.017	0.548

t-Testi yöntemine göre karşılaştırma değeri tablo 3’teki MATLAB koduyla elde edilmiştir. 10 ortak noktalı afin dönüşümünde serbestlik derecesi olan $f=n-u=14$ olarak belirlenmiştir. Buna göre güven sınır değeri 3.735 olarak tespit edilir. Tablo 28 incelendiğinde bütün noktaların test değerlerinin karşılaştırma değerinden küçük olduğu görülür. Yani uyşumsuz ölçü yoktur.

2.4.2. 16 Ortak Noktalı Afin Dönüşümü Uygulaması

Afin dönüşümü uygulaması da tıpkı benzerlik dönüşümü uygulamasında olduğu gibi, ortak nokta sayısına bakılmaksızın, aynı işlem adımlarıyla yapılır. Bu nedenle, hesaplamalarda sadece matris boyutları değişmiştir. ED50 ve ITRF96 datumlarındaki koordinatları bilinen 16 ortak nokta ile tablo 6’daki ED50 koordinat değerleri kullanılarak (32×6) boyutlu katsayılar matrisi oluşturulmuştur. A ile temsil edilen katsayılar matrisi,

(15) eşitliğiyle elde edilmiştir. (32×1) boyutlu L matrisi de, tablo 6'daki ITRF96 koordinatlarından, yine (15) eşitliğiyle elde edilmiştir. (6×32) boyutlu A^T matrisi oluşturulmuş; A^T ile A matrisleri çarpılarak (6×6) boyutlarındaki $A^T \times A$ matrisi elde edilmiştir. Bu çarpım matrisinin tersi alınıp kofaktörler matrisi belirlenmiştir. A^T ile L matrisleri çarpılarak (6×1) boyutlu $A^T \times L$ matrisi elde edilmiş, kofaktörler matrisi ile de $A^T \times L$ matrisleri çarpılarak (6×1) boyutlarındaki bilinmeyenler matrisi elde edilmiştir.

16 ortak noktanın, ITRF96 datumundaki dönüştürülmüş koordinatları hesaplanmadan önce, bu noktalara getirilecek olan düzeltmeler hesaplanmış; bu düzeltmeler, (16) eşitliği ile hesaplanan (20×1) boyutlu bir matrsten elde edilmiştir. Eski ITRF96 koordinatlarına düzeltmeler eklenerek de, 16 ortak noktanın dönüştürülmüş koordinatları hesaplanmıştır. Dönüştürülmüş koordinatlar ile bu koordinatların düzeltmeleri tablo 29'da gösterilmiştir.

Tablo 29. 16 ortak noktanın afin yöntemine göre dönüştürülmüş koordinatları ve düzeltmeleri

Nokta No	Orijinal		Dönüşüm Sonrası		Düzeltilmeler	
	Yukarı (m)	Sağa(m)	Yukarı (m)	Sağa(m)	$V_x(m)$	$V_y (m)$
N.F42H022	4546668.577	519636.363	4546668.730	519636.459	0.153	0.096
N.G4230020	4523447.950	534145.420	4523447.890	534145.641	-0.060	0.221
N.661	4505168.275	541271.388	4505168.415	541271.367	0.140	-0.021
G4330066	4519464.249	568576.627	4519464.202	568576.443	-0.047	-0.184
G4430044	4519334.725	595092.881	4519334.876	595092.858	0.151	-0.023
9	4529093.925	610228.989	4529093.929	610229.051	0.004	0.062
N21116	4528049.160	579253.730	4528049.238	579253.682	0.078	-0.048
N.3082	4540027.190	554763.343	4540027.143	554763.258	-0.047	-0.085
P.305	4523059.010	542216.520	4523058.825	542216.677	-0.185	0.157
N.3007	4535145.616	558037.034	4535145.546	558036.986	-0.070	-0.048
NVÇ3	4541983.437	531223.711	4541983.434	531223.670	-0.003	-0.041
N.2115	4530749.877	564442.382	4530749.775	564442.448	-0.102	0.066
NVÇ1	4529702.088	519336.209	4529702.215	519336.040	0.127	-0.170
N.600	4519119.635	555077.801	4519119.443	555077.727	-0.192	-0.074
N.21236	4510669.022	587810.565	4510669.049	587810.617	0.027	0.052
G4430022	4527455.487	597366.744	4527455.510	597366.783	0.023	0.039

Tablo 29 incelendiğinde x yönündeki düzeltmelerin dört tanesi yönetmelikteki sınır değer olan ± 14 cm dışındadır. Bunlar sırasıyla N.F42H022, G4430044, P.305 ve N.600 noktalarına ait olan 0.153m, 0.151m, -0.185m ve -0.192m değerleridir. y yönündeki düzeltmelerde ise N.G4230020, G4330066, P.305 ve NVÇ1 noktalarının düzeltme değerleri sınır değerinin dışındadır. Bu noktaların y yönündeki düzeltmeleri sırasıyla 0.221m, -0.184m, 0.157m ve -0.170m dir.

Ortak noktaların ITRF96 datumundaki dönüştürülmüş koordinatlarının hesaplanmasının ardından, ilin tamamında, geriye kalan test noktalarının afin yöntemine dönüştürülmüş koordinatları hesaplanmıştır. Ancak bu hesaplamalarda, bilinmeyenler matrisinden elde edilen parametreler kullanılmıştır. Bu parametreler tablo 30'da gösterilmiştir.

Tablo 30. 16 ortak nokta ile hesaplanan afin dönüşümü parametreleri

Parametre Adı	Parametre Değeri
x yönünde öteleme	-73.847 m
y yönünde öteleme	-46.113 m
1.ölçek faktörü	0.999977084
2.ölçek faktörü	0.999974452
1.dönüklük	$1.01884 \cdot 10^{-5}$ radyan
2.dönüklük	$1.27658 \cdot 10^{-5}$ radyan

16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümünde, noktaların duyarlılığı ile ilişkilendirilen ortalama hata (36) eşitliğiyle $m_0 = \pm 0.084$ m olarak belirlenmiştir. Altı parametrenin ortalama hataları ise kofaktörler matrisinin köşegen elemanları kullanılarak (37) eşitliğiyle elde edilmiştir. Parametrelerin ortalama hataları tablo 31'de gösterilmiştir.

Tablo 31. 16 ortak noktalı afin dönüşümünde parametrelerin ortalama hataları

Parametre Adı	Ortalama Hata
x yönünde öteleme	9.515 m
y yönünde öteleme	9.515 m
1.ölçek faktörü	$2.06864 \cdot 10^{-6}$
2.ölçek faktörü	$8.10014 \cdot 10^{-7}$
1.dönüklük	$2.06864 \cdot 10^{-6}$
2.dönüklük	$8.10014 \cdot 10^{-7}$

Nokta dağılımlarının homojenliği ile ilgili olan güvenilirlik değerleri, kofaktörler matrisi ile birim matris kullanılarak elde edilir. 16 ortak noktalı afin dönüşümünde önce (32×6) boyutlu A matrisi (katsayılar matrisi) ile (6×6) boyutlu kofaktörler matrisi çarpılarak (32×6) boyutlu $A \times Q_{xx}$ matrisi elde edilmiştir. Bu çarpım matrisi (6×32) boyutundaki A^T matrisi ile çarpılarak (32×32) boyutlu bir kare matris elde edilmiştir. Bu matris (32×32) boyutlu birim matris olan I'dan çıkarılarak da güvenilirlik değerlerinin alındığı kare matris elde edilmiştir. Kare matrisin köşegen elemanları,

dönüşüm için seçilen 16 ortak noktanın güvenilirlik değerleridir. Bu değerler tablo 32’de gösterilmiştir.

Tablo 32. 16 ortak noktalı afin dönüşümünde ortak noktaların güvenilirlikleri

Noktalar	Güvenirlik Değeri
N.F42H022	$r_{11} = r_{12} = 0.665$
N.G4230020	$r_{13} = r_{14} = 0.856$
N.661	$r_{15} = r_{16} = 0.562$
G4330066	$r_{17} = r_{18} = 0.907$
G4430044	$r_{19} = r_{110} = 0.827$
9	$r_{111} = r_{112} = 0.682$
N21116	$r_{113} = r_{114} = 0.898$
N.3082	$r_{115} = r_{116} = 0.839$
P.305	$r_{117} = r_{118} = 0.890$
N.3007	$r_{119} = r_{120} = 0.897$
NVÇ3	$r_{121} = r_{122} = 0.785$
N.2115	$r_{123} = r_{124} = 0.924$
NVÇ1	$r_{125} = r_{126} = 0.797$
N.600	$r_{127} = r_{128} = 0.894$
N.21236	$r_{129} = r_{130} = 0.773$
G4430022	$r_{131} = r_{132} = 0.803$

Tablo 32 incelendiğinde bütün ölçülerin güvenilirliğinin 0.5 üzerinde olduğu görülür. Bu durum seçilen 16 ortak noktanın afin dönüşümü için uygun bir dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Ancak 16 ortak nokta ile yapılan benzerlik dönüşümüne göre, güvenilirlik değerleri düşüş göstermiştir. Tablo 16 incelendiğinde bu durum açıkça görülmektedir.

Daha önceki uygulamalarda olduğu gibi bu uygulamada da uyuşumsuz ölçülere sahip noktaları belirlemek için poppe ile t-testi yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Poppe yöntemine göre düzeltmelerin test değerleri (39) eşitliğinden elde edilmiştir. Bunun için tablo 29’daki koordinat düzeltmelerinden ve güvenilirlik değerlerinin elde edildiği kare matristen yararlanılmıştır. 16 ortak noktanın poppe testi değerleri tablo 33’te gösterilmiştir.

Tablo 33. 16 ortak noktalı afin dönüşümünde ortak noktaların poppe normlandırılmış test düzeltmeleri

NOKTA NO	T_x	T_y	NOKTA NO	T_x	T_y
N.F42H022	2.240	1.395	P.305	2.331	1.983
N.G4230020	0.767	2.847	N.3007	0.876	0.602
N.661	2.229	0.333	NVÇ3	0.042	0.553
G4330066	0.586	2.299	N.2115	1.260	0.813
G4430044	1.971	0.297	NVÇ1	1.695	2.262

Tablo 33'ün devamı

9	0.053	0.894	N.600	2.413	0.926
N21116	0.981	0.606	N.21236	0.367	0.705
N.3082	0.608	1.098	G4430022	0.311	0.517

Poppe testine göre güven sınır değeri tablo 2'deki MATLAB koduyla elde edilmiştir. 16 ortak noktalı afin dönüşümünde ölçü sayısı $n=32$, bilinmeyen sayısı $u=6$ olacağından $f=n-u$ şeklindeki serbestlik derecesi $f=26$ olarak elde edilir. Buna göre karşılaştırma değeri 2.951 olarak belirlenir. Tablo 33 incelendiğinde bütün noktaların test değerlerinin karşılaştırma değerinden küçük olduğu görülür. Yani uyumsuz ölçü yoktur.

t-Testi yöntemine göre düzeltmelerin test değerleri (40) eşitliğinden bulunur. Eşitlikte geçen $S_{0,i}$ değişkeni de (41) eşitliğiyle elde edilmiştir. 16 ortak noktalı afin dönüşümünde elde edilen t-testi değerleri ile $S_{0,i}^2$ değerleri tablo 34'te gösterilmiştir.

Tablo 34. 16 ortak noktalı afin dönüşümünde ortak noktaların normlandırılmış t-testi büyüklükleri ve $S_{0,i}^2$ değerleri

Nokta No	$S_{0,i}^2$ (x yönünde)	T_x	$S_{0,i}^2$ (y yönünde)	T_y
N.F42H022	0.006	2.445	0.007	1.423
N.G4230020	0.007	0.761	0.005	3.366
N.661	0.006	2.430	0.007	0.327
G4330066	0.007	0.578	0.006	2.526
G4430044	0.006	2.095	0.007	0.292
9	0.007	0.052	0.007	0.890
N21116	0.007	0.980	0.007	0.599
N.3082	0.007	0.600	0.007	1.103
P.305	0.006	2.570	0.006	2.110
N.3007	0.007	0.872	0.007	0.594
NVÇ3	0.007	0.041	0.007	0.546
N.2115	0.007	1.275	0.007	0.808
NVÇ1	0.007	1.763	0.006	2.475
N.600	0.006	2.686	0.007	0.924
N.21236	0.007	0.361	0.007	0.698
G4430022	0.007	0.306	0.007	0.509

t-Testi yöntemine göre güven sınır değeri tablo 3'teki MATLAB koduyla elde edilmiştir. 16 ortak noktalı afin dönüşümünde $f=n-u=26$ olarak elde edilir. Buna göre karşılaştırma değeri 3.549 olarak belirlenmiştir. Tablo 34 incelendiğinde bütün noktaların test değerlerinin karşılaştırma değerinden küçük olduğu görülür. Yani uyumsuz ölçü yoktur.

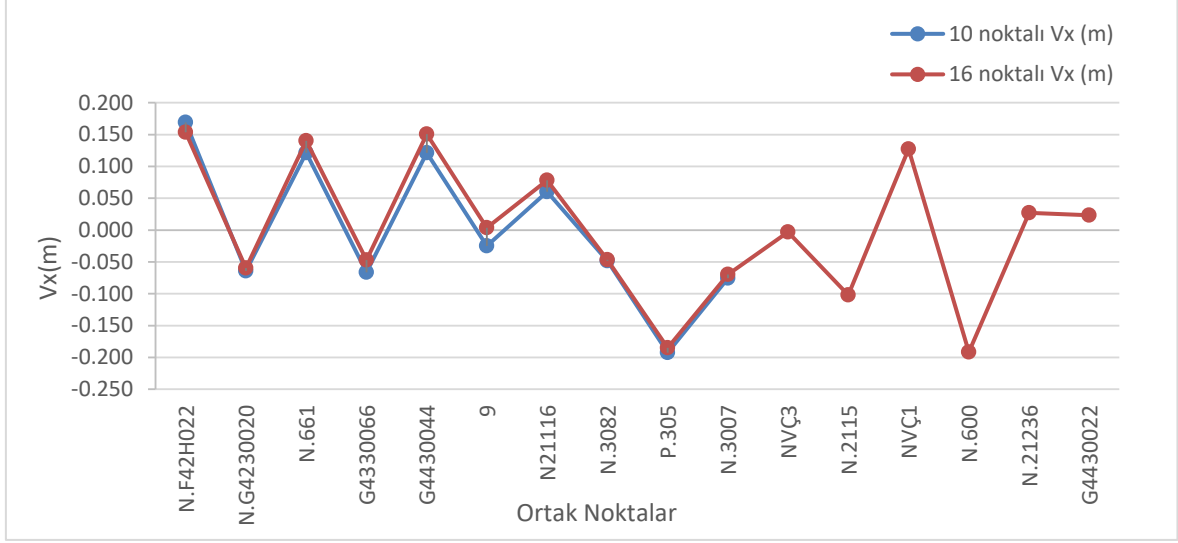
2.4.3. 10 ve 16 Ortak Noktalı Afin Dönüşüm Modellerinin Karşılaştırılması

Farklı ortak nokta sayılarıyla yapılan iki afin dönüşümünde, ortak noktaların ITRF96 datumunda hesaplanan yeni koordinatları ile orijinal değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda hem x hem de y eksenı boyunca elde edilen düzeltmeler, tablo ile gösterilmiştir. x eksenı boyunca elde edilen düzeltmeler tablo 35’te gösterilmiştir.

Tablo 35. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümünde ortak noktaların x eksenı boyunca elde edilen düzeltmeleri

Nokta No	10 noktalı V_x (m)	16 noktalı V_x (m)
N.F42H022	0.169	0.153
N.G4230020	-0.064	-0.060
N.661	0.121	0.140
G4330066	-0.066	-0.047
G4430044	0.121	0.151
9	-0.025	0.004
N21116	0.060	0.078
N.3082	-0.048	-0.047
P.305	-0.193	-0.185
N.3007	-0.075	-0.070
NVÇ3		-0.003
N.2115		-0.102
NVÇ1		0.127
N.600		-0.192
N.21236		0.027
G4430022		0.023

Tablo 35 incelendiğinde 10 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümünde x eksenı boyunca elde edilen düzeltmelerin iki tanesi, 16 ortak nokta ile yapılan dönüşümde de elde edilen düzeltmelerin dört tanesi yönetmelikte belirlenen ± 14 cm sınırının dışındadır. Bu düzeltme değerlerinin grafik olarak gösterimi şekil 17’de yer almıştır.



Şekil 17. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümü sonucu ortak noktaların x eksenini boyunca elde edilen düzeltmeleri

Şekil 17 incelendiğinde x eksenini boyunca elde edilen düzeltmelerin $\pm 20\text{cm}$ 'den küçük olduğu görülmüştür. 10 ortak nokta ile yapılan dönüşümde iki noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 10\text{cm}$ ile $\pm 15\text{cm}$ arasında, dört noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 5\text{cm}$ ile $\pm 10\text{cm}$ arasında, iki noktanın düzeltme değerlerinin de $\pm 5\text{cm}$ aralığında olduğu tespit edilmiştir. 16 ortak nokta ile yapılan dönüşümde ise beş noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 10\text{cm}$ ile $\pm 15\text{cm}$ arasında, üç noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 5\text{cm}$ ile $\pm 10\text{cm}$ arasında, altı noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 5\text{cm}$ aralığında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümünde ilk 10 noktanın yedi tanesinin düzeltme değeri küçülmüş yani hassasiyeti artmış, kalan üç tanesinin düzeltme değeri büyümüş yani hassasiyeti azalmıştır. Bu durumda x eksenini yönünde afin dönüşümü ortak nokta sayısı 10'dan 16'ya çıkarıldığında tercih edilebilir. Yani nokta sayısının artması x eksenini yönünde afin dönüşümünün tercih edilmesi için yeterli olmuştur.

Farklı ortak nokta sayılarıyla yapılan afin dönüşümü sonucu ortak noktaların y eksenini boyunca elde edilen düzeltmeler tablo 36'da gösterilmiştir.

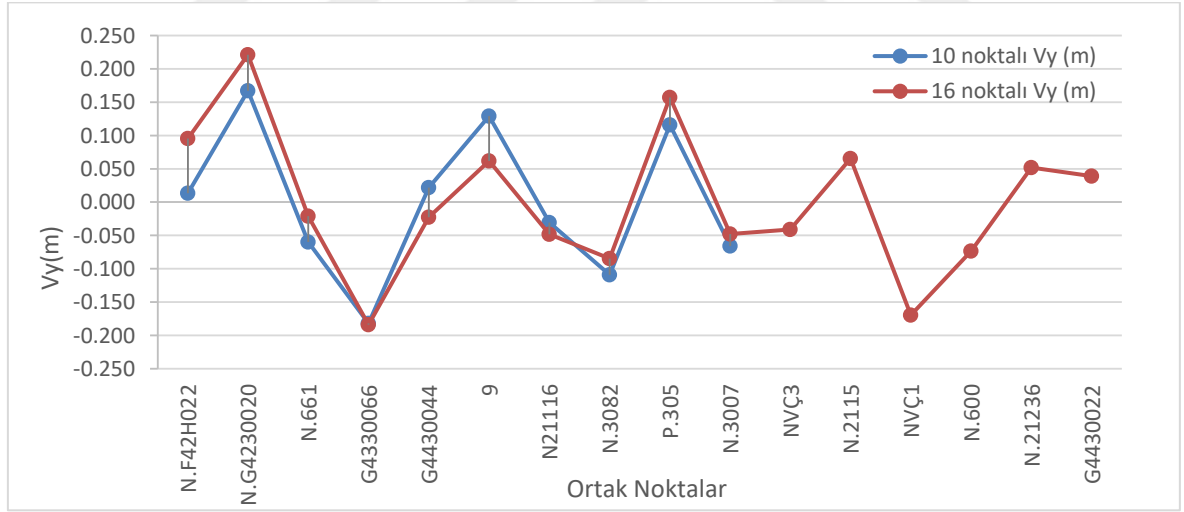
Tablo 36. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümünde ortak noktaların y eksenini boyunca elde edilen düzeltmeleri

Nokta No	10 noktalı V_y (m)	16 noktalı V_y (m)
N.F42H022	0.013	0.096
N.G4230020	0.167	0.221
N.661	-0.060	-0.021

Tablo 36'nın devamı

G4330066	-0.182	-0.184
G4430044	0.022	-0.023
9	0.129	0.062
N21116	-0.031	-0.048
N.3082	-0.109	-0.085
P.305	0.116	0.157
N.3007	-0.066	-0.048
NVÇ3		-0.041
N.2115		0.066
NVÇ1		-0.170
N.600		-0.074
N.21236		0.052
G4430022		0.039

Tablo 36 incelendiğinde 10 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümünde y eksenini boyunca elde edilen düzeltmelerin iki tanesi, 16 ortak nokta ile yapılan dönüşümde elde edilen düzeltmelerin ise dört tanesi yönetmelikte belirlenen ± 14 cm sınır değerinin dışındadır. Bu düzeltme değerlerinin grafik olarak gösterimi şekil 18'de yer almıştır.



Şekil 18. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümü sonucu ortak noktaların y eksenini boyunca elde edilen düzeltmeleri

Şekil 18 incelendiğinde y eksenini boyunca elde edilen düzeltmelerin sadece bir tanesinin ± 20 cm ile ± 25 cm aralığında olduğu, geriye kalan tüm noktaların düzeltmelerinin de ± 20 cm'den küçük olduğu görülmüştür. 10 ortak nokta ile yapılan dönüşümde beş noktanın düzeltme değerlerinin ± 10 cm ile ± 20 cm arasında, geriye kalan beş noktanın düzeltme değerlerinin ± 10 cm aralığında olduğu tespit edilmiştir. 16 ortak nokta ile yapılan

dönüşümde ise üç noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 10\text{cm}$ ile $\pm 20\text{cm}$ arasında, on iki noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 10\text{cm}$ aralığında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümünde ilk 10 noktanın dört tanesinin düzeltme değeri küçülmüş yani hassasiyeti artmış, kalan altı tanesinin düzeltme değeri büyümüş yani hassasiyeti azalmıştır. Bu durumda y eksenini yönünde afin dönüşümü ortak nokta sayısı 10'dan 16'ya çıkarıldığında tercih edilemez. Yani nokta sayısının artması y eksenini yönünde afin dönüşümünün tercih edilmesi için yeterli değildir.

