

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**C VE X BAND SAR GÖRÜNTÜLERİNİN MEVCUT HARİTA
VERİLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

Tevfik Fikret HORZUM

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2021

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**C VE X BAND SAR GÖRÜNTÜLERİNİN MEVCUT HARİTA
VERİLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

Tevfik Fikret HORZUM

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2021

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**C VE X BAND SAR GÖRÜNTÜLERİNİN MEVCUT HARİTA
VERİLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

Tevfik Fikret HORZUM

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez **29/06/2021** tarihinde jüri tarafından Oybirliği /Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Nusret DEMİR (Danışman)

Prof. Dr. Mustafa Ümit GÜMÜŞAY

Doç. Dr.Ali KILÇIK

ÖZET

C VE X BAND SAR GÖRÜNTÜLERİNİN MEVCUT HARİTA VERİLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Tevfik Fikret HORZUM

Yüksek Lisans Tezi, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri
Anabilim Dalı,
Danışman: Doç.Dr.Nusret DEMİR

Haziran 2021; 59 sayfa

Bu çalışma kapsamında üç farklı çalışma alanında SAR görüntülerinin mekânsal doğruluğu ve harita verileri ile uyumu araştırma konusu yapılmıştır. Üç farklı SAR uydu verisi için Antalya(TR), SanDiago(ABD) ve İzmir(TR) çalışma alanları seçilmiştir. Öncelikle Avrupa Uzay Ajansı(ESA) Sentinel-1A uydu verisi, Antalya ili Open Street Map (OSM) ve Fotogrametrik Sayısal Harita (FSH) verileri ile karşılaştırma yapılmıştır. Her üç veri seti üzerinden aynı ortak noktalar belirlenmiştir. SAR veri seti deneysel veri, diğer veri setleri ise kontrol verisi olarak kabul edilmiştir. SAR & OSM ve SAR & FSH veri setlerindeki koordinat farklılıklarının normal dağılım gösterip göstermediği incelenmiştir. Her iki karşılaştırmasında, koordinat farkları dağılımları oransal olarak incelendiğinde (Yd-Yc) ve (Xd-Xc) koordinat farkının (Ya-Yc) ve (Xa-Xc) koordinat farkından daha iyi temsil edildiği görülmüştür.

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) SanDiago kenti çalışma alanında Space Capella SAR uydu verisi kullanılmıştır. Bu veri seti ile OSM veri seti karşılaştırılmıştır. Capella SAR uydu görüntüsü GEO referanslı olmasından dolayı OSM verisi ile QGIS programında karşılaştırılmış ve iki veri setinden ortak noktaların koordinatları hesaplanmıştır. Noktaların konum değerlerine göre Histogram, Normal dağılım grafikleri ve Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk Normal dağılım testleri uygulanmıştır. OSM ve Capella uydu verilerinden elde edilen koordinat farklarının konum grafiği çizilerek $\pm 5m$, $\pm 10m$ ve $\pm 20m$ yarıçap genişliğindeki dairelerin içerisindeki oransal dağılımlar incelenmiştir.

İzmir ili çalışma alanında, ICEYE SAR uydu veri seti ile OSM veri seti karşılaştırılmıştır. İki veri setinden bina köşeleri, yol kavşakları ve sınırlara ilişkin ortak noktalar belirlenmiş ve koordinatları hesaplanmıştır. Noktaların konum değerlerine göre Histogram ve Normal dağılım grafikleri incelenmiştir. Bu dağılım grafiğinin Logaritmik grafik olduğu kabul edilerek, S_{ab} kenar uzunlukların $\ln(S_{ab})$ değerlerinin Histogram ve Normal dağılım grafikleri incelenmiştir. Ortalama, Standart Sapma ve $2 \times$ Standart Sapma değerleri hesaplanmıştır. OSM ve ICEYE SAR uydu verilerinden elde edilen koordinat farklarının konum grafiği çizilerek, (Ya-Yb) ve (Xa-Xb) koordinat farkları değerlerinin $\pm 5m$, $\pm 10m$ ve $\pm 20m$ daire içerisinde oransal dağılımları incelenmiştir.

Her üç çalışma alanı verilerinin karşılaştırma çalışmaları kendi içerisinde uyumluk ve tutarlılık gösterdiği söylenebilir. Çalışma alanları verilerinin birbirleri ile karşılaştırmanın yapılabilmesi için test alanı, nokta sayısı ve adet sayısı ile benzerlik göstermesi gerektiği söylenmelidir.

ANAHTAR KELİMELEER: Fotogrametrik Sayısal Harita (FSH), Standart Sapma, Open Street Map(OSM), Uzaktan Algılama(UA), Yapay Açıklı Radar(YAR)

JÜRİ: Doç. Dr. Nusret DEMİR

Prof. Dr. Mustafa Ümit GÜMÜŞAY

Doç. Dr.Ali KILÇIK



ABSTRACT

COMPARISON OF X AND C BAND SAR IMAGES WITH EXISTING MAP DATASETS

Tevfik Fikret HORZUM

MSc Thesis in, Remote Sensing and Geographical Information Systems

Supervisor: Assoc.Prof. Dr. Nusret DEMİR

June 2021; 59 pages

Within the scope of this study, the spatial accuracy of SAR images and their compatibility with map data were investigated in three different test areas. Antalya(TR), SanDiago(USA) and İzmir(TR) are test areas for three different SAR satellite data. Primarily, European Space Agency (ESA) Sentinel-1A satellite data, Antalya province Open Street Map (OSM) and Photogrammetric Digital Map (FSH) data were compared. The same common points were determined on all three data sets. The SAR data set was accepted as the experimental data and the other data sets as the control data. It was examined whether the coordinate differences in the SAR & OSM and SAR & FSH datasets showed normal distribution. In both comparisons, better representation of coordinates and (Xd-Xc) coordinate difference (Ya-Yc) and (XaYc) and coordinate difference (Ya-Yc) is shown.

Space Capella SAR satellite data was used in the United States (USA) SanDiago city test area. This data set was compared with the OSM data set. Since the Capella SAR satellite image is GEO referenced, the OSM data was overlaid with the QGIS program and the coordinates of the common points were calculated from the two data sets. Histogram, Normal distribution graphs and Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk Normal distribution tests were applied according to the position values of the points. The proportional distributions within the circles with $\pm 5m$, $\pm 10m$ and $\pm 20m$ radius widths were examined by drawing the position graph of the coordinate differences obtained from the OSM and Capella satellite data.

The ICEYE SAR satellite data set and the OSM data set were compared in the İzmir province test area. Common points of building corners, road junctions and borders were determined from the two data sets and their coordinates were calculated. Histogram and Normal distribution graphs were examined according to the position values of the points. Assuming that this scatter plot is a Logarithmic chart, Histogram and Normal scatter plots of $\ln(Sab)$ values of Sab side lengths were examined. Average, Standard Deviation and $2 \times \text{Standard Deviation}$ values were calculated. By drawing the position graph of the coordinate differences obtained from the OSM and ICEYE SAR satellite data, the proportional distributions of the (Ya-Yb) and (Xa-Xb) coordinate differences values within $\pm 5m$, $\pm 10m$ and $\pm 20m$ circles were examined

It can be said that the data of all three Test areas show compliance and consistency in comparison studies. It should be said that the test area data should be similar to the test area, the number of points and the number of pieces in order to be able to compare with each other.

KEYWORDS: Remote Sensing, Sentinel Aperture Radar (SAR), Open Street Map(OSM), Photogrammetric Digital Map (PDM) , Standard Deviation,

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Nusret DEMİR

Prof. Dr. Mustafa Ümit GÜMÜŞAY

Assoc. Prof. Dr.Ali KILÇIK



ÖNSÖZ

Öncelikle bu alanda yüksek lisansa başlamamda büyük katkısı olan ve beni bu yolda motive eden, yüksek lisans tezimin planlanması ve yürütülmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Nusret DEMİR'e benimle paylaştığı tecrübeleri, yapmış olduğu yönlendirme ve bilgilendirme için kendisine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans derslerini aldığım Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Anabilim Dalı Öğretim üyeleri hocalarıma, dersini takip ettiğim ve tez çalışması aşamasında bilgilerinden yararlandığım Öğretim Üyesi Doç. Dr. Ali KILÇIK hocama, tez savunmasında yapmış olduğu öneri ve değerlendirmeleri ile katkı sağlayan Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. Mustafa Ümit GÜMÜŞAY hocama teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasında üç farklı çalışma alanına ilişkin Sentinel-1A, Space Capella ve ICEYE SAR verileri ile Open Street Map(OSM) ve Fotogrametrik Sayısal Harita (FSH) veri setleri kullanılmıştır. Bu veri setleri üretimini ve kullanımını sağlayan Avrupa Uzay Ajansı (ESA), Space Capella(SC) ve ICEYE-X ile Open Street Map(OSM) ve Antalya Büyükşehir Belediyesi (ABB) kurum ve kuruluşlarına katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmalarımdayki katkılarından dolayı Akdeniz Üniversitesi Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi (AKUZAL) görevlilerine teşekkürlerimi sunarım.

Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü çalışma arkadaşlarımdan manevi desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Özellikle her zaman maddi ve manevi destekleri olan eşime ve kızlarıma buradan teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Uzaktan Algılama ve Sistemleri.....	3
1.3. Sentetik Açıklıklı Radar Uydusu.....	4
1.4. Space Capelle Radar Uydusu	5
1.5. ICEYE Radar Uydusu	7
1.6. Amaç ve Hedefler.....	9
2. KAYNAK TARAMASI.....	10
3. MATERYAL VE METOT.....	13
3.1. Çalışma Alanları.....	13
3.2. Kullanılan Veri Setleri.....	15
3.3. Yöntem	18
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	23
4.1. Sentinel-1 Uydu Verisi Bulguları.....	23
4.2. Space Capella Uydu Verisi Bulguları	30
4.3. ICEYE Uydu Verisi Bulguları	35
5. SONUÇLAR	42
6. KAYNAKLAR.....	45
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “C ve X Band SAR Görüntülerinin Mevcut Harita Verileri ile Karşılaştırılması” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

29/06/2021

Tevfik Fikret HORZUM



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

cm	: Santimetre
GHz	: Gigahertz
kg	: Kilogram
km	: Kilometre
m	: Metre
R^2	: Belirlilik Katsayısı
μm	: Mikrometre
μ	: Min. ve Max. Aralık Değeri
$^\circ$	: Derece
%	: Yüzde
$\bar{X}$	: Ortalama Değer
σ	: Standart Sapma
$\pm$	: Artı ve Eksi

Kısaltmalar

ABB	: Antalya Büyükşehir Belediyesi
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AK	: Avrupa Komisyonu
AÜ	: Akdeniz Üniversitesi
AKUZAL	: Akdeniz Üniversitesi Uzaktan Algılama ve Uygulama Merkezi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ESA	: Avrupa Uzay Ajansı (European Space Agency)
EWSM	: Extra Wide Swath Mode
FSH	: Fotogrametrik Sayısal Harita
FR	: Tam Çözünürlük (Full Resolution)
GEO	: Yer Kodlu (Geocoded)
GPS	: Küresel Konumlama Sistemi (Global Position System)
GRD	: Yer Menzil Algılama (Ground Range Detected)
HR	: Yüksek Çözünürlük (High Resolution)
IWSM	: Interferometric Wide Swath Mode
KOH	: Karesel Ortalama Hata
LIDAR	: Işık Tespiti ve Menzil Ölçme (Light Detection and Ranging)

MR	: Orta Çözünürlük (Meduim Resolution)
OSM	: Open Street Map
QGIS	: Quantum Geography Information System
RADAR	: Radio ile Tespit ve Menzil Ölçme (Radio Detection and Randing)
RMSE	: Karesel Ortalama Hata (Root Mean Square Error)
SAR	: Sentetik Açıklıklı Radar (Synthetic Aperture Radar)
SLC	: Tek Görünüm Komplex (Single Look Complex)
SM	: Strip Mode
SNAP	: Sentinel Uygulamaları Platformu
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli (DEM)
S1A	: SENTINEL-1A
TR	: Türkiye
TUREF	: Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi
UA	: Uzaktan Algılama
UTM	; Universal Transversal Mercator
WGS	: Dünya Küresel Sistemi (World Global System)
WM	: Wave Mode
YÖA	: Yer Örmekleme Aralığı (Ground Sampling Distance)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.2.1. Elektromanyetik Alan (URL-1).....	3
Şekil 1.3.1. Sentinel-1A SAR Uydusu (URL-2).....	4
Şekil 1.4.1. Space Capella SAR Uydusu (URL-5)	6
Şekil 1.4.2. Space Capella SAR Uydusu Tarama Genişlikleri (URL-8)	6
Şekil 1.5.1. ICEYE-X SAR Uydusu (URL-6)	8
Şekil 3.1.1. Antalya Çalışma Alanı.....	13
Şekil 3.1.2. San Diago Çalışma Alanı.....	14
Şekil 3.1.3. İzmir Çalışma Alanı.....	15
Şekil 3.2.1. ESA Copernicus Açık Kaynak Veri Portalı.....	16
Şekil 3.2.2. Open Street Map Açık Kaynak Veri Portalı	17
Şekil 3.2.3. FSH Üretiminde Kullanılan Yatay Kontrol Ağı Noktaları.....	17
Şekil 3.3.1. Sentinel-1 Antalya Çalışma Verisinin SNAP Yazılımında Görünümü	19
Şekil 3.3.2. OSM(a),SAR(c) ve FSH(d) Seçilen Örnek Noktaların Konumu	20
Şekil 3.3.3. OSM(a) ve Capella(b) Seçilen Noktaların Konumları	20
Şekil 3.3.4. OSM(a) ve Capella(b) Seçilen Örnek Nokta Konumları.....	21
Şekil 3.3.5. OSM(a) ve ICEYE(b) ‘de Seçilen Noktaların Konumları.....	21
Şekil 3.3.6. OSM(a) ve ICEYE(b) Seçilen Örnek Nokta Konumları	22
Şekil 4.1.1. (Ya-Yc) Koordinat Farkları Histogram Grafiği.....	23
Şekil 4.1.2. (Xa-Xc) Koordinat Farkları Histogram Grafiği.....	23
Şekil 4.1.3. (Yd-Yc) Koordinat Farkları Histogram Grafiği	24
Şekil 4.1.4. (Xd-Xc) Koordinat Farkları Histogram Grafiği	24
Şekil 4.1.5. OSM(a) ve SAR(c) Veri Seti Konum Grafiği	25
Şekil 4.1.6. OSM(a) ve SAR(c) Verileri (Ya-Yc) ve (Xa-Xc) Koordinat Farkları Grafiği	26
Şekil 4.1.7. OSM(a) ve SAR(c) Veri Seti Konum Grafiği	26
Şekil 4.1.8. FSH(d) ve SAR(c) Veri Seti Konum Grafiği	28
Şekil 4.1.9. (Yd-Yc) ve (Xd-Xc) Koordinat Farkları Grafiği	28
Şekil 4.1.10. FSH(d) ve SAR(c) Veri Seti Konum Grafiği	29
Şekil 4.1.11. (Ya-Yc) ve (Xa-Xc) ile (Yd-Yc) ve (Xd-Xc) Koordinat Farkları Konum Grafiği	30

Şekil 4.2.1. OSM(a) ve Capella(b) 1m Aralık Histogram Grafiği.....	31
Şekil 4.2.2. OSM(a) ve Capella(b) 1m Aralık Normal Dağılım Grafiği	31
Şekil 4.2.3. OSM(a) ve Capella(b) Sab Kenar Uzunluğunun Normal Q-Q Grafiği	32
Şekil 4.2.4. OSM(a) ve Capella(b) Uyumlu Verilerin 1m Aralık Histogram Grafiği	32
Şekil 4.2.5. OSM(a) ve Capella(b) Uyumlu Verilerin 1m Aralık Normal Dağılım Grafiği	33
Şekil 4.2.6. OSM(a) ve Capella(b) Uyumlu Noktaların Konum Grafiği.....	33
Şekil 4.2.7. OSM(a) ve Capella(b) Uyumlu Noktaların (Ya-Yb) ve (Xa-Xb) Koordinat Farkları Dağılım Grafiği	34
Şekil 4.2.8. OSM(a) ve Capella(b) Sab Kenar Uzunluğunun Normal Q-Q Grafiği	35
Şekil 4.3.1. OSM(a) ve ICEYE (b) 1m Aralık Histogram Grafiği	36
Şekil 4.3.2. OSM(a) ve ICEYE (b) 1m aralık Normal Dağılım Grafiği.....	36
Şekil 4.3.3. OSM(a) ve ICEYE (b) 0.5 Aralık Histogram Grafiği	37
Şekil 4.3.4. OSM(a) ve ICEYE (b) 0.5 Aralık Normal Dağılım Grafiği.....	37
Şekil 4.3.5. OSM(a) ve ICEYE(b) Sab Kenar Uzunluğunun Normal Q-Q Grafiği	38
Şekil 4.3.6. OSM(a) ve ICEYE(b) Uyumlu Verilerin 0.5 aralık Histogram Grafiği.....	38
Şekil 4.3.7. OSM(a) ve ICEYE(b) Uyumlu Verilerin 0.5 Aralık Normal Dağılımı.....	39
Şekil 4.3.8. OSM(a) ve ICEYE(b) Uyumlu Verilerin Konumu	39
Şekil 4.3.9. OSM(a) ve ICEYE (b) Uyumlu Noktaların (Ya-Yb) ve (Xa-Xb) Koordinat Farkları Dağılımı.....	40
Şekil 4.3.10. OSM(a) ve ICEYE (b) Sab Kenar Uzunluğunun Normal Q-Q Grafiği.....	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.3.1. Sentinel-1 Ürün Yapısı (URL-2)	5
Çizelge 1.4.1. Space Capella Ürün Yapısı (URL-8).....	7
Çizelge 1.5.1. Mikrodalga Uygulamalarında Bandların Sınıflandırılması (Flores-Anderson 2019).....	8
Çizelge 4.1.1. (Ya-Yc) ve (Xa-Xc) Koordinat Farkları Hesaplama Özeti.....	25
Çizelge 4.1.2. (Yd-Yc) ve (Xd-Xc) Koordinat Farkları Hesaplama Özeti	27



1. GİRİŞ

1.1. Giriş

Yeryüzünün uzaydan görüntülenmeye başlaması ile birlikte, Uzaktan Algılama çalışmaları birçok farklı uygulamada kullanılmaktadır. Uzay merkezli Uzaktan Algılama çalışmaları ile büyük alanların görüntülenmesi, yeryüzünün 3 boyutlu modellenmesi ve uzay siyasi sınırların olmayışı, Uzaktan Algılama çalışmalarının önemini artırmıştır. Uzaktan Algılama görüntüleri konumsal veri içermektedir. Bu verilerin amacı doğrultusunda kullanılması, değerlendirilmesi ve kullanıcılara sunulması ile mümkün olmaktadır.

Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) görüntüleri, Uzaktan Algılama amacıyla birçok farklı uygulamada kullanılmaktadır. SAR, çok çeşitli görüntüleme koşulları altında yüksek çözünürlüklü zemin görüntülerini algılayabilen bir görüntüleme sensörüdür. Yeryüzü topografyası ve morfolojik yapısını, deniz ve kara ortamındaki değişimlerin tespitini çok hassas bir şekilde algılayabilmektedir. SAR aktif Uzaktan Algılama sistemi olduğundan, veriler coğrafi konum bilgisi içerecek şekilde elde edilir. Bu özelliğinden dolayı diğer Uzaktan Algılama sistemleri kullanılmadığı durumlarda RADAR/SAR uyduları 7/24 atmosferik etkilerden bağımsız veri alabildiğinden, birçok uygulamada kullanılmaktadır.

II. Dünya savaşı sonrası SAR algılama sisteminin, askeri ve sivil amaç ile kullanım alanı genişlemiştir. Doğal Afet alanlarının tespiti, Tarım ve Orman ürünlerinin tespiti, Gemi ve Uçak izleme, Buzul ve Deniz yüzeyi atıkları izleme çalışmaları yapılarak kullanım alanları artmıştır. Bu kadar geniş alanda kullanılan bir sistemden elde edilen görüntülerin güvenilirliği ve doğruluğu kullanıcıların ilgisini çekmiştir.

Araştırmacılar, RADAR/SAR uydu görüntülerini farklı veri setleri ve yöntemleri kullanarak karşılaştırma yapmışlardır. RadarSAT uydu görüntüleri konumsal doğruluğuna ilişkin Marmara bölgesinde Topoğrafik Harita, Ortofoto Harita ve Landsat veri setleri kullanılarak bir çalışma yapılmıştır (Demirel 2002). Yurtdışında ise Sentinel-1A ürünleri Jeokonumsal doğruluğu Zürih Üniversitesi Uzaktan Algılama Laboratuvarı köşe yansıtıcıları konumları kullanılarak çalışma yapılmıştır (Schubert 2015). Bu çalışmanın benzeri Alman Havacılık ve Uzay Merkezinde köşe yansıtıcıları kullanılarak, Sentinel-1A ve 1B SAR ham verileri kullanılarak konumsal doğruluğu üzerine bir çalışması yapılmıştır (Schmidt 2018). Yüksek çözünürlüklü Terra SAR-X görüntülerinin mutlak Coğrafi konum doğruluğuna ilişkin Wuhan/Çin kentinde bir çalışma yapılmıştır (Wang 2015). Bu çalışmalardan farklı olarak bu tez çalışmasında, test alanları SAR görüntüleri gönüllülük esasına dayalı herkes tarafından sürekli güncellenebilir, ulaşılabilir ve değiştirilebilir OSM veri setleri ve FSH veri seti ile karşılaştırılmıştır. Test alanlarına ilişkin çalışma sonuçları kendi içerisinde değerlendirilerek uygunluğu ve kullanılabilir olduğuna ilişkin bilgiler elde edilmiştir.

Farklı kurum ve kuruluşlar tarafından üretilen RADAR/SAR uydu görüntülerinin, seçilen üç farklı test alanı harita verileri ile doğruluğu ve uygunluğu üzerine bir çalışma yapılmıştır. Üç farklı SAR uydu verisi için Antalya (TR), SanDiago (ABD) ve İzmir (TR) kentleri çalışma alanları seçilmiştir. Bu çalışma alanlarındaki SAR uydu

görüntüleri üç farklı band yapılarına sahiptirler. Farklı uydu verisine sahip SAR verileri kullanılarak mevcut harita verileri ile doğrulukları ve uygunlukları hakkında bilgi edinmek amaç edinilmiştir. Her çalışma alanı SAR görüntü verileri ile bölgeye ilişkin Open Street Map (OSM) veri setleri ve Fotogrametrik Sayısal Harita (FSH) veri seti ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada kullanılan veri setleri, çalışma alanları içerisinde nokta yoğunluğu ve çeşitliliği göstermektedir.

