

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DİJİTAL GÖRÜNTÜ EŞLEŞTİRME YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN ARAZİ MODELİNİN VEKTÖR  
HARİTADA KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Harita Mühendisi Yıldıray OFLUOĞLU**

**ŞUBAT 2020  
TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DIJİTAL GÖRÜNTÜ EŞLEŞTİRME YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN ARAZİ MODELİNİN  
VEKTÖR HARİTADA KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**Yıldıray OFLUOĞLU**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde**

**"HARİTA YÜKSEK MÜHENDİSİ"**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27 / 12 / 2019**

**Tezin Savunma Tarihi : 17 / 02 / 2020**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Fevzi KARSLI**

**Trabzon 2020**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Harita Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yıldıray OFLUOĞLU tarafından hazırlanan**

**DİJİTAL GÖRÜNTÜ EŞLEŞTİRME YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN ARAZİ MODELİNİN  
VEKTÖR HARİTADA KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

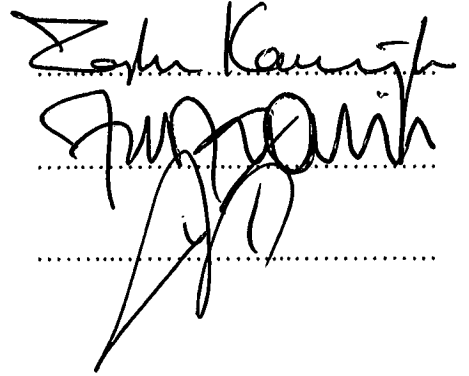
**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 14 / 01 / 2020 gün ve 1837 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof. Dr. Taşkın KAVZOĞLU**

**Üye : Prof. Dr. Fevzi KARSLI**

**Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DİHKAN**



Handwritten signatures of the jury members, including the President and two members, written over dotted lines.

**Prof. Dr. Asim KADIOĞLU  
Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

“Dijital Görüntü Eşleştirme Yöntemi İle Üretilen Arazi Modelinin Vektör Haritada Kullanılabilirliğinin İncelenmesi” konusunu ele alan bu çalışmada; yaptığım araştırma ve çalışmalar boyunca, desteğini ve bilgi birikim paylaşımını bir an olsun eksik etmeyen akademik kariyerinin yanında kişiliğiyle de genç nesillere örnek olan vatanperver akademisyen Prof. Dr. Sayın Fevzi KARSLI hocam’a teşekkürlerimi sunarım.

Yapmış olduğum çalışmama esas olarak kullandığım nokta bulutu verisini üretmekte kullandığım hava fotoğraflarının temini konusunda yardımcı olan, personeli olarak görev yaptığım Arsin Belediyesi’ne teşekkür ederim.

Tez yazımından teslimine kadar geçen süreçte beni yönlendiren ve çalışmanın tamamlanması için beni sürekli teşvik eden kıymetli büyüğüm, Karadeniz Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği bölüm sekreteri Muhammet GÜMRÜKÇÜOĞLU’na teşekkür ederim

Çalışmam süresince mental olarak diri kalmama yardımcı olan ve moral motivasyona ihtiyaç duyduğum dönemlerde kapısını çaldığım, gerek dünya görüşü gerek karakteri yönünden örnek insan kıymetli ağabeyim Enver YILDIZ’a teşekkür ederim.

Doğduğum günden bugüne yaşamış olduğum her problem ve mutlulukta hep yanımda olan ve maddi manevi ayırt etmeksizin her türlü desteklerini sürekli arkamda hissettiğim çok kıymetli Anne ve Babam’a teşekkür ederim.

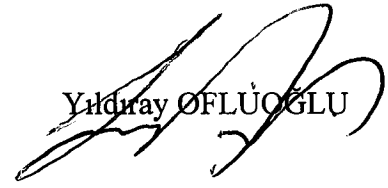
Varlığıyla her daim yanımda olduğunu bildiğim en büyük destekçim ve motivasyon kaynağım, evlatlarım Sebahat Sare ve Süleyman Mirsad’ a sevgilerimi sunar, çocuklarımın annesi ve öğretmen olan kıymetli hayat arkadaşım Ümmühan OFLUOĞLU’na teşekkür ederim.

Yıldıray OFLUOĞLU

Trabzon 2020

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Dijital Görüntü Eşleştirme Yöntemi İle Üretilen Arazi Modelinin Vektör Haritada Kullanılabilirliğinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışmayı Prof. Dr. Fevzi KARSLI'nın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri kendim 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. 17/02/2020

  
Yıldray ÖFLÜOĞLU

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
SUMMARY .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	IX
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XII
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Temel Kavramlar .....	8
1.2.1. Fotogrametrinin Tanımı ve Tarihçesi .....	8
1.2.2. Fotogrametrinin Matematik Modeli .....	8
1.2.3. Yönelme Elemanları .....	9
1.1.4. Hava Fotogrametrisi .....	12
1.1.5. Dijital Fotogrametri .....	14
1.2. Dijital Hava Kameraları ve Özellikleri.....	15
1.3. Global Konum Belirleme Sistemi (GPS).....	16
1.4. Elipsoid Yüksekliği .....	16
1.5. Elipsoid Yüksekliği ile Ortometrik Yükseklik Arasındaki İlişki .....	17
1.6. Yoğun Görüntü Eşleme Yöntemiyle Nokta Bulutu Üretimi .....	18
1.7. Aşamalı TIN Yoğunlaştırma Filtreleme Yöntemi .....	19
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	21
2.1. Çalışma Alanının Belirlenmesi.....	21
2.2. Microsoft Vexcel Ultracam-X Hava Kamerası Özellikleri .....	22
2.3. Kırsal Ve Kentsel Çalışma Alanı Fotoğrafları.....	24
2.4. Çalışma Alan Görüntülerinden Nokta Bulutu Üretimi .....	26
2.5. GPS/CORS Yardımıyla Yer Noktası Ölçümlerinin Yapılması .....	27
2.6. Ölçülen Noktaların Z Değerlerinin Ortometrik Yüksekliğe İndirgenmesi.....	29
2.7. Zemin Üstü Noktalarının Nokta Bulutundan Çıkarılması .....	29

2.8.	Veri Seti Kontrol Ve Testleri.....	30
2.8.1.	Kırsal-1 Verisi Testleri .....	31
2.8.2.	Kırsal-2 Verisi Testleri .....	34
2.8.3.	Kentsel-1 Verisi Testleri.....	37
2.8.4.	Kentsel-2 Verisi Testleri.....	40
2.9.	Ölçülen Yer Noktalarından Arazi Modeli Üretilmesi ve Çalışma Alanı Testleri...43	
3.	BULGULAR VE İRDELEME .....	44
3.1.	Kırsal-1 Verisi Test Sonuçları ve Bulgular .....	44
3.2.	Kırsal-2 Verisi Test Sonuçları ve Bulgular .....	47
3.3.	Kentsel-1 Verisi Test Sonuçları ve Bulgular .....	50
3.4.	Kentsel-2 Verisi Test Sonuçları ve bulgular.....	52
3.5.	Yer Noktalarından Üretilen Arazi Modeli Verisi ile Test Sonuçları.....	55
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	62
5.	KAYNAKLAR.....	63
	ÖZGEÇMİŞ	

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

DİJİTAL GÖRÜNTÜ EŞLEŞTİRME YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN ARAZİ MODELİNİN  
VEKTÖR HARİTADA KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

Yıldıray OFLUOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Fevzi KARSLI  
2020, 68 Sayfa

Hali hazır (vektör) harita, yeryüzü topoğrafyasının yanı sıra insan yapımı yol, bina gibi objeleri gösteren ve üç boyutlu (3B) bilgi sunan bir harita türüdür. Bu haritalar üzerinde özellikle temsil edilmesi gereken katmanlardan bir tanesi yalnız yeryüzüne ilişkin konum ve yükseklik bilgisidir ki bu bilgi değişik yöntemlerle üretilen eş yükseklik eğrileri ile gösterilir. Son yıllarda 3B nokta toplama yöntemlerinde önemli gelişmeler olmuş, hava lazer tarama teknolojisi (LiDAR) veya dijital hava fotoğraflardan görüntü eşleştirme yöntemi ile nokta bulutu üretimi yöntemleri yaygın biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Bu tez çalışmasında, hâlihazır harita için gerekli olan yükseklik katmanının dijital hava fotoğrafları üzerinden üretilen nokta bulutunun filtrelenmesi sonucu ortaya çıkarılması, anılan bu modelin önceden üretilmiş yükseklik modeline kıyasla doğru ve kullanılabilir olması hedeflenmiştir. Bu kapsamda üretilen nokta bulutlarının zemin çıkarma işlemi için farklı sayı ve yoğunlukta nokta belirlenerek buna bağlı arazi modeli LAsTools akademik yazılımı Lasground modülü ile çıkarılmıştır. Çalışma sonucunda hâlihazır haritalarda yükseklik katmanını klasik yöntemler yerine daha hızlı ve etkin yöntemle üretilmiş nokta bulutundan elde edilen arazi modelinin kullanılmasının mümkün olduğu kanaatine varılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre görüntülerden üretilen nokta bulutu verisi ile ideal olarak 1/2000 ve daha küçük ölçekte haritalarda kullanılmak üzere yükseklik katmanı üretilebileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yoğun Görüntü Eşleme, Dijital Fotogrametri, Hava LiDAR Filtreleme, Aşamalı TIN Yoğunlaştırma.



Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF THE USAGE OF DIGITAL TERRAIN MODEL CREATED BY  
DIGITAL IMAGE MATCHING METHOD IN VECTOR MAPS

Yıldray OFLUOĞLU

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Geomatics Engineering Department  
Supervisor: Prof. Dr. Fevzi KARSLI  
2020, 68 Pages

Current (vector) map is a type of map that shows objects such as man-made roads, buildings as well as earth topography and provides three-dimensional (3D) information. One of the layers that should be specifically represented on these maps is the location and height information of the plain earth, which is represented by the contour lines produced by different methods. In recent years, there have been significant improvements in 3D point acquisition methods, and air laser scanning technology (LiDAR) or image matching from digital aerial photographs and point cloud production methods have been widely used. In this thesis, it is aimed to reveal the height layer required for the current map as a result of filtering the point cloud produced through digital aerial photographs, and that this model is accurate and usable compared to the previously produced height model. In this context, a different number and density of points were determined for the ground extraction of the produced point clouds and the related land model was extracted with the LAStools academic software Lasground module. As a result of the study, it is concluded that it is possible to use the terrain model obtained from the point cloud produced by the faster and more effective method instead of classical methods in the current maps. According to the results obtained, it was concluded that with the point cloud data produced from the images, height layer can be produced ideally to be used in maps of 1/2000 and smaller scale.

**Key Words:** Dense Image Matching, Digital Photogrammetry, Progressive TIN  
Densification, ALS Filtering.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Yöneltilme Elemanları.....	9
Şekil 2. İnsansız Hava Araçları .....	12
Şekil 3. Fotogrametri iş akışı (Limandal, 2019).....	14
Şekil 4. Dijital Fotogrametrinin İşleyişi .....	14
Şekil 5. Kamera yapısı.....	15
Şekil 6. Fiziksel Yeryüzü Jeoid Elipsoid Gösterimi.....	17
Şekil 7. Geoit Yüksekliğinin Matematik Modeli .....	18
Şekil 8. TIN Filtreleme Modeli .....	19
Şekil 9. Çalışma Alanına Ait Ortofoto .....	21
Şekil 10. Ultracam-X Hava Kamerası Ve Ekipmanı.....	22
Şekil 11. Ultracam-X Hava Kamerası Lens Gösterimi .....	23
Şekil 12. Çalışma alanları: a)Kırsal-1, b)Kırsal-2(b) .....	25
Şekil 13. Çalışma alanları: a) Kentsel-2, b) Kentsel-1 .....	25
Şekil 14. Çalışma alanına ait nokta bulutu verisi 3B gösterimi.....	26
Şekil 15. Çalışma alanına ait; a)Nokta bulutu, b)Ortofoto .....	27
Şekil 16. Ölçülen yer noktalarının arazi üzerinde dağılımı. ....	28
Şekil 17. Arazide cami duvarına tesis edilmiş RS noktası .....	29
Şekil 18. Referans noktası ve nokta bulutu noktaları arasındaki ilişki.....	30
Şekil 19. Kırsal-1 117 adet denetleme noktası dağılımı.....	32
Şekil 20. Şekil 21. 47 adet denetleme noktasının dağılımı.....	33
Şekil 21. 37 adet denetleme noktasının dağılımı.....	34
Şekil 22. Kırsal-2 139 adet denetleme noktası dağılımı.....	35
Şekil 23. Kırsal-2 49 adet denetleme noktası dağılımı.....	36
Şekil 24. Kırsal-2 29 adet denetleme noktası dağılımı.....	37
Şekil 25. Kentsel-1 173 adet denetleme noktası dağılımı. ....	38
Şekil 26. Kentsel-1 53 adet denetleme noktası dağılımı. ....	39
Şekil 27. Kentsel-1 23 adet denetleme noktası dağılımı. ....	40
Şekil 28. Kentsel-2 158 adet denetleme noktası dağılımı. ....	41
Şekil 29. Kentsel-2 58 adet denetleme noktası dağılımı. ....	42
Şekil 30. Kentsel-2 28 adet denetleme noktası dağılımı. ....	43

Şekil 31. a) Referans yüzey ile filtreleme, b) Referans noktalar ile filtreleme. ....	44
Şekil 32. Kırsal-1 verisi 117 denetleme noktası ile hata grafiği.....	45
Şekil 33. Kırsal-1 verisi 47 denetleme noktası ile hata grafiği.....	46
Şekil 34. Kırsal-1 verisi 37 denetleme noktası ile hata grafiği.....	46
Şekil 35. Kırsal-2 verisi 139 denetleme noktası ile hata grafiği.....	48
Şekil 36. Kırsal-2 verisi 49 denetleme noktası ile hata grafiği.....	48
Şekil 37. Kırsal-2 verisi 39 denetleme noktası ile hata grafiği.....	49
Şekil 38. Kentsel-1 verisi 173 denetleme noktası ile hata grafiği. ....	50
Şekil 39. Kentsel-1 verisi 53 denetleme noktası ile hata grafiği .....	51
Şekil 40. Kentsel-1 verisi 23 denetleme noktası ile hata grafiği .....	51
Şekil 41. Kentsel-2 verisi 158 denetleme noktası ile hata grafiği. ....	53
Şekil 42. Kentsel-2 verisi 58 denetleme noktası ile hata grafiği. ....	53
Şekil 43. Kentsel-2 verisi 28 denetleme noktası ile hata grafiği .....	54
Şekil 44. Kentsel-1 verisinin arazi modeli ile test edilmesi sonucu oluşan hata grafiği. ....	56
Şekil 45. Kentsel-2 verisinin arazi modeli ile test edilmesi sonucu oluşan hata grafiği. ....	56
Şekil 46. Kırsal-1 verisinin arazi modeli ile test edilmesi sonucu oluşan hata grafiği.....	57
Şekil 47. Kırsal-2 verisinin arazi modeli ile test edilmesi sonucu oluşan hata grafiği.....	57
Şekil 48. Kentsel-1 verisi hatalarının en büyük %10' u atılması sonucu oluşan hata grafiği. .....	59
Şekil 49. Kentsel-2 verisi hatalarının en büyük %10' u atılması sonucu oluşan hata grafiği. .....	59
Şekil 50. Kırsal-1 verisi hatalarının en büyük %10' u atılması sonucu oluşan hata grafiği.	60
Şekil 51. Kırsal-2 verisi hatalarının en büyük %10' u atılması sonucu oluşan hata grafiği.	60

## TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Ultracam-X Hava Kamerası Teknik Özellikleri.....	23
Tablo 2. Kırsal-1 veri seti testleri .....	47
Tablo 3. Kırsal-2 veri seti testleri .....	49
Tablo 4. Kentsel-1 veri seti testleri.....	52
Tablo 5. Kentsel-2 veri seti testleri.....	54
Tablo 6. Referanslı ve referanssız yüzey hata değerleri .....	58
Tablo 7.Referans yüzey ile filtreleme sonrası kaba hataların atılması sonucu elde edilen değerler.....	61

## SEMBOLLER DİZİNİ

BÖHHBÜY	: Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
CSF	: Bez Simülasyon Filtreleme - Cloth Simulation Filter
CCD	: Charge Couple Device - Yük Paylaşımli Görüntü Elemanı
DIM	: Dense Image Matching – Yoğun Görüntü Eşleme
DSM	: Digital Surface Models
ISPRS	: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing - Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği
ITRF	: The International Terrestrial Reference Frame – Uluslararası Yersel Referans Çerçevesi
İHA	: İnsansız Hava Araçları
LiDAR	: Light Detection And Ranging - Işık Algılama ve Mesafe Ölçme
PTD	: Progressive TIN Densification – Aşamalı Yoğun Görüntü Eşleme
PM	: Progresif Morfolojik Filtre – Progressive Morphological Filter
RTK	: Real Time Kinematic – Gerçek Zamanlı Kinematik
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TIN	: Triangulated Irregular Network – Ügenlenmiş Düzensiz Ağ
TUTGA	: Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Dünyanın var oluşundan günümüze kadar geçen sürece bakıldığında insanın bu sürece dahil olduğu dönemden bugüne kadar Haritacılık hep var olmuştur. Bu var oluş, insanlığın ilk dönemlerinde gıda ve av hayvanlarının yerini göstermek amacıyla çeşitli sembol ve figürler yardımıyla kroki şeklinde taşlara aktarılırken, sonraki dönemlerde Nil nehri kıyısındaki tarlaların sınırlarının kaybolmaması amacıyla arazi ölçüsü şeklinde, bir nevi kadastro uygulaması olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dünyayı pay etme yarışının son bulduğu ve milletlerin sınırlarını belirleyerek artık sınırları içerisinde hayatı düzene koymayı amaçladığı bir sonraki dönemde artık her manada sınırların belirlenmesi kaçınılmaz olmuştur. Artık bu aşamadan sonra Haritacılık da dönemin gereklerine paralel olarak evrilmiş ve Ülke, Kent, Mahalle, Sokak ve Şahıs mülkiyetlerinin kayıt altına alınması bir gereklilik haline gelmiştir. Bu şekliyle mülkiyeti korumayı amaçlayan Haritacılık daha sonraki dönemlerde bir adım öteye taşınarak artık mülkiyet üstü yapı, yol, köprü, bitki örtüsü, tarım ürünü, enerji nakil hattı vb. birçok birimi kayıt altına almak için kullanılmıştır. Bu süreçten de anlaşılacağı üzere bütün disiplinlerde olduğu gibi Haritacılık da zamanın gerek ve yükümlülükleri ışığında gelişen teknolojiyi takip etmiş ve sürekli gelişmiştir.

Bütün bu tarihsel gelişimi göz önünde bulundurduğumuzda ihtiyaç duyulan yeni verilerin eklenmesi haritalardaki bilgi yoğunluğunun artmasına neden olmuş ve mevcut Haritacılık gereç ve yöntemleri talebi karşılayamaz hale gelmiştir. Bunun sonucunda eski haritacılık yöntemleri, eski alet ve ekipmanlar ve bunlar vasıtasıyla elle yapılan çizim ve tatbikler tek tek tarih sahnesindeki yerini almıştır.