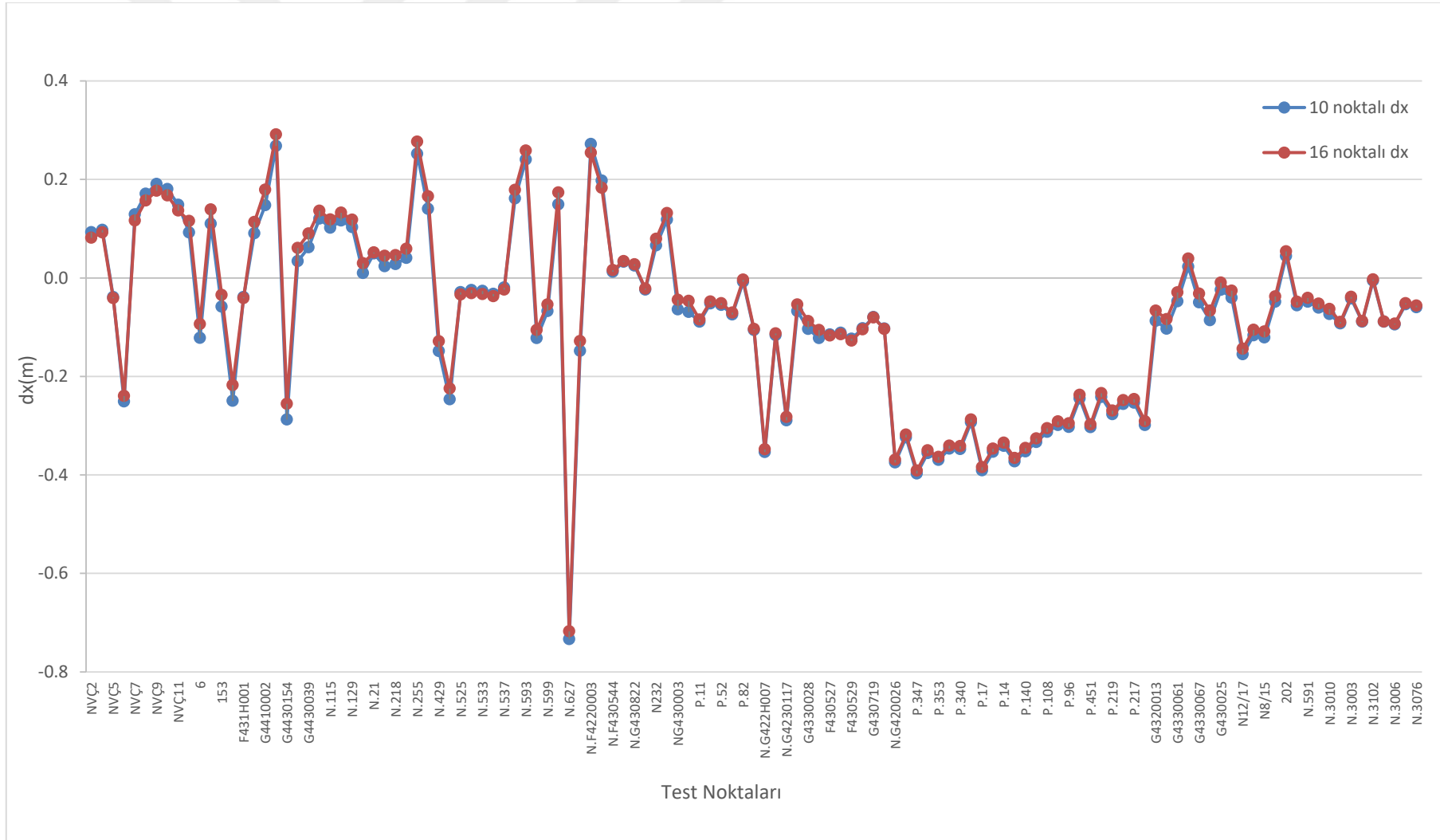
Ortak noktaların afin dönüşümüne göre dönüştürülmüş koordinatlarının hesaplanmasının ardından elde edilen parametrelerle, çalışma alanı olan Trabzon ilinin tamamında geriye kalan test noktalarının ITRF96 datumundaki yeni koordinatları ile düzeltmeleri hesaplanmıştır. Hem 10 hem de 16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümlerinde kalan test noktalarının x eksenini yönündeki koordinat farkları tablo 37'de gösterilmiştir. Tablo 37'de verilen test noktalarının x eksenini yönündeki farkları şekil 19'da grafik olarak gösterilmiştir.

Tablo 37. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümünde test noktalarının x eksenini boyunca elde edilen koordinat farkları

Nokta No	10 noktalı $d_x(m)$	16 noktalı $d_x(m)$	Nokta No	10 noktalı $d_x(m)$	16 noktalı $d_x(m)$	Nokta No	10 noktalı $d_x(m)$	16 noktalı $d_x(m)$
NVÇ2	0.093	0.082	N.G430822	0.025	0.027	G4330061	-0.047	-0.030
NVÇ4	0.097	0.092	N.G430823	-0.024	-0.022	G4330062	0.023	0.039
NVÇ5	-0.039	-0.041	N232	0.066	0.079	G4330067	-0.050	-0.032
NVÇ6	-0.251	-0.240	N537	0.118	0.131	G4330068	-0.086	-0.067
NVÇ7	0.129	0.116	NG430003	-0.064	-0.045	G430025	-0.024	-0.010
NVÇ8	0.171	0.157	NG430005	-0.069	-0.047	G430522	-0.040	-0.026
NVÇ9	0.191	0.177	P.11	-0.089	-0.085	N12/17	-0.155	-0.144
NVÇ10	0.180	0.167	P.122	-0.052	-0.048	N12/18	-0.117	-0.105
NVÇ11	0.148	0.137	P.52	-0.055	-0.051	N8/15	-0.121	-0.109
1	0.092	0.115	P.61	-0.074	-0.071	201	-0.049	-0.038
6	-0.122	-0.094	P.82	-0.008	-0.004	202	0.044	0.054
12	0.110	0.139	N.G422H002	-0.106	-0.104	N.590	-0.056	-0.048
153	-0.059	-0.035	N.G422H007	-0.354	-0.348	N.591	-0.048	-0.041
154	-0.250	-0.218	N.G423H104	-0.116	-0.113	N.3008	-0.061	-0.052
F431H001	-0.039	-0.041	N.G4230117	-0.289	-0.282	N.3010	-0.073	-0.063
G44_G001	0.090	0.113	G4320007	-0.068	-0.054	N.3005	-0.092	-0.090
G4410002	0.147	0.179	G4330028	-0.104	-0.088	N.3003	-0.042	-0.038
G4420008	0.268	0.291	G4330038	-0.122	-0.106	N.3061	-0.089	-0.088
G4430154	-0.288	-0.256	F430527	-0.115	-0.117	N.3102	-0.006	-0.003
G4430027	0.034	0.061	F430528	-0.112	-0.115	N.3001	-0.089	-0.089
G4430039	0.062	0.090	F430529	-0.124	-0.128	N.3006	-0.095	-0.093
N.114	0.120	0.136	G430724	-0.103	-0.104	N.3071	-0.054	-0.052
N.115	0.102	0.118	G430719	-0.080	-0.081	N.3076	-0.060	-0.056
N.127	0.117	0.132	G430717	-0.103	-0.104			

Tablo 37'nin devamı

N.129	0.103	0.118	N.G420026	-0.375	-0.369			
N.206	0.010	0.030	P.356	-0.324	-0.318			
N.21	0.050	0.052	P.347	-0.397	-0.391			
N.21011	0.024	0.045	P.348	-0.356	-0.350			
N.218	0.028	0.046	P.353	-0.370	-0.364			
N.219	0.040	0.059	N.420543	-0.347	-0.341			
N.255	0.252	0.276	P.340	-0.348	-0.342			
N.257	0.140	0.166	P.505	-0.293	-0.288			
N.429	-0.149	-0.129	P.17	-0.391	-0.384			
N.434	-0.247	-0.225	N.420532	-0.353	-0.347			
N.525	-0.029	-0.034	P.14	-0.341	-0.335			
N.529	-0.025	-0.031	P.73	-0.373	-0.366			
N.533	-0.026	-0.033	P.140	-0.353	-0.345			
N.536	-0.032	-0.037	P.113	-0.334	-0.326			
N.537	-0.020	-0.024	P.108	-0.313	-0.305			
N.585	0.161	0.179	P.94	-0.299	-0.292			
N.593	0.240	0.259	P.96	-0.303	-0.295			
N.598	-0.122	-0.106	P.163	-0.245	-0.238			
N.599	-0.068	-0.054	P.451	-0.303	-0.297			
N.620	0.149	0.173	P.332	-0.242	-0.234			
N.627	-0.734	-0.718	P.219	-0.277	-0.270			
N.653	-0.148	-0.128	P.218	-0.256	-0.248			
N.F4220003	0.272	0.254	P.217	-0.254	-0.246			
N.F422H004	0.198	0.183	P.288/2	-0.299	-0.291			
N.F430544	0.012	0.016	G4320013	-0.087	-0.067			
N.G430042	0.033	0.034	G4330060	-0.103	-0.084			



Şekil 19. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümü sonrasında test noktalarının x eksenı boyunca elde edilen koordinat farkları

Tablo 37 ve şekil 19 birlikte incelendiğinde test noktalarının x eksen yönündeki fark değerlerinin genellikle $\pm 30\text{cm}$ aralığında olduğu gözlenmiştir. Benzerlik dönüşümünde olduğu gibi yine Kayabaşı Yaylası'nda bulunan bazı noktaların düzeltmeleri $\pm 30\text{cm}$ ile $\pm 40\text{cm}$ aralığında hesaplanmıştır. Ancak benzerlik dönüşümünde bu aralıktaki noktalar 19 tane iken afin dönüşümünde ise 17 tanedir. Ayrıca 16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümüne göre elde edilen test noktalarının farklarının 76 tanesinin, 10 ortak nokta ile yapılan dönüşüme göre daha hassas olduğu yani sıfıra daha yakın olduğu gözlenmiştir. Bu sayı benzerlik dönüşümünde 69 iken afin dönüşümünde artmış, 76 olmuştur. Yani elde edilen parametreler Trabzon ilinin tamamındaki test noktalarına uygulandığında x eksen yönünde afin dönüşümü benzerlik dönüşümüne göre daha hassastır ve kullanılması daha uygundur.

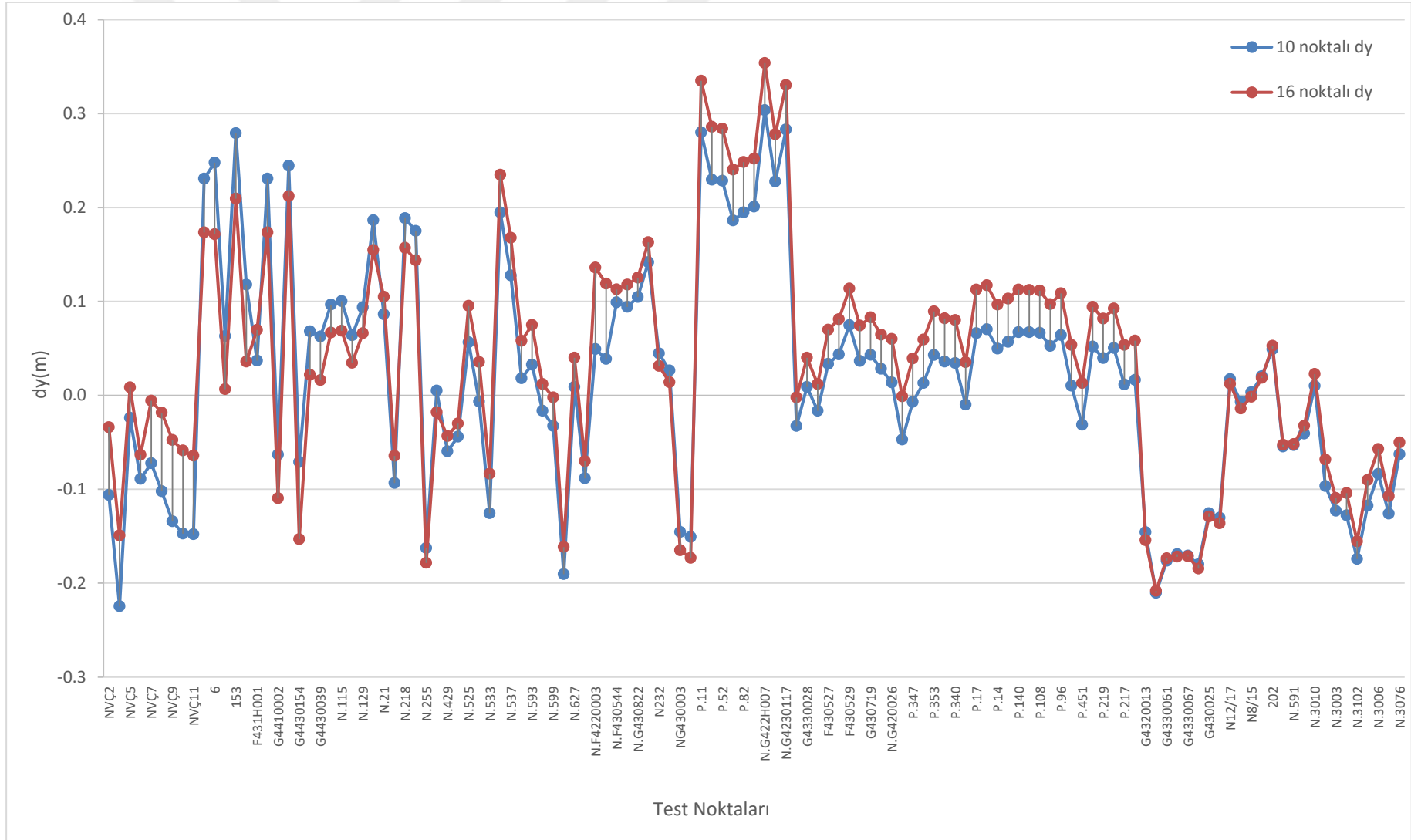
Parametrelerin elde edilmesi sonrasında ilin tamamında yapılan afin dönüşümünde test noktalarına ait farkların y eksen yönündeki değerleri tablo 38'de gösterilmiştir. Tablo 38'deki değerlerin grafik olarak gösterimi şekil 20'de yer almıştır.

Tablo 38. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümünde test noktalarının y eksen boyunca elde edilen koordinat farkları

Nokta No	10 noktalı $d_y(m)$	16 noktalı $d_y(m)$	Nokta No	10 noktalı $d_y(m)$	16 noktalı $d_y(m)$	Nokta No	10 noktalı $d_y(m)$	16 noktalı $d_y(m)$
NVÇ2	-0.106	-0.034	N.G430822	0.105	0.125	G4330061	-0.176	-0.174
NVÇ4	-0.225	-0.149	N.G430823	0.142	0.163	G4330062	-0.169	-0.172
NVÇ5	-0.024	0.009	N232	0.045	0.031	G4330067	-0.171	-0.171
NVÇ6	-0.089	-0.063	N537	0.026	0.014	G4330068	-0.180	-0.185
NVÇ7	-0.072	-0.006	NG430003	-0.146	-0.165	G430025	-0.126	-0.129
NVÇ8	-0.102	-0.018	NG430005	-0.151	-0.173	G430522	-0.130	-0.136
NVÇ9	-0.134	-0.048	P.11	0.280	0.335	N12/17	0.017	0.012
NVÇ10	-0.147	-0.059	P.122	0.230	0.286	N12/18	-0.007	-0.014
NVÇ11	-0.148	-0.064	P.52	0.228	0.284	N8/15	0.003	-0.002
1	0.231	0.173	P.61	0.186	0.240	201	0.020	0.019
6	0.248	0.172	P.82	0.195	0.248	202	0.049	0.053
12	0.063	0.006	N.G422H002	0.201	0.252	N.590	-0.055	-0.053
153	0.279	0.209	N.G422H007	0.303	0.354	N.591	-0.053	-0.052
154	0.118	0.036	N.G423H104	0.228	0.278	N.3008	-0.041	-0.033
F431H001	0.037	0.070	N.G4230117	0.283	0.330	N.3010	0.010	0.023
G44_G001	0.231	0.173	G4320007	-0.033	-0.002	N.3005	-0.097	-0.068
G4410002	-0.063	-0.110	G4330028	0.009	0.040	N.3003	-0.123	-0.109
G4420008	0.244	0.212	G4330038	-0.016	0.012	N.3061	-0.128	-0.104
G4430154	-0.071	-0.153	F430527	0.034	0.070	N.3102	-0.174	-0.156
G4430027	0.068	0.022	F430528	0.044	0.081	N.3001	-0.118	-0.090
G4430039	0.063	0.016	F430529	0.075	0.114	N.3006	-0.084	-0.057
N.114	0.097	0.067	G430724	0.036	0.074	N.3071	-0.126	-0.108
N.115	0.100	0.069	G430719	0.043	0.083	N.3076	-0.063	-0.050

Tablo 38'in devamı

N.127	0.064	0.035	G430717	0.028	0.065			
N.129	0.094	0.066	N.G420026	0.014	0.060			
N.206	0.186	0.155	P.356	-0.047	-0.001			
N.21	0.086	0.105	P.347	-0.007	0.039			
N.21011	-0.094	-0.064	P.348	0.013	0.059			
N.218	0.189	0.157	P.353	0.043	0.089			
N.219	0.175	0.144	N.420543	0.036	0.082			
N.255	-0.163	-0.178	P.340	0.034	0.080			
N.257	0.005	-0.018	P.505	-0.010	0.035			
N.429	-0.060	-0.043	P.17	0.066	0.112			
N.434	-0.044	-0.030	N.420532	0.070	0.117			
N.525	0.056	0.095	P.14	0.050	0.096			
N.529	-0.007	0.035	P.73	0.057	0.103			
N.533	-0.126	-0.084	P.140	0.067	0.113			
N.536	0.195	0.235	P.113	0.067	0.112			
N.537	0.128	0.168	P.108	0.067	0.111			
N.585	0.018	0.058	P.94	0.052	0.097			
N.593	0.032	0.075	P.96	0.064	0.109			
N.598	-0.016	0.012	P.163	0.010	0.054			
N.599	-0.033	-0.002	P.451	-0.031	0.013			
N.620	-0.190	-0.162	P.332	0.052	0.094			
N.627	0.009	0.040	P.219	0.040	0.082			
N.653	-0.088	-0.070	P.218	0.050	0.092			
N.F4220003	0.049	0.136	P.217	0.011	0.054			
N.F422H004	0.039	0.119	P.288/2	0.016	0.058			
N.F430544	0.099	0.113	G4320013	-0.146	-0.154			
N.G430042	0.094	0.118	G4330060	-0.210	-0.208			



Şekil 20. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümü sonrasında test noktalarının y eksenı boyunca elde edilen koordinat farkları

Tablo 38 ve şekil 20 birlikte incelendiğinde test noktalarının y eksenini yönündeki fark değerlerinin genellikle $\pm 25\text{cm}$ aralığında olduğu gözlenmiştir. Bu aralığın dışında kalan 10 noktanın düzeltme değeri $\pm 25\text{cm}$ ile $\pm 34\text{cm}$ arasındadır. Ayrıca 10 ortak nokta ile yapılan afin dönüşümünün, test noktalarından 74 tanesine ait y eksenini yönündeki düzeltme değerlerinin, 16 ortak nokta ile yapılan dönüşüme göre daha hassas olduğu yani sıfıra daha yakın olduğu gözlenmiştir.

Tablo 37 ve tablo 38'deki 10 ve 16 ortak noktalı afin dönüşümünde d_x ve d_y koordinat farklarının mutlak değerce ortalamaları ve bu farkların karesel ortalamasının ortalaması incelenerek ortak nokta sayısı belirlenmiştir. Buna göre d_x değerlerinin mutlak değerce ortalaması 10 ortak noktada 15.0cm , 16 ortak noktada ise 14.7cm dir. d_y değerlerinin mutlak değerce ortalaması ise 10 ortak noktada 9.6cm , 16 ortak noktada ise 10.1cm dir. Farkların karesel ortalamalarının ortalaması da, 10 ortak noktada 20.1cm , 16 ortak noktada ise 20.0cm dir. Dolayısıyla 16 ortak noktalı afin dönüşümü ile daha hassas sonuçlar elde edilir.

2.5. Kollokasyon Yöntemiyle Benzerlik Dönüşümü Uygulaması

2.5.1. 10 Ortak Noktalı Kollokasyon Yöntemiyle Benzerlik Dönüşümü Uygulaması

Seçilen 10 ortak noktanın, ED50 datum koordinatlarının da yer aldığı tablo 5'teki değerler kullanılarak (20×4) boyutlu katsayılar matrisi A oluşturulmuştur. (20×1) boyutlu L matrisi de, yine aynı tablonun ITRF96 koordinatlarından elde edilmiştir. Kollokasyon yöntemiyle benzerlik dönüşümü, (6) eşitliğinin sağ tarafında, sistematik hatalardan kaynaklı olan S_x ve S_y sinyallerinin hesaplanmasını gerektirmektedir. Bu nedenle farklı işlem adımları uygulanmıştır. Önce her bir noktanın birbirleriyle arasındaki uzaklığı kilometre cinsinden gösteren (10×10) boyutlarındaki d_{ij} matrisi elde edilmiştir. Dönüşüm parametrelerinin ve sinyallerin elde edildiği (24) ve (29) eşitlikleri için, ağırlık matrisi olan P'nin hesaplanması gerekir. Bu değer de (25) eşitliği ile elde edilmiş (20×20) boyutlu bir matristir. Eşitlikte kullanılan (20×20) boyutlu C_{ss} matrisi (27) ve (28) eşitlikleriyle oluşturulmuştur. d_x ve d_y sinyallerin mesafe korelasyonunun derecesinin belirleyen katsayılarıdır (BÖHHBÜY, 2018). Bu katsayıların uygun değerlerinin bulunması için bunlara başlangıçta keyfi olarak $d_x = 7$ ve $d_y = 10$ verilmiştir. Katsayılar matrisinin

transpozese alınarak (4×20) boyutlu A^T matrisi oluşturulmuş A^T ile P matrisleri çarpılarak (4×20) boyutlarındaki yeni matris elde edilmiştir. Bu matris tekrar A matrisi ile çarpılarak (4×4) boyutlarındaki $A^T \times P \times A$ matrisi elde edilmiştir. Ardından bu çarpım matrisinin tersi alınıp (23) değerleri elde edilmiştir. $A^T \times P$ matrisi ile L matrisi de çarpılarak (4×1) boyutlu $A^T \times P \times L$ matrisi elde edilmiş, (24) eşitliğiyle de (4×1) boyutlarındaki bilinmeyenler matrisi oluşturulmuştur.

Düzeltilmelerin hesaplandığı eşitlikte sinyallerin varlığı söz konusu olduğundan, önce sinyallerin hesaplanması gerekmektedir. Sinyaller (29) eşitliği ile elde edilir. Bunun için önce (20×1) boyutlu $A \times X$ matrisi oluşturulmuştur. L ile $A \times X$ matrisleri çıkarılarak (20×1) boyutlu $L - AX$ matrisi elde edilmiştir. C_{ss} ile P matrisleri çarpılarak (20×20) boyutlu $C_{ss} \times P$ matrisi elde edilmiştir. (29) eşitliğiyle de (20×1) boyutundaki sinyallerin elde edildiği matris hesaplanmıştır.

10 ortak noktanın, kollokasyonlu benzerlik yöntemiyle dönüştürülmüş koordinatları hesaplanmadan önce, bu noktalara getirilecek düzeltilmelerin hesaplanması gerekmektedir. Düzeltilmeler, (22) eşitliğinden elde edilmiştir. Eski koordinatlara düzeltilmeler eklenerek de dönüştürülmüş koordinatlar hesaplanmıştır. Dönüştürülmüş koordinatlar, sinyaller ile bu koordinatların düzeltilmeleri tablo 39’da gösterilmiştir.

Tablo 39. 10 ortak noktanın kollokasyonlu benzerlik yöntemine göre dönüştürülmüş koordinatları, düzeltilmeleri ve sinyalleri

NOKTA NO	Orijinal		Dönüşüm Sonrası		Düzeltilmeler		Sinyaller	
	Yukarı (m)	Sağa(m)	Yukarı (m)	Sağa(m)	$V_x(m)$	$V_y(m)$	$S_x(m)$	$S_y(m)$
N.F42H022	4546668.577	519636.363	4546668.631	519636.384	0.021	-0.048	-0.048	-0.025
N.G4230020	4523447.950	534145.420	4523447.924	534145.493	0.073	0.063	0.063	-0.075
N.661	4505168.275	541271.388	4505168.347	541271.320	-0.068	-0.055	-0.055	0.053
G4330066	4519464.249	568576.627	4519464.218	568576.525	-0.102	0.030	0.030	0.099
G4430044	4519334.725	595092.881	4519334.798	595092.884	0.003	-0.072	-0.072	-0.007
9	4529093.925	610228.989	4529093.919	610229.064	0.075	-0.003	-0.003	-0.070
N21116	4528049.160	579253.730	4528049.192	579253.732	0.002	-0.028	-0.028	0.028
N.3082	4540027.190	554763.343	4540027.164	554763.304	-0.039	0.055	0.055	0.043
P.305	4523059.010	542216.520	4523058.907	542216.564	0.044	0.109	0.109	-0.054
N.3007	4535145.616	558037.034	4535145.578	558037.026	-0.008	0.061	0.061	0.042

Tablo 39 incelendiğinde hem x hem de y yönündeki bütün düzeltilmeler yönetmelikteki sınır değer olan $\pm 14\text{cm}$ ’den küçüktür.