Avrupa Uzay Ajansı(ESA) Sentinel-1A uydu verisi, Antalya ili Open Street Map (OSM) ve Fotogrametrik Sayısal Harita (FSH) verileri ile karşılaştırma yapılmıştır. Her üç veri seti üzerinden ortak noktalar belirlenmiştir. SAR veri seti deneysel veri, diğer veri setleri ise kontrol verisi olarak kabul edilmiştir. SAR uydu verisi ESA Copernicus veri portalından temin edilmiştir. Veri seti ESA tarafından geliştirilmiş SNAP yazılımı ile ön işlem adımları uygulanmıştır. Open Data Commons lisansına sahip OSM veri seti açık kaynak veri sayfasından temin edilmiştir. FSH veri seti ise Antalya Büyükşehir Belediyesi için 1/5000 ve 1/1000 ölçekli üretilen harita verisidir. Bu üç veri seti QGIS programında aynı koordinat sisteminde çakıştırma işlemi yapılarak, ortak noktaların koordinatları hesaplanmıştır. Deneysel SAR veri seti OSM ve FSH veri setleri ile karşılaştırma yapılmıştır. Koordinatların normal dağılıma sahip olduğu doğrulanmış ve standart sapma ve 2*standart sapma değerleri hesaplanmıştır. 2*standart sapma sınır değerlerine göre uyumsuz veriler ayıklanarak SAR(c) & OSM(a) ve SAR(c) & FSH(d) görüntü çiftlerinden uyumlu noktalar için X ve Y koordinat farkları hesaplanmıştır. Bu karşılaştırma verilerinden elde edilen koordinat farklarının konum grafiğindeki dağılımları incelenmiştir.

ABD SanDiago kenti çalışma alanında Space Capella SAR uydu verisi kullanılmıştır. Bu verisi seti ile OSM veri seti karşılaştırmaya tabi tutulmuştur. Capella SAR uydu görüntüsü GEO referanslı olmasından dolayı OSM verisi ile QGIS programında çakıştırılmıştır. İki veri setindeki bina köşeleri, yol kavşakları ve sınırlara ilişkin karakteristik ortak noktalar belirlenerek, koordinatları hesaplanmıştır. Noktaların konum değerlerine göre Histogram ve Normal dağılım grafikleri incelenmiştir. Ayrıca bu verisi setine Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk Normal dağılım testleri uygulanarak verilerin normal dağılıma uygunluğu test edilmiştir. Uyumlu veriler kullanılarak Standart Sapma ve Belirlilik katsayısı değerleri hesaplanmıştır. OSM ve Capella uydu verilerinden elde edilen koordinat farklarının konum grafiği çizilerek oransal dağılımları incelenmiştir.

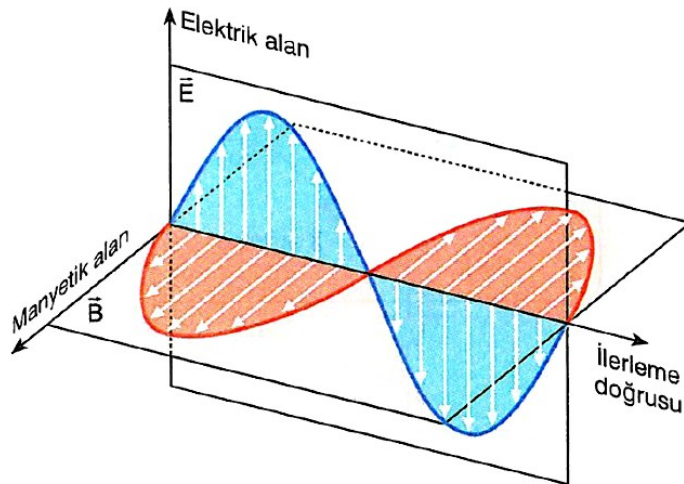
İzmir kenti çalışma alanında ise ICEYE SAR Uydu görüntüsü, bölgeye ilişkin OSM veri seti ile karşılaştırma yapılmıştır. SAR veri seti İzmir depreminde yıkılmış binaların tespiti için ESA'dan 64318 numaralı proje kapsamında temin edilmiş veri seti, bu çalışmada da kullanılmıştır. İki veri seti QGIS programında çakıştırılmıştır. Veri setleri üzerinden bina köşeleri, yol kavşakları ve sınırlara ilişkin karakteristik ortak noktalar belirlenerek, noktaların koordinatları hesaplanmıştır. Noktaların konum değerlerine göre Histogram ve Normal dağılım grafikleri incelemesi yapılmıştır. Kenar uzunlukları değerleri belirli bir aralıkta yığılma göstermesi üzerine, bu dağılım grafiğinin Logaritmik grafik olduğu kabul edilmiştir. Kenar uzunlukların Histogram ve Normal Dağılım Grafikleri çizilmiştir. Ortalama, Standart Sapma ve 2*Standart Sapma değerleri hesaplanmıştır. Her iki veri setinden uyumlu verilerin koordinat farkları değerlerinin dağılımları incelenmiştir.

Her üç çalışma alanı verilerinin karşılaştırmasının kendi içerisinde uyumluk ve tutarlılık gösterdiği görülmüştür. Bu çalışmalar ile her veri seti karşılaştırma çalışmasının kendi içerisinde değerlendirme yapılmasının doğru olacağı ve her karşılaştırma çalışmasının tutarlı ve uyumlu olduğu söylenmektedir.

1.2. Uzaktan Algılama ve Sistemleri

Uzaktan Algılamanın temeli yeryüzünün görüntüsünü kaydetme olayıdır. Yeryüzünde incelenen bir cisim, alan veya olayla fiziksel temas olmaksızın algılayıcı tarafından toplanan verilerin değerlendirilmesi yolu ile bilgi edinme aracıdır. Uzaktan Algılayıcı sistemin temel bileşenleri hedef, enerji kaynağı, iletim yolu ve algılayıcıdır. Enerji kaynağının doğal veya yapay olması durumu Aktif ve Pasif Uzaktan Algılama sistemini oluşturmaktadır.

Enerji kaynağı uzaktan algılamanın en temel elemanıdır ve bilgi toplanacak objelere gönderilmek üzere elektromanyetik enerji sağlar. Elektromanyetik enerji uzaktan algılama sisteminin bileşenleri arasında bağlantıyı oluşturur. Elektromanyetik bir dalga hem birbirine hem de ilerleme doğrultusuna dik olan elektrik ve manyetik alandan oluşmaktadır (Şekil 1.2.1).



Şekil 1.2.1. Elektromanyetik Alan (URL-1)

Kaynaktan çıkan enerji yeryüzündeki objelere gönderilir ve bu radyasyon geri yansırarak sensörlere ulaşırken atmosferle devamlı etkileşim içindedir. Elektromanyetik enerjinin yeryüzündeki objelerle girdiği etkileşim ve geri yansıması sonucu elde edilen bilgiler objelerin yapısı hakkında bilgi sağlar. Sensörler yeryüzündeki objelerden yansıma emilme ve iletilme sonrasında geri yansıyan elektromanyetik radyasyonu kaydeder. Kaydedilen veriler iletim aracı ile sayısal olarak işlenmek ve görüntüye dönüştürülmek üzere kontrol merkezine gönderilir. Elde edilen görüntüler belli bir amaç doğrultusunda bilgi elde etmek için görsel olarak veya bilgisayar destekli görüntü analiz yazılımlarıyla analiz edilir ve elde edilen sonuçlar yorumlanır.

Uzaktan algılamada 0.3-15 μ m arasındaki optik dalga boyları ile 1-1000mm arasındaki mikrodalga bölgesi ile ilgilenilmektedir. Bu dalga boylarında algılanan enerji Güneş'ten alınan ve cisimden yansıyan ışınımdır. Yansıtıcı bölge 0.38 μ m-0.72 μ m arasındaki görünür bölge ve 0.72 μ m-3.0 μ m arasındaki yansıtıcı kızıl ötesi bölgeye ayrılır.

Algılayıcı sistemlerin en önemli parçası, algılayıcıların ve algılama platformlarının özelliğidir. Bu özelliğinden dolayı farklı platforma yerleştirilen algılayıcı sistemler, yeryüzündeki cisimden yansıyan veya yayılan sinyaller sayısal hale dönüştürülür. Algılayıcı sistemler kullandığı enerji kaynağına göre, Pasif ve Aktif algılayıcı sistemler olarak iki ayrılırlar. Pasif algılama sisteminin enerji kaynağı Güneş'tir. Güneş ışığının doğal yolla cisimden yansıyan Elektromanyetik ışınının cisim hakkındaki fiziksel ve kimyasal özelliklerini algılama yöntemidir. Aktif algılama sistemi ise enerji kaynağı sistemin kendi enerjisidir. Sentetik Açıklıklı Radar ve Lidar aktif algılama sistemleridir. Bu tez çalışmanın ilgilendiği alan aktif algılama sistemidir.

1.3. Sentetik Açıklıklı Radar Uydusu

SAR sistemlerinde gelen mikrodalga ışınının hem faz hem de genlik bilgisi ölçülmektedir (Sunar 2016). Genlik, Radar görüntülerinde hedefin nem içeriği ve yüzeyin pürüzlülüğüne bağlıdır. Faz bilgisi ise radar ile hedef arasındaki uzaklık ilişkisidir. Bu bilgiler ışığında SAR ile yeryüzündeki topografik değişimler görüntülenebilmektedir.

Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) görüntüleri, Dünya gözlem amaçlı uygulamalarda onlarca yıldır kullanılmaktadır. SAR verileri, çok çeşitli görüntüleme koşullarında yüksek çözünürlüklü yer görüntülerini algılayabilen bir görüntüleme sensörüdür (Demirci 2005). Radar sistemleri kendi içerisinde sahip oldukları özellikler ve kullanım alanlarına göre çeşitlilik göstermektedir.

Sentinel-1A, Avrupa Komisyonu (AK) ve Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA) Copernicus ortak girişimi için Avrupa Radar Gözlemevi'dir (Şekil 1.3.1). Copernicus, çevre ve güvenlikle ilgili uygulanmaya yönelik bir girişimdir. Yer Gözlem uydularından alınan gözlem verilerine ve yer tabanlı bilgilere dayanmaktadır.



Şekil 1.3.1. Sentinel-1A SAR Uydusu (URL-2)

Sentinel-1A, farklı çözünürlük ve kapsama alanında dört özel görüntüleme modunda sahip olup, C-bant görüntüleme yapar. Çift polarizasyon kabiliyeti, ile zamansal çözünürlüğü yüksektir (Çizelge 1.3.1). Her gözlem için, uzay aracının konumu ve tutumunun hassas ölçümleri mevcuttur.

Sentinel-1A 12 gün zamansal çözünürlüğe sahip olup, Strip Mode, Interferometric Wide Swath Mode, Extra-Wide Swath Mode ve Wave Mode görüntüleme tipleri mevcuttur. Bu görüntüleme tipleri Stripmap=80 m, Interferometric Wide Swath=250 m, Extra-Wide Swath=400 m, Wave=20 m tarama genişlikleri bulunmaktadır.

Çizelge 1.3.1. Sentinel-1 Ürün Yapısı (URL-2)

Edinim Modu	Ürün Tipi 1	Çözünürlük Sınıfı	Çözünürlük [Rng x Azi] [m]	Pixel Aralık [Rng x Azi] [m]
Strip Mode	Single-Look Complex		1.7 x 4.3 ile 3.6 x 4.9	1.5 x 3.6 to 3.1 x 4.1
	Ground Range Dimension	Full Resolution	9 x 9	4 x 4
		High Resolution	23 x 23	10 x 10
		Meduim Resolution	84 x 84	40 x 40
Interferometric Wide Swath Mode	Single-Look Complex		2.7 x 22 to 3.5 x 22	2.3 x 17.4
	Ground Range Dimension	High Resolution	20 x 22	10 x 10
		Meduim Resolution	88 x 87	40 x 40
Extra-Wide Swath Mode	Single-Look Complex		7.9 x 43 to 15 x 43	5.9 x 34.7
	Ground Range Dimension	High Resolution	50 x 50	25 x 25
		Meduim Resolution	93 x 87	40 x 40
Wave Mode	Single-Look Complex		2.0 x 4.8 ve 3.1 x 4.8	1.7 x 4.1 ve 2.7 x 4.1
	Ground Range Dimension	Meduim Resolution	52 x 51	25 x 25

1.4. Space Capelle Radar Uydusu

Space Capella Radar, 2020 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde çok yüksek çözünürlüklü SAR görüntüleri sağlayan ilk ticari uydudur.

Space Capella, 2017 yılında yüksek çözünürlüklü SAR uyduları geliştirmek için minyatür uydu bileşenlerini kullanarak 48kg'lık test uydusu “Denali”yi tasarlamıştır (Capella Space 2020).

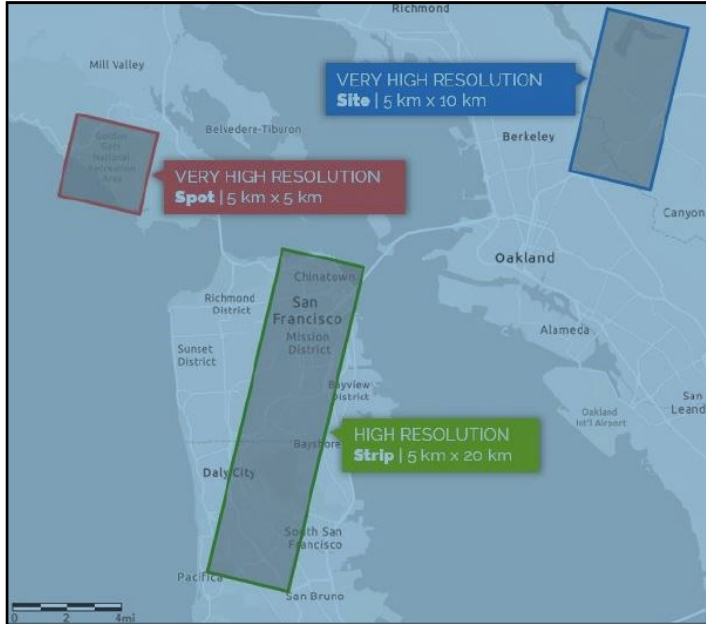
Space Capella, Sentetik Açıklıklı Radarda hem havadan hem de uzaydan prototipler geliştirilmiştir. Aralık 2018'de Denali ile gelecekteki Capella uyduları için araştırma ve geliştirmeyi hızlandırmak için SpaceX Falcon 9 görevi başlatılmıştır (URL-5).

Space Capella 2020 yılında, dünyanın en yüksek çözünürlüklü ticari SAR'ını üreten ilk operasyonel SAR uydusu Capella-2'yi uzaya fırlatılmıştır. Capella-2 SAR uydusu 45° bir eğimle 525km yükseklikte orta enlem yörüngesine sahiptir (Capella Space 2020).



Şekil 1.4.1. Space Capella SAR Uydusu (URL-5)

Space Capella Radar uydusu X bandı dalga boyuna sahip olup, Spotlight Mode, Sliding Spotlight Mode ve Stripmap Mode görüntüleme özelliği vardır. Çok Yüksek Çözünürlüklü Spotligh Mode $5\text{km} \times 5\text{km}$, çok yüksek çözünürlüklü Sliding Spotlight Mode $5\text{km} \times 10\text{km}$ ve yüksek çözünürlüklü Stripmap Mode $5\text{km} \times 20\text{km}$ tarama genişliği bulunmaktadır (Şekil 1.4.2).



Şekil 1.4.2. Space Capella SAR Uydusu Tarama Genişlikleri (URL-8)

Capella SAR görüntü ürünleri tam performans aralığını sağlayan önceden tanımlanmış görüntüleme alma parametreleri tanımlanmaktadır. Single Look Complex (SLC) görüntüleri radar sinyalinin hem genliğini hem de faz bilgisi içerir ve yörünge verileri kullanılarak coğrafi referanslandırılmıştır. Geocoded (GEO) görüntüleri ise genlik bilgisi içeren ve Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) kullanarak arazi yüksekliği düzeltilmiş, UTM projeksiyonu ve WGS 84 sisteminde tanımlanmıştır (Farquharson 2021).

Çizelge 1.4.1. Space Capella Ürün Yapısı (URL-8)

Ürün	Görüntü Modu	Nominal Ekran Boyutu	Azimut Çözünürlüğü	Kayan Menzil Çözünürlüğü	Menzil Bakış Açısı
Site SLC	Sliding Spotlight	5km*10km	1.0m	0.5m	25° to 40°
Strip SLC	Stripmap	5km*10km	1.7m	1.0m	25° to 40°

Ürün	Görüntü Modu	Nominal Ekran Boyutu	Azimut Çözünürlüğü	Zemşn Menzil Çözünürlüğü	Pixel Aralığı	Menzil Bakış Açısı
Spot GEO	Spotlight	5km*5km	0.5m	0.5m to 0.7m	0.35m	25° to 40°
Site GEO	Sliding Spotling	5km*10km	1.0m	0.8m to 1.2m	0.6m	25° to 40°
Strip GEO	Stripmap	5km*20km	1.7m	1.6m to 2.4m	1.2m	25° to 40°

1.5. ICEYE Radar Uydusu

ICEYE Radar Uydusu ile dünya üzerindeki herhangi bir konumun birkaç saatte güvenilir şekilde görüntülenebildiği ve hizmet seviyesini desteklemek için SAR uyduları inşa edilmiştir. Bu amaçla Dünyanın 100 kg'ın altındaki ilk SAR uydusu olan ICEYE-X1, Ocak 2018'de fırlatılmıştır (Şekil 1.5.1). ICEYE-X1 uydusu, Finlandiya'nın ilk ticari uydusudur. Deniz buzu hareketlerinin veya denizdeki petrol dökülmelerinin izlenmesi ve yasadışı balıkçılığın önlenmesi için kullanılmaktadır (URL.6).

ICEYE-X2 uydusu, ise 3 Aralık 2018'de fırlatılarak, Güneş ile eşzamanlı düşük Dünya yörüngesinde, ICEYE-X2 radar görüntüleme için görevlendirilmiştir. ICEYE Radar Uydusu, Güvenirlik, Zaman ve Ulaşılabilir problemlerine karşı varlığını sürdürmektedir.

ICEYE X uydu sensörleri, X-bandına (9.65 GHz) sahip radarlardır. ICEYE-X uyduları 3.2m*0.4m anten boyutuna sahip sağa veya sola Düşey-Düşey(VV) polarizasyonda görüntü alabilen 580km yükseklikte, 85 kg ağırlığında SAR uydusudur (Iceye 2021).

ICEYE görüntüleri Strip Mode ve Spotlight Mode olarak iki temel biçimi vardır. Bu modlarda hem sağ hem de sol görünümü mevcuttur. Strip Mode ürünleri, 30km menzile 50km azimut arasında, Spotlight Mode ürünleri ise 5km ile 5km tarama alanına sahiptir. Bu görüntüleme modların jeoekonomik doğruluğu 9m'dir.

ICEYE X SAR uydusu Single Look Complex (SLC) ve Ground Range Detected (GRD) görüntü formatında ürün alınabilmektedir. SLC ürünleri tek görünümlü faz bilgisine dayanan uygulamalar için uygundur. GRD ürünleri ise tespit edilen genliği depolar ve benek etkisini azaltmak için çok görünümlüdür (URL-6).



Şekil 1.5.1. ICEYE-X SAR Uydusu (URL-6)

SAR sensörleri, mikrodalga frekans bantlarında enerji iletirler. Günümüzde birçok mikrodalga sisteminde 30cm ile 3mm arasında dalga boyu kullanılmaktadır (Sunar 2016). Radar dalga boyu tespit edilmesi istenen yüzey cisminin boyutuna yakın olması gerekir. Bu doğrultuda çalışma amacına yönelik dalga boyu seçimine dikkat edilmelidir. Çizelge 1.5.1 'de Mikrodalga uygulamalarında kullanılan bandların frekansı, dalga boyu ve uygulama alanları görülmektedir.

Çizelge 1.5.1. Mikrodalga Uygulamalarında Bandların Sınıflandırılması (Flores-Anderson 2019)

Band	Frekans	Dalga Boyu	Uygulama Alanı
Ka	27 – 40 GHz	1.1 – 0.8 cm	SAR için nadiren kullanılır.
K	18 – 27 GHz	1.7 – 1.1 cm	SAR için nadiren kullanılır.
Ku	12 – 18 GHz	2.4 – 1.7 cm	Uydu Altimetresi için kullanılır.
X	8 – 12 GHz	3.8 – 2.4 cm	Yüksek çözünürlüklü SAR uygulamalarında; Kentsel İzleme, Kar ve Buzul İzleme, Bitki Alanı izleme,

(Devamı Arkada)

Çizelge 1.5.1. 'nin devamı

Band	Frekans	Dalga Boyu	Uygulama Alanı
C	4 – 8 GHz	7.5 – 3.8 cm	Küresel Haritalama, Bitki örtüsü alanları izleme
S	2 – 4 GHz	15 – 7.5 cm	Tarımsal İzleme, daha Yüksek Bitki Örtüsü İzleme
L	1 – 2 GHz	30 – 15 cm	Orta Çözünürlüklü SAR uygulamalarında; Jeofizik izleme, Bitki Örtüsü Haritalama
P	0.3 – 1 GHz	100 – 30 cm	Biyokütle, Bitki örtüsü Haritalama ve Değerlendirme

1.6. Amaç ve Hedefler

Farklı kurum ve kuruluşlar tarafından üretilen RADAR/SAR uydu görüntüleri verilerinin, doğruluğu hakkında yurtdışında ve yurtiçinde çalışmalar yapılmıştır. Bazı araştırmacılar RADARSAT uydu verisi kullanırken, bazıları TERRASAR-X uydu verisi kullanılarak doğrulukları hakkında çalışmalar yapılmıştır. Özellikle Schubert A. vd. (2015) yapmış oldukları çalışmada, Sentinel-1A uydusunun fırlatılması sonrası alınan görüntünün, köşe yansıtıcıları (CR) kullanılarak doğruluğu üzerine bir çalışma yapılmıştır.

Bu çalışmada ise farklı algılama platformlarında bulunan ve farklı dalga boyuna sahip SAR algılama sistemleri görüntülerinin mevcut harita verileri ile karşılaştırması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda üç farklı SAR görüntü verisi, üç farklı çalışma alanındaki OSM veri setleri ve FSH veri seti ile karşılaştırılmıştır.