Bugün gelinen noktada nüfus yoğunluğu ve şehirleşme göz önüne alındığında tarımdan altyapıya kadar her projede Haritacılık adına yapılacak her uygulamada iş yükü ve beklenen sonuç verisi hassasiyeti artmıştır. Bu da kısa sürede çok ve hassas veriye olan ihtiyacı en üst seviyeye taşımıştır. Günümüz teknolojisi bu ihtiyacı Fotogrametrik harita üretimiyle karşılamak adına birçok imkâna sahiptir. Tekniğine uygun olarak çekilmiş hava fotoğraflarından elde edilecek veriler yardımıyla sayısal harita üretimi çok daha hızlanmıştır.

Hızlılığının yanında kaliteli fotoğraflara sahipseniz üretilen haritanın içerdiği raster ve vektör veriler bilgi anlamında her türlü ihtiyacı karşılamak adına yeterlidir.

Fotogrametrik harita yapımı ekonomik, hızlı ve büyük boyutlardaki arazilerde işin tek parça halinde yapıla bilmesi ve bütünü görmek açısından çok avantajlıdır. Ancak yapılan uçuşlarda elde edilen veri elde edildiği anda yer üstü bütün verileri kayıt altına almaktadır ve bu verilerin ihtiyaç doğrultusunda ayıklanması ve kullanıma uygun hale getirilmesi, tüm bunlar yapılırken de hassasiyetinin istenilen sınırlar içerisinde olması olmazsa olmazdır. Dolayısıyla uçuş yapılan alanda sık ve yüksek bitki örtüsü olması halinde sık bitki örtüsünden dolayı zeminden görüntü alınamaması gibi durumlarda bu tür alanlarda yersel noktalar ölçülerek fotogrametrik olarak yapılan haritaların iyileştirilmesi önemli bir uygulamadır. Bu kapsamda öncelikli olarak yoğun görüntü eşleme yöntemiyle nokta bulutu ve arazi modeli üretim uygulamaları incelenmiştir.

Sithole ve Vosselman (2004) çalışmalarında nokta bulutları üzerinde filtreleme algoritmalarının karşılaştırması amaçlanmıştır. Bu çalışma için on iki veri kümesi seçilmiştir. Filtre performansı hem nitel hem de nicel olarak analiz edilmiştir. Tüm filtreler düzgün kırsal alanlarda iyi performans göstermiştir, ama hepsi karmaşık kentsel alanlarda ve bitki örtüsü ile engebeli arazide hata vermiştir.

Filin ve Pfeifer (2006) çalışmalarında, LİDAR verilerinin sınıflandırılması için bir algoritma sunulmuştur. Bu algoritma bir özellik alanındaki küme analizine dayanmaktadır. Küme analizi için gerekli olan noktalar arasındaki komşuluğu tanımlamak için Lazer verilerinin nokta yoğunluğu, ölçüm hassasiyeti, yatay ve dikey nokta dağılımı parametreleri kullanılmıştır.

Meng ve diğerleri (2010) çalışmasında, LiDAR verileri için yeryüzü filtreleme algoritmalarında karşılaşılan sorunlar incelenmiştir. Bu çalışmada, DTM oluşturma sürecinde kullanılan LiDAR yer filtreleme algoritmalarını gözden geçirilmiştir. Farklı özellik türleri için filtreleme prosedürleri ve çalışma alanı seçimi, doğruluk değerlendirmesi ve algoritma sınıflandırması kriterleri dahil üzere LiDAR yer filtreleme algoritmalarının geliştirilmesi ve uygulanması için kritik konuları tartışılmıştır. Bu çalışma, mevcut zemin filtreleme algoritmalarının yetersiz olduğu ve gelecekteki çalışmalarda geliştirilebilecek üç özellik türünü vurgulamıştır: engebeli arazi veya süreksiz eğimli yüzeyler, lazer ışınlarının nüfuz edemeyeceği yoğun orman alanları ve genellikle düşük bitki örtüsüne sahip bölgeler yeryüzü filtrelemeleri tarafından yok sayılmıştır.

Montealegre ve diğeri (2015) çalışmalarında orman verilerinin haritalanması, takibi ve değerlendirilmesi için LiDAR filtreleme algoritmalarının kullanılabilirliği test edilmiş ve karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu çalışma için Akdeniz Ormanı nokta bulutu verisinde, orta ve dik yamaçlarda, farklı bitki örtüsü tipleri bulunan iki farklı çalışma alanı kullanılmıştır. Her bir algoritmanın sınıflandırma doğruluğu, elle sınıflandırılmış 424 nokta kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda en iyi sonuç MM filtresinden %83 başarı oranı ile elde edilmiştir.

Polat ve Uysal (2015) çalışmasında, DTM üretimi için LiDAR veri filtreleme algoritmalarının performanslarının incelenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada, iki farklı yerden toplanan LiDAR nokta bulutunu filtrelemek için Adaptif TIN, ETEW, Progresif Morfoloji, İteratif Polinom ve Maksimum Yerel Eğim filtresi olmak üzere 5 farklı filtreleme yöntemi kullanılmıştır. Çalışma alanı olarak biri kırsal alan diğeri kentsel alan olan farklı topografik özelliklere sahip alanlar seçilmiştir. Algoritmaların performansını test etmek için LiDAR nokta bulutları filtrelenmiştir ve her alan için DTM oluşturmak için kullanılmıştır. Son olarak, üretilen DTM her bir alan için referans DTM ile karşılaştırılmıştır.

Yang ve diğeri (2016) çalışmada, LiDAR noktası bulutlarından zemin noktaları ve kırılmalar için iki aşamalı detay çıkarım yöntemi incelenmiştir. Çalışma alanı için kesme çizgileri ve kesme çizgileri ile üretilen yüksek kaliteli DEM'lerin çıkarılmasını için üç alan seçilmiştir. Çeşitli arazi türlerine sahip alanlarda tek bir filtreleme yönteminin uygulanmasının dezavantajlarının üstesinden gelinmesi için önerilen yöntemde, segment tabanlı filtreleme ve çok ölçekli morfolojik olarak filtreleme yöntemlerini birlikte kullanılmıştır. Çok ölçekli morfolojik filtreleme sürecinde, önerilen yöntem maksimum ölçeğin filtreleme sonucu üzerindeki etkisini azaltmak için nesnelere ayrı ayrı noktalar kümesinden çıkarır. Önerilen yöntem daha sonra, yüksek kaliteli bir DEM üretimi için iyi bir temel sağlayan zemin noktalarından kesme çizgilerini çıkarır. Çalışma sonucunda önerilen yöntemin kırılma çizgilerini korurken sağlam bir şekilde zemin noktalarını çıkardığını göstermektedir.

Nie ve diğeri (2017) yaptıkları çalışmada, LiDAR verisi kullanılarak revize edilmiş Aşamalı TIN (Üçgenlenmiş Düzensiz Ağ – Triangulated Irregular Network) Yoğunlaştırma yönteminin kullanılabilirliği test edilmiş ve yeryüzü noktalarının çıkarılması amaçlanmıştır. Bu çalışma için Klasik PTD (Aşamalı TIN Yoğunlaştırması – Progressive TIN Densification) yöntemine benzer şekilde, revize edilmiş PTD yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem parametre özellikleri seçimi, tohum noktası seçimi ve TIN modelinin iteratif



yoğunlaştırılması olmak üzere üç adımdan oluşmuştur. Çalışma sonucunda revize edilmiş PTD yönteminin hataları verilere göre sırasıyla % 10.26, % 0.79 ve % 8.07 oranlarında azalttığı görülmüştür.

Polat ve Uysal (2017) yaptıkları çalışmada, İHA tabanlı fotoğrametrik nokta bulutu ile DTM üretimi amaçlanmıştır. Bu çalışma için İzmir ilinin Bergama ilçesinde 2.06 km<sup>2</sup>'lik olan seçilmiştir. Çalışmada küçük bir alanda haritacılık uygulamalarında kullanılacak DTM üretiminin yapılması için gereken hava fotoğrafları için İHA'ya entegre kameraların performansını değerlendirilmiştir. Bu amaçla RTK ile 7 yer kontrol noktasına sahip 420 fotoğraf çekilmiştir. DTM üretim sürecinde 30 milyondan fazla coğrafi referans noktası kullanılmıştır. Çalışma sonucunda İHA tabanlı DTM ile referans DTM arasında % 94.5 uyum tespit edilmiştir.

Wan ve diğerleri (2018) çalışmalarında, LiDAR verisi kullanılarak yeryüzü noktalarını belirleyebilmek için eğim, yükseklik farkı gibi farklı parametreleri kullanılarak basit bir arazi rahatlatma indeksi geliştirilmiştir. Bu indeks, Arazi tüm nokta bulutunun yükseklik farkı ile yeryüzüne ait olmayan noktaların maksimum yer üstü seviyesi arasındaki bir orandır. Bu çalışmada arazi türüne bakılmaksızın korelasyon derecesi büyük alanlarda küçük alanlara göre daha yüksek bulunmuştur. Uygulama için; CSF (Bez Simülasyon Filtreleme - Cloth Simulation Filter) ve PM (Progresif Morfolojik Filtre – Progressive Morphological Filter) yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda; verinin CFS ile filtrelenmesinde toplam hata %0.1, eğim parametresi baz alınarak yapılan PM ile filtrelenmesinde de optimum eğim eşiği 0.142 radyan olarak bulunmuştur.