Uygulamada, ortak noktaların kollokasyonlu benzerlik yöntemiyle dönüştürülmüş koordinatlarının hesaplamasının ardından, ilin tamamında geriye kalan test noktalarının

dönüştürülmüş koordinatları hesaplanmıştır. Ancak bunun için de test noktalarına getirilecek sinyallerin ve test noktalarının koordinatlarının hesaplanmasında kullanılan dönüşüm parametrelerinin hesaplanması gerekmektedir. Dönüşüm parametreleri eşitlik (21)'de yer alan bilinmeyenler sütun matrisinden, sırasıyla (9) ile (10) eşitlikleri kullanılarak elde edilmiştir. Bu parametreler tablo 40'ta gösterilmiştir.

Tablo 40. 10 ortak nokta ile hesaplanan kollokasyonlu benzerlik dönüşümü parametreleri

Parametre Adı	Parametre Değeri
x yönünde öteleme	-70.683 m
y yönünde öteleme	-57.262 m
ölçek faktörü	0.999976336
dönüklük	$1.24143 \cdot 10^{-5}$ radyan

Ortak noktalar dışındaki herhangi bir noktanın, dönüşüm sonrası hesaplanacak yeni koordinatlarına getirilecek sinyaller, (30) eşitliği ile hesaplanır. Burada C_{sspi} matrisinin elemanları, yeni noktanın parametre tahmininde kullanılan noktalarla arasındaki korelasyon değerlerinden oluşur ve bu değerler (31) ile (32) eşitliklerinin kullanılmasıyla elde edilir. 10 ortak nokta ile test noktalarının her birinin birbirleriyle olan uzaklığı yine kilometre cinsinden hesaplanmış, matris biçiminde elde edilmiştir. Ardından C_{sspi} elde edilmiş, bu matris ile P matrisi çarpılarak $C_{sspi} \times P$ matrisi hesaplanmıştır. $C_{sspi} \times P$ ile L-AX matrisleri çarpılarak test noktalarına ait sinyallerin çekileceği matris elde edilmiştir.

Test noktalarının dönüştürülmüş koordinatlarının hesaplanmasının ardından birim ölçünün karesel ortalama hatası hesaplanmıştır. Duyarlık kavramını simgeleyen karesel ortalama hata, kollokasyonlu benzerlik yönteminde (35) eşitliğinden elde edilir. Bunun için 10 ortak noktaya ait sinyaller matrisinin transpozesi alınmış, (1×20) boyutlu satır matris elde edilmiştir. Uygulamanın başlangıcında hesaplanan (20×20) boyutundaki C_{ss} matrisinin tersi alınarak C_{ss}^{-1} matrisi elde edilmiştir. S^T ile C_{ss}^{-1} matrisleri çarpılarak (1×20) boyutlu yeni bir satır matris elde edilmiştir. Elde edilen bu matris de (20×1) boyutlu S ortak noktaların sinyalleri matrisi ile çarpılarak (1×1) boyutlu $S^T \times C_{ss}^{-1} \times S$ değeri elde edilmiştir. Bu değer (35) eşitliğinde kullanılmasıyla 10 ortak noktanın kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde karesel ortalama hatası belirlenmiştir. Buna göre birim ölçünün karesel ortalama hatası $m_0 = \pm 0.086$ m'dir. Dört bilinmeyenle çözülen kollokasyonlu benzerlik dönüşümündeki parametrelerin ortalama hataları ise kofaktörler matrisinin

köşegen elemanları kullanılarak (37) eşitliğiyle elde edilmiştir. Duyarlık hesaplarıyla elde edilen parametrelerin ortalama hataları tablo 41’de gösterilmiştir.

Tablo 41. 10 ortak noktalı kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde parametrelerin ortalama hataları

Parametre Adı	Ortalama Hata
x yönünde öteleme	6.421 m
y yönünde öteleme	6.285 m
ölçek faktörü	$1.40785 \cdot 10^{-6}$
dönüklük	$1.37728 \cdot 10^{-6}$

Kollokasyon yönteminin yapısı gereği poppe testi için gerekli q_{vivi} değerlerini elde etmek uzun bir işlem dizisi gerektirdiğinden, uyuşumsuz ölçülere sahip noktaları belirlemek için data snooping testinden yararlanılmıştır. Buna göre düzeltmelerin test değerleri (42) eşitliğinden elde edilmiştir. 10 ortak noktalı kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde ortak noktaların data snooping test değerleri tablo 42’de gösterilmiştir.

Tablo 42. 10 ortak noktalı kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde ortak noktaların data snooping testi değerleri

Nokta No	T_x	T_y
N.F42H022	0.625	0.249
N.G4230020	0.307	0.843
N.661	0.839	0.793
G4330066	0.365	1.186
G4430044	0.850	0.029
9	0.072	0.869
N21116	0.377	0.023
N.3082	0.307	0.458
P.305	1.192	0.513
N.3007	0.446	0.089

Tablo 39 incelendiğinde bütün düzeltmelerin test büyüklüğü, data snooping için karşılaştırma değeri olan 3.29’dan küçüktür. Sonuç olarak bütün ölçüler uyumludur.

2.5.2. 16 Ortak Noktalı Kollokasyon Yöntemiyle Benzerlik Dönüşümü Uygulaması

16 ortak noktanın, ED50 datum koordinatlarının yer aldığı tablo 6’daki değerler kullanılarak (32×4) boyutlu katsayılar matrisi A oluşturulmuştur. (32×1) boyutlu L matrisi

de, yine aynı tablonun ITRF96 koordinatlarından elde edilmiştir. S_x ve S_y sinyallerinin hesaplanmasını içeren kollokasyonlu benzerlik dönüşümü yöntemi, bu sebeple benzerlik dönüşümünden ayrılır. 16 noktanın her birinin birbirleriyle arasındaki uzaklığı kilometre cinsinden gösteren (16×16) boyutlarındaki d_{ij} matrisi elde edilmiştir. Dönüşüm parametrelerinin ve sinyallerin elde edildiği (24) ve (29) eşitlikleri için, ağırlık matrisi olan P 'nin hesaplanması gerekir. Bu değer de (25) eşitliği ile elde edilmiş (32×32) boyutlu bir matristir. Eşitlikte kullanılan (32×32) boyutlu C_{ss} matrisi (27) ve (28) yardımıyla oluşturulmuştur. d_x ve d_y sinyallerin mesafe korelasyonunun derecesinin belirleyen katsayılarıdır (BÖHHBÜY, 2018). Bu katsayıların uygun değerlerinin bulunması için bunlara başlangıçta keyfi olarak $d_x = 7$ ve $d_y = 10$ verilmiştir. Katsayılar matrisinin transpozesi alınarak (4×32) boyutlu A^T matrisi oluşturulmuş A^T ile P matrisleri çarpılarak (4×32) boyutlarındaki yeni matris elde edilmiştir. Bu matris tekrar A matrisi ile çarpılarak 4×4 boyutlarındaki $A^T \times P \times A$ matrisi elde edilmiştir. Ardından bu çarpım matrisinin tersi alınıp (23) değerleri elde edilmiştir. $A^T \times P$ matrisi ile L matrisi de çarpılarak (4×1) boyutlu $A^T \times P \times L$ matrisi elde edilmiş, (24) eşitliğiyle de (4×1) boyutlarındaki bilinmeyenler matrisi oluşturulmuştur.

Düzeltilmelerin hesaplandığı eşitlikte sinyallerin varlığı söz konusu olduğundan önce sinyallerin hesaplanması gerekmektedir. Sinyaller (29) eşitliği ile elde edilir. Bunun için önce (32×1) boyutlu $A \times X$ matrisi oluşturulmuştur. L ile $A \times X$ matrisleri çıkarılarak (32×1) boyutlu $L - AX$ matrisi elde edilmiştir. C_{ss} ile P matrisleri çarpılarak (32×32) boyutlu $C_{ss} \times P$ matrisi elde edilmiştir. (29) eşitliği yardımıyla da (32×1) boyutundaki sinyallerin elde edildiği matris hesaplanmıştır.

16 ortak noktanın, kollokasyonlu benzerlik yöntemiyle dönüştürülmüş koordinatları hesaplanmadan önce, bu noktalara getirilecek düzeltilmelerin hesaplanması gerekmektedir. Düzeltilmeler, (22) eşitliğinden elde edilmiştir. Eski koordinatlara düzeltilmeler eklenerek de dönüştürülmüş koordinatlar hesaplanmıştır. Dönüştürülmüş koordinatlar, sinyaller ile bu koordinatların düzeltilmeleri tablo 43'te gösterilmiştir.

Tablo 43. 16 ortak noktanın kollokasyonlu benzerlik yöntemine göre dönüştürülmüş koordinatları, düzeltilmeleri ve sinyalleri

Nokta No	Orijinal		Dönüşüm Sonrası		Düzeltilmeler		Sinyaller	
	Yukarı (m)	Sağa(m)	Yukarı (m)	Sağa(m)	$V_x(m)$	$V_y(m)$	$S_x(m)$	$S_y(m)$
N.F42H022	4546668.577	519636.363	4546668.622	519636.436	0.045	0.073	-0.038	-0.046

Tablo 43'ün devamı

N.G4230020	4523447.950	534145.420	4523447.929	534145.528	-0.021	0.108	0.053	-0.095
N.661	4505168.275	541271.388	4505168.370	541271.344	0.095	-0.044	-0.072	0.031
G4330066	4519464.249	568576.627	4519464.240	568576.522	-0.009	-0.105	0.029	0.089
G4430044	4519334.725	595092.881	4519334.809	595092.857	0.084	-0.024	-0.087	-0.003
9	4529093.925	610228.989	4529093.925	610229.033	0.000	0.044	-0.010	-0.048
N21116	4528049.160	579253.730	4528049.200	579253.718	0.040	-0.012	-0.033	0.023
N.3082	4540027.190	554763.343	4540027.163	554763.310	-0.027	-0.033	0.061	0.025
P.305	4523059.010	542216.520	4523058.921	542216.584	-0.089	0.064	0.107	-0.077
N.3007	4535145.616	558037.034	4535145.592	558037.017	-0.024	-0.017	0.075	0.013
NVÇ3	4541983.437	531223.711	4541983.406	531223.689	-0.031	-0.022	0.028	0.000
N.2115	4530749.877	564442.382	4530749.830	564442.454	-0.047	0.072	0.073	-0.006
NVÇ1	4529702.088	519336.209	4529702.139	519336.097	0.050	-0.113	-0.042	0.070
N.600	4519119.635	555077.801	4519119.551	555077.754	-0.084	-0.047	0.104	0.044
N.21236	4510669.022	587810.565	4510669.044	587810.590	0.022	0.025	-0.041	-0.007
G4430022	4527455.487	597366.744	4527455.483	597366.775	-0.004	0.031	-0.032	-0.029

Tablo 43 incelendiğinde hem x hem de y yönündeki bütün düzeltmelerin yönetmelikteki sınır değer olan $\pm 14\text{cm}$ 'den küçük olduğu görülür.

Uygulamada, ortak noktaların kollokasyonlu benzerlik yöntemiyle dönüştürülmüş koordinatlarının hesaplamasının ardından, ilin tamamında geriye kalan test noktalarının dönüştürülmüş koordinatları hesaplanmıştır. Ancak bunun için de test noktalarına getirilecek sinyallerin ve test noktalarının koordinatlarının hesaplanmasında kullanılan dönüşüm parametrelerinin hesaplanması gerekmektedir. Dönüşüm parametreleri ise bilinmeyenler matrisinden sırasıyla (9) ile (10) eşitlikleri yardımıyla elde edilmiştir. Bu parametreler tablo 44'te gösterilmiştir.

Tablo 44. 16 ortak nokta ile hesaplanan kollokasyonlu benzerlik dönüşümü parametreleri

Parametre Adı	Parametre Değeri
x yönünde öteleme	-64.414 m
y yönünde öteleme	-56.067 m
ölçek faktörü	0.999974943
dönüklük	$1.23265 \cdot 10^{-5}$ radyan

Parametre tahmininde kullanılmayan ortak noktalar dışındaki herhangi bir noktanın, dönüşüm sonrası hesaplanacak yeni koordinatlarına getirilecek sinyalleri, (30) eşitliği ile hesaplanır. Burada C_{sspi} matrisinin elemanları, yeni noktanın parametre tahmininde kullanılan noktalarla arasındaki korelasyon değerlerinden oluşur ve bu değerler (31) ile (32) eşitliklerinin kullanılmasıyla elde edilir. 16 ortak nokta ile test noktalarının her birinin birbirleriyle olan uzaklığı yine kilometre cinsinden hesaplanmış, matris biçiminde elde

edilmiştir. Ardından C_{sspi} elde edilmiş, bu matris ile P matrisi çarpılarak $C_{sspi} \times P$ matrisi hesaplanmıştır. $C_{sspi} \times P$ ile L-AX matrisleri çarpılarak test noktalarına ait sinyallerin çekileceği matris elde edilmiştir.

Test noktalarının dönüştürülmüş koordinatları hesaplandıktan sonra birim ölçünün karesel ortalama hatası hesaplanmıştır. Duyarlık kavramını simgeleyen karesel ortalama hata, kollokasyonlu benzerlik yönteminde (35) eşitliğinden elde edilir. Bunun için 16 ortak noktaya ait sinyaller matrisinin transpozesi alınmış, (1×32) boyutlu satır matris elde edilmiştir. Uygulamanın başlangıcında hesaplanan (32×32) boyutundaki C_{ss} matrisinin tersi alınarak C_{ss}^{-1} matrisi elde edilmiştir. S^T ile C_{ss}^{-1} matrisleri çarpılarak (1×32) boyutlu yeni bir satır matris elde edilmiştir. Elde edilen bu matris de (32×1) boyutlu S ortak noktaların sinyalleri matrisi ile çarpılarak (1×1) boyutlu $S^T \times C_{ss}^{-1} \times S$ değeri elde edilmiştir. Bu değer (35) eşitliğinde kullanılmasıyla 16 ortak noktanın kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde karesel ortalama hatası belirlenmiştir. Buna göre birim ölçünün karesel ortalama hatası $m_0 = \pm 0.083m$ 'dir. Dört bilinmeyenle çözülen kollokasyonlu benzerlik dönüşümündeki parametrelerin ortalama hataları ise kofaktörler matrisinin köşegen elemanları kullanılarak (37) eşitliğiyle elde edilmiştir. Duyarlık hesaplarıyla elde edilen ortalama hatalar tablo 45'te gösterilmiştir.

Tablo 45. 16 ortak noktalı kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde parametrelerin ortalama hataları

Parametre Adı	Ortalama Hata
x yönünde öteleme	5.370 m
y yönünde öteleme	5.107 m
ölçek faktörü	$1.17606 \cdot 10^{-6}$
dönüklük	$1.12078 \cdot 10^{-6}$

Uyuşumsuz ölçülere sahip noktaları belirlemek için data snooping testinden yararlanılmıştır. Buna göre düzeltmelerin test değerleri (42) eşitliğinden elde edilmiştir. 16 ortak noktalı kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde ortak noktaların data snooping test değerleri tablo 46'da gösterilmiştir.

Tablo 46. 16 ortak noktalı kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde ortak noktaların data snooping testi değerleri

Nokta No	T_x	T_y	Nokta No	T_x	T_y
N.F42H022	0.535	0.874	P.305	1.065	0.769
N.G4230020	0.255	1.293	N.3007	0.292	0.201

Tablo 46'nın devamı

N.661	1.143	0.533	NVÇ3	0.371	0.263
G4330066	0.110	1.263	N.2115	0.558	0.859
G4430044	1.008	0.283	NVÇ1	0.605	1.351
9	0.001	0.533	N.600	1.012	0.568
N21116	0.483	0.143	N.21236	0.261	0.300
N.3082	0.322	0.393	G4430022	0.050	0.370

Tablo 46 incelendiğinde bütün düzeltmelerin test büyüklüğünün, data snooping için karşılaştırma değeri olan 3.29'dan küçük olduğu görülür. Sonuç olarak bütün ölçüler uyumludur.

2.5.3. 10 ve 16 Ortak Noktalı Kollokasyon Yöntemiyle Benzerlik Dönüşüm Modellerinin Karşılaştırılması

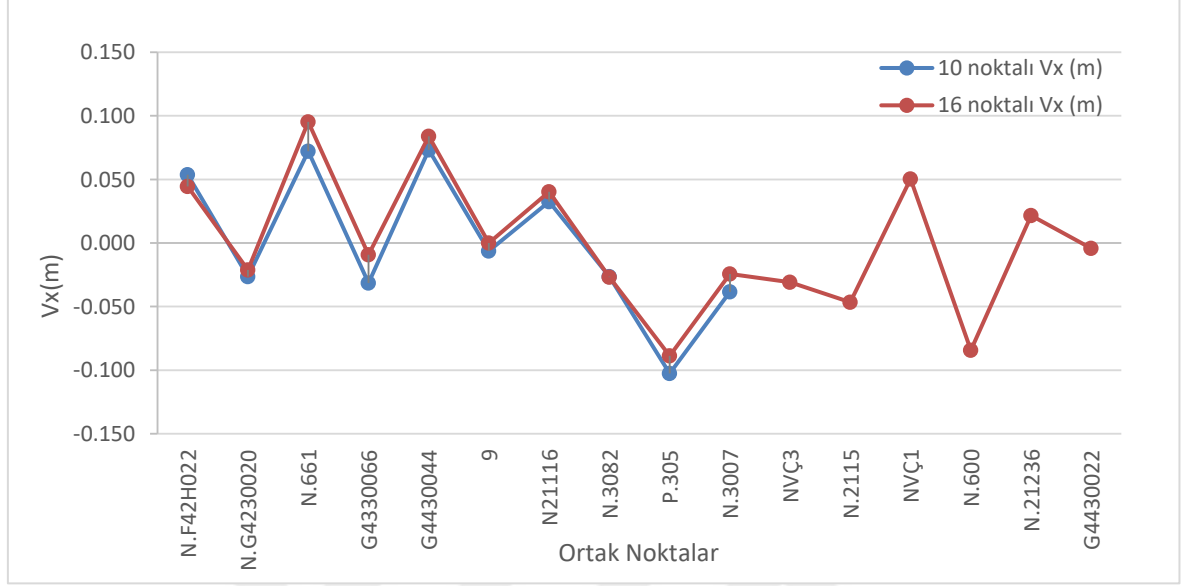
Farklı ortak nokta sayılarıyla yapılan iki dönüşümde, ortak noktaların ITRF96 datumunda hesaplanan yeni koordinatları ile orijinal değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda hem x eksenini hem de y eksenini boyunca farklar olduğu görülmüştür. x eksenini boyunca elde edilen farklar tablo 47'de gösterilmiştir.

Tablo 47. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde ortak noktaların x eksenini boyunca elde edilen düzeltmeleri

Nokta No	10 noktalı V_x (m)	16 noktalı V_x (m)
N.F42H022	0.054	0.045
N.G4230020	-0.026	-0.021
N.661	0.072	0.095
G4330066	-0.031	-0.009
G4430044	0.073	0.084
9	-0.006	0.000
N21116	0.032	0.040
N.3082	-0.026	-0.027
P.305	-0.103	-0.089
N.3007	-0.038	-0.024
NVÇ3		-0.031
N.2115		-0.047
NVÇ1		0.050
N.600		-0.084
N.21236		0.022
G4430022		-0.004

Tablo 47 incelendiğinde hem 10 hem de 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde x eksenini boyunca elde edilen tüm düzeltmelerin yönetmelikte

belirlenen $\pm 14\text{cm}$ sınır değerinden küçük olduğu görülmüştür. Bu düzeltme değerlerinin grafik olarak gösterimi şekil 21’de yer almıştır.



Şekil 21. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümü sonucu ortak noktaların x eksenini boyuncaya elde edilen düzeltmeleri

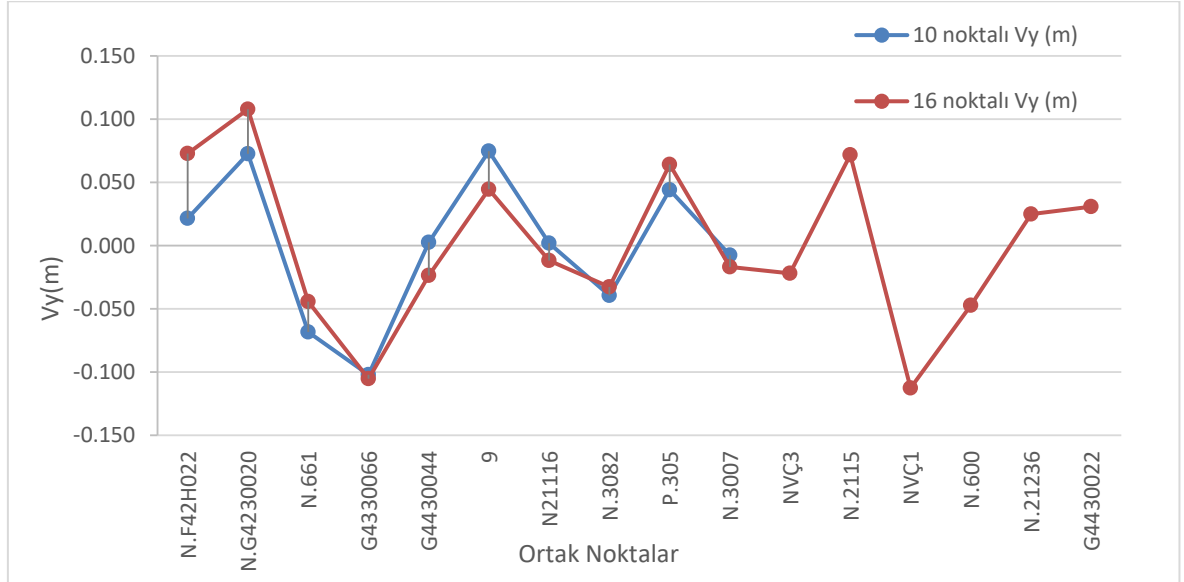
Şekil 21 incelendiğinde kollokasyonlu benzerlik dönüşümü sonucu x eksenini boyuncaya elde edilen düzeltmelerin $\pm 10\text{cm}$ aralığında olduğu görülmüştür. 10 ortak nokta ile yapılan dönüşümde dört noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 5\text{cm}$ ile $\pm 10\text{cm}$ arasında, altı noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 5\text{cm}$ aralığında olduğu gözlenmiştir. 16 ortak nokta ile yapılan dönüşümde ise dört noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 5\text{cm}$ ile $\pm 10\text{cm}$ arasında, kalan on iki noktanın düzeltme değerlerinin ise $\pm 5\text{cm}$ aralığında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde ilk 10 noktanın yedi tanesinin düzeltme değeri küçülmüş yani hassasiyeti artmıştır. Bu durumda x eksenini yönünde kollokasyonlu benzerlik dönüşümü ortak nokta sayısı 10’dan 16’ya çıkarıldığında tercih edilebilir. Yani nokta sayısının artması x eksenini yönünde kollokasyonlu benzerlik dönüşümünün tercih edilmesi için yeterli olmuştur.

Farklı ortak nokta sayılarıyla yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümü sonucu y eksenini boyuncaya elde edilen düzeltmeler tablo 48’de gösterilmiştir.