Üç farklı SAR uydusu için, Antalya (TR), SanDiago (ABD) ve İzmir (TR) kentleri çalışma alanı seçilmiştir. Bu çalışma alanlarında C band Sentinel-1A uydusu, X band Space Capella uydusu ve X band ICEYE uydusu verileri kullanılmıştır. Karşılaştırmada SAR görüntü verileri deneysel veri, OSM ve FSH veri setleri ise doğru veri seti olarak kabul edilmiştir.

Önceki çalışmalardan farklı olarak ve bu çalışma ile boşluğun doldurulması amaç edinilerek SAR görüntü verileri ile OSM verileri karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalara ilave olarak ilk test alanında Sentinel-1A deneysel veri setinin mevcut FSH ile karşılaştırılması da amaç edinilerek, karşılaştırma sonuçlarının değerlendirilmesi, dolaylı olarak OSM veri setinin de doğruluğu ve uyumu hakkında bilgi edinilmesi amaç ve hedeflenmiştir.

Bunun yanında Space Capella uydu çalışmaları 2018 yılında başlamış olup, 2020 yılında görevine başlamıştır. Bu kadar yeni olan bir uyduya ait verinin test çalışması ile bir boşluğun doldurulması istenmiştir.

Ayrıca bu çalışmada kullanılacak veri setleri açık kaynak veri olması ve açık kaynak yazılım kullanılması amaçlanmış ve farklı uydu ve veri setlerine uyarlanabilir olması açısından özgün bir çalışma olması hedeflenmiştir.

2. KAYNAK TARAMASI

Bu çalışmada farklı kurum ve kuruluşlara ait RADAR/SAR görüntülerin test alanlarına ilişkin OSM ve FSH veri setleri ile karşılaştırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla SAR verileri ile diğer veri setleri aynı koordinat sisteminde çakıştırılması sonucu ortak noktaların tespiti ve konum hassasiyetleri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Sefercik U.G, (2007), Radar İnterferometri tekniğiyle üretilen SYM'lerin haritacılık amaçlı kullanılacak hassasiyete ulaşmadığı ancak hassasiyet gerektirmeyen işlerde büyük alanların çok hızlı şekilde yükseklik modellerinin 4-6 m doğrulukta oluşturulabilmesi nedeniyle zaman ve ekonomiklik açısından yararlı olacağı sonucuna varılmıştır.

Esirtgen F, (2010) tarafından yapılan analizler sonucunda 1/1000 ölçekli sayısal fotogrametrik haritalardan üretilmiş SYM' nin doğruluk değeri 1.45 m olarak bulunmuştur. Referans SYM' nin analiz sonuçlarına göre, açık alanları içeren bölümü 0.85 m KOH değeriyle en iyi sonucu vermiş, Bunun nedeni, operatör tarafından arazi yüzeyindeki detayların hassas bir şekilde sayısallaştırılabilmesidir. KOH değerleri 1.35m olan çalılık alan, 1.42m olan yerleşim alanı ve 1.94 m orman alanı da doğruluklarına göre sıralanmaktadır. Ormanlık ve çalılık alanlardaki hatanın yüksek olmasının sebebi, arazi yüzeyinde yükseklik detaylarının tam olarak belirlenememesi ve operatör tarafından düşük hassasiyette sayısallaştırılması gösterilebilir.

Monndzech J, vd. (2011) OpenStreetMap, Web Mapping 2.0 uygulama projesi ile dünyanın ücretsiz dijital haritasını oluşturmayı amaç edindiği vurgulanmaktadır. Bilgilerin birçok katılımcı tarafından toplanarak, merkezi bir veri tabanında derlenerek Web aracılığıyla dijital formatta dağıtıldığı, bu yüzden "Gönüllü Coğrafi Bilgi" olarak adlandırıldığı söylenmektedir. Gönüllük esaslı ile toplanan bilgilerin sistematik bir analizinin yapılmadığı vurgulanarak, OSM verilerini analiz etmeyi amaçlamıştır. OpenStreetMap bilgilerinin oldukça doğru olabileceği sonuçlar elde edilerek, ölçme setleri ve veri kümesi arasındaki nesnelerinin yaklaşık %80'i örtüştüğü sonucuna varılmıştır.

Radyo dalgaları atmosferden geçişleri sırasında çeşitli etkilere maruz kalmaktadır Altın M. U, (2013). GPS uydu sinyallerinin işlenmesi sırasında ortaya çıkarılabilen troposfer kaynaklı sinyal gecikme etkisinin SAR görüntülerinin elde edilmesinde de etkili olduğu, düşey deformasyonun belirlenmesinde kullanılan InSAR uygulamalarında gecikme hatalarına bölgesel olarak rastlandığı, Radar sinyallerinin troposferdeki su kütlelerine bağlı olarak değişimi bu çalışma sonucunda ortaya konulduğu sonucuna varılmıştır.

Ünen H.C, vd. (2013) Özgür Harita; OpenStreetmap başlıklı makalede vurgulanmak istenen, Dünya'ya ait coğrafi verinin özgürce oluşturulup paylaşılabildiği bir proje olduğu ifade edilmektedir. İngiltere' nin University College London öğrencisi olan Steve Coast, Britanya'nın askeri harita servisi kontrolünde bulunan topografik haritalara erişimin kısıtlı olmasından rahatsızlık duyarak, Vikipedi'nin başarısından da ilham aldığı ve içeriğin kullanıcılar tarafından üretilip özgürce paylaşılacağı bir

harita servisi geliştirmeye karar vererek OpenStreetMap'in temellerini atmıştır (Haklay M. 2008). OSM verilerinin doğal afet ve kriz durumlarında kullanıldığı, harita altlığının yetersiz olduğu durumlarda yardım ekiplerinin kullanımı için haritalar üretildiği, ifade edilmektedir. Bu çalışmanın asıl amacı veri sağlayıcıların istatistiksel olarak incelenmesidir. Bunun yanında lkemizdeki OSM kullanıcıları ve veri sağlayıcıları yönü ile de değerlendirme yapılmıştır (URL-7). 2010 ve 2012 yıllarındaki kullanıcı sayıları irdelenmiştir. Sayının azlığına vurgu yapılarak artması yönünde Sivil Toplum Kuruluşları ve niversite akademik faaliyetlerinin organizasyonları ifade edilmiştir.

Wang M, vd. (2013) tarafından Çin'in Wuhan bölgesindeki OSM verilerinin nitelik doğruluğu ve konumsal doğruluğu (% 51,5) belirlenmiştir. OSM verileri kalite analiz modeli önerilmiştir. İkinci olarak, OSM verileri için eksiksizlik, tematik doğruluk ve konumsal doğruluk olmak üzere üç farklı kalite değerlendirme unsurları olduğu sonucuna varılmıştır. Sonuçta OSM verileri anayollar ve kentiçi trafik yollarının konumsal doğruluğa sahip oldukları ve şehir içi yol ağı veri tabanının güncellenmesi için kullanılabilir olacağı vurgulanmaktadır.

Demirel A.ř, (2014) tarafından RADARSAT uydusundan alınmış olan SAR görüntüsünün doğruluğu hakkında bir çalışma yapılmış ve ortalama 20 m civarında bir doğruluk ortaya çıkarılmıştır. SAR görüntülerinde dağlık ve engebeli bölgelerde hataların arttığı tespit edilmiş ve bu hataların verideki yükseklik bilgileri kullanılarak giderilmesine çalışılmıştır. Ayrıca, SAR görüntüleri ile çalışacak kişilerin Radar görüntüleme prensibini iyi analiz edilmesi ve verilerin Radyometrik ve Geometrik düzeltmelerin yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Schubert A, vd. (2015) tarafından İşvire Zürih Üniversitesi, Uzaktan Algılama Laboratuvarları SAR ekibi, S1A ürününün geometrik kalibrasyonu ve doğrulaması için, SAR ürünü kullanılmıştır. Bu amaçla köşe yansıtıcılar(CR) yerleştirilmiş ve konumları belirlenmiştir. CR konumları ölçümünde atmosferik gecikmesi (PD), levha tektoniği ve Dünya gelgiti (SET) durumu değerlendirilmiştir. S1A, şerit harita modu ürünleri 2,5 m' lik iki boyutlu piksel konum doğruluğuna sahiptir. Stripmap modunda elde edilen görüntüler kullanılarak, her hedef için menzil ve azimut görüntü konumu tahminleri oluşturulur ve ölçülen görüntülü hedef konumları ile karşılaştırılır. S1A veri ürünlerinin halihazırda sürekli olarak yüksek doğrulukta coğrafi konum belirleme sağladığı kabul edilmektedir.

abuk S, vd. (2015) tarafından OSM verilerinin halen Harita Genel Komutanlığınca okuluslu Coğrafi Veri Ortak retim Programı kapsamında devam ettirilen standart 1/50K lekli vektör veri üretimlerinde ne şekilde kullanılabileceği, kullanılmasının fayda ve mahsurları araştırılmış, Elde edilen sonuçlar OSM verilerinin üretimde kullanılmasının üretim süresini düşürebileceğini göstermiştir.

Yine aynı çalışmada, OSM verisinin internetten indirilebildiği, verinin herkes tarafından ulaşılabilir, güncellenebilir, değiştirilebilir olduğu belirtilerek, bu güncelleme işleminin bölgeden bölgeye farklılık gsterdiğide belirtilmektedir. OSM verisini özellikle kentsel alanlarda ve yollarda öznitelik açısından oldukça zengin olduğu, ve verinin zenginliğinin ülkelerin gelişmişliği ile de doğru orantılı olduğu vurgulanmaktadır. OSM verilerinin 1:50.000 ölçekli harita üretiminde kullanılmasının

üretim sürecini hızlandıracağı, yapılan karşılaştırmada OSM verisindeki eksiklikler ve hatalar nedeniyle veri üretimde doğrudan kullanımının uygun olmayacağı, büyük ölçekli harita üretiminde OSM verilerinin kullanılabilirliğinin araştırılması yerinde olacağı sonucuna varılmıştır.

Wang J, vd. (2016) TerraSAR-X, yüksek çözünürlüklü SAR görüntüleri elde edebilmektedir. Farklı doğal olmayan görüş açılarından veri alabilme özelliği sayesinde yüksek hassasiyetli stereo konum belirlenebilmektedir. Bu çalışmada, Çin'in Wuhan kentinde bulunan TerraSAR-X yüksek çözünürlüklü görüntülerin mutlak coğrafi konum doğruluğunu araştırılmıştır. Çalışma kapsamında iki köşe reflektörünün 2D ve 3D coğrafi konum doğruluğu analiz edilmiş ve köşe reflektörlerin Mutlak Coğrafi Konum doğruluğu değerlendirilmiştir.

Görken M, (2017) tarafından, Sentinel-1A SAR uydusunun görüntülerinden InSAR tekniği ile üretilen dijital yüzey modelinin performans analizi yapılmıştır. Bu analizler, hava kaynaklı lazer tarama tekniği ile elde edilen verilerden üretilen yüksek kalitede bir dijital yüzey modeli referans alınarak model bazlı olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)'den aynı bölgede elde edilen bir dijital yüzey modelide sonuç analizlerde daha iyi yorumlama amacıyla kullanılmış, analizlerde, Sentinel-1A uydusundan elde edilen dijital yüzey modelinin yatay ve düşey konum doğrulukları detaylı olarak ortaya konmaya çalışılmış ve düşey mutlak ve rölatif doğruluklar ayrı ayrı tespit edilmiştir.

Schmidt K, vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada ölçülmüş olan köşe yansıtıcıların konum verileri kullanılarak Sentetik Açıklıklı Radar (Sentinel-1A ve Sentinel-1B) verilerinin geometrik doğruluğu test edilmiştir. Çalışmada ham SAR verilerinden menzil gecikmesi ve azimut kaymasını türeten yeni bir yaklaşım tanıtılmaktadır. Bu amaçla GPS konumları hassas olarak ölçülmüş köşe reflektörleri kullanılarak her uydu üst geçişi için elde edilmekte ve sonuçlar, Stripmap alımları için 1. seviye ürünlerde bulunan yaklaşık 2 m'lik azimut yanlışlığının yaklaşık 15 cm'ye düştüğünü göstermektedir.

Çınar O, (2019) tarafından yapılan bir çalışmada çalışma alanında düşey yönlü yüzey deformasyonlarının belirlenmesi amacıyla İnterferometrik Yapay Açıklıklı Radar ve GPS/GNSS tekniği kullanılmıştır, Yapay Açıklıklı Radar tekniğinin uygulanmasına olanak verecek yapıda olan tek bakışlı karmaşık radar görüntüleri tek polarizasyon "VV" kullanılarak çalışma alanına ait interferogramlar oluşturulmuştur. Elde edilen interferogramların yorumlanması sonucu çalışma alanında deformasyonlara rastlanmıştır.

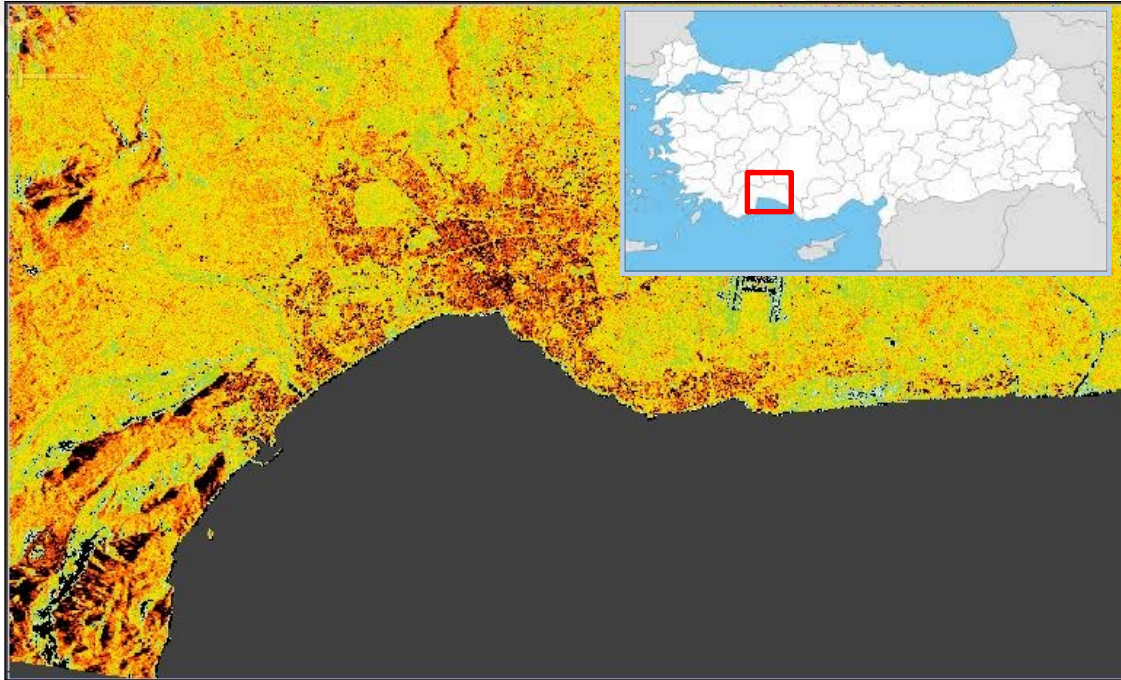
Kara G, vd. (2019)'nin çalışmasında klasik harita üretimi ve fotogrametrik harita üretiminin doğruluğunun karşılaştırılması amacı ile Erzincan ili proje alanı olarak kullanılmıştır. 1/1000 ölçekli Sayısal Fotogrametrik Harita verileri ile proje alanında Yersel yöntemlerle kontrol ölçümü yapılarak uygunluğu analiz edilmiştir. Kıyaslama sonucunda değerler, yatay koordinatlarda ortalama 6cm ve düşey koordinatlarda ortalama 10cm olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, fotogrametrik yöntemle yapılan sayısal haritaların halihazırda kullanılabilir nitelikte olduğu sonucuna varılmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanları

Bu çalışmada Sentinel-1A SAR verisi için Antalya kenti alanı, Space Capella SAR verisi için ABD’ de San-Diego kent alanı ve ICEYE SAR verisi için İzmir kenti çalışma alanları kullanılmıştır.

Seninel-1A SAR görüntüsünün mekansal doğruluğunu araştırmak için, Türkiye'de Antalya ilinin bir kısmı çalışma bölgesi olarak seçilmiştir (Şekil 3.1.1). Antalya çalışma alanı merkezi $36^{\circ} 53' 32''$ Kuzey enlemi ve $30^{\circ} 41' 01''$ Doğu boylamında olup deniz seviyesinden ortalama 35m ile 350m yükselti arasında bulunmaktadır. Çalışma alanı içindeki SAR görüntü verisi ile OpenStreetMap (OSM) ve Fotogrametrik Sayısal Harita (FSH) verileri karşılaştırılması Transversal Mercator (TM) 30° projeksiyonunda yapılmıştır.



Şekil 3.1.1. Antalya Çalışma Alanı

Bu çalışmada, veri setleri üzerinde karakteristik ortak noktalar belirlenmiştir. Her veri setinde ayrı ayrı 55 nokta seçilmiştir. Karakteristik nokta seçiminde bina köşeleri, yol kavşak noktaları ve sınırlara ilişkin noktalar rastgele seçilmiştir. Her veri seti Quantum Geography Information System (QGIS) yazılımı sayesinde çakıştırma işlemi yapılmıştır. Veri setlerinde seçilen noktaların koordinatları coğrafi koordinat sistemindedir. Bu noktaların coğrafi koordinat sistemindeki değerleri, QGIS yazılımının eklentisine, python kod yazılarak dik koordinatları hesaplanmıştır. Bu veriler ham veri olarak kullanılmış ve ham verilerin dik koordinatları (OSM ile SAR verileri ile PDM ve SAR verileri) farkları hesaplanmıştır. Uygulanan istatistik testler sonucunda verilerin normal dağılım gösterdiği tespit edilmiştir.

Space Capella SAR görüntüsünün mekansal doğruluğunu araştırmak için, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) San-Diego kentinin bir kısmı çalışma bölgesi olarak seçilmiştir (Şekil 3.1.2). Çalışma alanı merkezi $32^{\circ} 41' 30''$ Kuzey enlem ve $117^{\circ} 09' 30''$ Batı boylamında bulunmakta olup, ABD'nin Güney-Batı bölgesinde Pasifik Okyanusu'na bakan kıyı kentidir. Çalışma alanı içindeki SAR görüntü verisi ile OSM verileri karşılaştırması UTM 11 projeksiyonu kullanılarak yapılmıştır. Karşılaştırma noktaları kanalın her iki tarafında homojen dağılacak şekilde seçilmiştir.



Şekil 3.1.2. San Diego Çalışma Alanı

Bu çalışmada, veri setleri üzerinde karakteristik ortak noktalar belirlenmiştir. Her veri setinde ayrı ayrı 140 nokta kullanılmıştır. Bu noktalar, veri setleri üzerinden rastgele seçilmiştir. Karakteristik nokta seçiminde bina köşeleri, yol kavşak noktaları ve sınırlara ilişkin noktalar seçilmiştir. Veri setlerini karşılaştırma işlemi QGIS yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Veri setleri üzerinde seçilen noktalar coğrafi koordinat sistemindedir. Bu noktaların coğrafi koordinat sistemindeki değerleri, QGIS yazılımının eklentisine, python kod yazılarak dik koordinatları hesaplanmıştır. Bu veriler ham veri olarak kullanılmış ve ham verilerin dik koordinatları (OSM ile SAR verileri) farkları hesaplanmıştır. Verilerin normal dağılım gösterdiği tespit edilmiştir.

ICEYE SAR görüntüsünün mekansal doğruluğunu araştırmak için, Türkiye'nin İzmir kenti seçilmiştir (Şekil 3.1.3). İzmir çalışma alanı merkezi $38^{\circ} 27' 01''$ Kuzey Enlemi ve $27^{\circ} 11' 18''$ Doğu Boylamında bulunmakta olup, Türkiye'nin Batı bölgesinde Ege Denizine bakan kıyı kentidir. Çalışma alanı içindeki SAR görüntü verisi ile OSM verileri karşılaştırması TM 27° projeksiyonu kullanılarak yapılmıştır. Büyük kentlerin OSM verisinin çokluğu ve detayların yoğunluğu ve ayrıca SAR verisinin özelliğinden dolayı yol keşim ve sınır noktaları seçilerek deneysel noktaların sayısının artmasına neden olmuştur.



Şekil 3.1.3. İzmir Çalışma Alanı

3.2. Kullanılan Veri Setleri

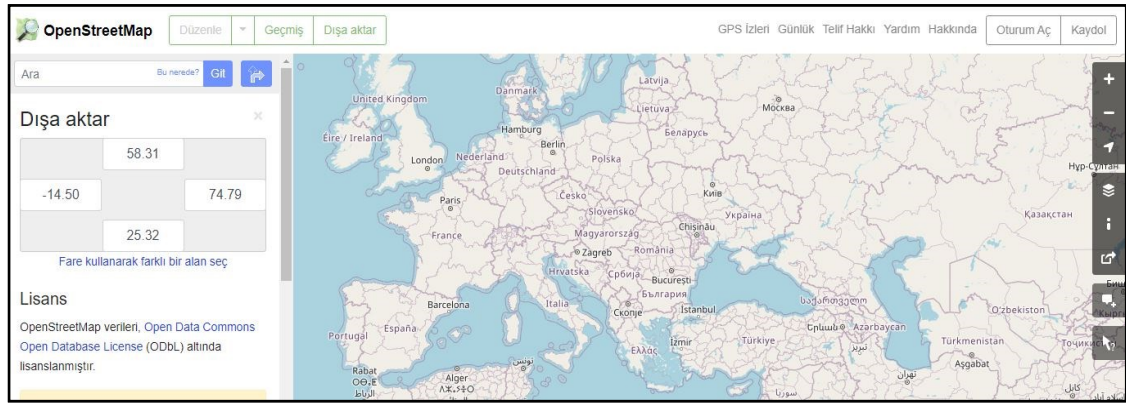
Sentinel-1 Uydu çalışmasında, Şekil 3.1.1' de gösterildiği gibi test alan Antalya ilinin bir kısmı seçilmiştir. SAR veri seti için Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından sağlanan Sentinel-1A verisi kullanılmıştır. ESA Copernicus veri merkezinden, ücretsiz hesap oluşturularak çalışma alanına ilişkin veri indirilmiştir (Şekil 3.2.1). Diğer veri setleri ise, Antalya Belediyesi tarafından sağlanan Fotogrametrik Sayısal Harita (FSH) ve Open Street Map (OSM)'dir (Şekil 3.2.2).