Salach ve diğerleri (2018) çalışmasında DTM (Sayısal Arazi Modeli – Digital Terrain Model) oluşturmak için İHA (İnsansız Hava Aracı) platformu kullanılarak elde edilen LiDAR ve Yoğun Görüntü Eşleşmesi verilerinin doğruluk değerlendirmesinin yapılması amaçlanmıştır. Oluşturulan modeller LiDAR ve Fotogrametrik tekniklere dayandırılarak yapılmıştır. DTM için toplanan nokta bulutu verisi, metre kare başına 180 nokta toplayan, GSD değeri 2 cm olan yüksek çözünürlüklü bir dijital kamera kullanılarak elde edilmiştir. Çalışma sonucunda LiDAR verisi kullanılarak elde edilen DTM ürününün daha doğru olduğu gözlenmiştir.

Tan ve diğerleri (2018) yaptıkları çalışmada, İHA kullanılarak alınan bir veri üzerinde geliştirilmiş PM filtresinin kullanılabilirliği incelenmiştir. Bu çalışma için Çin'in Çongçing şehrinde bulunan Yangtze Nehri boyunca alınan nokta bulutu verisi kullanılmıştır. Önerilen geliştirilmiş PM, orijinal PM algoritması ve bunlara ek dört filtreleme algoritmaları (ATIN,

MLS, ETEW ve CSF); nehir boyunca dört test alanında değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, altı filtre içinde en iyi sonucu geliştirilmiş PM filtresi vermiştir.

Moudry ve diğerleri (2018) yazarlı çalışmada, LiDAR verisinde bulunan yüksek ve düşük bitki örtüsü noktalarının, altı farklı LiDAR filtreleme algoritması ile çıkarımı amaçlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan algoritmalar SMRF, CSF, RW, ARC, PTIN ve PM filtreleridir. Bu algoritmaların hepsi yeryüzü noktalarının filtrelenmesinde başarılı olmuştur. Fakat arazi eğitimi 15 derecenin üzerindeki yerlerde performansları düşmüştür. SMRF, CSF ve RW algoritmaları diğer algoritmalara göre daha iyi yeryüzü noktalarını filtrelemiştir. Fakat SMRF, CSF ve RW algoritmaları yeryüzü olmayan noktaları diğer algoritmalara göre daha fazla yeryüzü noktalarına dâhil etmiştir.

Silva ve diğerleri (2018) çalışmasında, LiDAR nokta bulutu verileri kullanılarak yapılan DTM için yeryüzü filtreleme algoritmalarının performansının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışma alanı, Washington eyaletinde, ABD'de farklı arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıflarına sahip bir orman olarak belirlenmiştir. Ağırlıklı Doğrusal En Küçük Kareler (WLS), Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması (MCC), Aşamalı Morfolojik Filtre (PMF) ve Aşamalı Üçgen Düzensiz Ağ (PTIN) filtreleri kullanılmıştır. Dört algoritma da bitki örtüsü üzerinde iyi performans gösterdi. WLS ve MCC gibi açık kaynaklı yeryüzü filtreleme algoritmaları ise orman ortamlarında çok iyi performans göstermiştir.

Zhang ve diğerleri (2018) çalışmasında LiDAR filtrelerinin, doğru DTM'leri üretmek için yoğun görüntü eşleşme noktalarını filtrelemek için kullanılıp kullanılmayacağı incelenmiştir. Bu çalışmada Hollanda'nın Enschede şehir merkezinden alınan 102 nadir ve 408 eğik görüntü kullanılarak Pix4Dmapper ve SURE tarafından DIM algoritmaları ile üretilen iki farklı nokta bulutu karşılaştırılmıştır.

Wua ve diğerleri (2019) çalışmalarında kanal tabanlı bir filtreleme algoritması kullanarak yol kenarı LiDAR verilerinin otomatik yeryüzü noktaları filtrelemesi amaçlanmıştır. Yol bulunan zemin noktalarının etkili bir şekilde çıkarmak için yenilikçi bir yaklaşım oluşturulmuştur. Önerilen yaklaşımda, raster tabanlı kümeleme, komşu tabanlı filtreleme ve eğim tabanlı filtreleme yöntemlerini birlikte kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, oluşturulan yaklaşımın dört farklı senaryolarda zemin noktalarını yüksek doğrulukla çıkarabildiğini göstermiştir.

Asal ve diğerleri (2019) yaptıkları çalışmalarında, farklı filtreleme yaklaşımları kullanılarak LiDAR Nokta bulutlarından elde edilen Dijital Arazi Modellerinin karşılaştırmalı analizi amaçlanmıştır. Bu çalışmada Almanya'daki Vaihingen bölgesinde

küçük müstakil evlerin bulunduğu küçük bir yerleşim alanı kullanılmıştır. Uygulamada üç ana filtreleme yaklaşımının karşılaştırmalı analizi amaçlanmıştır: Gauss alçak geçiren filtre, odak analizi ortalama filtresi ve DTM eğim tabanlı filtresi. Üç yaklaşım, maksimum yükseklik değerlerini azaltan ve sonuç olarak filtre penceresi boyutlarındaki artışlar nedeniyle azalan yükseklik aralıklarını içeren DTM'ler üretmiştir. Ayrıca, oluşturulan DTM'lerin üç filtreden standart sapmaları, filtre penceresi boyutlarının artırılmasıyla azalmıştır, ancak Gauss alçak geçiren filtre ve odak analizi ortalama filtreleri ile azalma sürekli ve sabit kalmıştır. DTM eğim tabanlı filtre, oluşturulan DTM'lerin standart sapmaları  $31 \times 31$  pencere boyutuna kadar yüksek oranlarla almıştır, daha sonra filtre pencere boyutlarındaki daha fazla artış nedeniyle değişmeden kalmıştır.

Anders ve diğerleri (2019)'nin çalışmasında, İHA tabanlı fotogrametrik nokta bulutlarından bitki örtüsü noktalarının çıkarımı için filtre tekniklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu çalışmada SfM (Hareket Tabanlı Algılama - Structure from Motion)'den elde edilen nokta bulutları için çeşitli bitki örtüsü filtre algoritmalarının performansını değerlendirmektedir. Karşılaştırma, karışık bitki örtüsü olan İspanya, Murcia'da bir bölge için yapılmıştır. Aşırı yeşillik bitki örtüsü indeksi kullanılarak renk bazlı filtreleme, LAStools'tan TIN yoğunlaştırması, Agisoft Photoscan'da standart yöntem, yinelemeli yüzey alçaltma (ISL) ve yinelemeli yüzey alçaltma ile renk bazlı filtreleme yönteminin bir kombinasyonu karşılaştırıldı. Çalışma sonucunda çalı ve ağaçları olan alanlar için, yinelemeli yüzey alçaltma ile renk bazlı filtreleme yönteminin bir kombinasyonu ve TIN yoğunlaştırma yöntemi en iyi performansı göstermiştir.

Moudrya ve diğerleri (2019) çalışmasında madencilik çalışmaları sonrası arazi ve bitki örtüsü yapısının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ormanlık arazilerde DTM üretmek için nokta bulutunun zemin filtrelemesi ve enterpolasyonu için bazı yaklaşımlar üzerinde çalışılmıştır. Bu çalışma için IWO yöntemi önerilmiştir ve ilk olarak DTM üretilmiştir. DTM'nin doğruluğunu değerlendirmek için, tepelerdeki seyrek ve yoğun ağaçlar ve dik yamaçlar gibi çeşitli özelliklere sahip bazı ormanlık bölgeler kullanılmıştır. Test alanlarındaki hesaplanan RMSE, ortalama 0.463 m olarak hesaplanmıştır.

Cai ve diğerleri (2019) çalışmasında, LiDAR verileri üzerinde CSF ve PTD algoritmalarının filtreleme verileriyle önerilen algoritmanın filtreleme verisinin kıyaslanması amaçlanmıştır. Önerilen algoritmanın performansını test etmek için, ISPRS (Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Derneği) verilerinden, dört kentsel ve dört kırsal alan olmak üzere sekiz çalışma alanı belirlenmiştir. Algoritmalar üretilen DTM'e göre

değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre önerilen algoritma, hem doğruluk hem de pratiklik açısından diğerlerine göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Zeybek ve Şanlıoğlu (2019) çalışmada, İHA tabanlı bir 3D ham nokta bulut verisini filtrelemek için açık kaynak ve ticari yazılımlar kullanarak dört farklı algoritmanın filtreleme performansı incelenmiştir. Çalışma alanı olarak; Konya Taş kent ilinde farklı toprak örtüsü türleri, yüksek yoğunluklu bitki örtüsü, düşük bitki örtüsü, çalılar ve farklı jeomorfolojik özellikleri içeren bir heyelan izleme araştırma alanı olan Toros Dağları'nın ortasında bir yer seçilmiştir. Bu çalışma için; MCC, FUSION, PTIN (Lastools-lasground modülü ticari) ve CSF algoritmaları kullanılmıştır. Uygulanan filtreleme sonuçları, operatör tarafından sınıflandırılan referans veri seti ile doğrulanmıştır. Nokta bulutları üzerinde farklı filtreleme yöntemleri uygulansa da, bu yöntemler yoğun bitki örtüsü, düz yüzey, pürüzlü ve karmaşık manzaralar gibi ayırt edici arazi özelliklerine zemin çıkarmak için benzer sonuçlar göstermiştir. Filtreleme algoritmalarının sonuçları, farklı toprak türlerinde çıplak toprak yüzeyi özelliğinin çıkarılması için uygun İHA tarafından üretilen verilerin ortaya çıktığını ortaya koymuştur. Filtrelenmiş nokta bulutunun doğruluğu CSF filtreleme yöntemi için düz yüzeylerde % 93 oranıyla en iyi sonuç olarak hesaplanmıştır.