Tablo 48. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde ortak noktaların y eksenini boyunca elde edilen düzeltmeleri

Nokta No	10 noktalı V_y (m)	16 noktalı V_y (m)
N.F42H022	0.021	0.073
N.G4230020	0.073	0.108
N.661	-0.068	-0.044
G4330066	-0.102	-0.105
G4430044	0.003	-0.024
9	0.075	0.044
N21116	0.002	-0.012
N.3082	-0.039	-0.033
P.305	0.044	0.064
N.3007	-0.008	-0.017
NVÇ3		-0.022
N.2115		0.072
NVÇ1		-0.113
N.600		-0.047
N.21236		0.025
G4430022		0.031

Tablo 48 incelendiğinde hem 10 hem de 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde y eksenini boyunca elde edilen düzeltmelerin tamamının yönetmelikte belirlenen ± 14 cm sınır değerinden küçük olduğu görülmüştür. Bu düzeltme değerlerinin grafik olarak gösterimi şekil 22’de yer almıştır.



Şekil 22. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümü sonucu ortak noktaların y eksenini boyunca elde edilen düzeltmeleri

Şekil 22 incelendiğinde y eksenini boyunca elde edilen tüm nokta düzeltmelerinin $\pm 11\text{cm}$ 'den küçük olduğu görülmüştür. 10 ortak nokta ile yapılan dönüşümde dört noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 5\text{cm}$ ile $\pm 11\text{cm}$ arasında, geriye kalan altı noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 5\text{cm}$ aralığında olduğu tespit edilmiştir. 16 ortak nokta ile yapılan dönüşümde ise altı noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 5\text{cm}$ ile $\pm 11\text{cm}$ arasında, kalan on noktanın düzeltme değerlerinin $\pm 5\text{cm}$ aralığında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde ilk 10 noktanın üç tanesinin y eksenini yönündeki düzeltme değeri küçülmüş yani hassasiyeti artmış, kalan yedi tanesinin düzeltme değeri büyümüş yani hassasiyeti azalmıştır. Bu durumda y eksenini yönünde kollokasyonlu benzerlik dönüşümü ortak nokta sayısı 10'dan 16'ya çıkarıldığında tercih edilemez. Yani nokta sayısının artması y eksenini yönünde kollokasyonlu benzerlik dönüşümünün tercih edilmesi için yeterli olmamıştır.

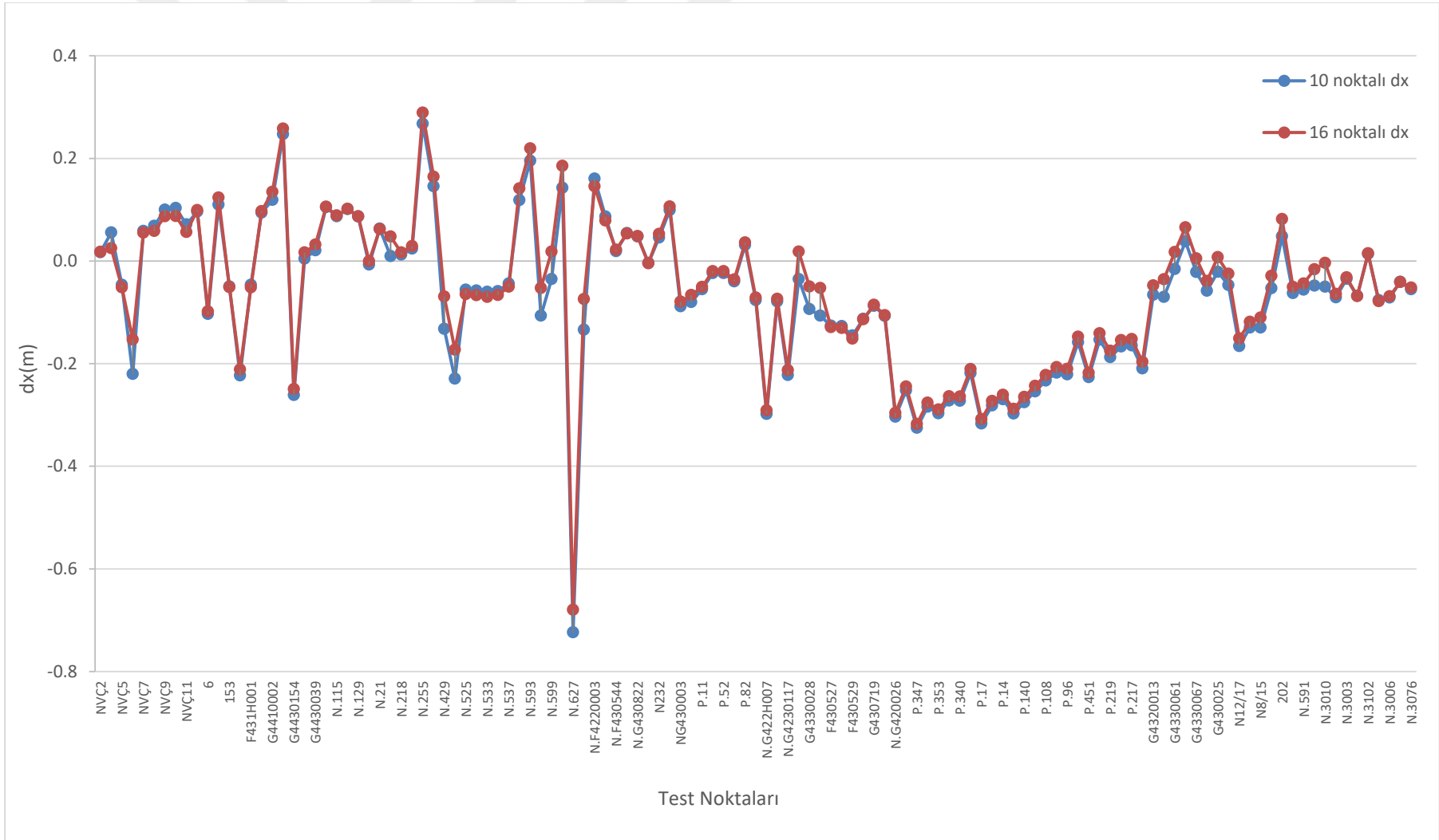
Hem 10 hem de 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümlerinde ilin tamamında hesaplanan test noktalarının x eksenini yönündeki farkları tablo 49'da gösterilmiştir. Tablo 49'da verilen test noktalarının farkları şekil 23'te grafik olarak gösterilmiştir.

Tablo 49. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde test noktalarının x eksenini boyunca elde edilen koordinat farkları

Nokta No	10 noktalı $d_x(m)$	16 noktalı $d_x(m)$	Nokta No	10 noktalı $d_x(m)$	16 noktalı $d_x(m)$	Nokta No	10 noktalı $d_x(m)$	16 noktalı $d_x(m)$
NVÇ2	0.017	0.018	N.599	-0.035	0.018	P.14	-0.270	-0.261
NVÇ4	0.056	0.025	N.620	0.143	0.185	P.73	-0.298	-0.288
NVÇ5	-0.046	-0.051	N.627	-0.724	-0.680	P.140	-0.275	-0.265
NVÇ6	-0.220	-0.153	N.653	-0.134	-0.074	P.113	-0.254	-0.244
NVÇ7	0.058	0.055	N.F4220003	0.160	0.146	P.108	-0.233	-0.222
NVÇ8	0.069	0.059	N.F422H004	0.087	0.079	P.94	-0.218	-0.207
NVÇ9	0.100	0.087	N.F430544	0.019	0.022	P.96	-0.221	-0.210
NVÇ10	0.103	0.088	N.G430042	0.054	0.054	P.163	-0.158	-0.148
NVÇ11	0.071	0.056	N.G430822	0.048	0.049	P.451	-0.227	-0.218
1	0.096	0.099	N.G430823	-0.004	-0.004	P.332	-0.154	-0.141
6	-0.103	-0.098	N232	0.045	0.052	P.219	-0.188	-0.175
12	0.110	0.124	N537	0.099	0.106	P.218	-0.167	-0.154
153	-0.050	-0.051	NG430003	-0.088	-0.079	P.217	-0.164	-0.152
154	-0.223	-0.212	NG430005	-0.080	-0.066	P.288/2	-0.210	-0.197
F431H001	-0.046	-0.051	P.11	-0.055	-0.050	G4320013	-0.066	-0.048
G44_G001	0.094	0.097	P.122	-0.024	-0.020	G4330060	-0.070	-0.036
G4410002	0.119	0.135	P.52	-0.024	-0.020	G4330061	-0.016	0.017
G4420008	0.247	0.258	P.61	-0.040	-0.036	G4330062	0.038	0.066
G4430154	-0.261	-0.250	P.82	0.031	0.036	G4330067	-0.022	0.005
G4430027	0.005	0.017	N.G422H002	-0.076	-0.071	G4330068	-0.058	-0.039
G4430039	0.021	0.032	N.G422H007	-0.298	-0.291	G430025	-0.021	0.008

Tablo 49'un devamı

N.114	0.105	0.106	N.G423H104	-0.079	-0.074	G430522	-0.047	-0.025
N.115	0.087	0.089	N.G4230117	-0.222	-0.213	N12/17	-0.166	-0.151
N.127	0.101	0.102	G4320007	-0.035	0.018	N12/18	-0.130	-0.119
N.129	0.087	0.087	G4330028	-0.094	-0.050	N8/15	-0.130	-0.110
N.206	-0.007	-0.001	G4330038	-0.107	-0.053	201	-0.053	-0.029
N.21	0.063	0.062	F430527	-0.126	-0.129	202	0.048	0.082
N.21011	0.010	0.048	F430528	-0.127	-0.131	N.590	-0.063	-0.050
N.218	0.012	0.017	F430529	-0.145	-0.151	N.591	-0.056	-0.044
N.219	0.024	0.029	G430724	-0.113	-0.114	N.3008	-0.048	-0.016
N.255	0.267	0.289	G430719	-0.087	-0.085	N.3010	-0.050	-0.004
N.257	0.146	0.164	G430717	-0.107	-0.106	N.3005	-0.071	-0.064
N.429	-0.132	-0.069	N.G420026	-0.304	-0.296	N.3003	-0.035	-0.032
N.434	-0.229	-0.173	P.356	-0.252	-0.245	N.3061	-0.068	-0.068
N.525	-0.056	-0.065	P.347	-0.325	-0.318	N.3102	0.014	0.015
N.529	-0.058	-0.067	P.348	-0.284	-0.276	N.3001	-0.076	-0.078
N.533	-0.060	-0.070	P.353	-0.297	-0.289	N.3006	-0.071	-0.069
N.536	-0.059	-0.066	N.420543	-0.272	-0.264	N.3071	-0.041	-0.041
N.537	-0.044	-0.050	P.340	-0.272	-0.264	N.3076	-0.055	-0.052
N.585	0.119	0.141	P.505	-0.219	-0.211			
N.593	0.195	0.219	P.17	-0.317	-0.308			
N.598	-0.107	-0.053	N.420532	-0.282	-0.273			



Şekil 23. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümü sonrasında test noktalarının x eksenı boyunca elde edilen koordinat farkları

Tablo 49 ve şekil 23 birlikte incelendiğinde test noktalarının x eksen yönündeki fark değerlerinin genellikle $\pm 14\text{cm}$ aralığında olduğu gözlenmiştir. Benzerlik ve afin dönüşümlerine göre farkların küçüldüğü gözlenmiştir. 12 noktanın düzeltme değerleri $\pm 15\text{cm}$ ile $\pm 20\text{cm}$ aralığındadır. 24 noktanın düzeltme değerleri de $\pm 20\text{cm}$ ile $\pm 32\text{cm}$ aralığındadır. Bu noktaların 20 tanesi Akçaabat ilçesine bağlı Kayabaşı Yaylası'nda yer almaktadır ki bu noktalar benzerlik ve afin dönüşümlerinde de farkları diğer noktalara göre yüksek çıkan aynı noktalardır. Maçka ilçesi Kiremitli Mahallesi'nde yer alan N.627 noktasının düzeltme değerleri ise yine $\pm 65\text{cm}$ ile $\pm 75\text{cm}$ arasındadır. Ayrıca 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde, test noktalarının 77 tanesine ait düzeltmelerin, 10 ortak nokta ile yapılan dönüşüme göre daha hassas olduğu yani sıfıra daha yakın olduğu belirlenmiştir. Bu sayı benzerlik dönüşümünde 69 iken afin dönüşümünde 76 olmuş, kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde de 77 olmuştur. Yani elde edilen parametreler Trabzon ilinin tamamındaki test noktalarına uygulandığında x eksen yönünde 16 ortak noktalı kollokasyonlu benzerlik dönüşümü diğer yöntemlere göre daha hassastır ve kullanılması daha uygundur.

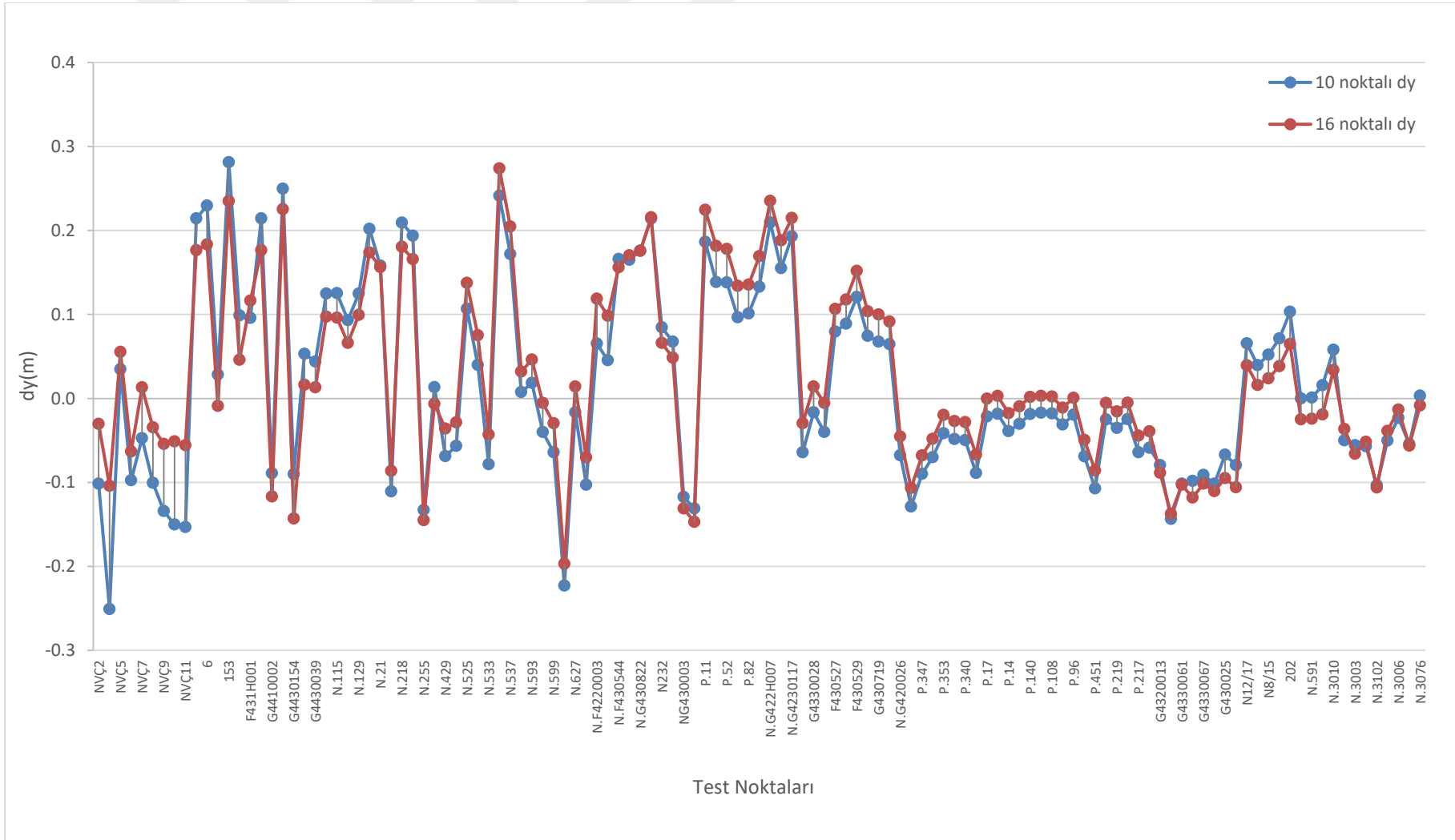
İlin tamamında yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde test noktalarına ait farkların y eksen yönündeki değerleri tablo 50'de gösterilmiştir. Tablo 50'deki test noktalarına ait fark değerleri şekil 24'te yine grafik olarak gösterilmiştir.

Tablo 50. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde test noktalarının y eksen boyunca elde edilen koordinat farkları

Nokta No	10 Noktalı $d_y(\text{m})$	16 Noktalı $d_y(\text{m})$	Nokta No	10 Noktalı $d_y(\text{m})$	16 Noktalı $d_y(\text{m})$	Nokta No	10 Noktalı $d_y(\text{m})$	16 Noktalı $d_y(\text{m})$
NVÇ2	-0.102	-0.030	N.G430822	0.176	0.176	G4330061	-0.102	-0.103
NVÇ4	-0.251	-0.104	N.G430823	0.214	0.216	G4330062	-0.098	-0.118
NVÇ5	0.035	0.055	N232	0.085	0.066	G4330067	-0.091	-0.102
NVÇ6	-0.098	-0.063	N537	0.068	0.048	G4330068	-0.102	-0.110
NVÇ7	-0.047	0.013	NG430003	-0.117	-0.131	G430025	-0.067	-0.095
NVÇ8	-0.101	-0.035	NG430005	-0.131	-0.147	G430522	-0.080	-0.106
NVÇ9	-0.134	-0.054	P.11	0.186	0.225	N12/17	0.066	0.039
NVÇ10	-0.150	-0.051	P.122	0.139	0.181	N12/18	0.040	0.016
NVÇ11	-0.153	-0.056	P.52	0.138	0.178	N8/15	0.052	0.024
1	0.214	0.177	P.61	0.096	0.134	201	0.071	0.038
6	0.230	0.183	P.82	0.101	0.135	202	0.103	0.065
12	0.028	-0.009	N.G422H002	0.133	0.169	N.590	0.000	-0.025
153	0.281	0.235	N.G422H007	0.209	0.235	N.591	0.001	-0.024
154	0.099	0.046	N.G423H104	0.155	0.188	N.3008	0.016	-0.019
F431H001	0.096	0.116	N.G4230117	0.193	0.215	N.3010	0.058	0.034
G44_G001	0.214	0.177	G4320007	-0.064	-0.030	N.3005	-0.050	-0.036
G4410002	-0.089	-0.117	G4330028	-0.017	0.014	N.3003	-0.056	-0.066

Tablo 50'nin devamı

G4420008	0.250	0.225	G4330038	-0.040	-0.006	N.3061	-0.057	-0.052
G4430154	-0.090	-0.143	F430527	0.080	0.106	N.3102	-0.103	-0.106
G4430027	0.053	0.016	F430528	0.089	0.118	N.3001	-0.050	-0.039
G4430039	0.044	0.013	F430529	0.121	0.152	N.3006	-0.023	-0.013
N.114	0.125	0.097	G430724	0.074	0.104	N.3071	-0.054	-0.056
N.115	0.125	0.096	G430719	0.068	0.100	N.3076	0.003	-0.008
N.127	0.093	0.066	G430717	0.064	0.092			
N.129	0.125	0.099	N.G420026	-0.068	-0.045			
N.206	0.202	0.174	P.356	-0.129	-0.107			
N.21	0.158	0.156	P.347	-0.090	-0.068			
N.21011	-0.111	-0.086	P.348	-0.070	-0.048			
N.218	0.209	0.180	P.353	-0.041	-0.020			
N.219	0.194	0.166	N.420543	-0.048	-0.027			
N.255	-0.133	-0.145	P.340	-0.050	-0.028			
N.257	0.013	-0.007	P.505	-0.089	-0.067			
N.429	-0.069	-0.036	P.17	-0.022	0.000			
N.434	-0.057	-0.029	N.420532	-0.018	0.003			
N.525	0.107	0.137	P.14	-0.039	-0.018			
N.529	0.040	0.075	P.73	-0.030	-0.010			
N.533	-0.078	-0.043	P.140	-0.019	0.002			
N.536	0.241	0.274	P.113	-0.017	0.003			
N.537	0.172	0.205	P.108	-0.018	0.002			
N.585	0.008	0.032	P.94	-0.031	-0.011			
N.593	0.019	0.046	P.96	-0.019	0.001			
N.598	-0.040	-0.006	P.163	-0.069	-0.049			
N.599	-0.064	-0.030	P.451	-0.107	-0.086			
N.620	-0.223	-0.197	P.332	-0.025	-0.005			
N.627	-0.017	0.014	P.219	-0.035	-0.016			
N.653	-0.103	-0.070	P.218	-0.025	-0.005			
N.F4220003	0.065	0.119	P.217	-0.064	-0.044			
N.F422H004	0.045	0.098	P.288/2	-0.059	-0.039			
N.F430544	0.166	0.156	G4320013	-0.079	-0.089			
N.G430042	0.165	0.170	G4330060	-0.144	-0.138			



Şekil 24. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümü sonrasında test noktalarının y eksenı boyunca elde edilen koordinat farkları

Tablo 50 ve şekil 24 incelendiğinde test noktalarının y eksenini yönündeki fark değerlerinden 15 tanesinin $\pm 20\text{cm}$ ile $\pm 30\text{cm}$ aralığında olduğu gözlenmiştir. 69 noktanın düzeltme değerleri $\pm 10\text{cm}$ aralığındadır. Ayrıca 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde, test noktalarının 77 tanesine ait y eksenini yönündeki düzeltmelerin, 10 ortak nokta ile yapılan dönüşüme göre daha hassas olduğu yani sıfıra daha yakın olduğu belirlenmiştir.

Tablo 49 ve tablo 50'deki 10 ve 16 ortak noktalı kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde test noktalarının x ve y eksenleri yönündeki koordinat farklarının (d_x ve d_y) mutlak değerce ortalamaları ve bu farkların karesel ortalamalarının ortalaması incelenerek ortak nokta sayısı belirlenmiştir. Buna göre d_x değerlerinin mutlak değerce ortalaması 10 ortak noktada 12.2cm , 16 ortak noktada ise 11.5cm dir. d_y değerlerinin mutlak değerce ortalaması ise 10 ortak noktada 9.3cm , 16 ortak noktada ise 8.4cm dir. Farkların karesel ortalamalarının ortalaması da 10 ortak noktada 17.2cm , 16 ortak noktada ise 16.2cm dir. Dolayısıyla 16 ortak noktalı kollokasyonlu benzerlik dönüşümü ile daha hassas sonuçlar elde edilir.

3. BULGULAR VE İRDELEMELER

Trabzon ilinin tamamında kullanılmak üzere 10 ve 16 ortak noktalı iki boyutlu Benzerlik, Afin ve Kollokasyonlu Benzerlik (KB) dönüşümleri yapılmıştır. Bu dönüşümlerin her birinde farklı parametreler elde edilmiş, her yöntem hesaplanan parametreleriyle ilin tamamında geriye kalan test noktalarına uygulanmıştır. Üç yöntemde de 16 ortak noktalı dönüşümlerde daha hassas sonuçlar edilmiş, en uygun olan yöntemi belirlemek amacıyla üç yöntem sonucu elde edilen düzeltmeler hem ortak noktalar bakımından hem de test noktaları bakımından birbiriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca irdelemeler sonucu bulunan en hassas dönüşüm yöntemi Trabzon'un ilçelerinde daha önce yapılan datum dönüşümlerinde test edilecektir.