Sentinel 1A, Avrupa Uzay Ajansı tarafından işletilen C bant RADAR sensörüne sahiptir ve ilgili veriler Copernicus veri merkezinden sağlanabilir. C bandı 4 - 8 GHz frekansa ve 3,8-7,5 cm dalga boyuna sahiptir. Son 30 yılda SAR, yeryüzü izlemede en önemli veri kaynağı olmuştur (Flores-Anderson A. vd 2019). Bu nedenle bitki örtüsüne, kuru toprağa ve buzullara geçirim sağlanabilmektedir. Veriler sırasıyla 20x22 m menzil ve azimut çözünürlüğüne sahip olup Ground Range Detected (GRD) dosya formatında 10 m piksel aralığı ile sağlanabilir. GRD ürünleri, bir Dünya elipsoid modeli kullanılarak tespit edilen ve yer menziline yansıtılan odaklanmış SAR verilerinden oluşur. Üç farklı GRD ürün çözünürlük modu vardır. Tam Çözünürlük (FR), Yüksek Çözünürlük (HR) ve Orta Çözünürlük (MR). Moda Göre Ürün Çözünürlükleri: Strip Map (SM) GRD, Interferometric Wide Swath (IW) GRD ve Extra Wide Swath (EW) GRD. Bu çalışmada 2019/12/31 tarihli ve IW-GRDH modu ve çözünürlük ürünü kullanılmıştır.



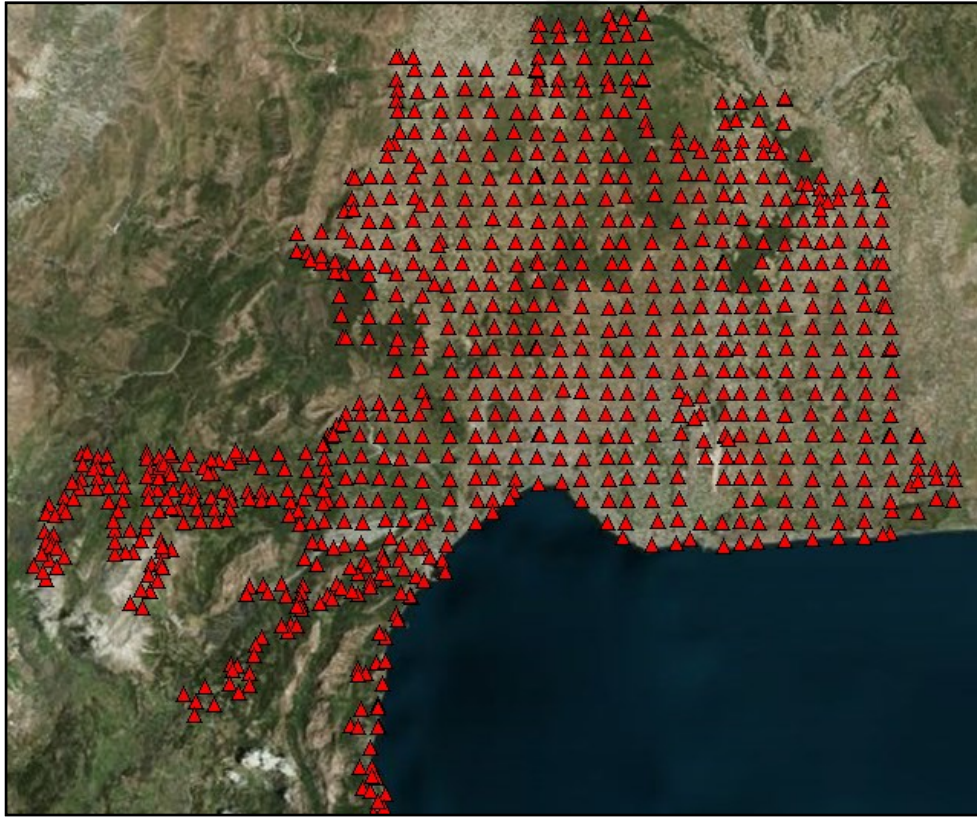
Şekil 3.2.1. ESA Copernicus Açık Kaynak Veri Portalı

Bu çalışmanın temel karşılaştıma veri seti OSM' dir. İngiliz Üniversite öğrencisi Steve Coast, Britanya'nın askeri harita servisi erişimin kısıtlı olmasından rahatsızlık duyarak, Vikipedi'nin başarısından da ilham alarak ve içeriğin kullanıcılar tarafından üretilip özgürce paylaşılabileceği bir harita servisi geliştirmeye karar vermiş ve OpenStreetMap'in temellerini atmıştır (Ünen 2013). OSM global olarak ücretsiz mekânsal veri sağlayan sivil bilim projesidir ve farklı uydu verilerinin entegre kullanılması ile farklı uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Open Street Map, arka planda OpenDataCommons lisansına sahip çevrimiçi bir coğrafi veri tabanıdır (Çabuk 2015).



Şekil 3.2.2. Open Street Map Açık Kaynak Veri Portalı

OSM, bir OSM Vakfı tarafından oluşturulan ve Dünya'daki saygın türden özellikler hakkında veriler sağlayan bir veri kümesi hizmetidir (URL-3). Uzman veya uzman olmayan haritaya gönül vermiş kişiler, ücretsiz arayüz hesapları ile yaşadıkları çevreye ilişkin detayları uydu görüntüleri üzerinden konumsal bilgileri ve konumsal olmayan öznitelik verilerini girmektedirler. OSM verisinin özellikle kentsel alanlarda ve yollarda öznitelik açısından oldukça zengin ve verilerin zenginliğinin ülkelerin gelişmişliği ile de doğru orantılı olduğu söylenebilmektedir (Çabuk 2015).



Şekil 3.2.3. FSH Üretiminde Kullanılan Yatay Kontrol Ağı Noktaları

Fotogrametrik Sayısal Harita veri seti ise Antalya Büyükşehir Belediyesi için, İller Bankası A.Ş Antalya Bölge Müdürlüğü tarafından, 2009 tarihinde 1/5000 ölçekli Fotogrametrik Sayısal Harita ve 1/1000 ölçekli çizgisel haritalar üretilmiştir. FSH Türkiye Ulusal Temel GPS Ağına (TUTGA) ve Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağına (TUDKA) bağlı 5156 adet Hava fotoğrafı ve 16 Bloktan oluşturulmuştur (Şekil 3.2.3). Üretimde kullanılan hava fotoğrafları 15 mikron - Yer Örnekleme Aralığı (YÖA) 6cm hassasiyetinde taranmıştır (Hkmo 2009).

Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından sağlanan Sentinel-1 verileri, bu alandaki araştırmalara da ivme kazandırmıştır. Bunun yanında, son dönemde ticari girişimler X bandı SAR uydu görüntülerini metre altı çözünürlükte sağlamaktadırlar. Bu uyduların başında A.B.D. merkezli Space Capella gelmektedir. Space Capella görüntüleri doğrudan jeoreferanslı olarak sağlanabildiğinden, OSM verileri ile karşılaştırılması araştırılmıştır. Test alanına ilişkin SAR görüntüsü Space Capella kuruluşundan doğrudan temin edilmiştir. Bu çalışmada 2020/05/22 tarihli, SP-GEO ürün ve WGS-84 formatında görüntü kullanılmıştır. ABD San-Diego test alanına ilişkin çalışma sonuçları ilgililer ile paylaşıldığında *“Capella'nın 2020' nin başlarında hareket halinde alınan verinin, hava platformuna monte edilmiş bir Prototipi SAR sensörü kullanılarak elde edildiği ve Capella'nın uydudan elde edilen veri ürünlerini yansıtmayan simüle edilmiş SAR görüntüsü olduğu”* bilgisi alınmıştır (Space Capella 2021).

ICEYE temel görüntü ürünleri, Single Look Kompleks (SLC) ve Ground Range Detected (GRD) ürünleri bulunmaktadır ve coğrafi referanslıdır. SLC SAR sinyalinin temel tek görünümlü ürünüdür. SLC ürünleri faz bilgisini korurlar ve doğal piksel aralığında örneklenirler. GRD ürünleri ise tespit edilen genliği depolar ve benek etkisini azaltmak için çok görünümlüdür (URL-6). GRD ürünleri, bir Dünya elipsoid modeli kullanılarak tespit edilen, çok yönlü olarak işlenen ve yer menziline yansıtılan odaklanmış SAR verilerini temsil eder. Görüntü koordinatları, uçuş yönü ve yer menzili boyunca yönlendirilir. Piksel aralığı, azimutta ve yer aralığında eşit uzaklıktadır (Iceye 2021). Bu çalışmada kullanılan ICEYE verisi 2020/11/02 tarihli X2-SLC-StripMap (SM) formatında ve WGS84 sisteminde elde edilmiş bir üründür. Bu çalışmada kullanılan veriler Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından desteklenen 64318 numaralı Proje kapsamında elde edilmiştir.

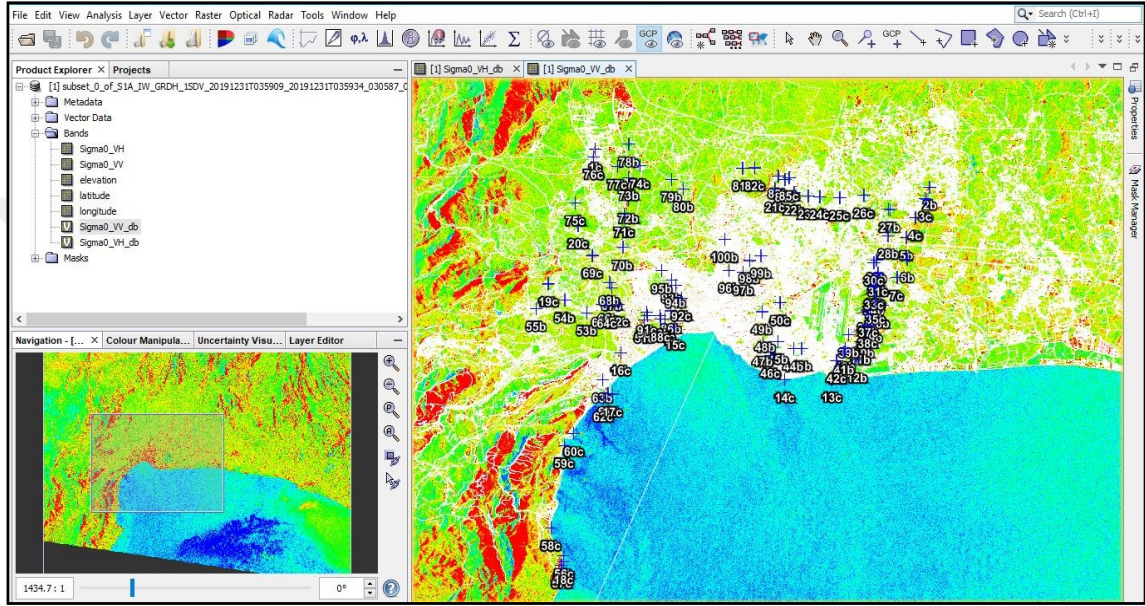
3.3. Yöntem

Bu çalışmada, verilerin değerlendirilmesi için Quantum Geographic Information System (QGIS 3.12) ve Sentinel Application Platform (SNAP 7.0) yazılımı kullanılmıştır. QGIS yazılımı, Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) (URL-3) tarafından geliştirilmiştir. QGIS yazılımı, veri görüntüleme, düzenleme ve analiz yetenekleri sağlayan, çok platformlu ücretsiz ve açık kaynaklı bir GIS yazılımıdır. SNAP yazılımı, yer kontrol noktalarını kullanarak hızlı görüntüleme, katman yönetimi, coğrafi kodlama ve düzeltme için Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından geliştirilmiştir.

SNAP programında SAR Sentinel-1 Uydu verilerine alt küme kalibrasyonu, speckle filtreleme ve Geometrik düzeltme prosedürleri uygulanmıştır. Kalibrasyon işlemi uygulanmıştır. SAR kalibrasyonunun amacı, piksel değerlerinin doğrudan sahnenin radar geri saçılımı ile ilişkilendirilebildiği görüntüler sağlamaktır. Filtre işlemi

"Lee" (3 * 3) filtresi uygulanmıştır. Veri seti geometrik düzeltme yapılarak WGS84 sisteminde tanımlanmıştır (Yommy vd. 2015; Smara vd. 2015).

Veri setleri OSM (a), Sentinel-1 (c) ve PDM (d) QGIS programında Avrupa Petrol Ölçme Grubu (EPSG; 4326) sisteminde WGS84 Coğrafi Koordinat sisteminde çakıştırma işlemi yapılmıştır. Her bir veri seti üzerinden 55 tane ortak nokta seçilmiştir. Bu ortak noktaların ortogonal koordinatları QGIS eklentisine Python kod yazılımı yapılarak dışarıya Türkiye Referans Çerçeve Ağı-TUREF sisteminde TM30 projeksiyonunda (URL-4) hesaplanmıştır.



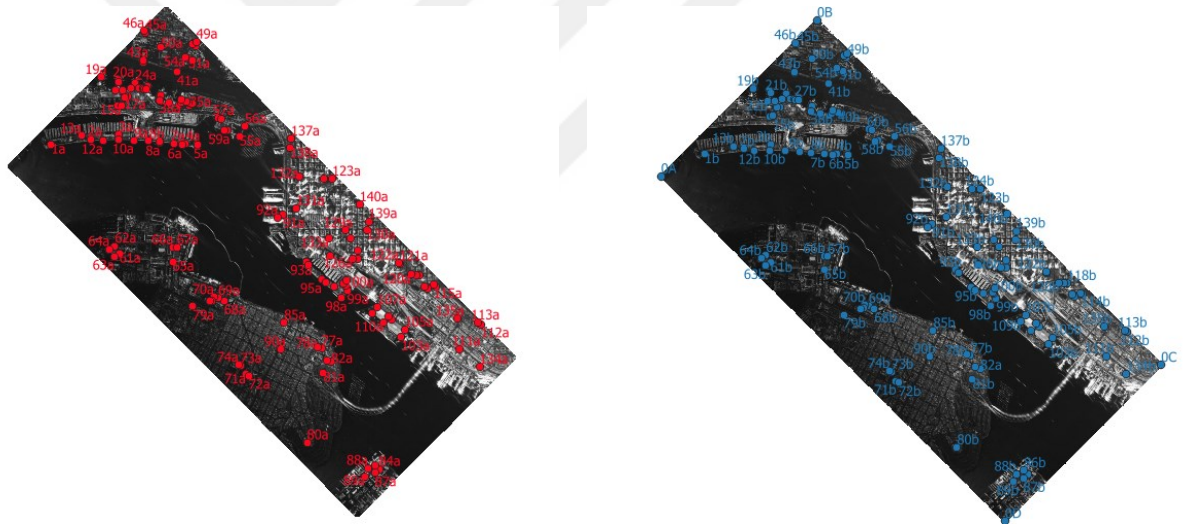
Şekil 3.3.1. Sentinel-1 Antalya Çalışma Verisinin SNAP Yazılımında Görünümü

Uyumlu olmayan veri noktalarını elimine etmek için ikinci adımda standart sapma ve 2*Standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Maksimum ve minimum güven aralıkları (% 95) 2*Standart sapma sınır değerlerine göre seçilmiştir. Uyumsuz verilerin çıkartılarak her veri setinde 49 adet uyumlu veri elde edilmiştir. OSM ve SAR veri setindeki 49 ortak noktanın koordinat farkları (Ya-Yc); (Xa-Xc) ile FSH ve SAR veri setindeki 49 ortak nokta; (Yd-Yc);(Xd-Xc) koordinat farkları ayrı ayrı hesaplanmıştır (Şekil 4.1.6 ve 4.1.9). Bu koordinat farklarının standart sapmaları sırasıyla 11.646m, 7.842m ve 10.520 m ve 8.438 m bulunmuştur (Çizelge 4.1.1 ve 4.1.2). Bu veri setlerinin koordinat fark grafikleri ve konum grafikleri çizilmiştir (Şekil 4.1.7 ve 4.1.10).



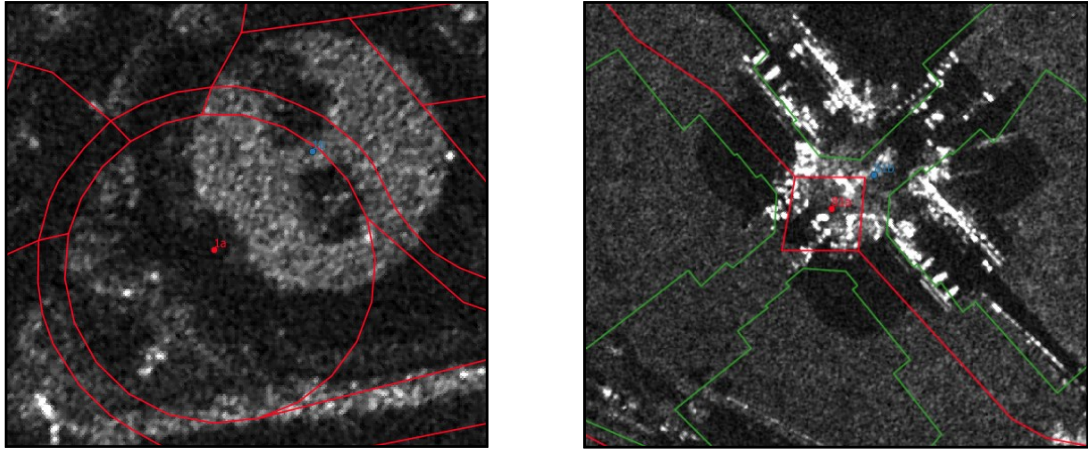
Şekil 3.3.2. OSM(a), SAR(c) ve FSH(d) Seçilen Örnek Noktaların Konumu

Çalışma alanı olarak Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nin SanDiego kentinden seçilmiştir. Her bir veri setinden 140 adet karakteristik ortak nokta seçilmiştir. Bu ortak noktaların koordinatları EPSG: 32611 sisteminde WGS84-UTM 11N zone projeksiyonunda hesaplanmıştır. Bu veri setlerindeki koordinat farklarından ortalama fark vektörleri hesaplanmıştır.



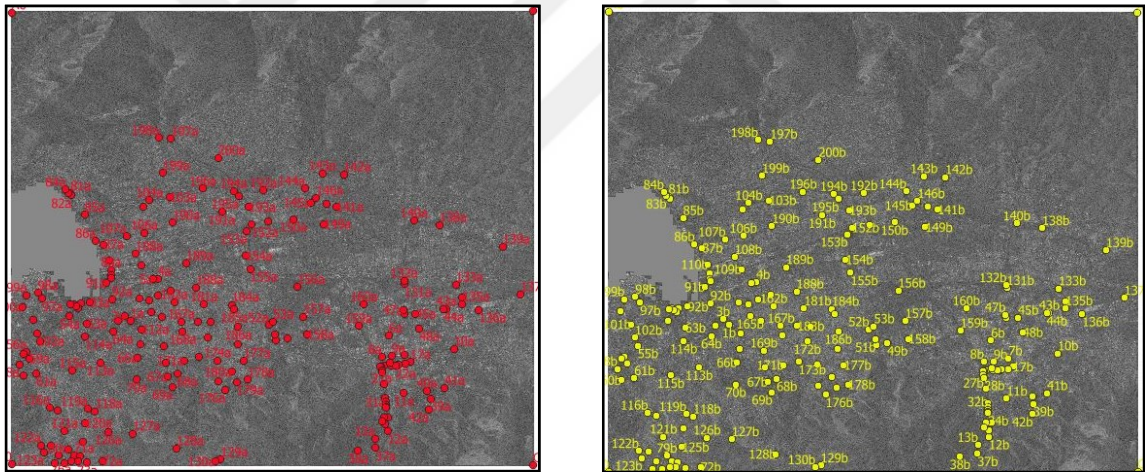
Şekil 3.3.3. OSM(a) ve Capella(b) Seçilen Noktaların Konumları

İstatistiksel olarak ortalama değer, standart sapma ve histogram grafikleri incelenmiştir. Veri setlerinin normal dağılım gösterdiği Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk Normal dağılım testleri uygulanarak doğrulanmış ve 2 * Standart Sapma değerine göre, %95 güven aralığı belirlenmiştir. Veri setinin uygun dağılımda olduğu sonucuna varılarak, uyumsuz noktalar ayıklanmıştır. 134 adet uyumlu noktanın standart sapma değeri 5.012 m ve belirlilik katsayısı $R^2=0.9851$ olarak hesaplanmıştır. OSM ve Capella SAR veri setinden seçilen 134 uyumlu noktanın X ve Y koordinatlarından 0.650 m; 23.424 m mesafe aralığında değerler elde edilmiştir. Son olarak, maksimum farklar, SAR konumsal doğruluğunun OSM ve Capella SAR uydu verisinin 1 piksel azimut çözünürlüğünün altında olduğunu göstermektedir. Bu da ilgili SAR görüntüsünün doğrudan OSM yerine kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır.



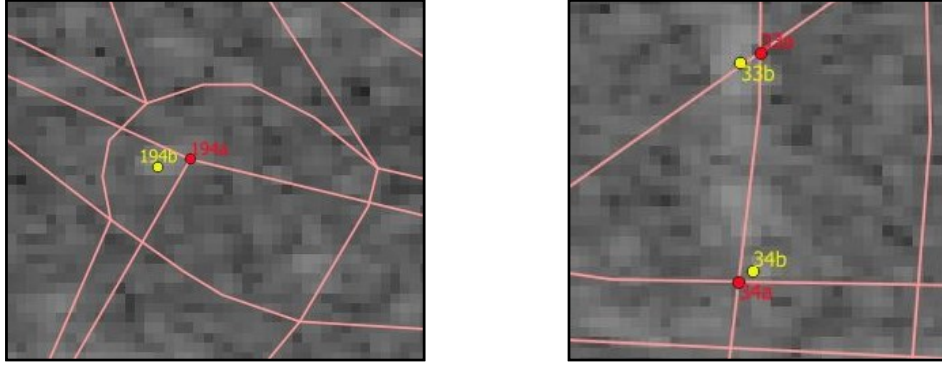
Şekil 3.3.4. OSM(a) ve Capella(b) Seçilen Örnek Nokta Konumları

ICEYE Uydusu çalışmasında, Şekil 3.1.3' de gösterildiği gibi test alan İzmir ilinin bir kısmı seçilmiştir. Kullanılan deneysel veriler EPSG: 4326 sisteminde WGS84 projeksiyonunda tanımlıdır. Diğer veri seti ise, OSM' dir. OSM veri seti diğer çalışmalarda kullanılan veriler gibi (URL-7) OSM arayüzü aracılığı ile indirilmiştir.