Çalışma kapsamında, Trabzon İli, Arsin İlçesine ait toplamda 4 adet 1/1000 ölçekli paftaya karşılık gelen bir çalışma alanı belirlenmiştir. Bu 4 paftadan 2 tanesi kırsal alan diğer 2 tanesi ise kentsel alan nitelik ve özelliklerini taşımaktadır. Bu çalışma ile toplam 4 paftaya isabet eden bir alanda üretilen nokta bulutunun filtrelenmesi sonucu elde edilen yüzey modelinin vektör haritada üçüncü boyutu temsilen kullanılacak katman hassasiyetinde kullanılabilir olması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışma alanında GPS yardımıyla ölçülen yer noktaları farklı sayıda veri setlerine bölünmüş ve bu veri setlerinin bir kısmı nokta bulutu verisine değerlendirme amaçlı eklenirken geri kalan kısmı filtrelenen verinin testi için kullanılmıştır. Bu kombinasyonlar sonucunda nokta bulutuna eklenen yer verisinin dağılım, sayı ve bitki örtüsü gibi kriterlere bağlı olarak farklı sonuçlar verdiği ve amacına uygun olarak veride iyileştirme yaptığı anlaşılmıştır. Ancak bu iyileştirme uygulamanın amaçladığı nokta bulutu verisinin vektör haritada yükseklik katmanı olarak kullanılması için yeterli olmadığı anlaşılmıştır. Söz konusu değerleri daha da iyileştirerek probleme çözüm üretmek adına GPS yardımıyla ölçülen yer noktaları kullanılarak çalışma alanları için 5 metre aralıklı gridler oluşturulmuş ve ölçülen noktaların temsil ettiği yer yüzeyi kaba şekilde bir arazi modeli olarak elde edilmiştir. Söz konusu kaba arazi modeli işlem görmemiş nokta bulutuna eklenmiş ve filtreleme işlemleri tekrar yapılmıştır. Bu

uygulama/işlem sonucunda elde edilen veri tekrar 5 metrelik gridler yardımıyla teste tabi tutulmuştur. Yapılan bu uygulama ile diğer uygulamadan farklı olarak daha yoğun ve yüzey olmaya yakın bir nokta verisi elde edildiğinden bu haliyle istenilen değerler elde edilmiştir. Yapılan testler sonucunda 1/2000 ve daha küçük ölçekli haritalarda yükseklik doğruluğu yakalanmıştır.

## **1.2. Temel Kavramlar**

### **1.2.1. Fotogrametrinin Tanımı ve Tarihçesi**

Fotogrametri; istenilen sonuç verisine bağlı olarak obje veya arazinin görüntülerinin ve yanında renk ve şekil bilgilerinin tespit, tetkik ve işlenmesi sonucu yer şekilleri, cisimler ve çevre hakkında detaylı bilgi üretmek için kullanılan bilim dalıdır (Kocaman, 1988).

Uçağın icat edilmesi ile hava fotogrametrisinin gelişimi hız kazanmıştır. Bu hız birçok ülkede etkisini göstermiş ve farklı yöntem ve fikirlerle bu gelişme her seferinde bir adım öteye taşınmıştır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte dijital fotoğrafın yaygınlaşması ve gelişmesiyle fotogrametri daha da anlam kazanmıştır. Yoğun olarak kullanımı 90'lı yıllardan sonra başlayan dijital fotogrametri hem işi yaptıran hem de işi yapan açısından vazgeçilmez bir uygulama olmuş ve kamu kurumlarının literatürüne girmiştir. Fakat bu durum yüksek doğruluğu ve otomatize olmayı henüz tam anlamıyla sağlayamadığından yersel ölçülerle desteklenmek hava fotogrametrisi için vazgeçilmez olmaktadır (Kılıçoğlu, 2016).

Dünya geneline bakıldığında hava fotogrametrisinde yaşanan hızlı gelişmelerin Ülkemize gelmesi 1925 yılında başlamış ve 1929 yılında ancak yersel fotogrametri uygulamaları hayata geçirilmiştir. Hava fotogrametrisine geçiş ise yaşanan bazı talihsizlikler sebebiyle ancak 1937 yılında mümkün olabilmıştır (URL-1).

### **1.2.2. Fotogrametrinin Matematik Modeli**

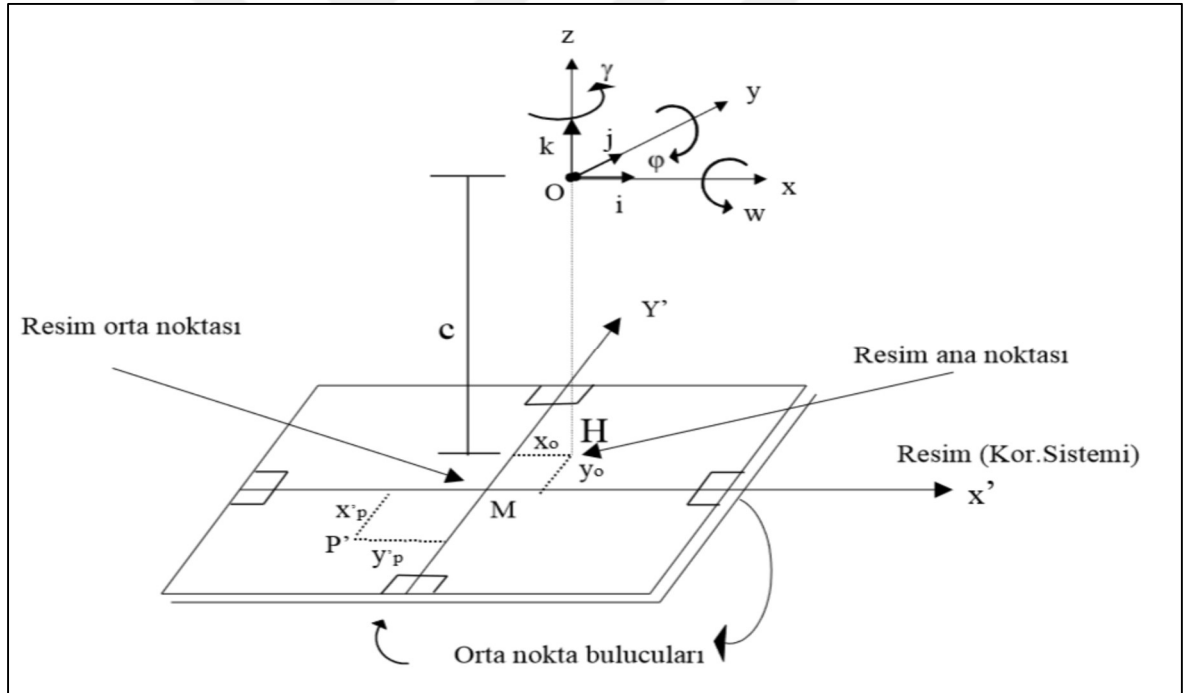
Fotogrametrinin matematik modeli; fotoğraf uzayı ve cisim uzayı arasındaki matematiksel gösterimdir ve cisim uzayındaki noktaların fotoğraf uzayı üzerine iz düşürülmesidir. Merkezi izdüşüm bağlantıları olarak bilinen kolinearite (doğrusallık) ve koplenearete (eş düzlemlilik) esasına dayanan bu model ile yeniden konumlandırma işlemi

gerçekleştirilir. Merkezi izdüşüm, fotoğraf üzerine iz düşürülen nesnelerin; şekil ve konumlarının kolayca belirlenmesini sağlamaktadır.

Yeniden konumlandırma işlemi iki adımda gerçekleştirilir. Şekil 1’de görüldüğü gibi birincisi, asal uzaklık ( $c$ ) ve asal nokta koordinatlarının (iç yöneltme parametreleri/ $c,x,y$ ) hesaplanmasıdır. İkincisi, izdüşüm merkezi noktası koordinatları ve dönüklük değerlerinin (dış yöneltme parametreleri/ $X_0,Y_0,Z_0,\omega,\varphi,\chi$ ) hesaplanmasıdır.

### 1.2.3. Yöneltme Elemanları

Fotoğrafların, kayıt altına alındığı andaki konumlarının tekrar elde edilmesi işlemidir (URL-2). Genel manada yöneltme elemanları; fotoğraf, piksel ve arazi koordinat sistemleri arasındaki dönüşüm ile ilgili ana parametrelerdir (Şekil 1).



Şekil 1. Yöneltme Elemanları

Fotoğraf uzayı ve cisim uzayı arasındaki bu ilişki ortogonal dönüşüm matrisi ile belirli formüller, noktalar arası üç boyutlu vektörler ile ifade edilir:

- $O$ , kartezyen nesne koordinat sisteminin orijini,  $X, Y, Z$
- $P_i$ , nesne noktası koordinatı,  $X_i, Y_i, Z_i$
- $O'$ , izdüşüm merkezi,  $X_0, Y_0, Z_0$ ,

- $OP_i$ , bu iki vektör ile mekansal bir üçgen oluşturur.
- Nesne ve resim koordinatı arasındaki ölçek faktörü  $\lambda_i$ , ve dönüklük matrisi  $R$ , de gereklidir.

$$\vec{x}_i = \vec{x}_0 + \lambda'_i R \cdot \vec{p}'_i \quad (1)$$

(1) no.lu, eşitlik genişletilerek (2) no.lu, eşitlik elde edilir.

$$\begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X'_0 \\ Y'_0 \\ Z'_0 \end{pmatrix} + \lambda'_i R \begin{pmatrix} x'_i \\ y'_i \\ -c \end{pmatrix} \quad (2)$$

Nesnenin eksenlerinin ve görüntü koordinat sistemlerinin benzer yönlere işaret etmesinin kolay olması için, kamera sabiti (c) eksi işaretiyle girilir. Her iki sistem de birim vektörleri (i, j, k ve a, b, c,) ile ortogonal olarak birbirine dik ve her eksen aynı ölçeğe sahiptir. Bu durumda matrisin tersi,  $R^{-1}$ ' den ters R matrisinin hesaplanmasını gerektirmez, ancak (3) nolu eşitlikte görüldüğü gibi transpozesi  $R^T$  olarak ifade edilebilir.