3.1. 16 Ortak Noktalı Dönüşüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması

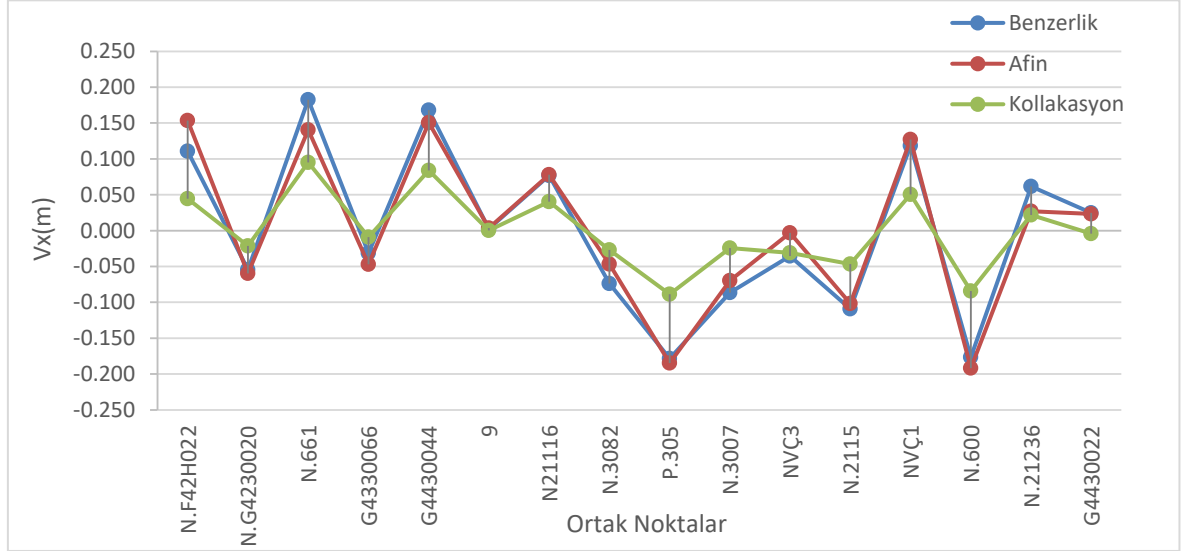
16 ortak nokta ile yapılan dönüşümler sonucu, ortak noktaların x ekseni boyunca elde edilen düzeltmeleri tablo 51'de gösterilmiştir.

Tablo 51. 16 ortak nokta ile yapılan iki boyutlu dönüşümlerde ortak noktaların x ekseni boyunca elde edilen düzeltmeleri

Nokta No	Benzerlik	Afin	KB
N.F42H022	0.111	0.153	0.045
N.G4230020	-0.055	-0.060	-0.021
N.661	0.183	0.140	0.095
G4330066	-0.031	-0.047	-0.009
G4430044	0.168	0.151	0.084
9	0.002	0.004	0.000
N21116	0.077	0.078	0.040
N.3082	-0.074	-0.047	-0.027
P.305	-0.178	-0.185	-0.089
N.3007	-0.087	-0.070	-0.024
NVÇ3	-0.035	-0.003	-0.031
N.2115	-0.109	-0.102	-0.047
NVÇ1	0.119	0.127	0.050
N.600	-0.176	-0.192	-0.084
N.21236	0.061	0.027	0.022
G4430022	0.025	0.023	-0.004

Tablo 51’de, ortak noktaların, yöntemlere ait koordinat farklarının, mutlak değerce ortalamalarına bakıldığında sırasıyla; 9.3cm, 8.8cm ve 4.2cm x yönünde düzeltmeler gelmektedir. Dolayısıyla en hassas sonucun kollokasyonlu benzerlik yöntemiyle elde edildiği açıkça görülmektedir.

Tablo 51’de gösterilen verilerin grafik olarak gösterimi şekil 25’te yer almıştır.



Şekil 25. 16 ortak nokta ile yapılan iki boyutlu dönüşümlerde ortak noktaların x eksenı boyunca elde edilen düzeltmeleri

Ortak noktaların her bir yöntemle y eksenı boyunca elde edilen düzeltmeleri ise tablo 52’de gösterilmiştir.

Tablo 52. 16 ortak nokta ile yapılan iki boyutlu dönüşümlerde ortak noktaların y eksenı boyunca elde edilen düzeltmeleri

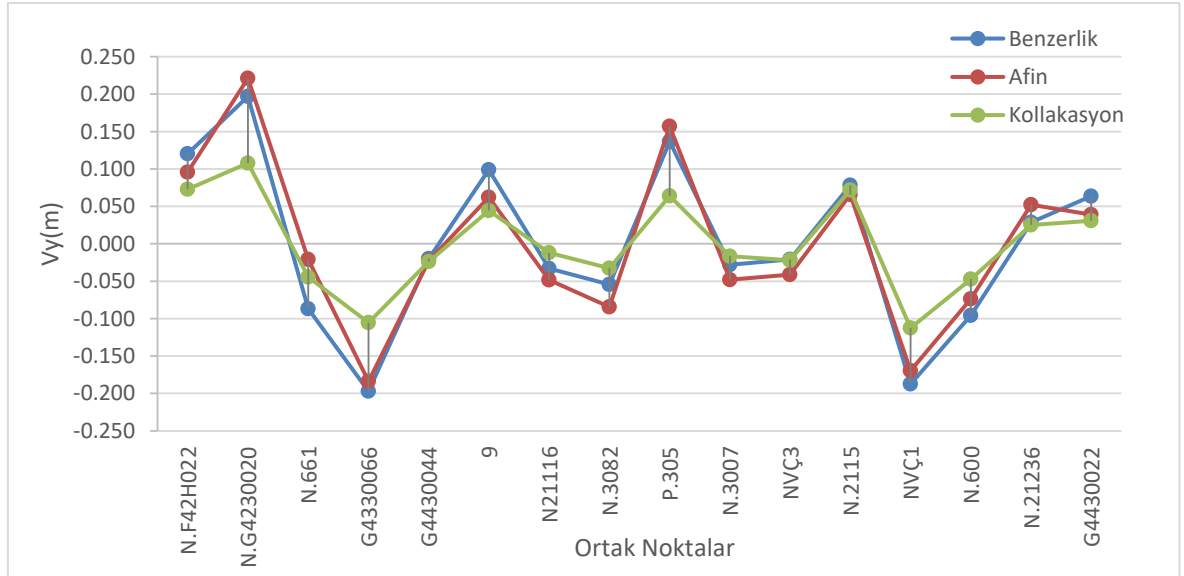
Nokta No	Benzerlik	Afin	KB
N.F42H022	0.120	0.096	0.073
N.G4230020	0.197	0.221	0.108
N.661	-0.087	-0.021	-0.044
G4330066	-0.197	-0.184	-0.105
G4430044	-0.020	-0.023	-0.024
9	0.099	0.062	0.044
N21116	-0.033	-0.048	-0.012
N.3082	-0.055	-0.085	-0.033
P.305	0.137	0.157	0.064
N.3007	-0.028	-0.048	-0.017
NVÇ3	-0.021	-0.041	-0.022
N.2115	0.078	0.066	0.072
NVÇ1	-0.188	-0.170	-0.113
N.600	-0.096	-0.074	-0.047

Tablo 52'nin devamı

N.21236	0.029	0.052	0.025
G4430022	0.064	0.039	0.031

Tablo 52'de, ortak noktaların, yöntemlere ait koordinat farklarının, mutlak değerce ortalamalarına bakıldığında sırasıyla; 9.1cm, 8.7cm ve 5.2cm y yönünde düzeltmeler gelmektedir. Dolayısıyla en hassas sonucun kollokasyonlu benzerlik yöntemiyle elde edildiği açıkça görülmektedir.

Tablo 52'de yer alan verilerin grafik olarak gösterimi şekil 26'da yer almıştır.



Şekil 26. 16 ortak nokta ile yapılan iki boyutlu dönüşümlerde ortak noktaların y ekseninde elde edilen düzeltmeleri

Şekil 25 ve 26'da yöntemlerin ortak noktalarda x ve y yönündeki düzeltmelerinin karesel ortalamalarının ortalamasına bakıldığında ise sırasıyla; 14.2cm, 13.5cm ve 7.3cm değerleri elde edilmektedir. Dolayısıyla en hassas sonucun kollokasyonlu benzerlik yöntemiyle elde edildiği açıkça görülmektedir.

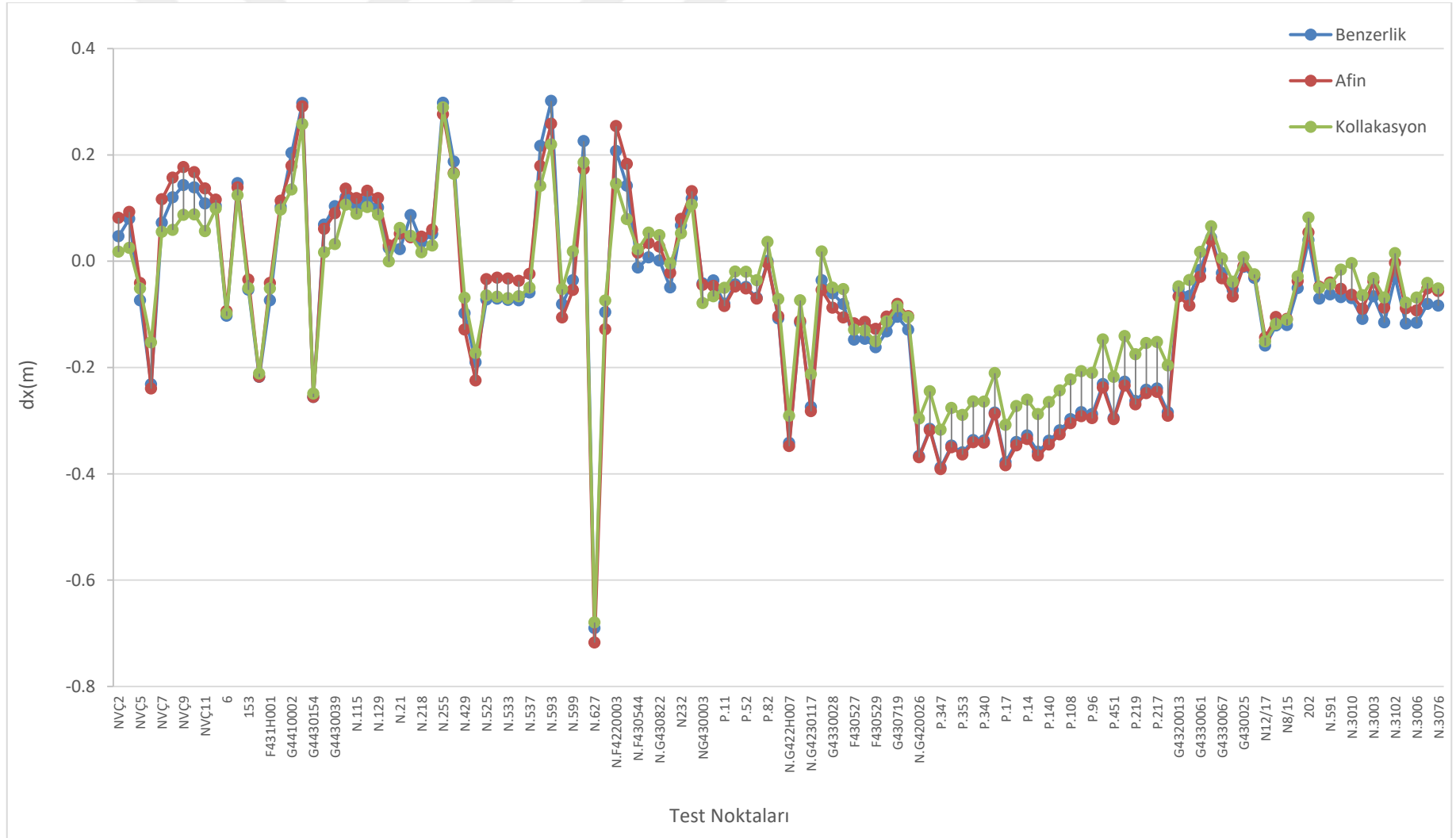
Yapılan dönüşümler sonucu ilin tamamında uygulanan parametrelerle, yöntemlerin üçünde test noktalarının x ekseninde elde edilen farkları tablo 53'te verilmiştir. Nokta sayısının fazlalığı karşılaştırmayı güçleştirdiğinden tablo 53'te verilen değerler şekil 27'de grafik olarak gösterilmiştir.

Tablo 53. 16 ortak nokta ile yapılan iki boyutlu dönüşümlerde test noktalarının x ekseni boyunca elde edilen farkları

Nokta	Benzerlik	Afin	KB	Nokta	Benzerlik	Afin	KB	Nokta	Benzerlik	Afin	KB
NVC2	0.047	0.082	0.018	NG430003	-0.042	-0.045	-0.079	N8/15	-0.120	-0.109	-0.110
NVC4	0.080	0.092	0.025	NG430005	-0.036	-0.047	-0.066	201	-0.051	-0.038	-0.029
NVC5	-0.074	-0.041	-0.051	P.11	-0.080	-0.085	-0.050	202	0.040	0.054	0.082
NVC6	-0.232	-0.240	-0.153	P.122	-0.044	-0.048	-0.020	N.590	-0.071	-0.048	-0.050
NVC7	0.072	0.116	0.055	P.52	-0.049	-0.051	-0.020	N.591	-0.063	-0.041	-0.044
NVC8	0.120	0.157	0.059	P.61	-0.069	-0.071	-0.036	N.3008	-0.068	-0.052	-0.016
NVC9	0.143	0.177	0.087	P.82	0.000	-0.004	0.036	N.3010	-0.070	-0.063	-0.004
NVC10	0.139	0.167	0.088	N.G422H002	-0.108	-0.104	-0.071	N.3005	-0.109	-0.090	-0.064
NVC11	0.108	0.137	0.056	N.G422H007	-0.342	-0.348	-0.291	N.3003	-0.066	-0.038	-0.032
1	0.104	0.115	0.099	N.G423H104	-0.116	-0.113	-0.074	N.3061	-0.115	-0.088	-0.068
6	-0.103	-0.094	-0.098	N.G4230117	-0.274	-0.282	-0.213	N.3102	-0.030	-0.003	0.015
12	0.147	0.139	0.124	G4320007	-0.036	-0.054	0.018	N.3001	-0.118	-0.089	-0.078
153	-0.054	-0.035	-0.051	G4330028	-0.061	-0.088	-0.050	N.3006	-0.116	-0.093	-0.069
154	-0.218	-0.218	-0.212	G4330038	-0.081	-0.106	-0.053	N.3071	-0.081	-0.052	-0.041
F431H001	-0.074	-0.041	-0.051	F430527	-0.148	-0.117	-0.129	N.3076	-0.084	-0.056	-0.052
G44_G001	0.102	0.113	0.097	F430528	-0.146	-0.115	-0.131				
G4410002	0.203	0.179	0.135	F430529	-0.162	-0.128	-0.151				
G4420008	0.297	0.291	0.258	G430724	-0.132	-0.104	-0.114				
G4430154	-0.256	-0.256	-0.250	G430719	-0.105	-0.081	-0.085				
G4430027	0.069	0.061	0.017	G430717	-0.129	-0.104	-0.106				
G4430039	0.103	0.090	0.032	N.G420026	-0.367	-0.369	-0.296				
N.114	0.120	0.136	0.106	P.356	-0.316	-0.318	-0.245				
N.115	0.104	0.118	0.089	P.347	-0.388	-0.391	-0.318				
N.127	0.115	0.132	0.102	P.348	-0.347	-0.350	-0.276				
N.129	0.101	0.118	0.087	P.353	-0.360	-0.364	-0.289				
N.206	0.025	0.030	-0.001	N.420543	-0.337	-0.341	-0.264				
N.21	0.023	0.052	0.062	P.340	-0.338	-0.342	-0.264				
N.21011	0.087	0.045	0.048	P.505	-0.285	-0.288	-0.211				
N.218	0.036	0.046	0.017	P.17	-0.378	-0.384	-0.308				
N.219	0.051	0.059	0.029	N.420532	-0.340	-0.347	-0.273				
N.255	0.298	0.276	0.289	P.14	-0.328	-0.335	-0.261				
N.257	0.187	0.166	0.164	P.73	-0.359	-0.366	-0.288				
N.429	-0.098	-0.129	-0.069	P.140	-0.338	-0.345	-0.265				
N.434	-0.190	-0.225	-0.173	P.113	-0.318	-0.326	-0.244				
N.525	-0.072	-0.034	-0.065	P.108	-0.297	-0.305	-0.222				

Tablo 53'ün devamı

N.529	-0.071	-0.031	-0.067	P.94	-0.284	-0.292	-0.207				
N.533	-0.073	-0.033	-0.070	P.96	-0.288	-0.295	-0.210				
N.536	-0.074	-0.037	-0.066	P.163	-0.232	-0.238	-0.148				
N.537	-0.059	-0.024	-0.050	P.451	-0.295	-0.297	-0.218				
N.585	0.217	0.179	0.141	P.332	-0.227	-0.234	-0.141				
N.593	0.301	0.259	0.219	P.219	-0.263	-0.270	-0.175				
N.598	-0.081	-0.106	-0.053	P.218	-0.242	-0.248	-0.154				
N.599	-0.036	-0.054	0.018	P.217	-0.240	-0.246	-0.152				
N.620	0.226	0.173	0.185	P.288/2	-0.284	-0.291	-0.197				
N.627	-0.691	-0.718	-0.680	G4320013	-0.052	-0.067	-0.048				
N.653	-0.096	-0.128	-0.074	G4330060	-0.066	-0.084	-0.036				
N.F4220003	0.207	0.254	0.146	G4330061	-0.017	-0.030	0.017				
N.F422H004	0.142	0.183	0.079	G4330062	0.044	0.039	0.066				
N.F430544	-0.012	0.016	0.022	G4330067	-0.022	-0.032	0.005				
N.G430042	0.007	0.034	0.054	G4330068	-0.054	-0.067	-0.039				
N.G430822	0.001	0.027	0.049	G430025	-0.011	-0.010	0.008				
N.G430823	-0.050	-0.022	-0.004	G430522	-0.032	-0.026	-0.025				
N232	0.067	0.079	0.052	N12/17	-0.159	-0.144	-0.151				
N537	0.117	0.131	0.106	N12/18	-0.121	-0.105	-0.119				



Şekil 27. 16 ortak nokta ile yapılan iki boyutlu dönüşümlerde test noktalarının x eksenı boyunca elde edilen farkları

Tablo 53 ve şekil 27 birlikte incelendiğinde, yöntemlerin, test noktalarında x yönünde elde edilen koordinat farklarının mutlak değerce ortalamalarına bakıldığında sırasıyla; 14.8cm, 14.7cm ve 11.5cm değerleri elde edilmektedir. Dolayısıyla en hassas sonucun kollokasyonlu benzerlik yöntemiyle elde edildiği açıkça görülmektedir.

İki boyutlu dönüşüm yöntemlerinde test noktalarının y eksenı yönünde elde edilen farkları tablo 54’te verilmiştir. Tablo 54’te verilen değerlerin grafiksel olarak gösterimi şekil 28’de yer almıştır.

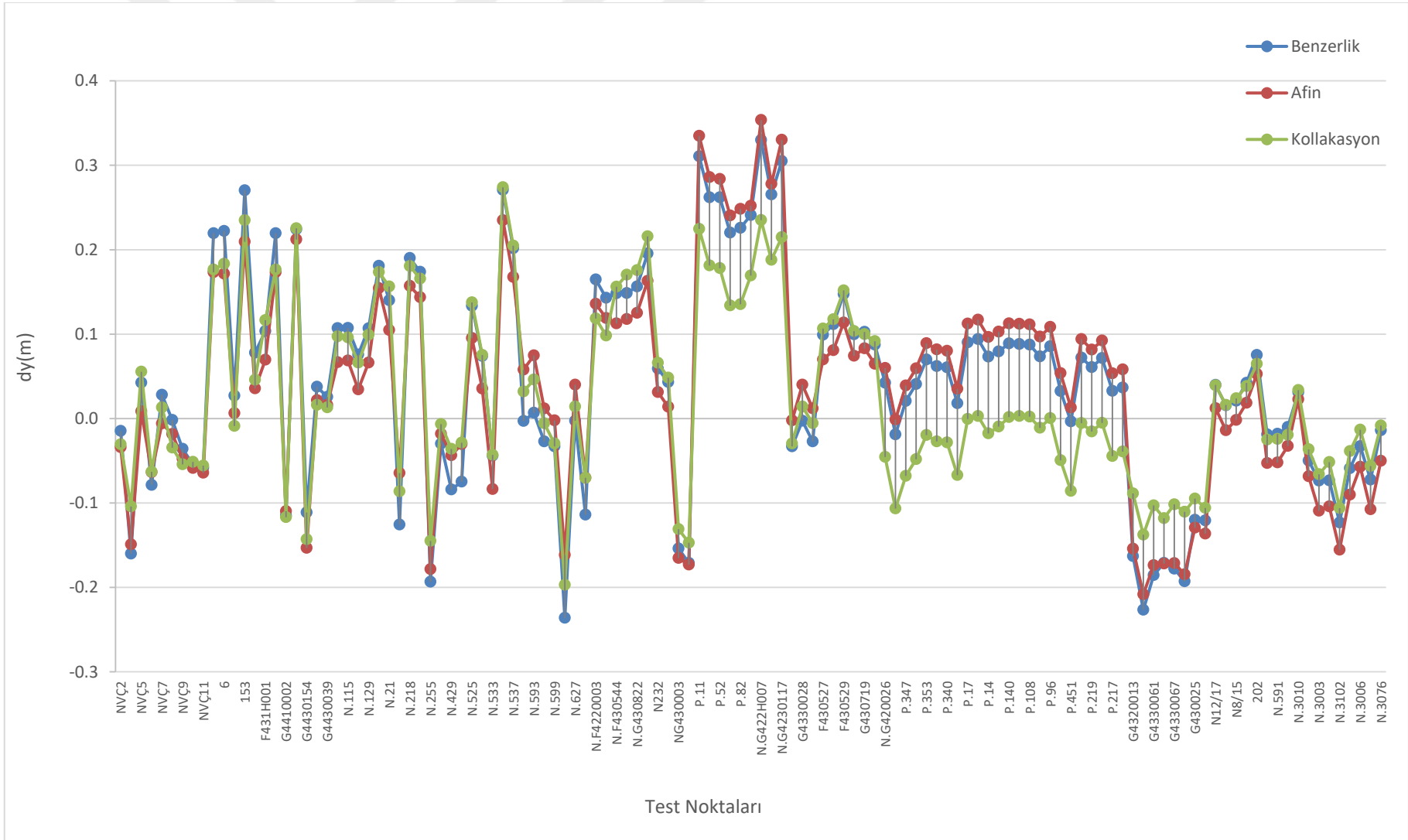


Tablo 54. 16 ortak nokta ile yapılan iki boyutlu dönüşümlerde test noktalarının y eksenini boyunca elde edilen farkları