Şekil 3.3.5. OSM(a) ve ICEYE(b) 'de Seçilen Noktaların Konumları

İki veri seti QGIS yazılımında EPSG: 4326 sisteminde WGS84 projeksiyonunda karşılaştırılmıştır. ICEYE veri setinin özelliği ve saçılmanın yüksek olmasından dolayı ortak nokta seçiminde yol ve kavşak noktalarından 200 nokta seçilmiştir (Şekil.3.3.5). Bu noktaların dik koordinatları QGIS yazılımı Python eklentisi yardımı ile EPSG: 5253 sisteminde TUREF 27° projeksiyonunda hesaplanmıştır. İstatistiksel olarak ortalama değer, standart sapma ve histogram grafikleri incelenmiş ve veri setlerinin normal dağılım gösterdiği Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk Normal dağılım testleri uygulanarak doğrulanmış olup 2*Standart Sapma değerine göre, % 95 güven aralığı belirlenmiştir.

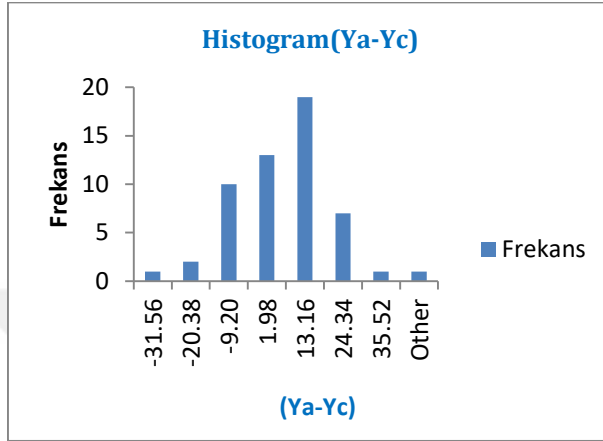


Şekil 3.3.6. OSM(a) ve ICEYE(b) Seçilen Örnek Nokta Konumları

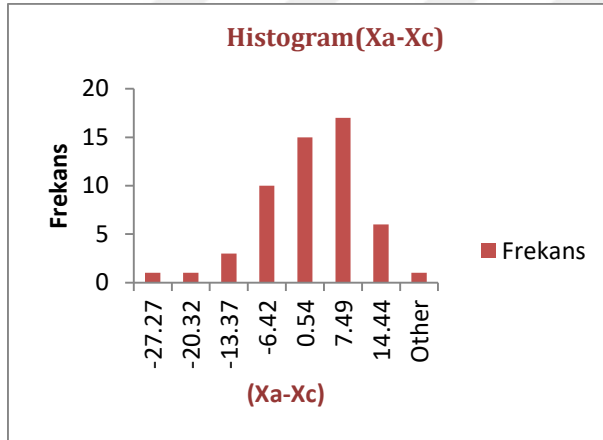
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Sentinel-1 Uydu Verisi Bulguları

İlk adımda OSM(a) ve SAR(c) veri noktalarının ($Y_a - Y_c$) ve ($X_a - X_c$) koordinat farklılıkları hesaplanmış ve bu koordinat farklarının histogram grafikleri çizilmiştir (Şekil 4.1.1 ve 4.1.2).

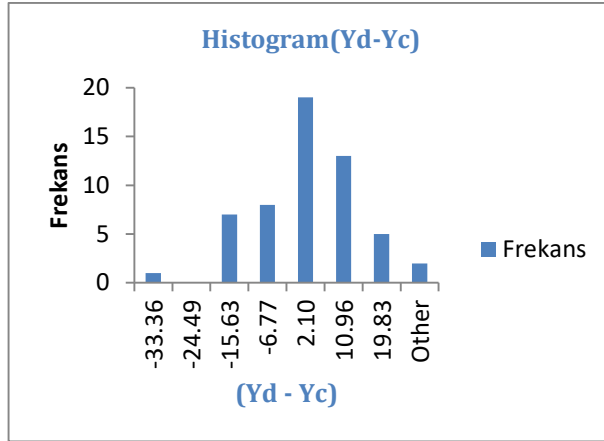


Şekil 4.1.1. ($Y_a - Y_c$) Koordinat Farkları Histogram Grafiği

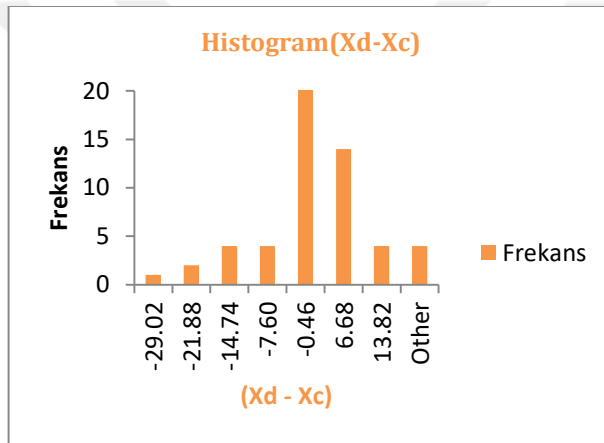


Şekil 4.1.2. ($X_a - X_c$) Koordinat Farkları Histogram Grafiği

İkinci aşamada SAR(c) ve FSH(d) veri noktalarının ($Y_d - Y_c$) ve ($X_d - X_c$) koordinat farkları hesaplanmış ve koordinat farkların histogram grafikleri çizilmiştir (Şekil 4.1.3 ve 4.1.4).



Şekil 4.1.3. (Yd-Yc) Koordinat Farkları Histogram Grafiği



Şekil 4.1.4. (Xd-Xc) Koordinat Farkları Histogram Grafiği

OSM(a) ve SAR(c) ile SAR(c) ve PDM(d) koordinat farkları histogram grafiklerinin normal dağılım sergilediği görülmüştür.

(Ya - Yc) ve (Xa - Xc) koordinat farklarının ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Denklem 4.1.1' e göre; 2*standart sapmanın (% 95) minimum ve maksimum sınır değerleri hesaplanarak bu sınır değerler dışında kalan veriler ayıklanmıştır (Çakıcı 2000). Böylece 49 uyumlu koordinat bulunmuş olup elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1.1' de görülmektedir.

$$(\bar{X} - 2\sigma) \leq \mu \leq (\bar{X} + 2\sigma) \quad (4.1.1)$$

Çizelge 4.1.1' de görüldüğü gibi standart sapma (Ya - Yc) farklarında 11.646 m, (Xa - Xc) farklarında ise 7.842 m'dir. Ayrıca 2*Standart Sapma sınır değerlerine göre (Ya - Yc) farklarında; [-22.730m ila 23.855 m] ve (Xa-Xc) farklarında; [-17.216 m ile 14.152 m] aralığında değerlere ulaşılmıştır.

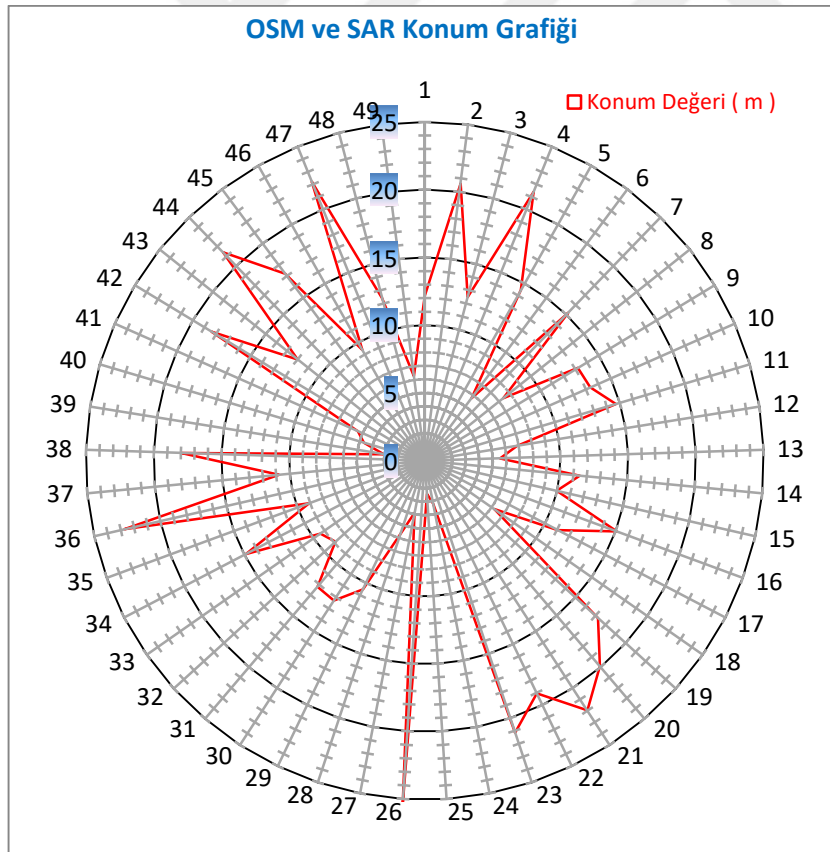
Çizelge 4.1.1. (Ya-Yc) ve (Xa-Xc) Koordinat Farkları Hesaplama Özeti

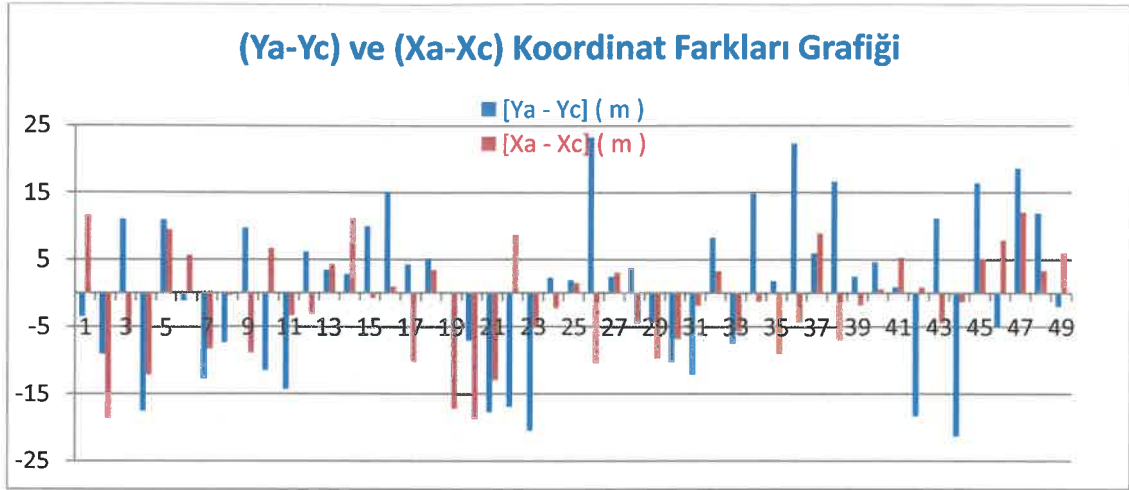
Hesap 1	[Ya-Yc] m	[Xa-Xc] m
Ortalama	0.563	-1.532
Std.Sapma	11.646	7.842
2*Std.Sapma	23.293	15.684
Minimum	-22.730	-17.216
Maximum	23.855	14.152

Hata seviyelerini elde etmek için seçilen 49 noktanın fark değerlerinin yüzde hataları $[(Ya-Yc) / Ya] * 100$ ve $[(Xa-Xc) / Xa] * 100$ hesaplanmıştır. Buna göre veri kümeleri için sırasıyla yüzde hata değerleri $[-0.004$ ile $+0.004]$ ve $[-0.001$ ile $+0.001]$ arasında değiştiği görülmüştür.

Denklem 4.1.2' ye göre; (Ya-Yc) ve (Xa-Xc) koordinat farklarından konum değerleri hesaplanmıştır (4.1.5). 49 uyumlu noktanın konum grafiği ve koordinat farkları grafiği çizilmiştir (Şekil 4.1.6 ve 4.1.7).

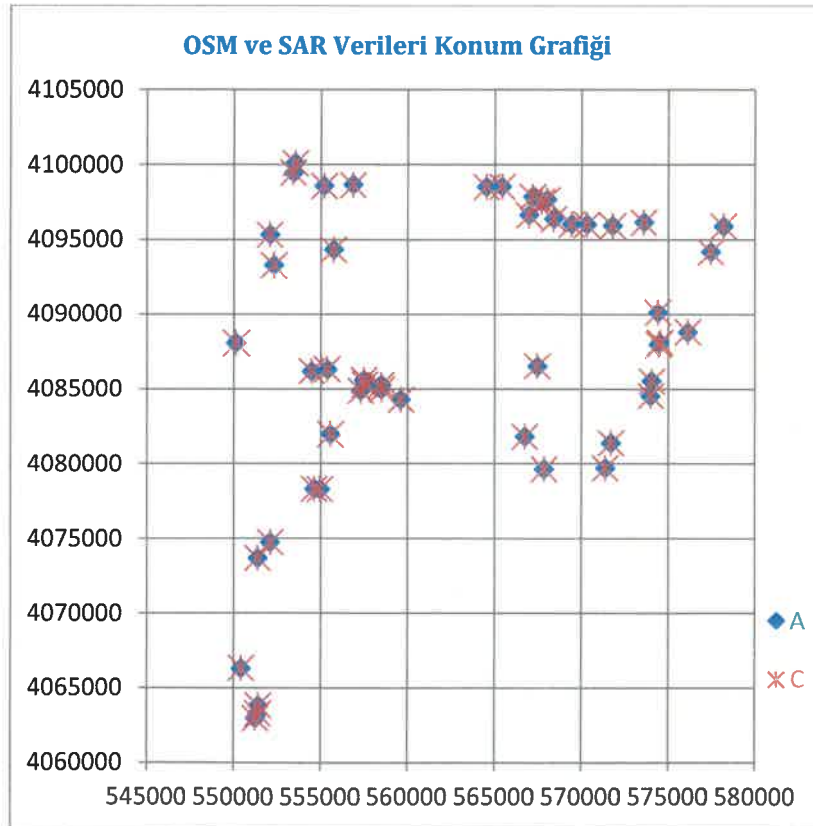
$$S_{ac} = \sqrt{(Ya - Yc)^2 + (Xa - Xc)^2} \quad (4.1.2)$$

**Şekil 4.1.5.** OSM(a) ve SAR(c) Veri Seti Konum Grafiği



Şekil 4.1.6. OSM(a) ve SAR(c) Verileri (Ya-Yc) ve (Xa-Xc) Koordinat Farkları Grafiği

Şekil 4.1.7 'de görüldüğü gibi, OSM(a) ve SAR(c) veri setindeki 49 adet uyumlu noktanın konum grafiği görülmektedir.



Şekil 4.1.7. OSM(a) ve SAR(c) Veri Seti Konum Grafiği

FSH(d) ve SAR(c) koordinat farkları histogram grafiklerinin normal dağılım sergilediği görülmüştür. ($Y_d - Y_c$) ve ($X_d - X_c$) koordinat farklarının ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Denklem 4.1.3' e göre; 2*standart sapmanın (% 95)

minimum ve maksimum sınır değerleri belirlenmiş ve 49 uyumlu noktanın koordinatları bulunmuştur. Bulunan sonuçlar Çizelge 4.1.2' de gösterilmektedir.

$$(\bar{X} - 2\sigma) \leq \mu \leq (\bar{X} + 2\sigma) \quad (4.1.3)$$

Çizelge 4.1.2 ' de görüldüğü gibi, standart sapma (Yd-Yc) farklarında 10.520 m, (Xd - Xc) farklarında ise 8.438 m'dir. Ayrıca 2*Standart Sapma sınır değerlerine göre (Yd - Yc) farklarında; [-22.044 m ila 20.035 m] aralığında ve (Xd - Xc) farklılıklar; [-18.298 m ila 15.452 m] aralığındaki değerlere ulaşılmıştır.

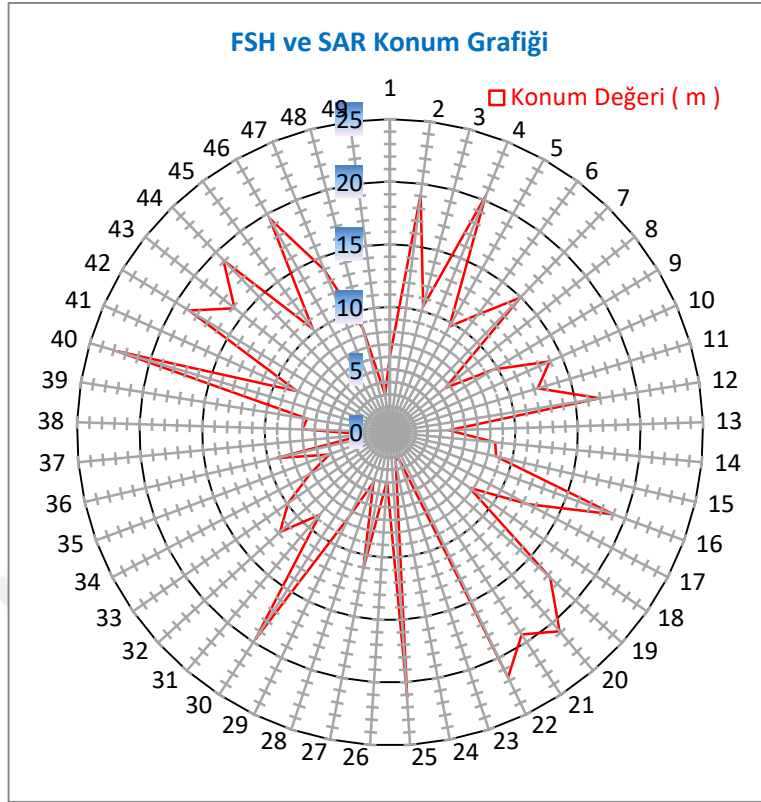
Çizelge 4.1.2. (Yd-Yc) ve (Xd-Xc) Koordinat Farkları Hesaplama Özeti

Hesap 2	[Yd-Yc] m	[Xd-Xc] m
Ortalama	-1.004	-1.423
Std.Sapma	10.520	8.438
2*Std.Sapma	21.040	16.875
Minimum	-22.044	-18.298
Maximum	20.035	15.452

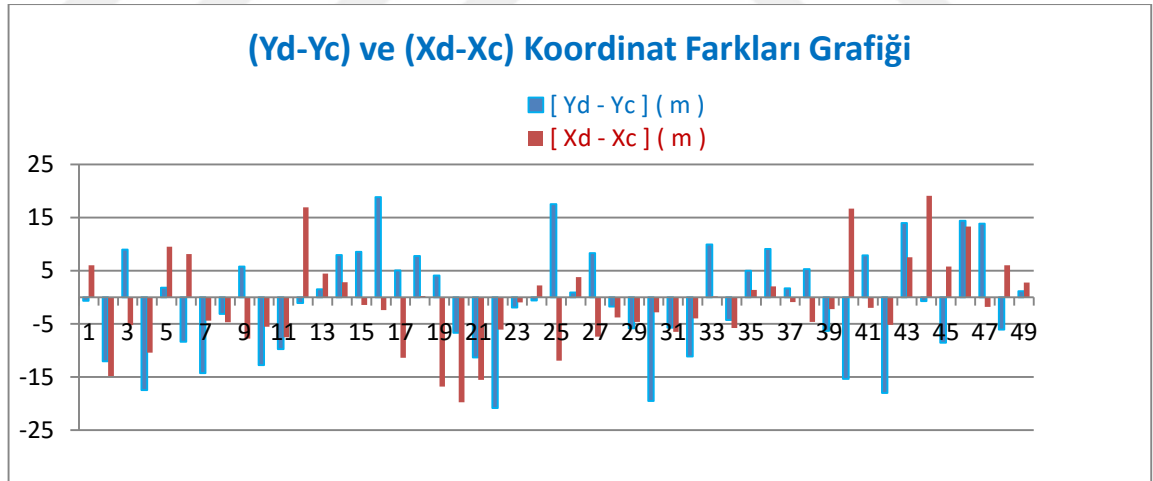
Ayrıca, seçilen 49 adet uyumlu noktanın fark değerlerinin yüzde hatası hesaplanmış ve bu hata değerlerinin sırasıyla [-0.004 ile +0.004] ve [-0.001 ile +0.001] arasında değiştiği görülmüştür.