$$\begin{pmatrix} x'_i \\ y'_i \\ -f \end{pmatrix} = \frac{1}{\lambda'_i} R^T \begin{pmatrix} X_i - X'_0 \\ Y_i - Y'_0 \\ Z_i - Z'_0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Dönüklük matrisini ( $R$ ), tanımlamanın çeşitli yolları vardır. Bu,  $x'x, x'y \dots z'z$  eksenler arasındaki açılar (5), (6), (7) ve (8) nolu eşitliklerde gösterildiği gibi kosinüs ve sinüslerinin alınmasıyla hesaplanır. Her bir dönüklük açısı için ayrı ayrı dönüklük matrisi ( $R_\omega, R_\phi, R_\chi$ ) hesaplanır. (4) nolu eşitlikte görüldüğü üzere bu matrislerin çarpımı ile de dönüklük matrisi ( $R$ ) hesaplanır.

$$R^T = R_\omega^T \cdot R_\phi^T \cdot R_\chi^T \quad (4)$$

$$R_\omega^T = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & \sin \omega \\ 0 & -\sin \omega & \cos \omega \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$(6)$$

$$R_\varphi^T = \begin{pmatrix} \cos \varphi & 0 & \sin \varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \varphi & 0 & \cos \varphi \end{pmatrix}$$

$$R_\chi^T = \begin{pmatrix} \cos \chi & \sin \chi & 0 \\ -\sin \chi & \cos \chi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

$$R^T = \begin{pmatrix} \cos \varphi \cos \chi & \sin \chi \cos \omega + \cos \chi \sin \varphi \sin \omega & \sin \chi \sin \omega - \cos \chi \sin \varphi \cos \omega \\ -\sin \chi \cos \varphi & \cos \chi \cos \omega - \sin \chi \sin \varphi \sin \omega & \cos \chi \sin \omega - \sin \chi \sin \varphi \cos \omega \\ \sin \varphi & -\sin \omega \cos \varphi & \cos \varphi \cos \omega \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$R^T = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{21} & r_{31} \\ r_{12} & r_{22} & r_{32} \\ r_{13} & r_{23} & r_{33} \end{pmatrix} \quad (9)$$

Bu denklemlerde görüntü koordinatları konumları ve dönüklükleri tıpkı  $\lambda_i$  gibi ayrıca bilinmeyen unsurlardır.

(9) nolu eşitlik eklenilerek (10) nolu eşitlik elde edilir. Bu denklemlerde devrik bağlantıların kullanılması daha uygundur.

$$\begin{pmatrix} x'_i \\ y'_i \\ -f \end{pmatrix} = \frac{1}{\lambda'_i} \begin{pmatrix} r_{11} & r_{21} & r_{31} \\ r_{12} & r_{22} & r_{32} \\ r_{13} & r_{23} & r_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_i - x'_0 \\ y_i - y'_0 \\ z_i - z'_0 \end{pmatrix} \quad (10)$$

Kamera sabiti ( $c$ ) bilindiğinden, ilk ve ikinci denklemi üçüncü ile bölerek ortadan kaldırmak mümkündür. Bu işlem, (11) ve (12) nolu eşitliklerde gösterilen kolinearite denklemleriyle sonuçlanır. Bu bağlantı için görüntü noktası, izdüşüm merkezi ve nesne noktası düz bir çizgi üzerinde durmalıdır.

$$x'_i = -c \frac{r_{11}(X_i - X'_0) + r_{12}(Y_i - Y'_0) + r_{13}(Z_i - Z'_0)}{r_{31}(X_i - X'_0) + r_{32}(Y_i - Y'_0) + r_{33}(Z_i - Z'_0)} \quad (11)$$

$$(12)$$



$$y'_i = -c \frac{r_{21}(X_i - X'_0) + r_{22}(Y_i - Y'_0) + r_{23}(Z_i - Z'_0)}{r_{31}(X_i - X'_0) + r_{32}(Y_i - Y'_0) + r_{33}(Z_i - Z'_0)}$$

ifadeleri ile elde edilir (Konecny, 2003). Bu eşitlikler fotogrametirin temel matematik modeli olan kolinearite eşitlikleridir.

#### 1.1.4. Hava Fotogrametrisi

Fotogrametri ham verinin elde edilış yöntemine göre iki sınıfa ayrılır bunlar; hava fotogrametrisi ve yersel fotogrametridir. Hava fotogrametrisi, Hava araçlarının yaşamış olduğu gelişimi takip ederek uçan balondan günümüzde gelenen teknolojinin sonucu olarak günümüzde ağırlıklı olarak kullanılan (Şekil 2) insansız hava araçlarına kadar çeşitli araçlar yardımıyla yapılan ve yapılmakta olan fotoğraflama ile harita üreten fotogrametri disiplini dir.

İlk yıllarda yer fotogrametrisi kullanılmış olsa da hava fotogrametrisine göre yetersiz kalması nedeniyle artık hava fotogrametrisine geçmek kaçınılmaz olmuştur. İlk olarak düşey hava fotoğrafı çekilip, bu fotoğraf yardımıyla arazi haritası yapma işlemi 1897 yılında T. Scheimpflug tarafından yapılmıştır. Ancak yaygın şekilde hava fotogrametrisinin uygulamada kullanılması motorlu uçakların ve 1915 yılında O. Mester tarafından hava fotogrametrisine uygun kameranın üretilmesiyle toplu arazi ölçüleri yapılmaya başlanmıştır (Ulvi, 2015).



Şekil 2. İnsansız Hava Araçları

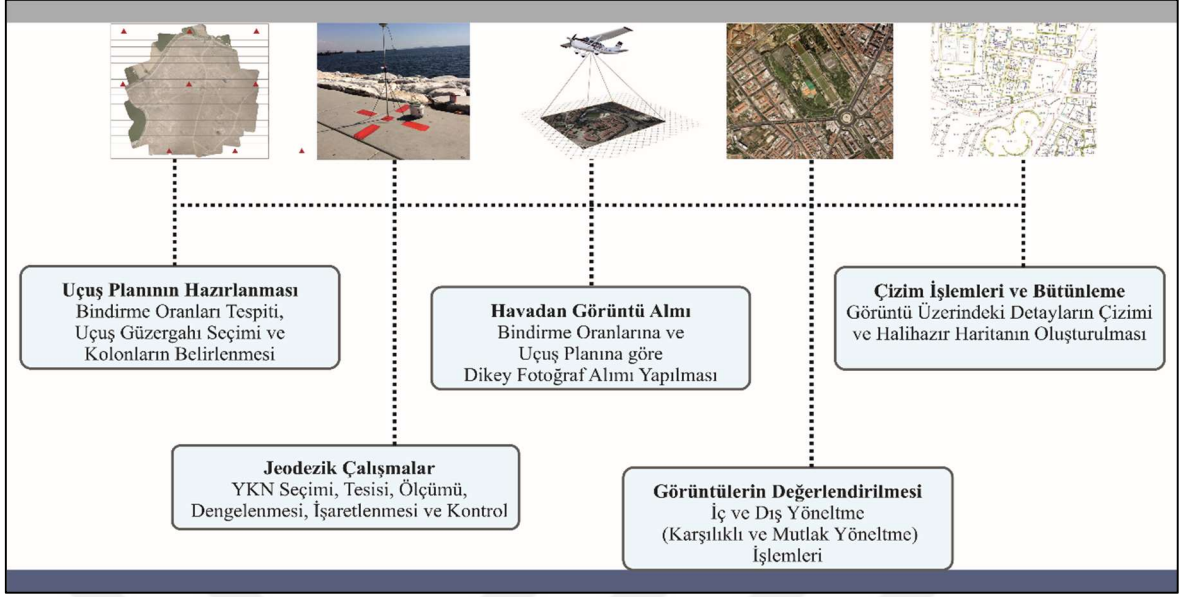
Günümüz teknolojisiyle sektörel ihtiyaçların neredeyse tamamını karşılayan bu yöntem Haritacılık sektöründe işi yaptıranın talep ettiği ve işi yapanında tercih ettiği bir yöntem olarak her geçen gün yerini sağlamlaştırmaktadır.

Şekil 4'te gösterilen fotogrametri iş akışı incelendiğinde hâlihazır haritası yapılacak bölgenin 1/25000 ölçekli sayısal paftaları yardımıyla bir uçuş planı hazırlanır. Uçuş planının içeriğinde;

- Haritası yapılacak alan sınırı ve ölçeği
- Haritası yapılacak alanı kapsayacak biçimde belirlenmiş paftalar
- Tesis edilen yer kontrol noktaları
- Uçağın uçacağı kolonlar bulunur.