Nokta	Benzerlik	Afin	KB	Nokta	Benzerlik	Afin	KB	Nokta	Benzerlik	Afin	KB
NVC2	-0.015	-0.034	-0.030	N.599	-0.033	-0.002	-0.030	P.14	0.073	0.096	-0.018
NVC4	-0.160	-0.149	-0.104	N.620	-0.236	-0.162	-0.197	P.73	0.079	0.103	-0.010
NVC5	0.043	0.009	0.055	N.627	-0.003	0.040	0.014	P.140	0.089	0.113	0.002
NVC6	-0.079	-0.063	-0.063	N.653	-0.114	-0.070	-0.070	P.113	0.088	0.112	0.003
NVC7	0.028	-0.006	0.013	N.F4220003	0.165	0.136	0.119	P.108	0.087	0.111	0.002
NVC8	-0.002	-0.018	-0.035	N.F422H004	0.143	0.119	0.098	P.94	0.073	0.097	-0.011
NVC9	-0.036	-0.048	-0.054	N.F430544	0.148	0.113	0.156	P.96	0.086	0.109	0.001
NVC10	-0.054	-0.059	-0.051	N.G430042	0.149	0.118	0.170	P.163	0.032	0.054	-0.049
NVC11	-0.059	-0.064	-0.056	N.G430822	0.156	0.125	0.176	P.451	-0.003	0.013	-0.086
1	0.219	0.173	0.177	N.G430823	0.196	0.163	0.216	P.332	0.072	0.094	-0.005
6	0.222	0.172	0.183	N232	0.059	0.031	0.066	P.219	0.061	0.082	-0.016
12	0.027	0.006	-0.009	N537	0.043	0.014	0.048	P.218	0.072	0.092	-0.005
153	0.270	0.209	0.235	NG430003	-0.154	-0.165	-0.131	P.217	0.033	0.054	-0.044
154	0.078	0.036	0.046	NG430005	-0.171	-0.173	-0.147	P.288/2	0.037	0.058	-0.039
F431H001	0.104	0.070	0.116	P.11	0.311	0.335	0.225	G4320013	-0.163	-0.154	-0.089
G44 G001	0.219	0.173	0.177	P.122	0.262	0.286	0.181	G4330060	-0.227	-0.208	-0.138
G4410002	-0.115	-0.110	-0.117	P.52	0.262	0.284	0.178	G4330061	-0.186	-0.174	-0.103
G4420008	0.224	0.212	0.225	P.61	0.220	0.240	0.134	G4330062	-0.171	-0.172	-0.118
G4430154	-0.111	-0.153	-0.143	P.82	0.226	0.248	0.135	G4330067	-0.178	-0.171	-0.102
G4430027	0.038	0.022	0.016	N.G422H002	0.241	0.252	0.169	G4330068	-0.193	-0.185	-0.110
G4430039	0.026	0.016	0.013	N.G422H007	0.330	0.354	0.235	G430025	-0.120	-0.129	-0.095
N.114	0.107	0.067	0.097	N.G423H104	0.265	0.278	0.188	G430522	-0.121	-0.136	-0.106
N.115	0.107	0.069	0.096	N.G4230117	0.305	0.330	0.215	N12/17	0.040	0.012	0.039
N.127	0.076	0.035	0.066	G4320007	-0.033	-0.002	-0.030	N12/18	0.016	-0.014	0.016
N.129	0.107	0.066	0.099	G4330028	-0.003	0.040	0.014	N8/15	0.021	-0.002	0.024
N.206	0.181	0.155	0.174	G4330038	-0.027	0.012	-0.006	201	0.042	0.019	0.038
N.21	0.140	0.105	0.156	F430527	0.099	0.070	0.106	202	0.075	0.053	0.065
N.21011	-0.126	-0.064	-0.086	F430528	0.112	0.081	0.118	N.590	-0.019	-0.053	-0.025
N.218	0.190	0.157	0.180	F430529	0.147	0.114	0.152	N.591	-0.018	-0.052	-0.024
N.219	0.174	0.144	0.166	G430724	0.100	0.074	0.104	N.3008	-0.010	-0.033	-0.019
N.255	-0.193	-0.178	-0.145	G430719	0.103	0.083	0.100	N.3010	0.031	0.023	0.034
N.257	-0.030	-0.018	-0.007	G430717	0.087	0.065	0.092	N.3005	-0.050	-0.068	-0.036
N.429	-0.084	-0.043	-0.036	N.G420026	0.042	0.060	-0.045	N.3003	-0.074	-0.109	-0.066
N.434	-0.075	-0.030	-0.029	P.356	-0.019	-0.001	-0.107	N.3061	-0.073	-0.104	-0.052
N.525	0.133	0.095	0.137	P.347	0.021	0.039	-0.068	N.3102	-0.123	-0.156	-0.106

Tablo 54'ün devamı

N.529	0.074	0.035	0.075	P.348	0.041	0.059	-0.048	N.3001	-0.059	-0.090	-0.039
N.533	-0.044	-0.084	-0.043	P.353	0.070	0.089	-0.020	N.3006	-0.033	-0.057	-0.013
N.536	0.271	0.235	0.274	N.420543	0.062	0.082	-0.027	N.3071	-0.072	-0.108	-0.056
N.537	0.202	0.168	0.205	P.340	0.061	0.080	-0.028	N.3076	-0.014	-0.050	-0.008
N.585	-0.003	0.058	0.032	P.505	0.018	0.035	-0.067				
N.593	0.007	0.075	0.046	P.17	0.090	0.112	0.000				
N.598	-0.027	0.012	-0.006	N.420532	0.094	0.117	0.003				



Şekil 28. 16 ortak nokta ile yapılan iki boyutlu dönüşümlerde test noktalarının y ekseni boyunca elde edilen farkları

Tablo 54 ve şekil 28 birlikte incelendiğinde, yöntemlerin, test noktalarında y yönünde elde edilen koordinat farklarının mutlak değerce ortalamalarına bakıldığında sırasıyla; 10.5cm, 10.1cm ve 8.4cm değerleri elde edilmektedir. Dolayısıyla en hassas sonucun kollokasyonlu benzerlik yöntemiyle elde edildiği açıkça görülmektedir.

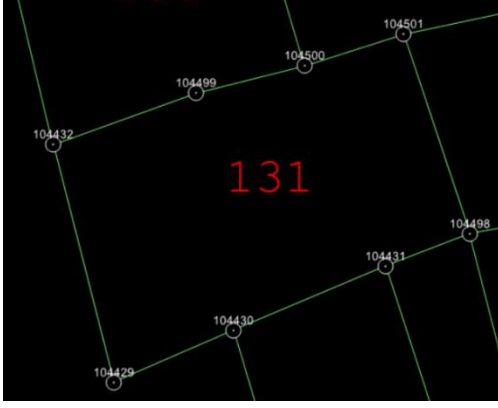
Tablo 53 ve tablo 54 ile şekil 27 ve şekil 28’de, yöntemlerin, test noktalarında x ve y yönündeki farkların karesel ortalamalarının ortalamalarına bakıldığında sırasıyla; 20.5cm, 20.0cm ve 16.2cm değerleri elde edilmektedir. Dolayısıyla en hassas sonucun kollokasyonlu benzerlik yöntemiyle elde edildiği açıkça görülmektedir. Yani Trabzon ilinin tamamında, en hassas düzeltmelere, iki boyutlu dönüşüm yöntemlerinden, 16 ortak nokta ile yapılan kollokasyonlu benzerlik yöntemiyle ulaşılmıştır.

3.2. Yöntemin Trabzon İline Ait Dönüşüm Parametrelerinde Test Edilmesi

Yapılan uygulamalarda en hassas sonuçlar üreten 16 ortak noktalı kollokasyonlu benzerlik yöntemi, Trabzon ilinin on farklı ilçesinde test edilmiştir. Akçaabat, Arsin, Beşikdüzü, Çaykara, Maçka, Of, Ortahisar, Sürmene, Tonya ve Yomra ilçelerine ait projelerle, bu ilçelerden seçilen birer parselin ED50 ve ITRF96 datumlarındaki koordinat bilgileri elde edilmiş, uygulamaya konu olan yöntem bu parsellerde denenmiştir.

ED50 ve ITRF96 datumlarında mevcut olan parsellerin seçiminde, bazı kriterlere dikkat edilmiştir. Bu parsellerin seçiminde; mutlaka arazide sabit bir sınırının olması, köşe ve kenar sayılarının aynı olması, şekil bütünlüğünün korunması ve alanlarının tecviz sınırları içinde kalmasına dikkat edilmiştir.

Akçaabat ilçesinde kullanılan parsellerin NETCAD GIS programındaki görünümleri şekil 29 ve şekil 30’da verilmiştir.



Şekil 29. Akçaabat'ta ED50 koordinatları elde edilen parselin görünümü



Şekil 30. Akçaabat'ta ITRF96 koordinatları elde edilen parselin görünümü

Akçaabat ilçesinde uygulamaya konu olan parselin nokta numaraları ile ED50 ve ITRF96 datum koordinatları tablo 55'te gösterilmiştir.

Tablo 55. Akçaabat ilçesinde test edilen parselin ED50 ile ITRF96 datum koordinatları

Nokta No	ED50 Datum Koordinatları		Nokta No	ITRF96 Datum Koordinatları	
	Yukarı (X)	Sağa (Y)		Yukarı (X)	Sağa (Y)
104429	4535531.710	543717.300	16000952	4535347.102	543703.683
104432	4535552.090	543712.110	16000958	4535367.481	543698.493
104499	4535556.500	543724.340	16000943	4535371.891	543710.723
104500	4535558.840	543733.640	16000930	4535374.231	543720.023
104501	4535561.540	543742.100	16000917	4535376.931	543728.482
104498	4535544.440	543747.790	16000908	4535359.831	543734.172
104431	4535541.660	543740.570	16000920	4535357.051	543726.952
104430	4535536.160	543727.540	16000936	4535351.552	543713.923

Uygulamaya konu olan yöntemin Akçaabat ilçesinde test edilmesi sonucu, parselin, hesaplanan ITRF96 datum koordinatları ve koordinat farkları tablo 56'da gösterilmiştir.

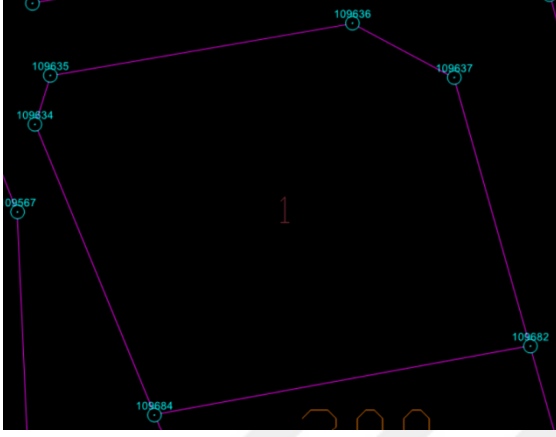
Tablo 56. Yöntemin Akçaabat ilçesinde test edilmesi sonucu elde edilen dönüştürülmüş koordinatlar ve farkları

Nokta No	Dönüştürülmüş ITRF96 Datum Koordinatları		Farklar	
	Yukarı (X)	Sağa (Y)	d _x (m)	d _y (m)
16000952	4535346.991	543703.501	-0.111	-0.182
16000958	4535367.370	543698.312	-0.111	-0.181
16000943	4535371.780	543710.541	-0.111	-0.182
16000930	4535374.120	543719.841	-0.111	-0.182
16000917	4535376.820	543728.301	-0.111	-0.181

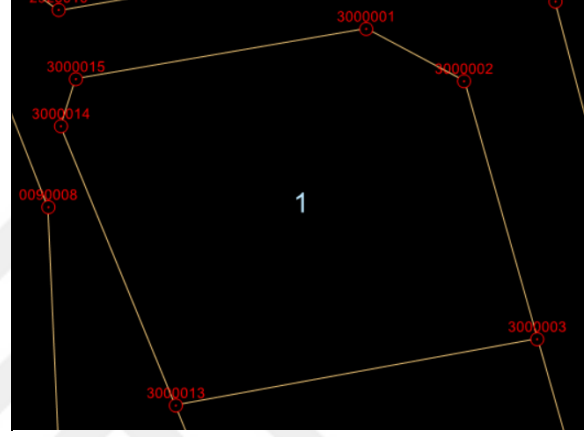
Tablo 56'nın devamı

16000908	4535359.720	543733.991	-0.111	-0.181
16000920	4535356.940	543726.771	-0.111	-0.181
16000936	4535351.441	543713.741	-0.111	-0.182

Arsin ilçesinde kullanılan parselin ED50 ve ITRF96 datum koordinatlarının elde edildiği NETCAD GIS programındaki görünümü şekil 31 ve şekil 32'de verilmiştir.



Şekil 31. Arsin'de ED50 koordinatları elde edilen parselin görünümü



Şekil 32. Arsin'de ITRF96 koordinatları elde edilen parselin görünümü

Arsin ilçesinde uygulamaya konu olan parselin nokta numaraları ile ED50 ve ITRF96 datum koordinatları tablo 57'de gösterilmiştir.

Tablo 57. Arsin ilçesinde test edilen parselin ED50 ile ITRF96 datum koordinatları

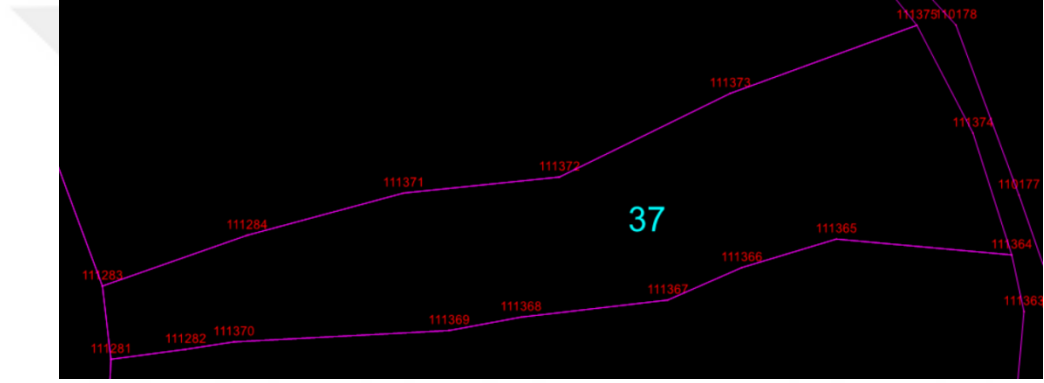
Nokta No	ED50 Datum Koordinatları		Nokta No	ITRF96 Datum Koordinatları	
	Yukarı (X)	Sağa (Y)		Yukarı (X)	Sağa (Y)
109684	4535805.040	578470.740	3000013	4535619.770	578456.010
109634	4535832.530	578459.440	3000014	4535647.260	578444.710
109635	4535837.160	578460.900	3000015	4535651.890	578446.170
109636	4535842.100	578489.470	3000001	4535656.830	578474.740
109637	4535836.960	578499.100	3000002	4535651.690	578484.370
109682	4535811.560	578506.300	3000003	4535626.290	578491.570

Uygulamaya konu olan yöntemin Arsin ilçesinde test edilmesi sonucu, parselin, hesaplanan ITRF96 datum koordinatları ve koordinat farkları tablo 58'de gösterilmiştir.

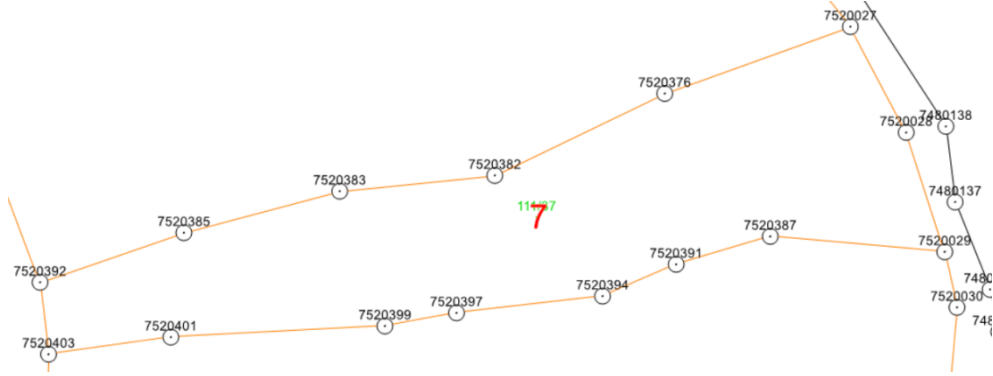
Tablo 58. Yöntemin Arsin ilçesinde test edilmesi sonucu elde edilen dönüştürülmüş koordinatlar ve farkları

Nokta No	Dönüştürülmüş ITRF96 Datum Koordinatları		Farklar	
	Yukarı (X)	Sağa (Y)	d _x (m)	d _y (m)
3000013	4535619.837	578456.095	0.067	0.085
3000014	4535647.326	578444.796	0.066	0.086
3000015	4535651.956	578446.256	0.066	0.086
3000001	4535656.895	578474.825	0.065	0.085
3000002	4535651.755	578484.455	0.065	0.085
3000003	4535626.356	578491.654	0.066	0.084

Beşikdüzü ilçesinde kullanılan parselin ED50 ve ITRF96 koordinatlarının elde edildiği NETCAD GIS programındaki görünümü şekil 33 ve şekil 34’te verilmiştir.



Şekil 33. Beşikdüzü’nde ED50 koordinatları elde edilen parselin görünümü



Şekil 34. Beşikdüzü’nde ITRF96 koordinatları elde edilen parselin görünümü

Beşikdüzü ilçesinde uygulamaya konu olan parselin nokta numaraları ile ED50 ve ITRF96 datum koordinatları tablo 59’da gösterilmiştir.

Tablo 59. Beşikdüzü ilçesinde test edilen parselin ED50 ile ITRF96 datum koordinatları

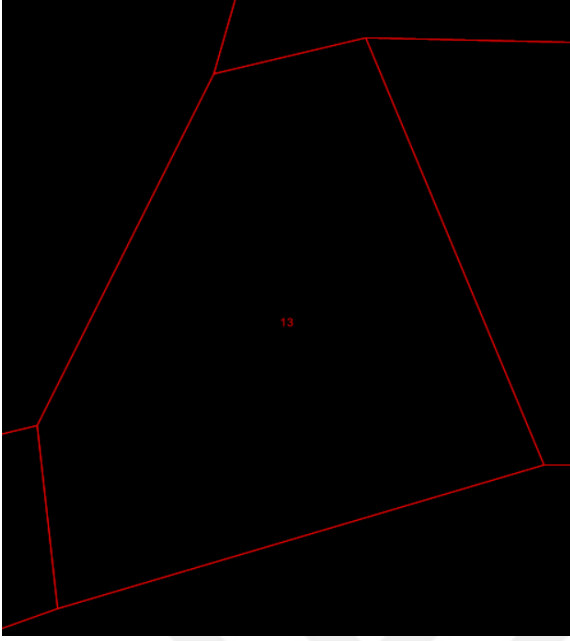
Nokta No	ED50 Datum Koordinatları		Nokta No	ITRF96 Datum Koordinatları	
	Yukarı (X)	Sağa (Y)		Yukarı (X)	Sağa (Y)
111281	4542563.870	514501.910	7520403	4542379.260	514489.170
111283	4542569.760	514501.210	7520392	4542385.150	514488.470
111284	4542573.830	514513.010	7520385	4542389.220	514500.270
111371	4542577.230	514525.790	7520383	4542392.620	514513.050
111372	4542578.520	514538.510	7520382	4542393.910	514525.770
111373	4542585.240	514552.450	7520376	4542400.630	514539.710
111375	4542590.720	514567.680	7520027	4542406.110	514554.940
111374	4542582.050	514572.260	7520028	4542397.440	514559.520
111364	4542572.260	514575.420	7520029	4542387.650	514562.680
111365	4542573.530	514561.110	7520387	4542388.920	514548.370
111366	4542571.240	514553.390	7520391	4542386.630	514540.650
111367	4542568.630	514547.350	7520394	4542384.020	514534.610
111368	4542567.260	514535.370	7520397	4542382.650	514522.630
111369	4542566.180	514529.500	7520399	4542381.570	514516.760
111370	4542565.270	514511.940	7520401	4542380.660	514499.200

Uygulamaya konu olan yöntemin Beşikdüzü ilçesinde test edilmesi sonucu, parselin, hesaplanan ITRF96 koordinatları ve koordinat farkları tablo 60'ta gösterilmiştir.

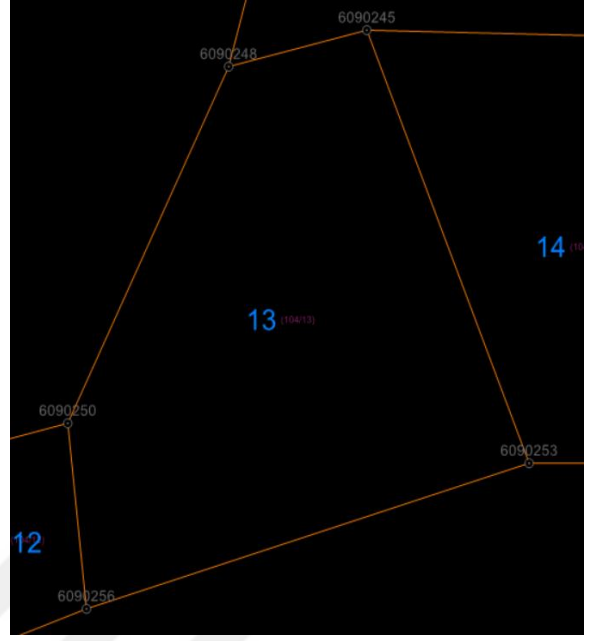
Tablo 60. Yöntemin Beşikdüzü ilçesinde test edilmesi sonucu elde edilen dönüştürülmüş koordinatlar ve farkları

Nokta No	Dönüştürülmüş ITRF96 Datum Koordinatları		Farklar	
	Yukarı (X)	Sağa (Y)	d _x (m)	d _y (m)
7520403	4542379.269	514488.928	0.009	-0.242
7520392	4542385.159	514488.228	0.009	-0.242
7520385	4542389.228	514500.028	0.008	-0.242
7520383	4542392.628	514512.807	0.008	-0.243
7520382	4542393.918	514525.527	0.008	-0.243
7520376	4542400.638	514539.467	0.008	-0.243
7520027	4542406.117	514554.696	0.007	-0.244
7520028	4542397.447	514559.276	0.007	-0.244
7520029	4542387.658	514562.436	0.008	-0.244
7520387	4542388.928	514548.126	0.008	-0.244
7520391	4542386.638	514540.407	0.008	-0.243
7520394	4542384.028	514534.367	0.008	-0.243
7520397	4542382.658	514522.387	0.008	-0.243
7520399	4542381.578	514516.517	0.008	-0.243
7520401	4542380.669	514498.958	0.009	-0.242

Çaykara ilçesinde kullanılan parselin ED50 ve ITRF96 datum koordinatlarının elde edildiği NETCAD GIS programındaki görünümüleri şekil 35 ve şekil 36'da verilmiştir.



Şekil 35. Çaykara’da ED50 koordinatları elde edilen parselin görünümü



Şekil 36. Çaykara’da ITRF96 koordinatları elde edilen parselin görünümü

Çaykara ilçesinde uygulamaya konu olan parselin nokta numaraları ile ED50 ve ITRF96 datum koordinatları tablo 61’de gösterilmiştir.

Tablo 61. Çaykara ilçesinde test edilen parselin ED50 ile ITRF96 datum koordinatları

Nokta No	ED50 Datum Koordinatları		Nokta No	ITRF96 Datum Koordinatları	
	Yukarı (X)	Sağa (Y)		Yukarı (X)	Sağa (Y)
P.105773	4502606.940	616040.170	6090256	4502422.380	616024.530
P.105774	4502633.650	616037.330	6090250	4502449.090	616021.690
P.105775	4502684.980	616061.780	6090248	4502500.420	616046.140
P.105776	4502690.230	616082.780	6090245	4502505.670	616067.140
P.105777	4502627.900	616107.440	6090253	4502443.340	616091.800

Uygulamaya konu olan yöntemin Çaykara ilçesinde test edilmesi sonucu, parselin, hesaplanan ITRF96 koordinatları ve koordinat farkları tablo 62’de gösterilmiştir.