Denklem 4.1.4'e göre; (Yd - Yc) ve (Xd - Xc) koordinat farklarından konum değerleri hesaplanmıştır (4.1.8). 49 uyumlu noktanın konum grafiği ve koordinat farkları grafiği çizilmiştir (Şekil 4.1.9 ve 4.1.10).

$$S_{dc} = \sqrt{(Yd - Yc)^2 + (Xd - Xc)^2} \quad (4.1.4)$$

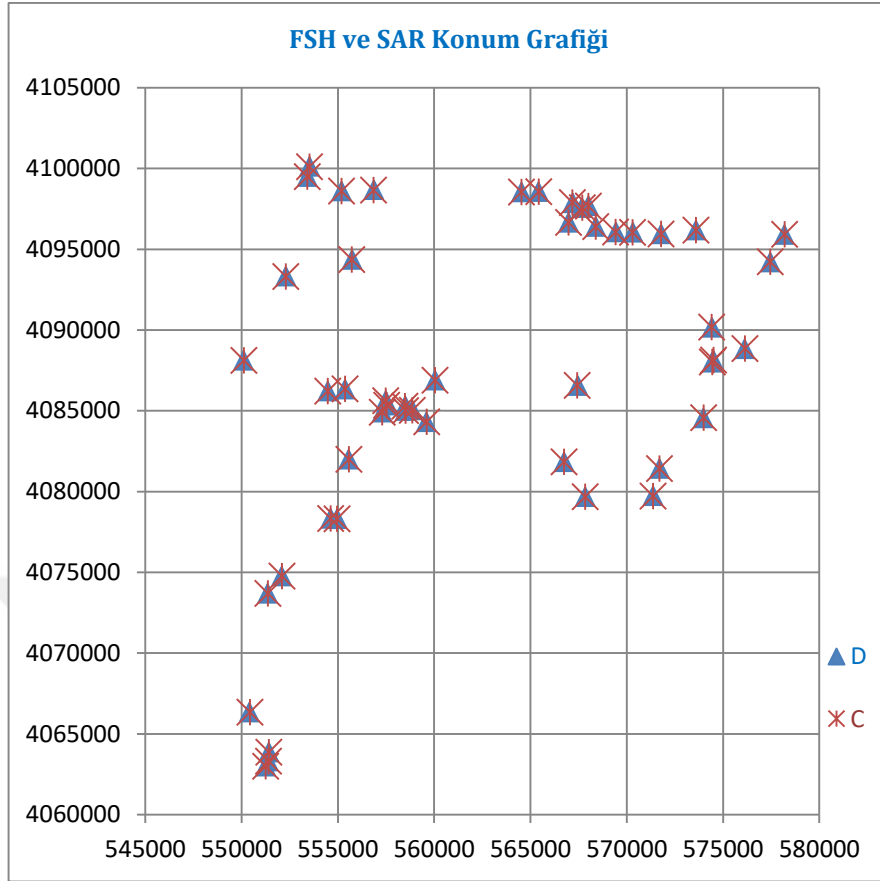


Şekil 4.1.8. FSH(d) ve SAR(c) Veri Seti Konum Grafiği



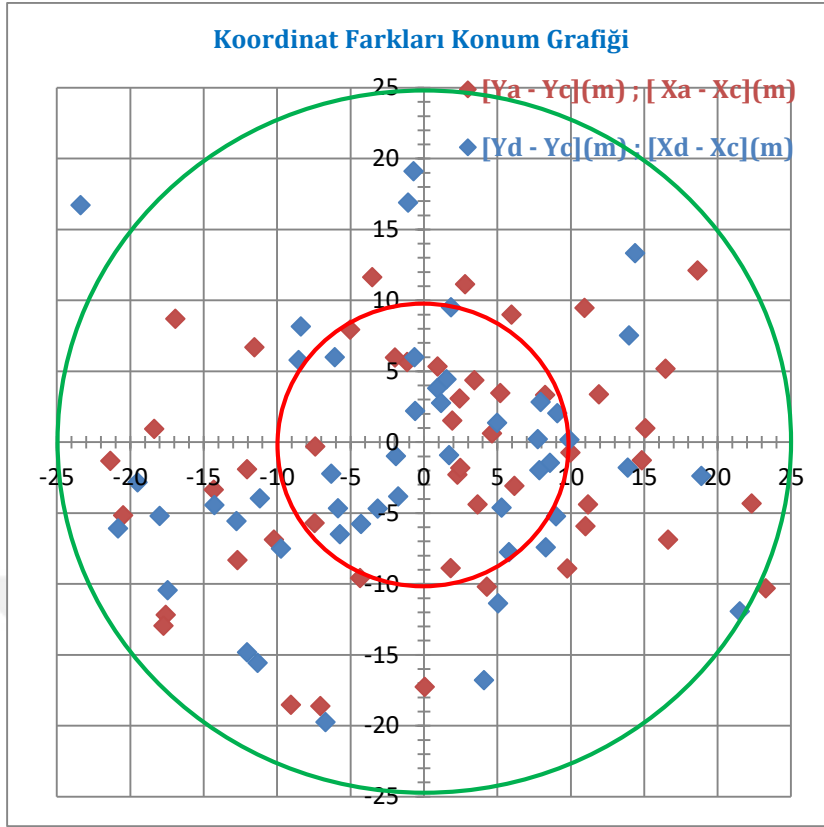
Şekil 4.1.9. (Yd-Yc) ve (Xd-Xc) Koordinat Farkları Grafiği

Şekil 4.1.10 'de görüldüğü gibi, FSH(d) ve SAR(c) veri setinde 49 adet uyumlu noktanın konum grafiği görülmektedir.



Şekil 4.1.10. FSH(d) ve SAR(c) Veri Seti Konum Grafiği

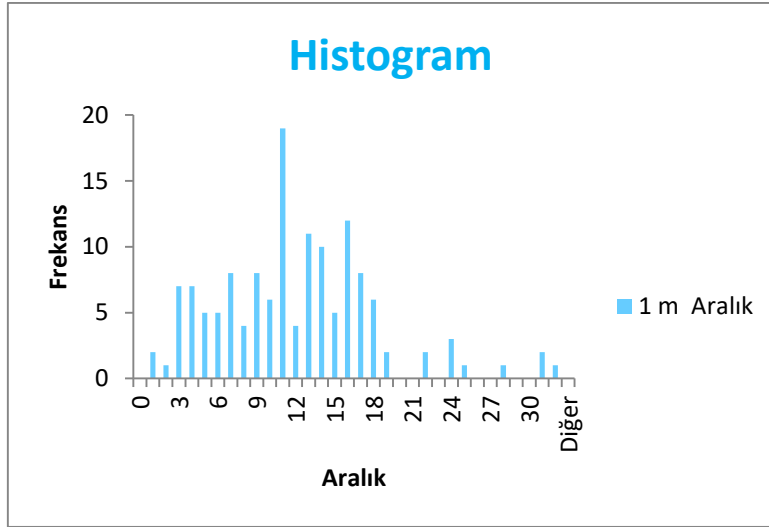
Sentinel-1 uydusu SAR verisinin, Open Street Map ve Fotogrametrik Sayısal Harita veri setleri ile karşılaştırma sonucu olarak, $[(Y_a - Y_c), (X_a - X_c)]$ ve $[(Y_d - Y_c), (X_d - X_c)]$ koordinat farkı değerlerini birlikte gösteren bir grafik çizilmiştir (Şekil 4.1.11). Bu grafikten uyumlu noktaların, koordinat farklarının % 95'inin ± 25 m yarıçaplı daire içinde olduğu görülmüştür. $(Y_d - Y_c)$ ve $(X_d - X_c)$ koordinat farklılıklarının (mavi noktalar) % 53,1' i ± 10 m daire içinde olduğu gözlenirken, $(Y_a - Y_c)$ ve $(X_a - X_c)$ koordinat farklılıklarının (Kırmızı noktalar) % 36,7' sının ± 10 m'lik daire içinde yer aldığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, SAR verisinin OSM ve FSH verileri ile karşılaştırılmasında mavi nokta ile tanımlanan $(Y_d - Y_c)$ ve $(X_d - X_c)$ koordinat farklarının daha iyi temsil ettiği sonucuna varabiliriz. Aşağıda verilen koordinat farkları konum değeri metre(m) birimindedir.



Şekil 4.1.11. $(Y_a - Y_c)$ ve $(X_a - X_c)$ ile $(Y_d - Y_c)$ ve $(X_d - X_c)$ Koordinat Farkları Konum Grafiği

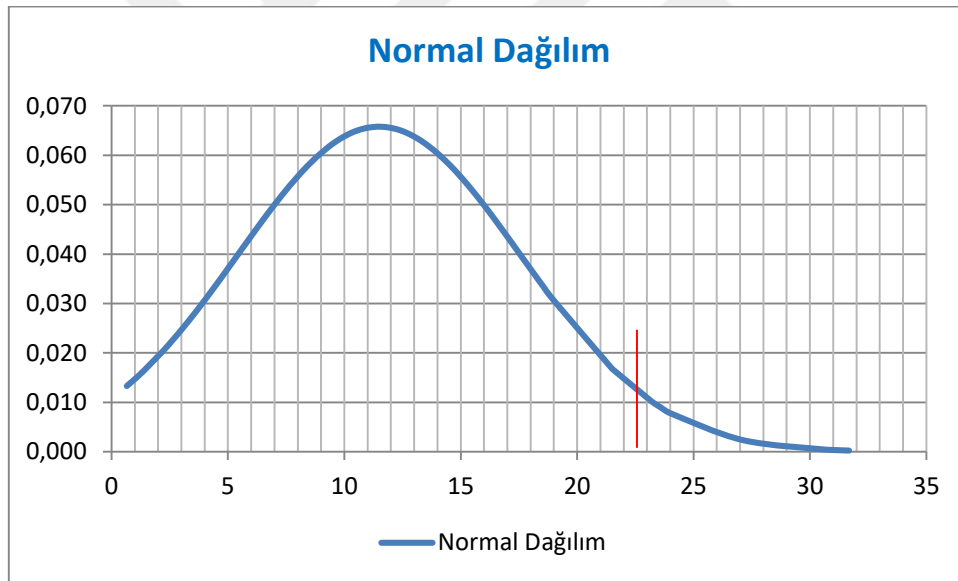
4.2. Space Capella Uydu Verisi Bulguları

Amerika Birleşik Devletleri(ABD)'nin SanDiego kenti çalışma alanı içerisinde OSM(a) ve Capella(b) veri setleri üzerinden 140 tane nokta belirlenmiştir. Seçilen örnek noktaların koordinatlarından Sab kenar uzunlukları hesaplanmıştır. Kenar uzunluklarının ortalama, Standart Sapma ve $2 \times$ Standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca Sab kenar uzunluklarının 1m aralıklı histogram ve normal dağılım grafikleri çizilmiştir (Şekil 4.2.1). $2 \times$ Standart Sapma değeri ile Minimum ve Maksimum sınır değerleri belirlenmiştir. $[-0.641$ ve $+23.615]$ Maksimum sınır değeri Normal Dağılım grafiğinde görülmektedir.

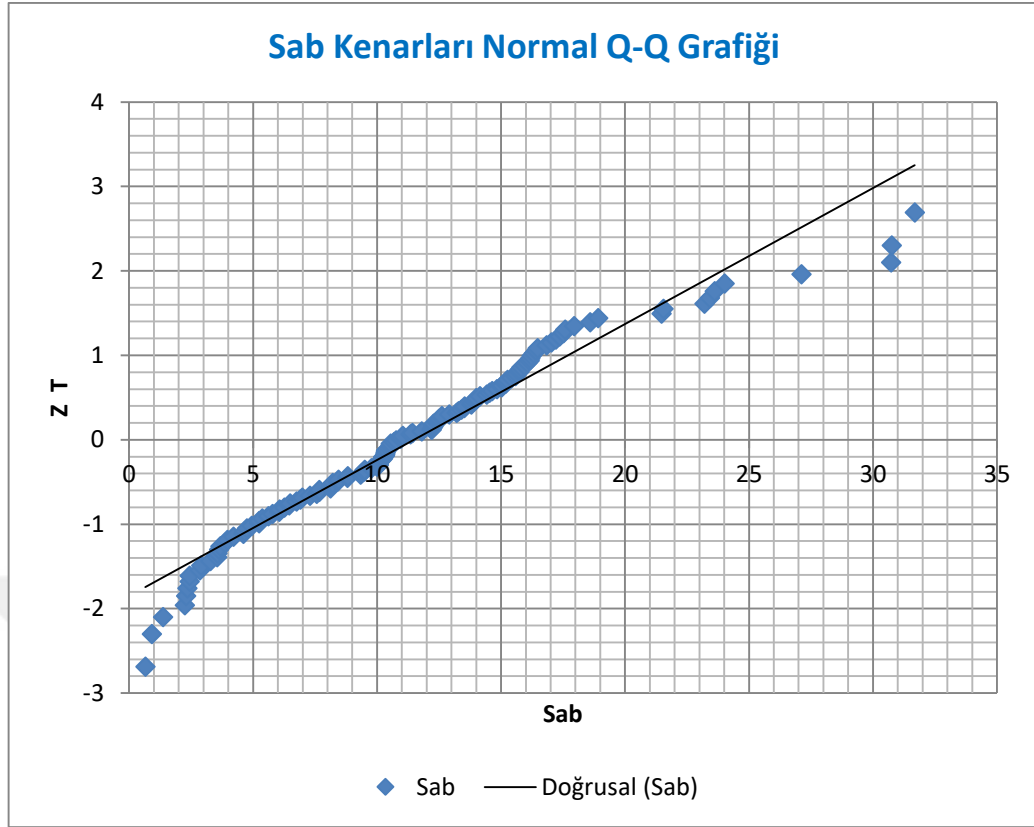


Şekil 4.2.1. OSM(a) ve Capella(b) 1m Aralık Histogram Grafiği

Sab kenar uzunlukların ayrıca Normal Q-Q hesaplandı ve grafiği çizilmiştir (Şekil 4.2.3).

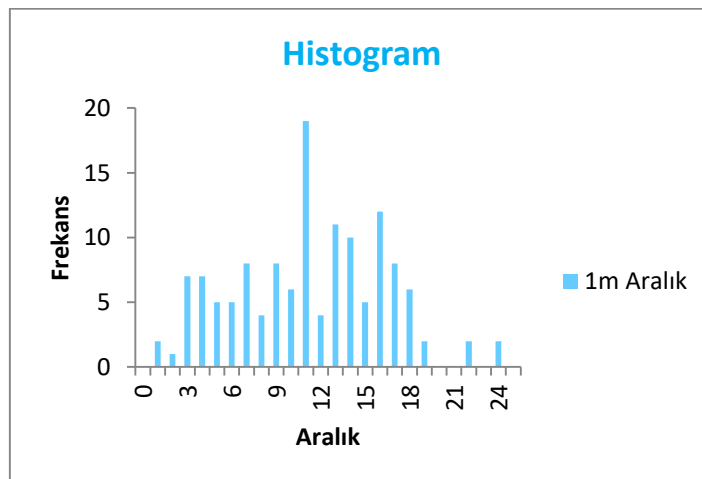


Şekil 4.2.2. OSM(a) ve Capella(b) 1m Aralık Normal Dağılım Grafiği

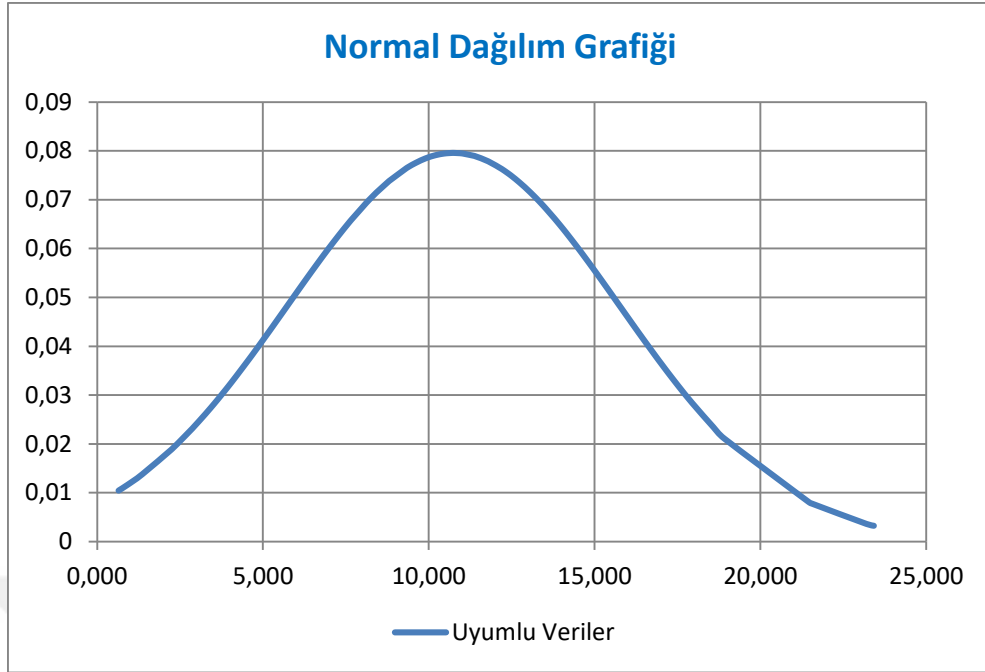


Şekil 4.2.3. OSM(a) ve Capella(b) Sab Kenar Uzunluğunun Normal Q-Q Grafiği

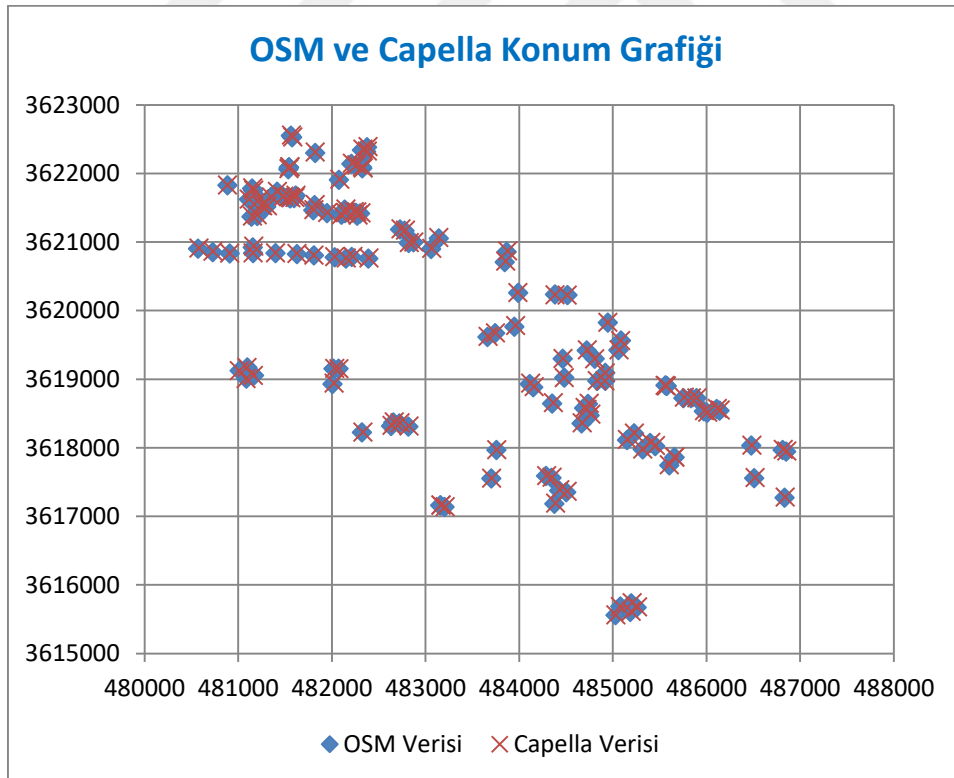
Ayrıca; veri setlerinin normal dağılım gösterdiği Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk Normal dağılım testleri uygulanarak doğrulanmış ve 2*Standart Sapma değerine göre, %95 güven aralığı belirlenmiştir. Veri setinin uygun dağılımda olduğu sonucuna varılarak, uyuşumsuz 6 adet nokta ayıklanmıştır. Şekil 4.2.4 ve 4.2.5’de 134 adet uyumlu noktanın kenar uzunluklarına göre 1m aralıklı Histogram Grafiği ve Normal Dağılım Grafiği görülmektedir.



Şekil 4.2.4. OSM(a) ve Capella(b) Uyumlu Verilerin 1m Aralık Histogram Grafiği



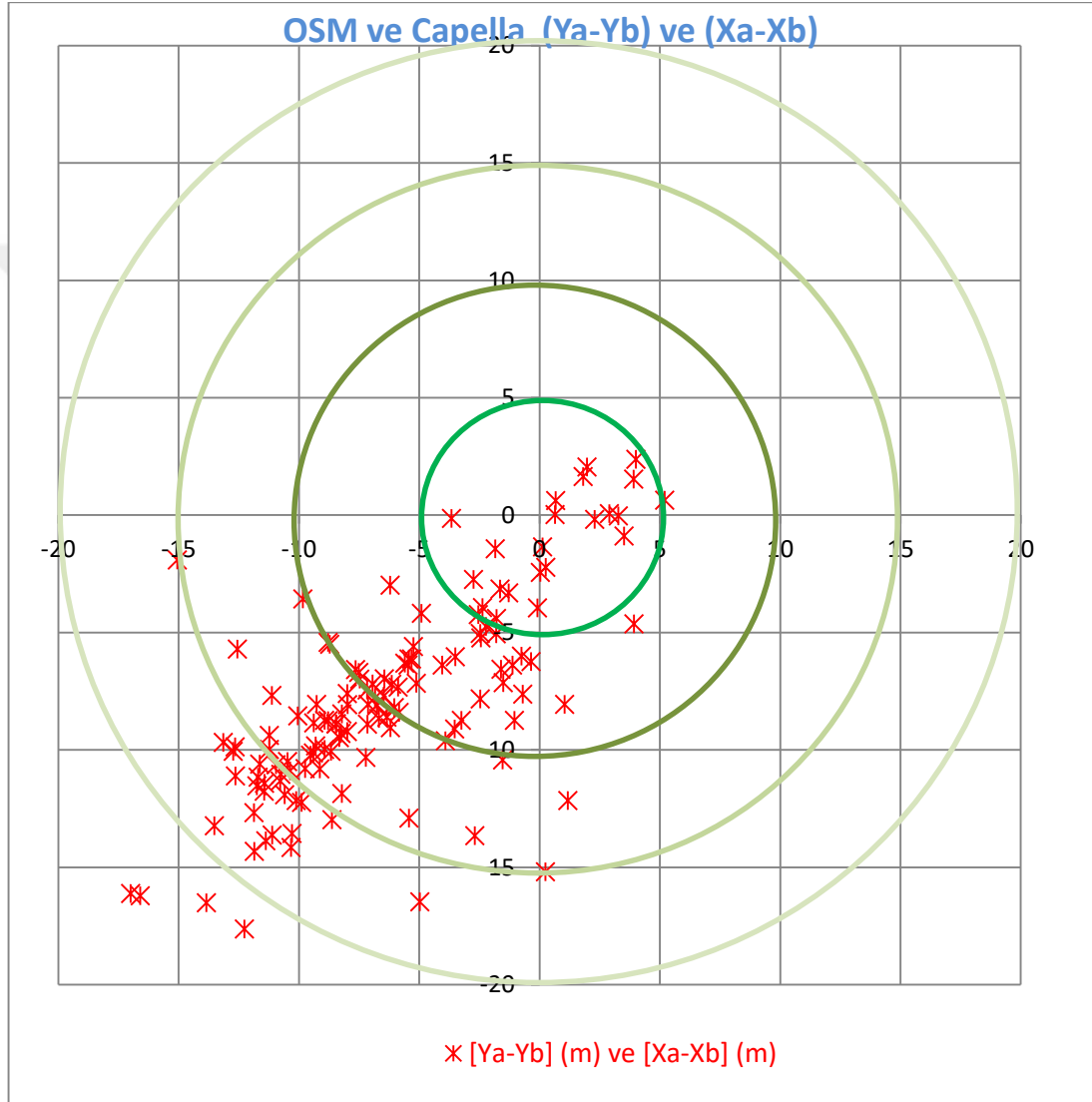
Şekil 4.2.5. OSM(a) ve Capella(b) Uyumlu Verilerin 1m Aralık Normal Dağılım Grafiği



Şekil 4.2.6. OSM(a) ve Capella(b) Uyumlu Noktaların Konum Grafiği

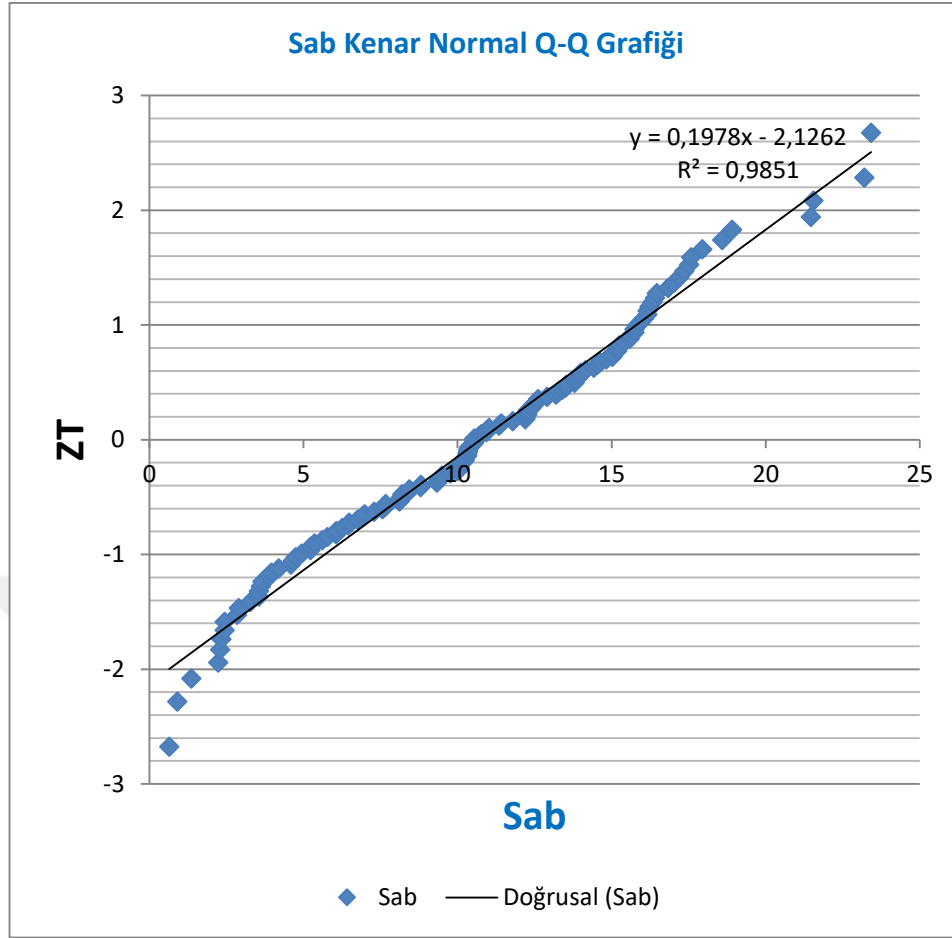
Amerika Birleşik Devletleri(ABD)'nin SanDiego kenti çalışma alanı içerisinde OSM(a) ve Capella(b) veri setleri üzerinden 134 tane Uyumlu noktanın [10.748m]

ortalama değeri, [5.012 m] Standart sapma değeri ve [10.024 m] 2*Standart sapma değeri hesaplanmıştır. OSM(a) ve Capella(b) noktaların (Ya-Yb) ve (Xa-Xb) koordinat farklarının konum grafiği çizilmiştir (Şekil 4.2.7). (Ya-Yb) ve (Xa-Xb) grafiğinde görüleceği üzere ± 5 m, ± 10 m, ± 20 m yarıçap genişliğinde daireler çizilmiştir. (Ya-Yb) ve (Xa-Xb) koordinat farkların bu daireler içerisindeki oranlarına bakıldığında, koordinat farklarının %19.4 [± 0 m ile ± 5 m] daire içerisinde, %44.8 oranında [± 5 m ile ± 10 m] daire içerisinde ve %35.8 oranında ise [± 10 m ile ± 20 m] daire içerisinde dağılım göstermiştir.