Bunların yanında söz konusu uçuşun yapılacağı güne ait meteoroloji verileri (Hava durumu, Rüzgar yönü ve Rüzgar şiddeti) dikkate alınarak;

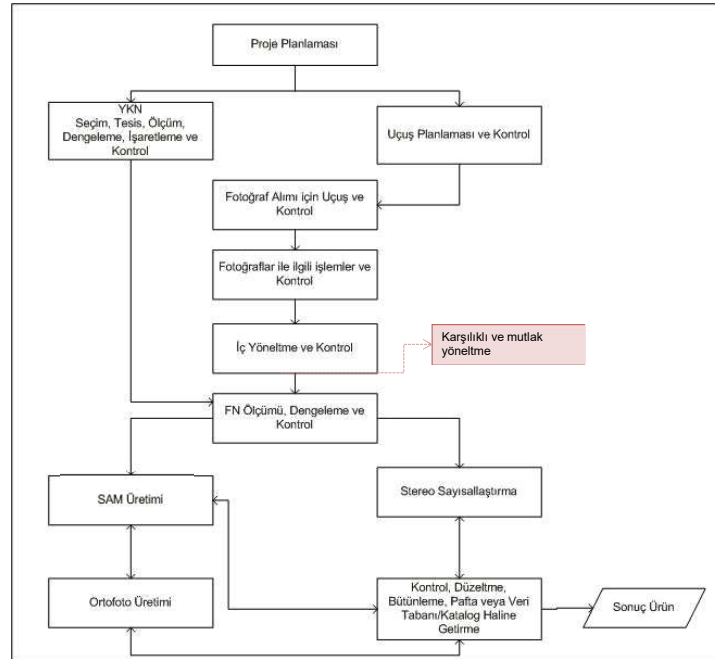
- Uçuş doğrultu ve istikametinin (Kuzey-Güney, Doğu-Batı ya da zorunlu olması halinde KD-GB veya KB-GD yönlerinde)
- Şerit sayısının kararlaştırılması
- Hava fotoğraflarının ölçeklerinin belirlenmesi
- Kamera ve uçuş platformunun (Drone, İHA vb.) kararlaştırılması
- Kamera poz sere ve aralığının kararlaştırılması
- Bindirme miktarlarının kararlaştırılması
- Fotoğraf çekim noktaları yaklaşık konumlarının belirlenmesi
- Dengeleme için kullanılacak YKN'lerin dağılımının belirlenmesi gibi hususlara özen gösterilmelidir (Özbalmumcu, 2007).



Şekil 3. Fotogrametri iş akışı (Limandal, 2019)

### 1.1.5. Dijital Fotogrametri

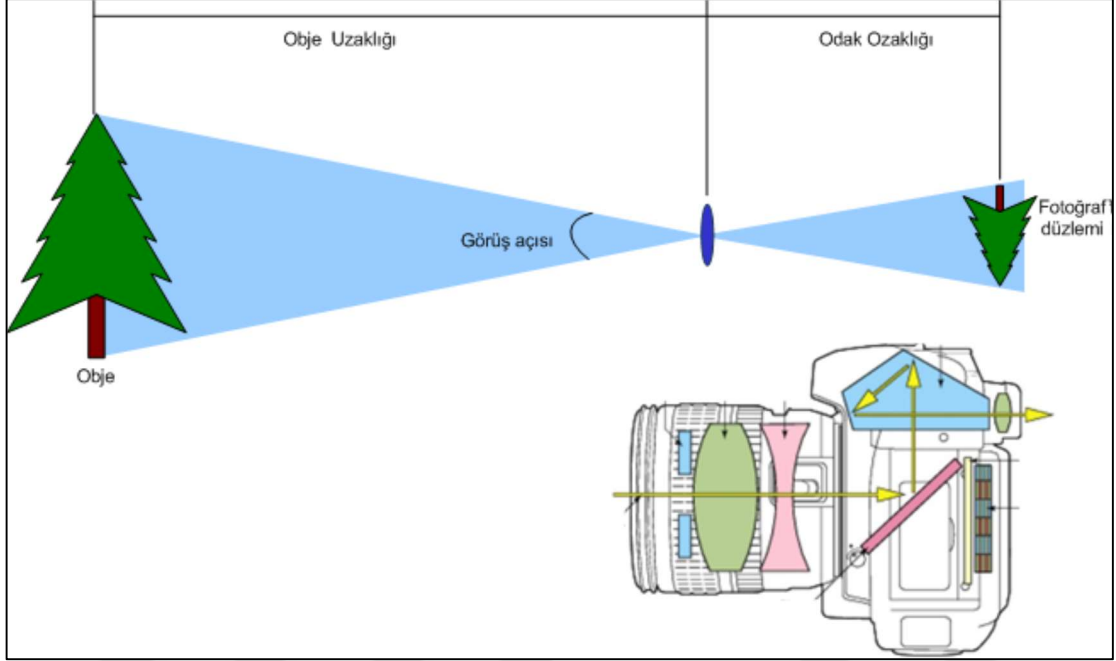
Fotogrametri; değerlendirme yöntemi yönünden plançete analog analitik ve dijital (sayısal) olmak üzere dört ayrı şekilde ele alınır. Dijital makinalar yardımıyla alınan fotoğrafların bilgisayar yardımıyla incelenmesi, yorumlanması ve sonuç verisi elde edilmesi işlemine dijital fotogrametri denir.



Şekil 4. Dijital Fotogrametrinin İşleyişi

## 1.2. Dijital Hava Kameraları ve Özellikleri

Işığın mercek aracılığıyla algılanarak dijital ortamda pikseller aracılığıyla tanınarak her bir piksele atanan renk değeri yardımıyla kodlanarak kayıt altına alınması sonucu oluşan veriye dijital görüntü denir.



Şekil 5. Kamera yapısı

Dijital görüntü elde edebilmemizdeki ana aktör kameradır. Genel olarak kamera; kamera gövdesi, mercek, taşıyıcı, diyafram ve obtüratörden oluşmaktadır ve bu parçaların senkronize çalışması sonucu sonuç veri olan fotoğrafı üreten bir makinadır.

Dijital fotoğraf makineleri klasik fotoğraf makinelerinden farklı çalışırlar. Daha çok, tarayıcı mantığıyla çalıştıkları söylenebilir. Dijital makineler ışığa duyarlı bir birim vardır bu birime toplayıcı birim yani sensör(algılayıcı) denir. Sensörler çalışma mantığı olarak üzerlerine düşen ışığı sinyaller şeklinde algırlar. Düşen ışık süzgeçler aracılığıyla temel renk değerlerinde ayrı ayrı kaydedilirler. Bu kayıt ayrı pikseller için söz konusu renk' e karşılık gelen sayısal değer şeklinde kayıta tutulur. Bu değerler yazılımlar aracılığıyla işlendiğinde söz konusu değere karşılık gelen renk bağımsız olarak belirlenebilir. Sensörlerin algıladığı bu özgün renk değerleri daha sonra devrelere aktarır ve devreler aracılığıyla işlenen veri resim halini almış olur. Veriler son olarak makinelerin kayıt birimlerinde hafızaya alınır ve saklanır (İyicioğlu, 2006).

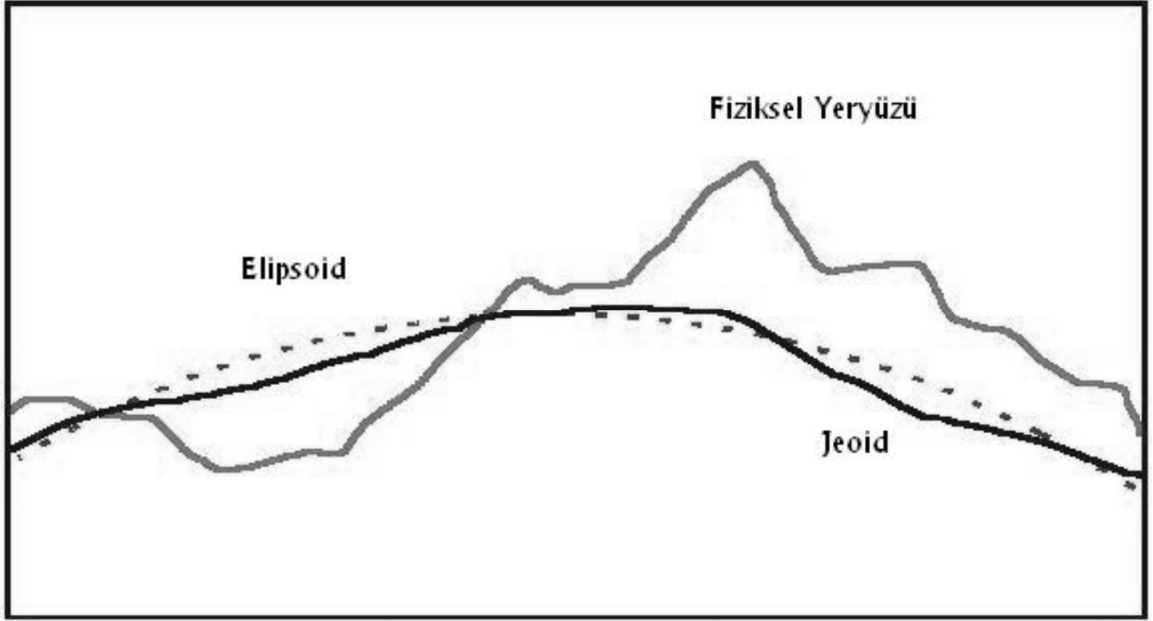
### 1.3. Global Konum Belirleme Sistemi (GPS)

Teknolojinin hızlı ilerleyişi her sektörde olduğu gibi haritacılığın temel yapı taşı nokta konumlandırma da karşımıza çıkmaktadır. Haritacılıktaki işleyişin temel yapı taşı olan nokta konumlandırma işleminin GPS (Global Positioning System) ile yapılması her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Son güncellemelerle birlikte ölçüm işleri çok hızlı ve yüksek doğrulukta nokta konum bilgisi sağlanmaktadır.

Sistem hassasiyeti GPS cihazı üreticilerine göre X ve Y yönünde yaklaşık 5 mm+1 ppm ve Z yönünde 10 mm+1ppm olarak tespit edilmiştir. Tek başına üç boyutta konum bilgisini (X,Y,Z) veya ( $\phi$ ,  $\lambda$ , h) gerçek zamanlı verebilmesi, hava şartlarından en az şekilde etkilenmesi ve ölçülen baz boyunca görüş problemi olmaması bu sistemin tercih edilmesi için yeterli olmaktadır. (Yıldırım ve Karaali, 1996).