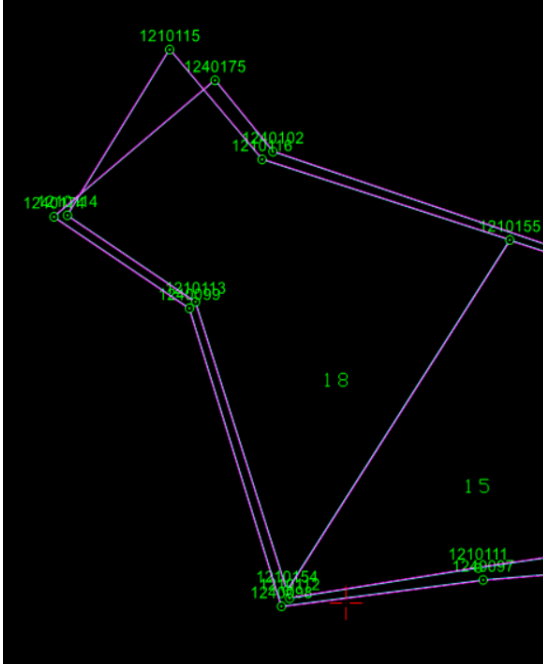
Tablo 62. Yöntemin Çaykara ilçesinde test edilmesi sonucu elde edilen dönüştürülmüş koordinatlar ve farkları

Nokta No	Dönüştürülmüş ITRF96 Datum Koordinatları		Farklar	
	Yukarı (X)	Sağa (Y)	d _x (m)	d _y (m)

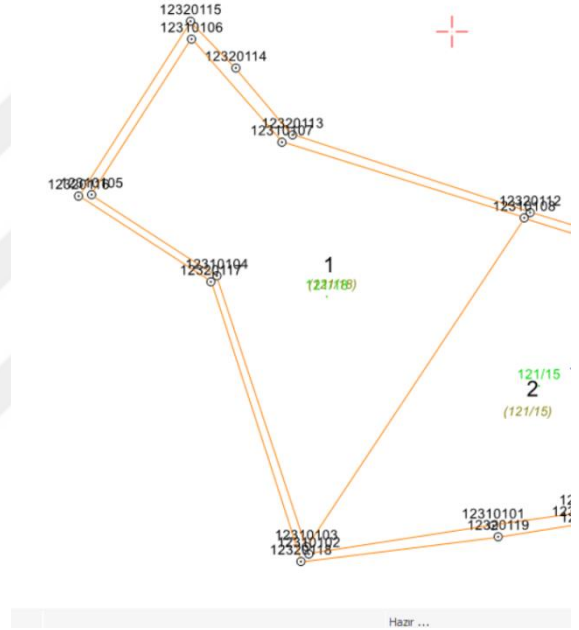
Tablo 62'nin devamı

6090256	4502422.107	616024.163	-0.273	-0.367
6090250	4502448.816	616021.324	-0.274	-0.366
6090248	4502500.145	616045.774	-0.275	-0.366
6090245	4502505.394	616066.773	-0.276	-0.367
6090253	4502443.065	616091.432	-0.275	-0.368

Maçka ilçesinde kullanılan parselin ED50 ve ITRF96 datum koordinatlarının elde edildiği NETCAD GIS programındaki görünümü şekil 37 ve şekil 38'de verilmiştir.



Şekil 37. Maçka'da ED50 koordinatları elde edilen parselin görünümü



Şekil 38. Maçka'da ITRF96 koordinatları elde edilen parselin görünümü

Maçka ilçesinde uygulamaya konu olan parselin nokta numaraları ile ED50 ve ITRF96 datum koordinatları tablo 63'te gösterilmiştir.

Tablo 63. Maçka ilçesinde test edilen parselin ED50 ile ITRF96 datum koordinatları

Nokta No	ED50 Datum Koordinatları		Nokta No	ITRF96 Datum Koordinatları	
	Yukarı (X)	Sağa (Y)		Yukarı (X)	Sağa (Y)
1210154	4507601.870	542990.810	12310103	4507417.920	542976.770
1210113	4507645.050	542976.550	12310104	4507461.100	542962.510
1210114	4507657.980	542956.570	12310105	4507474.030	542942.530
1210115	4507682.760	542972.500	12310106	4507498.810	542958.460

Tablo 63'ün devamı

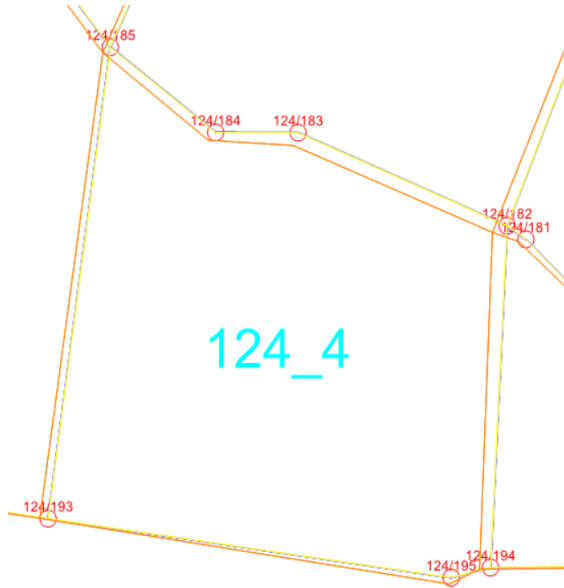
1210116	4507666.340	542986.910	12310107	4507482.390	542972.870
1210155	4507654.280	543025.540	12310108	4507470.330	543011.500

Uygulamaya konu olan yöntemin Maçka ilçesinde test edilmesi sonucu, parselin, hesaplanan ITRF96 datum koordinatları ve koordinat farkları tablo 64'te gösterilmiştir.

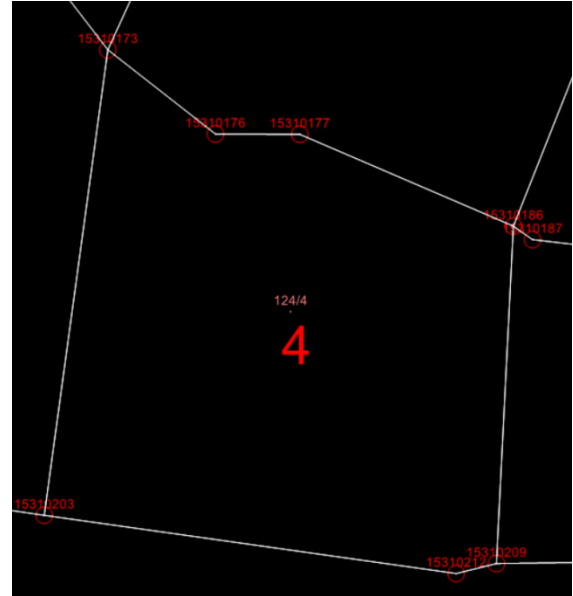
Tablo 64. Yöntemin Maçka ilçesinde test edilmesi sonucu elde edilen dönüştürülmüş koordinatlar ve farkları

Nokta No	Dönüştürülmüş ITRF96 Datum Koordinatları		Farklar	
	Yukarı (X)	Sağa (Y)	$d_x(m)$	$d_y(m)$
12310103	4507417.765	542976.725	-0.155	-0.045
12310104	4507460.944	542962.466	-0.156	-0.044
12310105	4507473.874	542942.487	-0.156	-0.043
12310106	4507498.654	542958.417	-0.156	-0.043
12310107	4507482.234	542972.826	-0.156	-0.044
12310108	4507470.174	543011.455	-0.156	-0.045

Of ilçesinde kullanılan parselin ED50 ve ITRF96 datum koordinatlarının elde edildiği NETCAD GIS programındaki görünümü şekil 39 ve şekil 40'ta verilmiştir.



Şekil 39. Of'ta ED50 koordinatları elde edilen parselin görünümü



Şekil 40. Of'ta ITRF96 koordinatları elde edilen parselin görünümü

Of ilçesinde uygulamaya konu olan parselin nokta numaraları ile ED50 ve ITRF96 datum koordinatları tablo 65’te gösterilmiştir.

Tablo 65. Of ilçesinde test edilen parselin ED50 ile ITRF96 datum koordinatları

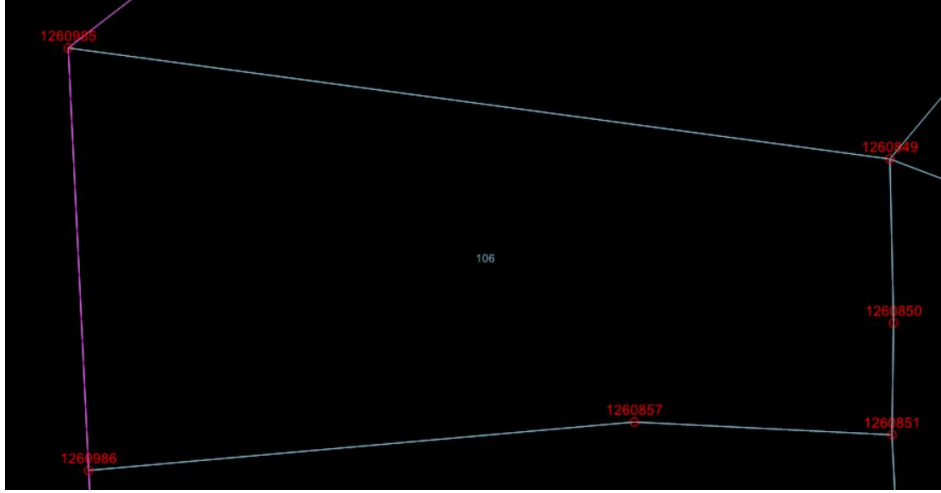
Nokta No	ED50 Datum Koordinatları		Nokta No	ITRF96 Datum Koordinatları	
	Yukarı (X)	Sağa (Y)		Yukarı (X)	Sağa (Y)
124/194	4534783.710	609311.300	15310209	4534598.140	609295.650
124/195	4534782.940	609308.190	15310212	4534597.370	609292.540
124/193	4534787.450	609276.330	15310203	4534601.870	609260.680
124/185	4534823.430	609281.250	15310173	4534637.850	609265.600
124/184	4534816.920	609289.570	15310176	4534631.340	609273.920
124/183	4534816.900	609296.090	15310177	4534631.320	609280.440

Uygulamaya konu olan yöntemin Of ilçesinde test edilmesi sonucu, parselin, hesaplanan ITRF96 datum koordinatları ve koordinat farkları tablo 66’da gösterilmiştir.

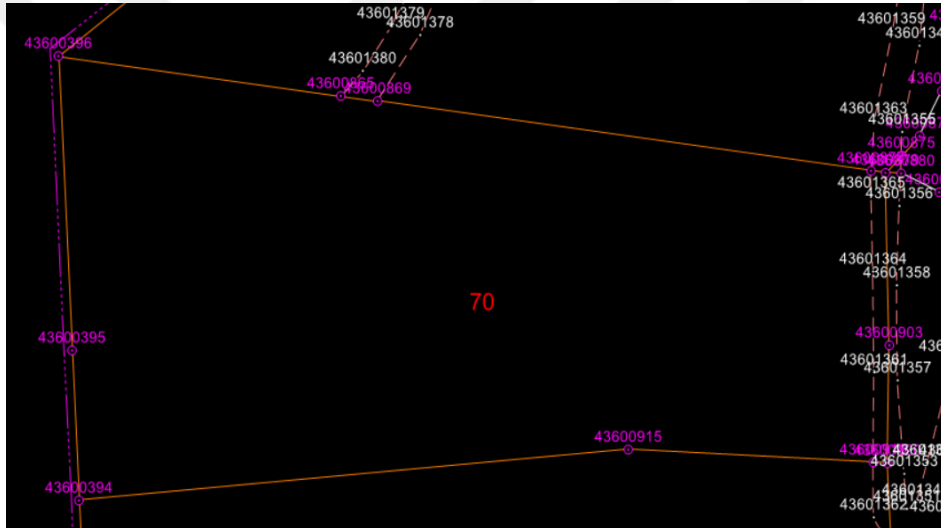
Tablo 66. Yöntemin Of ilçesinde test edilmesi sonucu elde edilen dönüştürülmüş koordinatlar ve farkları

Nokta No	Dönüştürülmüş ITRF96 Datum Koordinatları		Farklar	
	Yukarı (X)	Sağa (Y)	d _x (m)	d _y (m)
15310209	4534598.151	609295.825	0.011	0.175
15310212	4534597.381	609292.715	0.011	0.175
15310203	4534601.892	609260.856	0.022	0.176
15310173	4534637.871	609265.777	0.021	0.177
15310176	4534631.361	609274.096	0.021	0.176
15310177	4534631.341	609280.616	0.021	0.176

Ortahisar ilçesinde kullanılan parselin ED50 ve ITRF96 datum koordinatlarının elde edildiği NETCAD GIS programındaki görünimleri şekil 41 ve şekil 42’de verilmiştir.



Şekil 41. Ortahisar’da ED50 koordinatları elde edilen parselin görünümü



Şekil 42. Ortahisar’da ITRF96 koordinatları elde edilen parselin görünümü

Ortahisar ilçesinde uygulamaya konu olan parselin nokta numaraları ile ED50 ve ITRF96 koordinatları tablo 67’de gösterilmiştir.

Tablo 67. Ortahisar ilçesinde test edilen parselin ED50 ile ITRF96 datum koordinatları

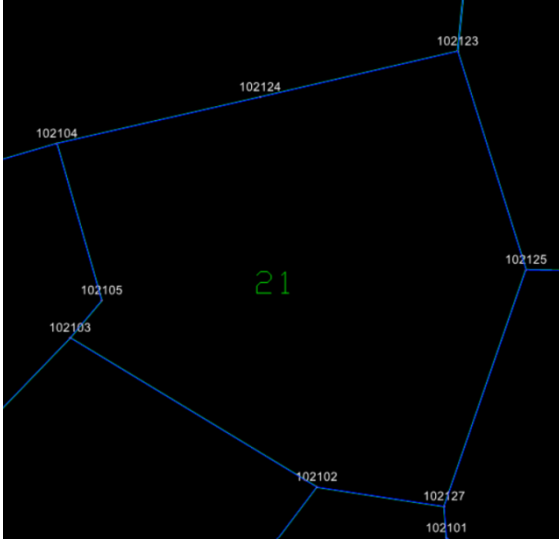
Nokta No	ED50 Datum Koordinatları		Nokta No	ITRF96 Datum Koordinatları	
	Yukarı (X)	Sağa (Y)		Yukarı (X)	Sağa (Y)
1260986	4527085.190	566757.860	43600394	4526900.450	566743.360
1260985	4527150.000	566754.720	43600396	4526965.250	566740.220
1260849	4527132.960	566880.900	43600879	4526948.210	566866.390
1260850	4527107.810	566881.480	43600903	4526923.060	566866.970
1260851	4527090.640	566881.220	43600920	4526905.890	566866.710
1260857	4527092.610	566841.660	43600915	4526907.860	566827.150

Uygulamaya konu olan yöntemin Ortahisar ilçesinde test edilmesi sonucu, parselin, hesaplanan ITRF96 datum koordinatları ve koordinat farkları tablo 68’te gösterilmiştir.

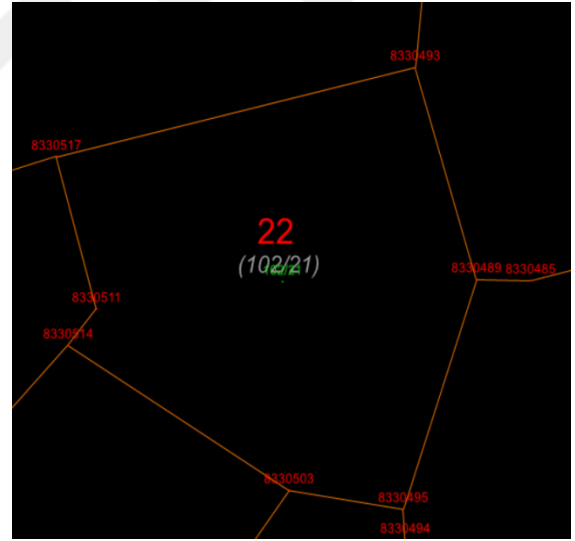
Tablo 68. Yöntemin Ortahisar ilçesinde test edilmesi sonucu elde edilen dönüştürülmüş koordinatlar ve farkları

Nokta No	Dönüştürülmüş ITRF96 Datum Koordinatları		Farklar	
	Yukarı (X)	Sağa (Y)	$d_x(m)$	$d_y(m)$
43600394	4526900.407	566743.419	-0.043	0.059
43600396	4526965.216	566740.280	-0.034	0.060
43600879	4526948.174	566866.457	-0.036	0.067
43600903	4526923.024	566867.037	-0.036	0.067
43600920	4526905.855	566866.777	-0.035	0.067
43600915	4526907.825	566827.217	-0.035	0.067

Sürmene ilçesinde kullanılan parselin ED50 ve ITRF96 datum koordinatlarının elde edildiği NETCAD GIS programındaki görünümü şekil 43 ve şekil 44’te verilmiştir.



Şekil 43. Sürmene’de ED50 koordinatları elde edilen parselin görünümü



Şekil 44. Sürmene’de ITRF96 koordinatları elde edilen parselin görünümü

Sürmene ilçesinde uygulamaya konu olan parselin nokta numaraları ile ED50 ve ITRF96 datum koordinatları tablo 69’da gösterilmiştir.

Tablo 69. Sürmene ilçesinde test edilen parselin ED50 ile ITRF96 datum koordinatları

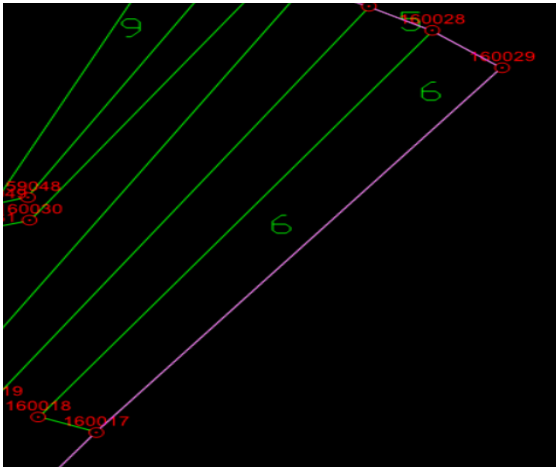
Nokta No	ED50 Datum Koordinatları		Nokta No	ITRF96 Datum Koordinatları	
	Yukarı (X)	Sağa (Y)		Yukarı (X)	Sağa (Y)
102103	4533978.950	586653.420	8330514	4533793.580	586638.420
102105	4533983.150	586656.970	8330511	4533797.780	586641.970
102104	4534000.760	586651.930	8330517	4533815.390	586636.930
102123	4534011.130	586696.960	8330493	4533825.760	586681.960
102125	4533986.590	586704.640	8330489	4533801.220	586689.640
102127	4533960.020	586695.450	8330495	4533774.650	586680.450
102102	4533962.200	586681.110	8330503	4533776.830	586666.110

Uygulamaya konu olan yöntemin Sürmene ilçesinde test edilmesi sonucu, parselin, hesaplanan ITRF96 koordinatları ve koordinat farkları tablo 70’te gösterilmiştir.

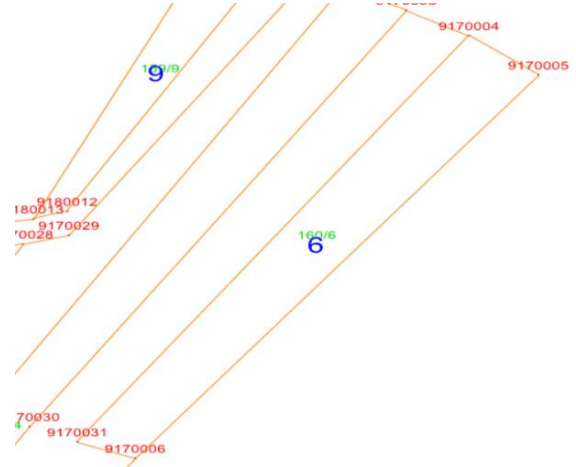
Tablo 70. Yöntemin Sürmene ilçesinde test edilmesi sonucu elde edilen dönüştürülmüş koordinatlar ve farkları

Nokta No	Dönüştürülmüş ITRF96 Datum Koordinatları		Farklar	
	Yukarı (X)	Sağa (Y)	d _x (m)	d _y (m)
8330514	4533793.681	586638.540	0.101	0.120
8330511	4533797.881	586642.090	0.101	0.120
8330517	4533815.491	586637.050	0.101	0.120
8330493	4533825.860	586682.079	0.100	0.119
8330489	4533801.321	586689.759	0.101	0.119
8330495	4533774.751	586680.569	0.101	0.119
8330503	4533776.931	586666.229	0.101	0.119

Tonya ilçesinde kullanılan parselin ED50 ve ITRF96 datum koordinatlarının elde edildiği NETCAD GIS programındaki görünümü şekil 45 ve şekil 46’da verilmiştir.



Şekil 45. Tonya’da ED50 koordinatları elde edilen parselin görünümü



Şekil 46. Tonya’da ITRF96 koordinatları elde edilen parselin görünümü

Tonya ilçesinde uygulamaya konu olan parselin nokta numaraları ile ED50 ve ITRF96 datum koordinatları tablo 71’de gösterilmiştir.

Tablo 71. Tonya ilçesinde test edilen parselin ED50 ile ITRF96 datum koordinatları

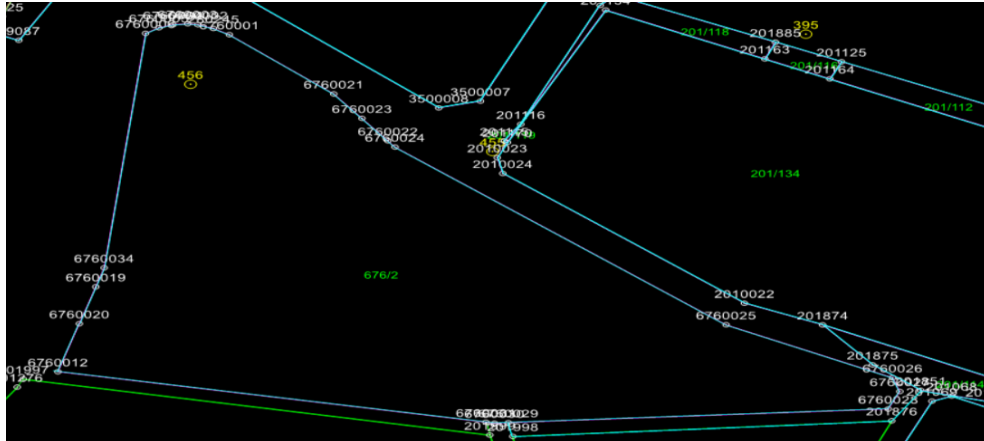
Nokta No	ED50 Datum Koordinatları		Nokta No	ITRF96 Datum Koordinatları	
	Yukarı (X)	Sağa (Y)		Yukarı (X)	Sağa (Y)
160029	4531847.610	522649.410	9170005	4531663.170	522636.240
160017	4531798.910	522612.720	9170006	4531614.470	522599.560
160018	4531800.980	522607.460	9170031	4531616.540	522594.300
160028	4531852.600	522643.090	9170004	4531668.160	522629.920

Uygulamaya konu olan yöntemin Tonya ilçesinde test edilmesi sonucu, parselin, hesaplanan ITRF96 datum koordinatları ve koordinat farkları tablo 72’de gösterilmiştir.