Şekil 4.2.7. OSM(a) ve Capella(b) Uyumlu Noktaların (Ya-Yb) ve (Xa-Xb) Koordinat Farkları Dağılım Grafiği

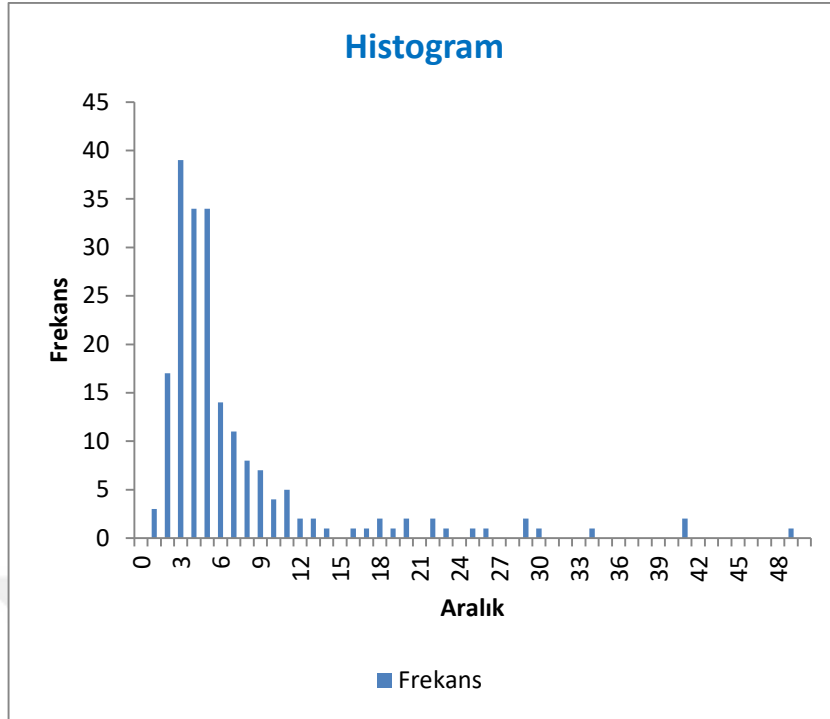
Amerika Birleşik Devletleri(ABD)'nin SanDiego kenti çalışma alanı içerisinde OSM(a) ve Capella(b) veri setleri üzerinden 134 tane Uyumlu noktaların Sab kenar uzunlukların Normal Q-Q grafiği çizilmiştir. 5.012 m Standart sapma hatası ve $R^2=0.985$ (%98.5) oranında Belirlilik katsayısı elde edilmiştir (Şekil 4.2.8).



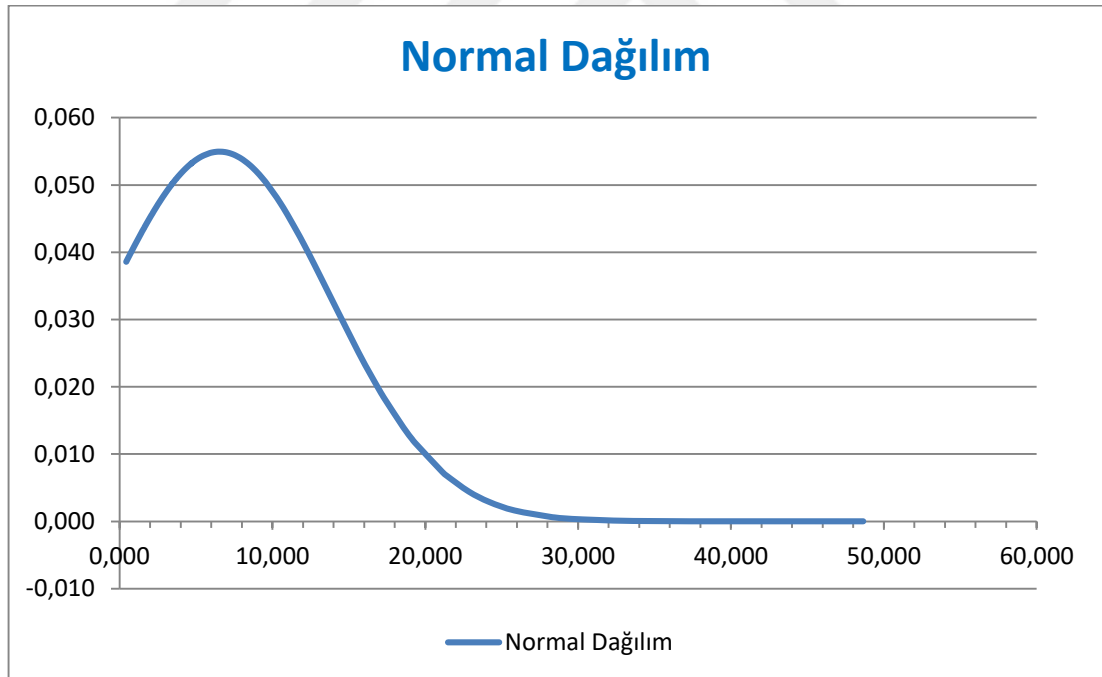
Şekil 4.2.8. OSM(a) ve Capella(b) Sab Kenar Uzunluğunun Normal Q-Q Grafiği

4.3. ICEYE Uydu Verisi Bulguları

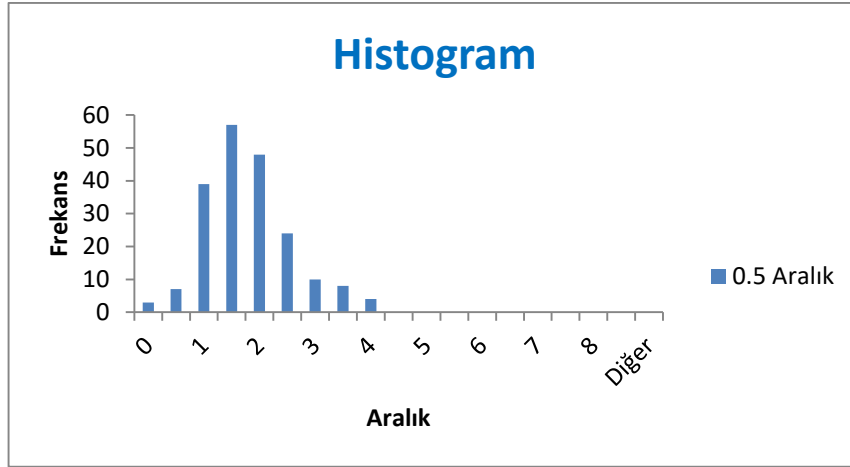
Türkiye' nin İzmir kenti çalışma alanı içerisinde OSM(a) ve ICEYE(b) veri setleri üzerinden 200 tane nokta belirlenmiştir. Seçilen örnek noktaların koordinatlarından Sab kenar uzunluklarının ortalama, Standart Sapma ve 2*Standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca Sab kenar uzunluklarının 1m aralıklı Histogram Grafiği ve Normal Dağılım Grafiği çizilmiştir (Şekil 4.3.1). Grafikte görüldüğü gibi kenar uzunluk değerlerinin [2 m ile 6 m] aralıkta yığılma gösterdiği gözlenmiştir. Bu dağılım grafiğinin Logaritmik grafik olduğu kabul edilmiştir. Sab kenar uzunlukların Ln(Sab) değerleri alınarak 0.5 birim aralıklı olarak Histogram Grafiği ve Normal Dağılım Grafiği çizilmiştir (Şekil 4.3.3). Ortalama, Standart Sapma, 2*Standart Sapma, Minimum ve Maksimum sınır değerleri belirlenmiştir.



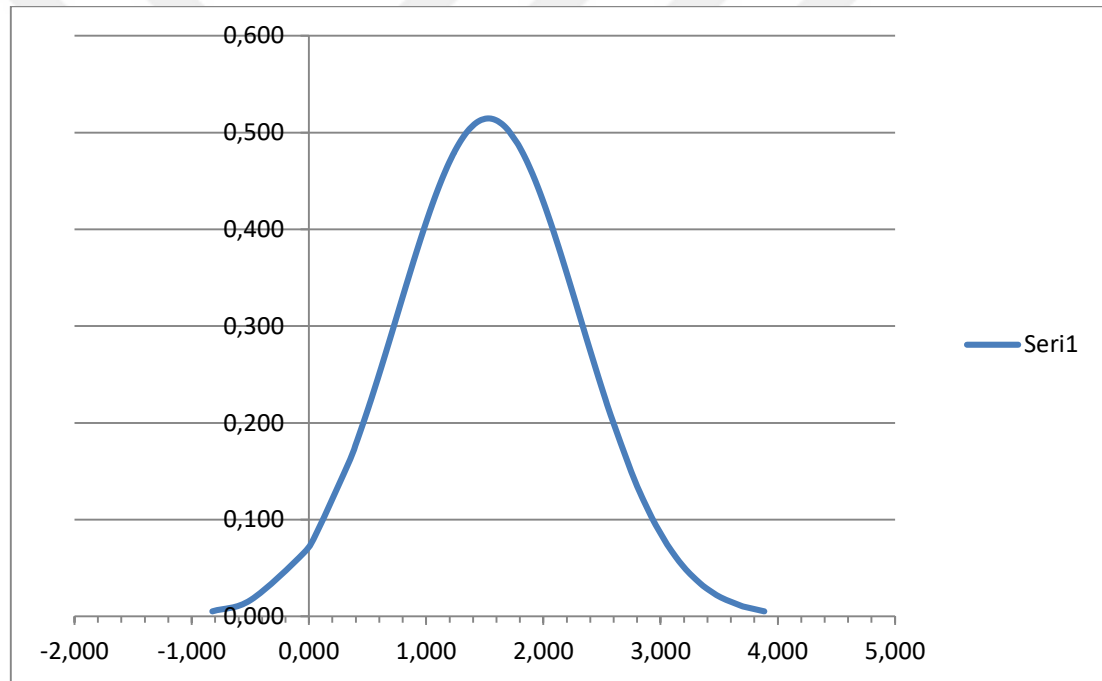
Şekil 4.3.1. OSM(a) ve ICEYE (b) 1m Aralık Histogram Grafiği



Şekil 4.3.2. OSM(a) ve ICEYE (b) 1m aralık Normal Dağılım Grafiği

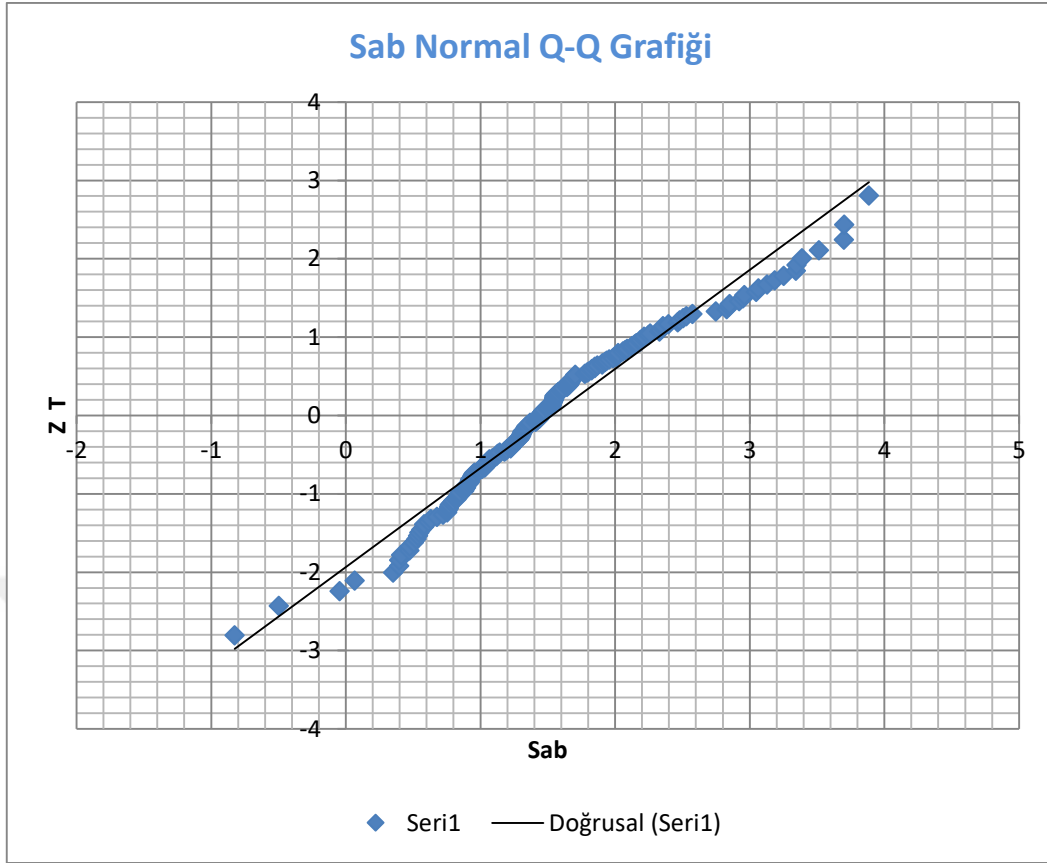


Şekil 4.3.3. OSM(a) ve ICEYE (b) 0.5 Aralık Histogram Grafiği



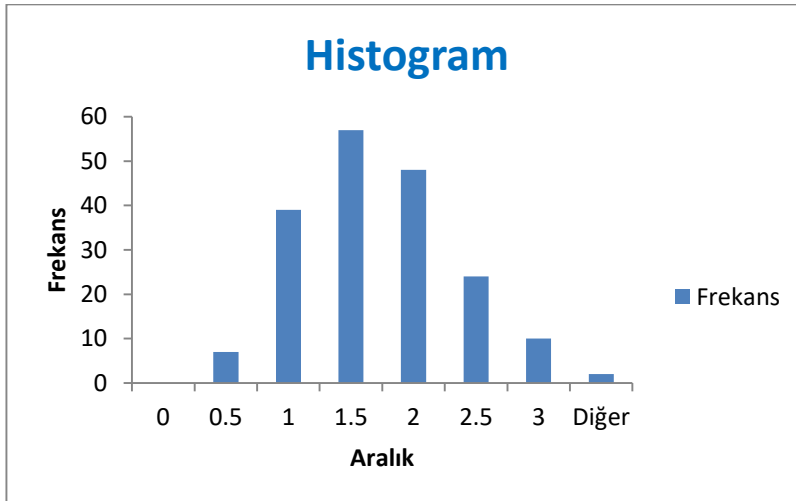
Şekil 4.3.4. OSM(a) ve ICEYE (b) 0.5 Aralık Normal Dağılım Grafiği

Sab kenar uzunluklarının $\ln(\text{Sab})$ değerleri alınarak 0.5 birim aralıklı olarak Histogram Grafiği ve Normal Dağılım Q-Q Grafiği çizimi (Şekil 4.3.5) sonucu verilerin uygun dağılımda olduğuna karar verilerek, $2 \times \text{Standart Sapma}$ değeri ile Minimum ve Maksimum sınır değerleri $[-0.021 \text{ birim} - 3.081 \text{ birim}]$ belirlenmiş ve uyumsuz 13 nokta veri setinden çıkarılmıştır.

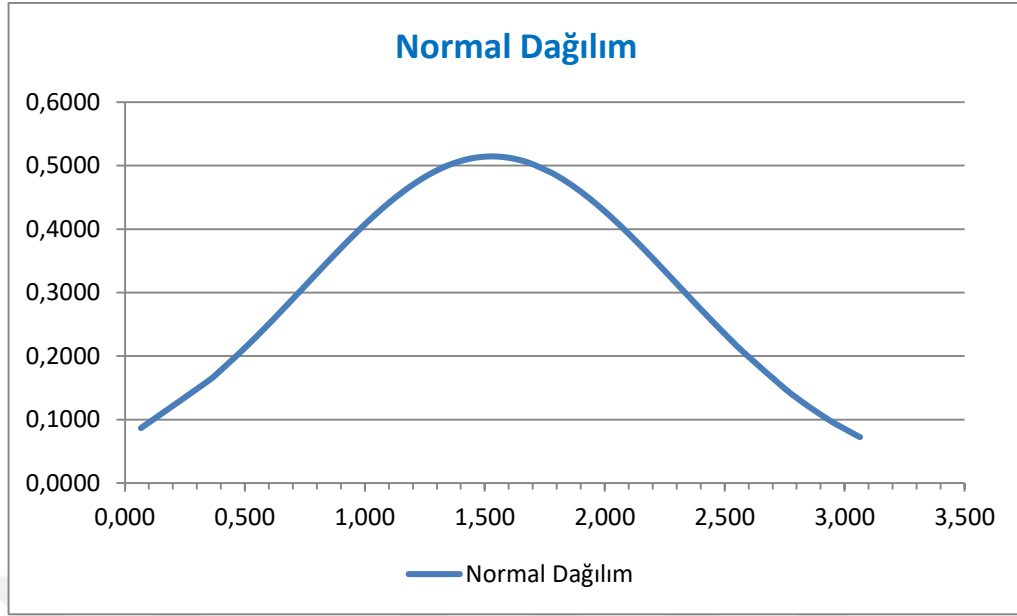


Şekil 4.3.5. OSM(a) ve ICEYE(b) Sab Kenar Uzunluğunun Normal Q-Q Grafiği

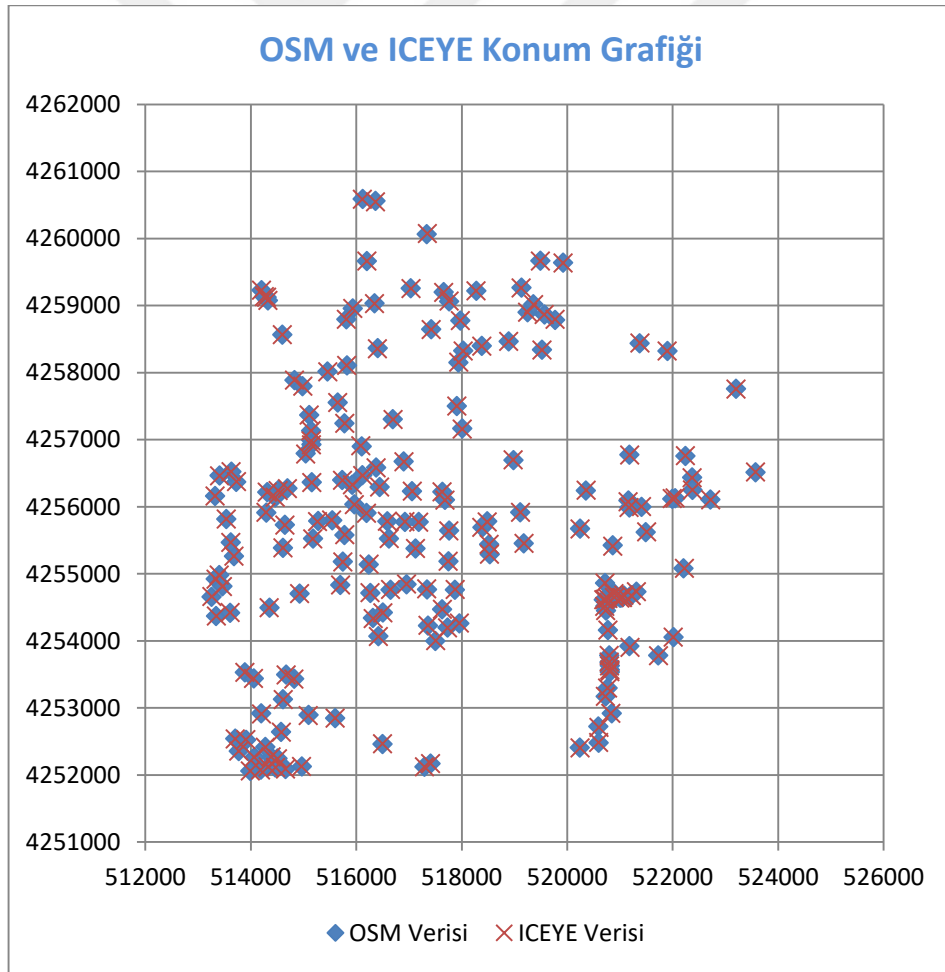
187 Uyumlu verilerin kenar uzunlukların 0.5 birim aralık değerlerine göre Histogram Grafiği ve Normal Dağılım Grafiği çizilmiştir (Şekil 4.3.6 ve 4.3.7).



Şekil 4.3.6. OSM(a) ve ICEYE(b) Uyumlu Verilerin 0.5 aralık Histogram Grafiği

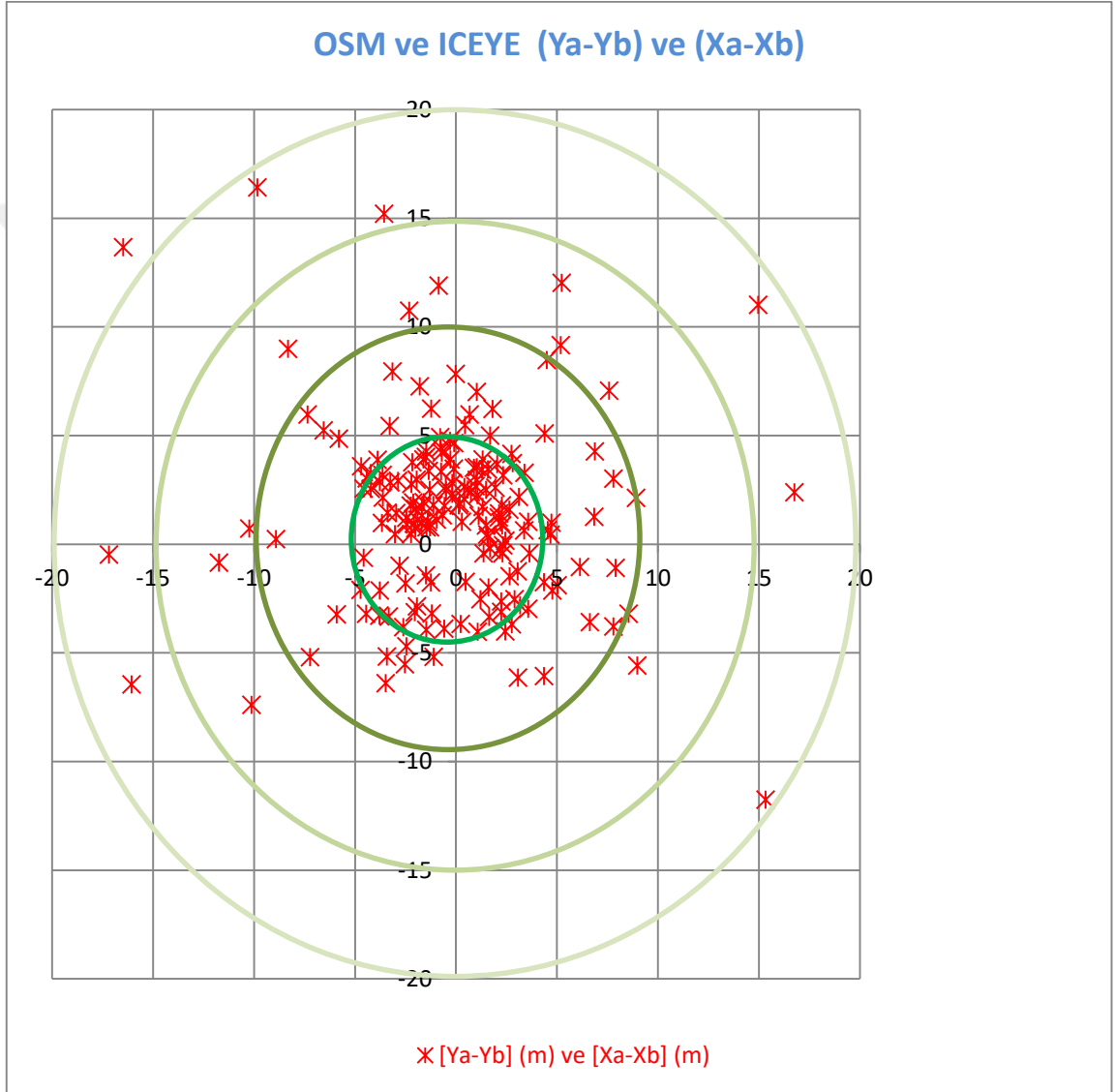


Şekil 4.3.7. OSM(a) ve ICEYE(b) Uyumlu Verilerin 0.5 Aralık Normal Dağılımı



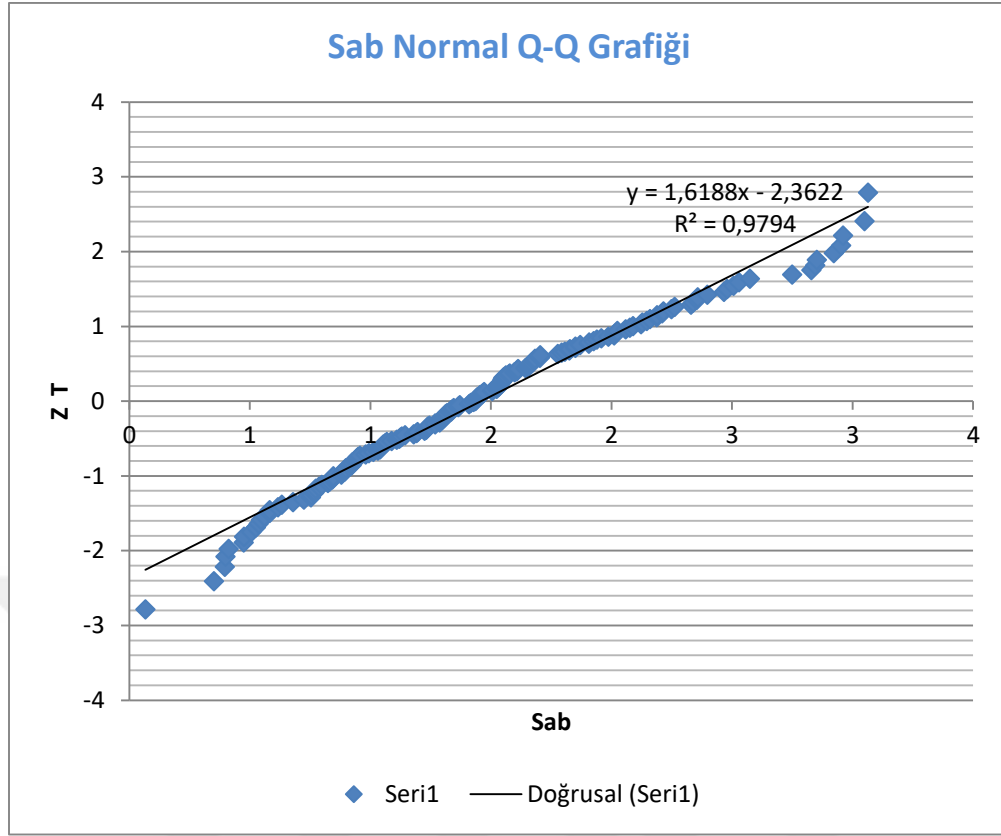
Şekil 4.3.8. OSM(a) ve ICEYE(b) Uyumlu Verilerin Konumu

Türkiye' nin İzmir kenti çalışma alanı içerisinde OSM(a) ve ICEYE (b) veri setleri üzerinden 187 uyumlu noktanın [5.267 m] ortalama değeri, [3.912 m] Standart sapma değeri ve [7.825 m] 2*Standart sapma (%95) değeri hesaplanmıştır. OSM(a) ve ICEYE(b) noktaların konum grafiği (Şekil 4.3.8) ve (Ya-Yb) ve (Xa-Xb) koordinat farklarının konum grafiği çizilmiştir (Şekil 4.3.9). (Ya-Yb) ve (Xa-Xb) grafiğinde görüldüğü gibi ± 5 m, ± 10 m, ± 20 m yarıçap genişliğinde daireler çizilmiştir. (Ya-Yb) ve (Xa-Xb) koordinat farkların bu daireler içerisindeki oranlarına bakıldığında, %65.8 [± 0 m ile ± 5 m], %24.1 oranında [± 5 m ile ± 10 m] ve %10.1 oranında ise [± 10 m ile ± 20 m] daire içerisinde dağılım gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.3.9. OSM(a) ve ICEYE (b) Uyumlu Noktaların (Ya-Yb) ve (Xa-Xb) Koordinat Farkları Dağılımı

Türkiye' nin İzmir kenti çalışma alanı içerisinde OSM(a) ve ICEYE(b) veri setleri üzerinden 187 tane Uyumlu noktaların Sab kenar uzunlukların Normal Q-Q grafiği çizilmiştir. 3.912m Standart sapma değeri ve $R^2=0.979$ (%97.9) oranında Belirlilik katsayısı değeri elde edilmiştir (Şekil 4.3.10).



şekil 4.3.10. OSM(a) ve ICEYE (b) Sab Kenar Uzunluğunun Normal Q-Q Grafiği

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada farklı algılama platformlarında bulunan ve farklı dalga boyuna sahip SAR algılama sistemleri görüntülerinin mevcut harita verileri ile karşılaştırması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda üç farklı SAR görüntü verisi, üç farklı çalışma alanındaki OSM veri setleri ve FSH veri seti ile karşılaştırılmıştır.

İlk test çalışmasında SAR(c) veri setinin doğruluğu ve mevcut harita verileri ile uyumunun incelenmesi amaçlanmıştır. Bunun için OSM ve FSH veri setleri doğru veriler, SAR uydu verisi ise deneysel veri seti olarak kabul edilmiştir. OSM(a) ve FSH(d) veri setleri ile çalışılabilmesi için SAR(c) veri setine ön işlem adımları uygulanmıştır. Veri setleri karşılaştırılması ile aynı ortak noktaların koordinatları hesap edilmiştir. Elde edilen koordinat değerleri ile kenar uzunlukları ve koordinat farkları hesaplanmıştır. Her iki hesaplamada koordinat farklarının histogram grafikleri incelendiğinde koordinat farkları verileri daha iyi temsil ettiği sonucuna varılmıştır. (Ya-Yc) ve (Xa-Xc) ile (Yd-Yc) ve (Xd-Xc) koordinat farklarının ortalama değeri, standart sapma değeri ve 2*standart sapma değeri hesap edilmiştir. Her iki karşılaştırmada koordinat farklarının min. ve max. sınır değer aralıkları (%95) belirlenmiştir. SAR(c) ve OSM(a) karşılaştırması ile SAR(c) ve FSH(d) karşılaştırmasında histogram grafikleri ve uyumlu veri sayısının aynı sayıda olduğu sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak, en fazla 20 m'lik bir farkla SAR verilerinin, OSM ve FSH ile uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır. OSM ve FSH veri setlerinin, daha fazla analiz için ortak kayda gerek kalmadan doğrudan Sentinel-1 veri setleri yerine kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

ABD' nin SanDiego kenti çalışma alanındaki Capella(b) veri setine herhangi bir ön işlem adımı uygulamadan, OSM(a) ve Capella(b) veri setleri karşılaştırılmıştır. Veri setleri üzerinden ortak noktaların koordinatları hesaplanmıştır. Bu noktaların kenar uzunlukları, ortalama değeri, standart sapma değeri ve 2*standart sapma (%95) değeri hesaplanmıştır. Verilerin histogram grafiği incelemesi sonucu normal dağılımda olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca bu verilere Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk Normal dağılım testi uygulanmıştır. Bu işlem ile seçilecek uyumlu veri aralığının aynı sınırlar içerisinde olduğu sonucuna varılmıştır. Aynı zamanda ilk yönteminde doğru sonuç gösterdiği sonucuna varılmıştır. Şekil 4.2.7 'de görüleceği üzere uyumlu verilerin (Ya-Yb) ve (Xa-Xb) koordinat farkları, koordinat sisteminde bir bölgede dağılım gösterdiği sonucuna varılmıştır. OSM(a) ve Capella(b) veri setleri karşılaştırmasında sistematik etkenin olduğunu düşünülmüştür. Bu çalışma sonucunun Space Capella yetkilileri ile değerlendirilmesi için paylaşıldığında, "...Capella'nın 2020'nin başlarında hareket halinde alınan verinin, hava platformuna monte edilmiş bir Prototipi SAR sensörü kullanılarak elde edildiği ve Capella'nın uydudan elde edilen veri ürünlerini yansıtmayan simüle edilmiş SAR görüntüsü olduğu..." bilgisi alınmıştır (Space Capella, 2021). Sonuç olarak, algılama platformu veya simüle edilmiş görüntü üzerinde sistematik etkenin olduğu sonucuna varılmıştır.

İzmir kenti çalışma alanı içerisinde yine OSM(a) veri seti ile ve ICEYE (b) veri seti karşılaştırması yapılmıştır. Veri setleri üzerinden ortak noktalar belirlenmiştir. ICEYE(b) veri setinde saçılmanın etkisini azaltmak için ortak nokta sayısı daha fazla seçilmesine ve noktaların homojen dağılması sağlanmıştır. Ortak noktaların ortalama,

Standart sapma ve $2 \times \text{Standart sapma}$ (%95) değerleri hesaplanmıştır. Bu veri setine de Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk Normal dağılım testi uygulanmıştır. Uyumlu veri aralığının bu veri setinde de aynı sınırlar içerisinde olduğu sonucuna varılmıştır. Şekil 4.3.9'de görüleceği üzere uyumlu verilerin (Ya-Yb) ve (Xa-Xb) koordinat farkları, koordinat sisteminde merkezde dağılım gösterdiği ve OSM(a) ve ICEYE(b) veri karşılaştırmasının uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmalar itibari ile yapılan karşılaştırma çalışmalarının veri setlerindeki veri sayısı ve veri konumlarının farklı olmasından dolayı, üç çalışma veri setlerinin birbirleriyle karşılaştırmanın mümkün olamayacağı, test alanı hakkında olumlu veya olumsuz değerlendirmenin yanlış bir durum olacağı söylenebilir. Yalnız ilk çalışmadaki veri setlerinin veri sayısı ve konumlarının aynı olmasından dolayı, SAR(c) ve FSH(d) karşılaştırmasının, SAR(c) ve OSM(a) karşılaştırmasından daha iyi temsil ettiği sonucuna varılmıştır. Diğer iki çalışmada ise farklı test alanı veri setleri ve sayıları ile karşılaştırma kendi içerisinde yapılmasının doğru olacağı değerlendirilmiştir. Aynı zamanda Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk Normal dağılım testi benzerlik katsayıların yüksek bir oranda (%98) çıkması her iki karşılaştırma çalışmasının tutarlı ve uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Acar, U., Bayram, B., Sanli, F. B., Abdikan, S., Sunar, F., Cetin, H. I. 2012. SAR Görüntülerini Kullanarak Kıyı Şeridi Tespiti İçin Bir Algoritma. XXII ISPRS Kongresi, 457-460, 25 Ağustos – 01 Eylül, Melbourne, Avustralya.
- Altın, M.U, 2013. Yapay Açıklıklı Radar Görüntülerindeki Atmosferik Bozuklukların Küresel Konum Belirleme Sistemi ile Düzeltilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul.
- Capella Space SAR Imagery Products Guide. Capella Space Proprietary Version 2.16, 11 September, 2020.
- Çabuk, S., Erdoğan, M., Önal, E. 2015. Open Street Map Verilerinden Yararlanılarak 1/50K Ölçekli Harita Üretilebilirliğinin Araştırılması. *Harita Dergisi*, Sayı 154, Temmuz 2015.
- Çabuk, S., Erdoğan, M., Eker, O., Kaya, M., Ardıç, H., Önal, E. 2015. Topografik Veri Üretiminde OpenStreetMap Verilerinin Kullanımı. TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs 2015, Konya.
- Çakıcı, M. 2000. Temel İstatistik. 1. ve 2. Ciltli, ISBN: -975-93705-0-6.
- Çınar, O. 2019. Yapay Açıklıklı Radar ve GPS/GNSS Verileri ile Düşey Yönlü Yüzey Deformasyonlarının Modellenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.
- Demirci, Ş. 2005. Sentinel Açıklıklı Radar (SAR) Görüntülerinde İstenmeyen Yankıların Giderilmesi. Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Demirel, A.Ş. 2002. Radarsat Görüntüleri Konumsal Doğruluklarının Araştırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Farquharson, G., Castelletti, D., Stringham, C., Eddy, D., Capella S. 2021. An Update on the Capella Space Radar Constellation. EUSAR, 2021. ISBN 978-3-8007-5457-1 / ISSN 2197-4403. VDE VERLAG GMBH. Berlin. Offenbach.
- Flores-Anderson A. I, Herndon K. E, Thapa R. B, Cherrington E. 2019. The SAR Handbook: Comprehensive Methodologies for Forest Monitoring and Biomass Estimation. First edition. Published electronically April 2019. DOI: 10.25966/nr2c-s697
- Görkem, M. 2017. Sentinel-1 Yapay Açıklıklı Radar Uydusunun Topoğrafik Tasvir Potansiyeli Analizi. Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak.
- Haklay, M., Weber, P., 2008. Openstreetmap: User Generated Street Maps, Pervasive Computing, IEEE, 7 (4), 12-18.
- HKMO Antalya Şubesi 2009. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Antalya Şubesi ve Antalya Büyükşehir Belediyesi birlikte düzenlediği 1/1000 Ölçekli Sayısal Fotogrametrik Halihazır Haritaları Tanıtım Paneli. 23-24 Ocak, 2009. Antalya.

- Iceye, 2021. Iceye Completing the Picture Sar Product Guide.Version4.1 Released:1 Mayıs 2021.
- Kara, G., Kemaldere, H. 2019. Fotogrametrik Sayısal Topografik Haritalamanın Doğruluk Analizi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 17. Türkiye Bilimsel ve Teknik Konferansı, 25-27 Nisan 2019, Ankara.
- Kavak, K.Ş. 2018. Uzaktan Algılama ve Görüntü Yorumlama. Palme Yayınevi, ISBN 978-605-282-075-9, Ankara.
- Mondzech, J., Sester, M. 2011. Quality Analysis of OpenStreetMap Data Based on Application Needs. *Cartographica The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, June 2011. DOI: 10.3138/carto.46.2.115 Source: DBLP
- Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Koordinat Referans Sistemleri ve Coğrafi Grid Sistemleri Kayıt Dökümanı. 2020. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, Versiyon 1. TUCBS_CG 2020, Ankara.
- Schmidt, K., Reimann, J., Ramon, N.T., Schwerdt, M. 2018. Geometric Accuracy of Sentinel-1A and 1B Derived from SAR Raw Data with GPS Surveyed Corner Reflector Positions <https://doi.org/10.3390/rs10040523>
- Schubert, A., Small, D., Miranda, N., Geudtner, D., Meier, E. 2015. Sentinel-1A Product Geolocation Accuracy: Commissioning Phase Results. *Remote Sensing*, 7, 9431-9449. 10.3390/rs70709431.
- Smara, Y., Boutarfa, S., Bouchemakh, L. 2015. Comparative Study of Speckle Filtering Methods in Polsar Radar. Conference Paper, January 2015.
- Sunar, F. 2016. Uzaktan Algılama. T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını, No:2320, Açıköğretim Fakültesi, Yayını No:1317, ISBN 978-975-06-0995-4, Eskişehir.
- Ünen, H.C., Yılmaz, O.M., Güngör, O.2013. Ücretsiz Harita: OpenStreetMap. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemi Kongresi,11-13 Kasım 2013, Ankara.
- Wang, M., Li, Q., Hu, Q., Zhou, M. 2013 Quality Analysis of Open Street Map Data. International Archives of the Photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-2/W1, 2013.
- Wang, J., Balz, T., Liao, M. 2016. Absolute geolocation accuracy of high-resolution spotlight TerraSAR-X imagery – validation in Wuhan. <https://doi.org/10.1080/10095020.2016.1258183>
- Yommy, A.S., Liu, R., Wu, S. 2015. SAR Image Despeckling using Refined Lee Filter. International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics, 7th, 2015.
- URL-1: <https://longline.com.tr/elektromanyetik-dalga-nedir/>[Erişim Tarihi: 30.05.2021]
- URL-2:<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-1-sar/products-algorithms/level-1-algorithms/ground-range-detected>[Erişim Tarihi: 15.02.2021]
- URL-3:<https://www.osgeo.org/> [Erişim Tarihi: 15.02.2021]

URL-4:https://tucbs-public-api.csb.gov.tr/tucbs/ucbs_tanimlama_dokumanlari/TUCBS_CG.pdf [Erişim Tarihi: 15.02.2021]

URL-5:<https://www.capellaspace.com/> [Erişim Tarihi: 15.02.2021]

URL-6:<https://www.iceye.com/> [Erişim Tarihi: 15.02.2021]

URL-7:<https://www.openstreetmap.org/> [Erişim Tarihi: 15.02.2021]

URL-8:https://vekom.com/wpcontent/uploads/2020/12/Capella_Space_SAR_Imagery_Products_Guide.pdf [Erişim Tarihi: 15.07.2021]



ÖZGEÇMİŞ

Tevfik Fikret HORZUM

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2018-2021	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ABD, Antalya
Lisans 2009-2015	Anadolu Üniversitesi İktisat Fakültesi, Kamu Yönetimi Bölümü, Eskişehir
Lisans 1989-1992	İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, İstanbul
Ön Lisans 1985-1987	Akdeniz Üniversitesi Antalya Meslek Yüksekokulu Harita- Kadastro Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Öğretim Görevlisi 1995-Devam Ediyor	Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Harita-Kadastro Programı, Antalya
--	--

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1- Horzum, T.F., Demir, N., Kılçık, A. (2021). How do Sentinel-1 SAR images match with the existing maps, Turkish Journal of Remote Sensing, pp. 08-13, 2021; 3(1). e-ISSN 2687-4997

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

2-Horzum, T.F., Demir, N., Kılçık, A. (2020). Spatial Accuracy Analysis of Sentinel-1 SAR Satellite Images by Comparing With Maps, I.The Intercontinental Geoinformation Days (IGD), Mersin/Türkiye, Kasım 2020 (Bildiri /Sözlü Sunum)