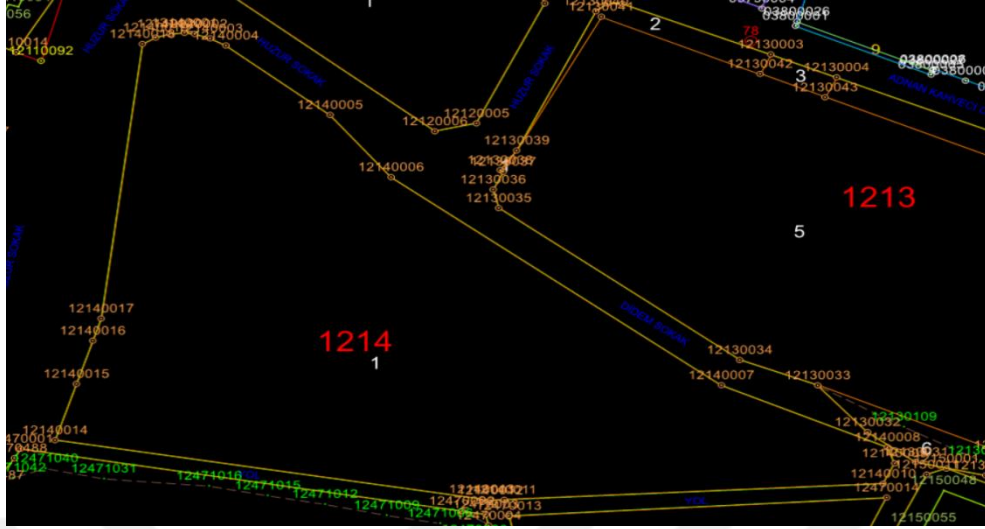
Tablo 72. Yöntemin Tonya ilçesinde test edilmesi sonucu elde edilen dönüştürülmüş koordinatlar ve farkları

Nokta No	Dönüştürülmüş ITRF96 Datum Koordinatları		Farklar	
	Yukarı (X)	Sağa (Y)	d _x (m)	d _y (m)
9170005	4531663.174	522636.156	0.004	-0.084
9170006	4531614.476	522599.467	0.006	-0.093
9170031	4531616.546	522594.207	0.006	-0.093
9170004	4531668.164	522629.836	0.004	-0.084

Yomra ilçesinde kullanılan parselin ED50 ve ITRF96 datum koordinatlarının elde edildiği NETCAD GIS programındaki görünümü şekil 47 ve şekil 48’de verilmiştir.



Şekil 47. Yomra’da ED50 koordinatları elde edilen parselin görünümü



Şekil 48. Yomra’da ITRF96 koordinatları elde edilen parselin görünümü

Yomra ilçesinde uygulamaya konu olan parselin nokta numaraları ile ED50 ve ITRF96 datum koordinatları tablo 73’te gösterilmiştir.

Tablo 73. Yomra ilçesinde test edilen parselin ED50 ile ITRF96 datum koordinatları

Nokta No	ED50 Datum Koordinatları		Nokta No	ITRF96 Datum Koordinatları	
	Yukarı (X)	Sağa (Y)		Yukarı (X)	Sağa (Y)
6760012	4536042.360	572068.940	12140014	4535857.370	572054.380
6760020	4536056.100	572073.280	12140015	4535871.110	572058.720
6760019	4536066.650	572076.610	12140016	4535881.660	572062.050
6760034	4536072.070	572078.310	12140017	4535887.080	572063.750
6760006	4536139.120	572086.690	12140018	4535954.130	572072.130
6760005	4536140.700	572089.400	12140019	4535955.710	572074.840
6760004	4536141.590	572092.260	12140020	4535956.600	572077.700
6760003	4536141.850	572095.240	12140001	4535956.860	572080.680
6760002	4536141.580	572097.290	12140002	4535956.590	572082.730
280245	4536140.500	572100.440	12140003	4535955.510	572085.880
6760001	4536138.740	572103.670	12140004	4535953.750	572089.110
6760021	4536121.800	572124.820	12140005	4535936.810	572110.260
6760024	4536106.610	572137.220	12140006	4535921.620	572122.660
6760025	4536055.790	572204.300	12140007	4535870.800	572189.740
6760026	4536040.650	572238.020	12140008	4535855.660	572223.460
6760027	4536036.710	572239.490	12140009	4535851.720	572224.930
6760028	4536031.710	572237.150	12140010	4535846.720	572222.590
6760029	4536027.790	572160.190	12140011	4535842.800	572145.630
6760030	4536027.650	572157.360	12140012	4535842.660	572142.800
6760031	4536027.930	572155.650	12140013	4535842.940	572141.090

Uygulamaya konu olan yöntemin Yomra ilçesinde test edilmesi sonucu, parselin, hesaplanan ITRF96 koordinatları ve koordinat farkları tablo 74’te gösterilmiştir.

Tablo 74. Yöntemin Yomra ilçesinde test edilmesi sonucu elde edilen dönüştürülmüş koordinatlar ve farkları

Nokta No	Dönüştürülmüş ITRF96 Datum Koordinatları		Farklar	
	Yukarı (X)	Sağa (Y)	d _x (m)	d _y (m)
12140014	4535857.253	572054.453	-0.117	0.073
12140015	4535870.993	572058.793	-0.117	0.073
12140016	4535881.543	572062.123	-0.117	0.073
12140017	4535886.962	572063.823	-0.118	0.073
12140018	4535954.011	572072.204	-0.119	0.074
12140019	4535955.590	572074.914	-0.120	0.074
12140020	4535956.480	572077.773	-0.120	0.073
12140001	4535956.740	572080.753	-0.120	0.073
12140002	4535956.470	572082.803	-0.120	0.073
12140003	4535955.390	572085.953	-0.120	0.073
12140004	4535953.630	572089.183	-0.120	0.073
12140005	4535936.690	572110.332	-0.120	0.072
12140006	4535921.501	572122.732	-0.119	0.072
12140007	4535870.681	572189.810	-0.119	0.070
12140008	4535855.540	572223.529	-0.120	0.069
12140009	4535851.601	572224.999	-0.119	0.069
12140010	4535846.601	572222.659	-0.119	0.069
12140011	4535842.682	572145.701	-0.118	0.071
12140012	4535842.542	572142.871	-0.118	0.071
12140013	4535842.822	572141.161	-0.118	0.071

Test edilen yöntemin Trabzon ilinin on farklı ilçesinde uygulanması sonucu, tüm ilçelerde oluşan koordinat farkları şekil 49’da gösterilmiştir.

Şekil 49 incelendiğinde x eksenı boyunca elde edilen koordinat farklarının mutlak değerce 4mm ile 28cm aralığında değıştiğı, y eksenı boyunca elde edilen koordinat farklarının da mutlak değerce 4.3 cm ile 36.8 cm aralığında değıştiğı görölür.

Tüm ilçelerde parsellere ait toplam 83 nokta test edilmiştir. Bu noktaların TKGM'nün kendi ilçelerine ait dönüşüm parametreleri ile yaptığı datum dönüşümü ile 16 ortak noktalı kollakasyonlu benzerlik dönüşümünden hesaplanan ITRF96 datumundaki koordinatları test edilmiştir. Bu test sonucunda, koordinat farklarının, mutlak değerce ortalamalarının x yönünde 8.6cm, y yönünde ise 14.2cm olduğı gözlenmiştir. x ve y yönündeki farkların karesel ortalama hatasının ortalaması ise 18.1cm olarak elde edilmiştir.



4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Trabzon ilinde yapılan iki boyutlu dönüşüm modellerinin karşılaştırıldığı bu çalışmada, programlama aracı olarak MS Excel ve MATLAB programları kullanılmıştır. 10 ve 16 ortak nokta ile yapılan BÖHHBÜY'ne göre belirlenen benzerlik, afin ve kollokasyonlu benzerlik yöntemleri ortak noktaların düzeltmeleri ve test noktalarının düzeltmeleri bakımından hem ortak nokta sayısına göre hem de kullanılan yöntemle göre karşılaştırılmıştır. Ayrıca seçilen yöntem, Trabzon ilinin ilçelerinde farklı parametrelerle daha önce yapılan datum dönüşümlerinde de test edilmiştir.

Uygulamalarda kullanılan noktaların homojenliği araştırılmış, bunun için duyarlık ve güven hesaplarından yararlanılmıştır. Homojenlik kavramı uygulanacak dönüşüm modeline göre değişim gösterdiğinden her bir uygulamada tekrar incelenmiştir. Ölçüt olarak noktaların güvenilirlik değerleri, 0.40-0.50 seviyesinin altında kalmamalıdır. Benzerlik dönüşümünde elde edilen güvenilirlik değerleri, ölçüt olan değer üzerinde. Hatta 16 ortak noktalı dönüşümde elde edilen değerler 10 ortak noktalı dönüşümde elde edilen değerlere göre daha yüksektir; yani daha güvenilirdir. Buradan benzerlik dönüşümü için seçilen 16 ortak noktanın, 10 ortak noktaya göre daha uygun bir dağılıma sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Aynı durum afin dönüşümü için de geçerlidir. Afin dönüşümünde noktalar için hesaplanan güvenilirlik değerleri de, ölçüt olan 0.40-0.50 seviyesinin üzerindedir. Ayrıca 16 ortak noktalı afin dönüşümünde elde edilen güvenilirlik değerleri, 10 ortak noktalı afin dönüşümünde elde edilen güvenilirlik değerlerine göre daha yüksektir. Yani seçilen 16 ortak nokta, 10 ortak noktaya göre afin dönüşümü için daha uygun bir dağılıma sahiptir. Ancak afin dönüşümünde, benzerlik dönüşümüne göre güvenilirlik değerlerinde düşüş gözlenmiştir.

Dönüşümlerde kullanılan noktalar arasında uyumsuz ölçülerin olup olmadığı araştırılmış, bunun için poppe testi, t-testi ve data snooping testleri uygulanmıştır. Poppe ve t-testleri için ölçüt olan güven sınır değerleri, yöntemde kullanılan ölçü sayısına ve bilinmeyen sayısına göre değiştiğinden, MATLAB Programı'nda kodlama yoluyla elde edilmiştir. Poppe testlerinde güven sınır değerleri; 10 ortak noktalı benzerlik dönüşümü için 2.733, 16 ortak noktalı benzerlik dönüşümü için 2.966, 10 ortak noktalı afin dönüşümü için 2.692, 16 ortak noktalı afin dönüşümü için ise 2.951 olarak belirlenmiştir. t-Testleri için güven sınır değerleri; 10 ortak noktalı benzerlik dönüşümü için 3.624, 16 ortak noktalı

benzerlik dönüşümü için 3.517, 10 ortak noktalı afin dönüşümü için 3.735, 16 ortak noktalı afin dönüşümü için ise 3.549 olarak belirlenmiştir. Data snooping testindeki ölçüt ise yönetmelikte 3.29 olarak açıklanmıştır. Elde edilen ölçütlerle kıyaslandığında uygulamadaki bütün ortak noktaların uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

Trabzon ilinin tamamı için kullanılacak ortak nokta sayısına karar vermek için, 10 ve 16 ortak noktanın haricinde, Trabzon ilinde datum dönüşümünde kullanılan bütün noktalardan (139 nokta), ortak noktalar çıkarıldıktan sonra, geriye kalan test noktalarından (123 nokta) yararlanılmıştır.

10 ve 16 ortak noktalı benzerlik dönüşümünde, test noktalarının, x eksen yönündeki koordinat farklarının (d_x) ve y eksen yönündeki koordinat farklarının (d_y) mutlak değerce ortalamaları ile bu farkların karesel ortalamasının ortalaması incelenerek ortak nokta sayısı belirlenmiştir. Buna göre d_x değerlerinin mutlak değerce ortalaması, 10 ortak noktada 15.2cm, 16 ortak noktada ise 14.8cm dir. d_y değerlerinin mutlak değerce ortalaması ise 10 ortak noktada 10.3cm, 16 ortak noktada ise 10.5cm dir. Farkların karesel ortalamalarının ortalaması da 10 ortak noktada 20.8cm, 16 ortak noktada ise 20.5cm dir.

10 ve 16 ortak noktalı afin dönüşümünde, test noktalarının, x ve y yönündeki koordinat farklarının (d_x ve d_y) mutlak değerce ortalamaları ve bu farkların karesel ortalamasının ortalaması incelenerek ortak nokta sayısı belirlenmiştir. Buna göre d_x değerlerinin mutlak değerce ortalaması, 10 ortak noktada 15.0cm, 16 ortak noktada ise 14.7cm dir. d_y değerlerinin mutlak değerce ortalaması ise 10 ortak noktada 9.6cm, 16 ortak noktada ise 10.1cm dir. Farkların karesel ortalamalarının ortalaması da 10 ortak noktada 20.1cm, 16 ortak noktada ise 20.0cm dir.

10 ve 16 ortak noktalı kollokasyonlu benzerlik dönüşümünde, test noktalarının, x ve y yönündeki koordinat farklarının (d_x ve d_y) mutlak değerce ortalamaları ve bu farkların karesel ortalamasının ortalaması incelenerek ortak nokta sayısı belirlenmiştir. Buna göre d_x değerlerinin mutlak değerce ortalaması 10 ortak noktada 12.2cm, 16 ortak noktada ise 11.5cm dir. d_y değerlerinin mutlak değerce ortalaması ise 10 ortak noktada 9.3cm, 16 ortak noktada ise 8.4cm dir. Farkların karesel ortalamalarının ortalaması da 10 ortak noktada 17.2cm, 16 ortak noktada ise 16.2cm dir.

Üç yöntemde de 16 ortak noktalı dönüşüm seçiminin daha hassas sonuçlar verdiği görülmüş ve 16 ortak noktalı üç yöntem irdelenmiştir.

Benzerlik, afin ve kollokasyonlu benzerlik yöntemlerinin 16 ortak noktalı dönüşümlerinde, ortak noktaların mutlak değerce düzeltmelerinin ortalaması, x eksen

yönünde sırasıyla 9.3cm, 8.8cm ve 4.2cm; y eksen yönünde sırasıyla 9.1cm, 8.7cm ve 5.2cm olarak elde edilmiştir. Yöntemlerin x ve y yönündeki düzeltmelerinin karesel ortalamasının ortalamalarına bakıldığında ise sırasıyla; 14.2cm, 13.5cm ve 7.3cm değerlerinin elde edildiği görülür. Dolayısıyla en hassas sonucun kollokasyonlu benzerlik yöntemiyle elde edildiği açıkça görülmektedir.

Üç yöntem test noktalarının düzeltmeleri bakımından incelendiğinde, farkların mutlak değerce ortalamalarının x yönündeki değerleri sırasıyla; 14.8cm, 14.7cm ve 11.5cm; y yönündeki değerleri sırasıyla 10.5cm, 10.1cm ve 8.4cm gelmektedir. Yöntemlerin x ve y yönündeki düzeltmelerinin karesel ortalamalarının ortalamasına bakıldığında ise sırasıyla; 20.5cm, 20.0cm ve 16.2cm değerleri gelmektedir. Dolayısıyla en hassas sonucun test noktaları için de kollokasyonlu benzerlik yöntemiyle elde edildiği görülmüştür.

Elde edilen bulgulardan hareketle üç yöntemin farklı ortak noktalarla yapılan dönüşümleri sonucunda, Trabzon ilinin tamamında iki boyutlu dönüşüm yöntemi olarak 16 ortak noktalı kollokasyonlu benzerlik yöntemi önerilmiştir.

Yöntem, ilin on farklı ilçesinde, daha önce farklı parametrelerle yapılmış olan datum dönüşümlerinde, ayrıca test edilmiştir. Tüm ilçelerde parsellere ait toplam 83 nokta test edilmiştir. Bu noktaların TKGM'nün kendi ilçelerine ait dönüşüm parametreleri ile yaptığı datum dönüşümü ile 16 ortak noktalı kollokasyonlu benzerlik dönüşümünden hesaplanan ITRF96 datumundaki koordinatları test edilmiştir. Bu test sonucu elde edilen koordinat farklarının mutlak değerce ortalamasının x yönünde 8.6cm, y yönünde ise 14.2cm olduğu görülmüştür. x ve y yönündeki farkların karesel ortalamasının ortalaması ise 18.1cm olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen koordinat farkları yönetmelikteki kriterlere uygundur. Bu nedenle 16 ortak noktadan oluşturulan dönüşüm parametreleri ile Trabzon ilinin tamamında datum dönüşümü yapmak mümkün olacaktır. Böylece ilçelere ait lokal dönüşüm parametreleri yerine tek bir dönüşüm dosyası kullanılabilecektir.

Trabzon ilinde tek bir dönüşüm dosyasının kullanılması hem resmi hem de özel kurumlarda görev yapan Harita Mühendisleri için de kolaylıklar sağlayacaktır. Elde edilen dönüşüm dosyasının ayrıca Trabzon ili TKGM Kurumu ile paylaşılıp tüm harita mühendislerinin kullanımına sunulması planlanmaktadır.

Trabzon ili için yapılan bu uygulama Türkiye'nin diğer tüm illeri için de planlanabilir. Sadece o ile ait datum dönüşümünde kullanılan tüm ortak noktaların

bilinmesi yeterlidir. İllere göre ortak nokta sayısı farklılıklar gösterebilir. İlin yüzölçümü alanına göre değişimler gösterebilir.



5. KAYNAKLAR

- Aktuğ, B., Seymen, S., Kurt, M., Parmaksız, E., Lenk, O., Sezer, S., & Özdemir, S. (2011). ED-50 (European Datum-1950) ile TUREF (Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi) Arasında Datum Dönüşümü. *Harita Dergisi*, 77(146), 8-17.
- Altun, M. (2014). *Datum Dönüşümü*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bitirme Çalışması, Trabzon.
- Başçiftçi, F.(2008). *Jeodezide Kullanılan Dönüşüm Yöntemlerinin Programlanması*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Başçiftçi, F., & İnal, C. (2008). Jeodezide Kullanılan Bazı Koordinat Dönüşümlerinin Programlanması. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 23(1), 27-40.
- Deniz, İ., Kutoğlu, Ş. H., & Deniz, R. (2022). ITRF 96-ED 50 Transformasyonu: Radyal Esaslı Enterpolasyon ve Küresel Harmonik Modelleme. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 9(1), 12-23.
- Deniz, R., Çelik, R. N., Kutoğlu, H., Özlüdemir, M. T., Demir, C., & Kınık, İ. (2008). Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY). Ankara: İşkur Matbaacılık Kağıtçılık
- Doğan, U., & Aydın, C. (2024, Ağustos 23). Dengeleme Hesabı/Güvenirlilik ve Uyuşumsuz Ölçülerin Araştırılması, YTÜ Harita Mühendisliği Ders Notları: avesis.yildiz.edu.tr/caydin/dokumanlar adresinden alınmıştır.
- Evsen, S. (2019). 2 ve 3 Boyutlu Koordinat Dönüşümleri; Şırnak İli Örneği. Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray.
- Ghilani, C. D. (2011). *Adjustment Computations: Spatial Data Analysis*: John Wiley & Sons.
- Hüsrevoğlu, M., & Tuşat, E. (2018). İki Boyutlu Bazı Datum Dönüşüm Yöntemlerinin İncelenmesi. *Geomatik Dergisi*, 3(1), 22-34.
- Kırıcı, Ü., & Şişman, Y. (2017). Determining Coordinate Transformation Parameters for Middle Black Sea Region. *International Conference on Civil and Environmental Engineering*. Nevşehir.
- Konakoğlu, B. (2014). *Jeodezik Dönüşümlerin İncelenmesi ve Yazılımlarının Geliştirilmesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Resmi Gazete. (2018). Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği. 189-336. Cumhurbaşkanlığı Basımevi (30460 Mükerrer)

- Subaşı, Y. S. (2014). *Nokta Konum Doğruluğunun İki ve Üç Boyutlu Koordinat Dönüşümüne Etkisi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Şimşek, M. (2008). *Jeodezik Ağların Dengelenmesinde Hedef Programlama Tekniği*. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Şişman, Y., Şişman, A., & Bektaş, S. (2013). Koordinat Dönüşümünde Deney Tasarımı Yaklaşımı. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(1), 37-46.
- Turgut, B., & İnal, C. (2003). *Nokta Konum Duyarlıklarının İki ve Üç Boyutlu Koordinat Dönüşümüne Etkisi*. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı. Konya.
- URL-1. (2024, Ağustos 28). Datum Nedir? Türkiye'de Kullanılan Datumlar Nelerdir?: www.haritaciyiz.com/datumnedir/ adresinden alınmıştır.
- URL-2. (2024, Ağustos 28). GNSS TUTGA: www.harita.gov.tr/jeo/index.php adresinden alınmıştır.
- URL-3. (2024, Ağustos 20). Kollokasyon: obs.hkmo.org.tr/show-media/resimler/ekler/ET6Z_cecc7a77928ca81_ek.pdf adresinden alınmıştır.
- URL-4. (2024, Temmuz 18). Jeodezik Ağlarında Duyarlık ve Güven Ölçütleri: google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiAyMygr8CIAxVBBdsEHZoNOBAQFnoECBkQAQ&url=https%3A%2F%2Favys.omu.edu.tr%2Fstorage%2Fapp%2Fpublic%2Fyysman%2F111310%2FDef_%25C3%2596l%25C3%25A7%2520V_VI%2520Hafta.pdf&usg=AOvVaw3Oa1D2bjUpjhw pJXmoatsJ&opi=89978449 adresinden alınmıştır.
- Uzun, S., Konak, H., & Dilaver, A. (2005). Digitizing Models and The Reability of Digitized Map Informations. 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.
- Ürüşan, A. Y. (2010). *Marmara Bölgesinde GNSS Tabanlı Koordinat Transformasyonu ve Hücresel Transformasyon Parametrelerinin Belirlenmesi*. İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Yalçinkaya, M., & Kayıkçı, E. T. (2024, Ağustos 22). Dengeleme Hesabı I Ders Notları: Prof. Dr. MUALLA YALÇINKAYA | AVESİS (ktu.edu.tr) adresinden alınmıştır.
- Yılmaz, N. (2023, Ağustos 30). 2d Helmert and Affine Coordinate Transformation Using the Least Squares Method: Trabzon Province in Turkey: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3082466/v1> adresinden alınmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

İlkokul, ortaokul ve liseyi aynı ilde okuyarak 2004 yılında Trabzon Lisesi(YDA)'nden mezun oldu. Aynı yıl üniversite sınavında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fatih Eğitim Fakültesi Fizik Öğretmenliği programına yerleşti. 1.sınıfı bölüm ikincisi olarak tamamlayarak, üniversitenin bölümler arası yatay geçiş uygulamasıyla İlköğretim Matematik Öğretmenliği programına geçiş yaptı. 27.06.2008 tarihinde matematik öğretmenliği lisans diploması ile mezun oldu. Kamu personeli alımlarına başvurarak 2008 yılının kasım ayında Ardahan ili Göle ilçesi 75.YIL İMKB YİBO'na atandı. Burada üç yıl matematik öğretmenliği, bir yıl da okul pansiyonundan sorumlu müdür yardımcılığı görevini yürüterek doğu hizmetini tamamladı. 08.08.2012 tarihinde il dışı öğretmen atamaları yoluyla Trabzon Vakfıkebir Ballı Ortaokulu'na atandı. 2013 yılında tekrar üniversite sınavına girerek Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği bölümünü kazandı. 2017 yılının ocak ayında bu bölümden harita mühendisi lisans diploması ile mezun oldu. Hemen ardından aynı bölümde yüksek lisans eğitimine başladı; ancak tez aşamasında iken, çeşitli nedenlerden dolayı devam edemeyip, yüksek lisans eğitimini bırakmak durumunda kaldı. 2022 yılında çıkarılan öğrenci affından yararlanarak, lisansüstü öğrencisi olarak tekrar kayıt yaptırdı. 2016 yılının haziran ayında mezun olduğu okul olan Trabzon Ortahisar Cumhuriyet Ortaokulu'na matematik öğretmeni olarak atandı. Halen daha burada görevini sürdürmektedir. Yabancı dili İngilizcedir. MEB tarafından beş başarı belgesi, bir üstün başarı belgesi ile ödüllendirilmiştir.