### 1.4. Elipsoit Yüksekliği

GPS teknolojisinin sunmuş olduğu hızlı ve yüksek doğrulukta ölçüm imkânı mühendislik çalışmalarında gerekli olan ölçüm işlemlerinin birçoğu GPS ile yapılmaktadır. GPS yardımıyla yapılan ölçümler neticesinde herhangi bir noktanın enlem-boylam veya düzlem koordinat cinsinden yatay koordinatlarını ve düşey olarak da elipsoit yüksekliğini hassas bir şekilde elde etmek mümkün olmaktadır. Ancak yatayda istenen doğruluğu sağlayan GPS düşey olarak mühendislik projelerinin istediği geoide olan mesafe olarak tabir edilen ortometrik yüksekliğe ihtiyaç duyulduğundan GPS yardımıyla alınan noktalar direkt olarak kullanılması mümkün değildir. Bu sorunun çözümü için söz konusu GPS noktalarının elipsoit yüksekliğine uygulanacak ve bölgeye göre değişen mesafedeki indirmelerle ortometrik yüksekliğe geçmek mümkündür (Çorumluoğlu vd., 2005).



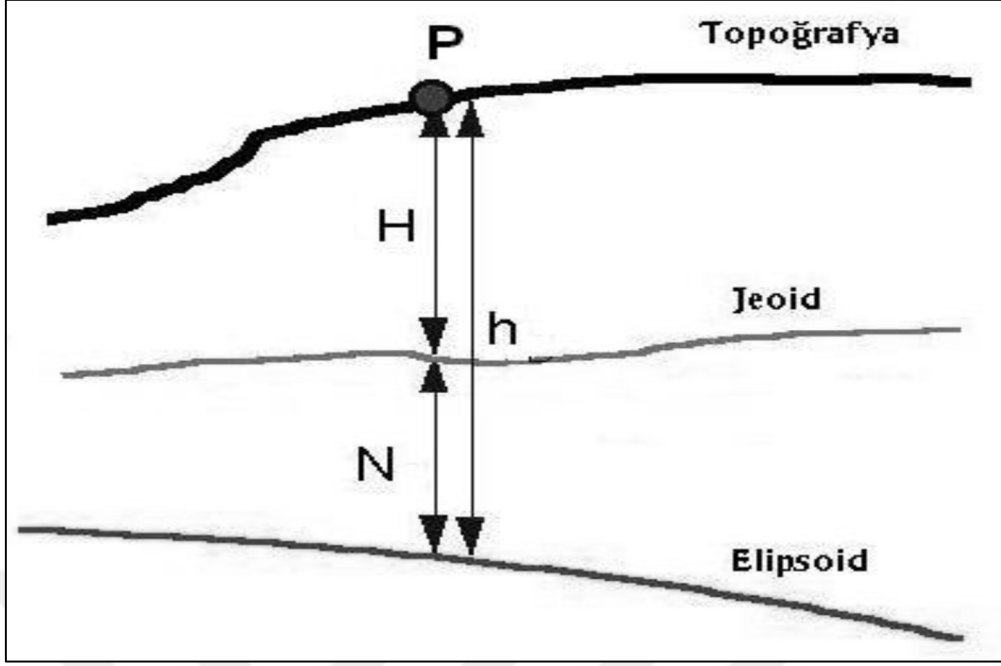
Şekil 6. Fiziksel Yeryüzü Jeoid Elipsoid Gösterimi

### 1.5. Elipsoid Yüksekliği ile Ortometrik Yükseklik Arasındaki İlişki

GPS yardımıyla yapılan ölçmelerde yükseklik bilgisi WGS84 elipsoidine göre elde edilmektedir. Ancak mühendislik işlemlerinde kullanılan yükseklik ortometrik yükseklik olduğundan ortometrik yüksekliğin hesaplanabilmesi için elipsoid ile fiziksel yeryüzü arasında referans oluşturabilecek bir yüzeye ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle geoid in belirlenmesi gerekmektedir. (Akçın, 1998).

Bu bağlamda şekil 7’de de görülen şekliyle elipsoid ve ortometrik yükseklik arasındaki geçişi tanımlayan ve karaların altından devam eden yaklaşık deniz yüzeyi olarak tanımlanan geoid yüksekliğinin tanımlanması gerekmektedir.

Bahsi geçen elipsoid yüksekliği (h), ortometrik yükseklik (H) ve geoid ondülasyonu ya da geoid yüksekliği (N) arasında ise;  $N=h-H$  şeklinde bir ilişki kurulur (Şekil 7) (Çorumluoğlu vd., 2005).



Şekil 7. Geoit Yüksekliğinin Matematik Modeli

### 1.6. Yoğun Görüntü Eşleme Yöntemiyle Nokta Bulutu Üretimi

Nokta bulutu üretiminde yoğun görüntü eşleme yönteminin kullanımı basit olarak artarda çekilmiş dijital hava fotoğraflarındaki ortak piksellerin sayıca fazla olması olarak tanımlanabilir. Aynı alanı gören çok sayıda, yani yüksek bindirmeli fotoğraflar yoğun görüntü eşleme yönteminin temelini oluşturur. Bindirmeli çekilen iki fotoğrafta standart olarak beklenen görüntü eşlenimi 10 ila 20 piksel civarındadır (Balce, 1986) ve bu şartlar altında eşleme aralığı 1 ila 3 piksele denk gelmekte ve ortalama 10 cm örnekleme aralığına sahip bir fotoğrafta 3B olarak elde edilen nokta bulutu yoğunluğu  $m^2$ ' de yüzlerce noktayı bulabilmektedir. Bu sayede doğruluğu yüksek veri elde edilebilir. Örneğin GSD değeri 10cm olan bir fotoğraftan bu değerden daha iyi düşey doğrulukta bilgi elde etmek mümkündür(Wiechert vd., 2012).

Yoğun görüntü eşleme yöntemi her bir pikselin derinliğini hesaplamayı ve bu sayede doğru ve kaliteli bilgi üretmeyi amaçlamıştır. Bu, doğru ve kaliteli bilgi oluşumunu daha kolay hale getirmektedir. Yoğun görüntü eşleme yöntemi bu işlemleri Semi-Global Matching yaklaşımı ile yapmaktadır. Bu sayede pencere bazında değil ortak piksele komşu pikselleri kullanarak eşlemeyi gerçekleştirir (Haala, 2011). Bu işlem sonucunda eşlenen pikseller arasındaki fark global cost fonksiyonu ile belirlenir ve bu fonksiyonun en düşük

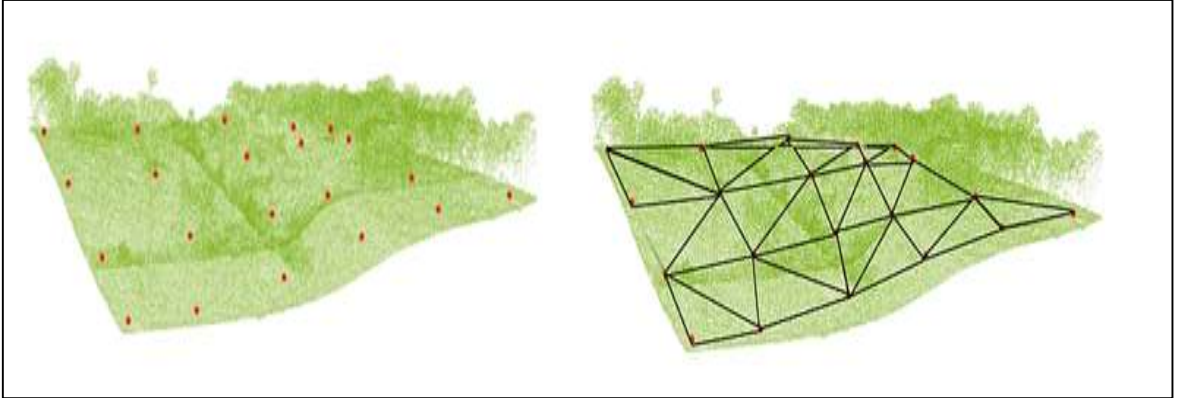
değeri almış olması yapılan işlemini kalitesini gösterir. Bu fonksiyon pikseller arasındaki farkların modellenmesini de amaçlar. Eşitlik(17),

$$E(D) = \sum_p (C(p, D_p) + \sum_{q \in N_p} P_1 T[|D_p - D_q| = 1] + \sum_{q \in N_p} P_2 T[|D_p - D_q| > 1]) \quad (17)$$

şeklinde ifade edilir (Hirschmüller, 2012).

### 1.7. Aşamalı TIN Yoğunlaştırma Filtreleme Yöntemi

Temel olarak Aşamalı TIN Yoğunlaştırma olarak adlandırılan yöntem LAStools programının “*lasground*” fonksiyonu çevresinde gelişir. Bu yöntem filtreleme yöntemi olarak düzensiz üçgen ağı (TIN) kullanılarak rasgele dağıtılmış noktaların üçgenlemesiyle bir yüzey oluşturur(Axelsson, 2000). Sonrasında tüm nokta bulutu verisi için TIN yüzeyine olan mesafeler istatistiksel olarak toplanır. Bu istatistikler doğrultusunda ana noktalar seçilir (URL-3).



Şekil 8. TIN Filtreleme Modeli

Ayrıca filtreleme işlemi için “*lasground*” fonksiyonunda kullanılan standart parametreler mevcuttur ve manuel olarak filtreleme esnasında seçilebilir. Bunlar önceden tanımlanmış ve şu şekilde isimlendirilmiştirler: 1) orman veya tepe, 2) kasaba veya bina, 3) şehir veya depo, 4) metropol. Stratejilerin parametreleri, farklı arazi örtüsü tipleri için en iyi uygulamaya göre ayarlanmıştır. Bunun yanında arazi şeklinin ani değiştiği veya düzenli ve istikrarlı bir şekilde olduğu alanlarda bu parametrelere ek olarak 5 önemli fonksiyon daha mevcuttur. Bunlar “-fine”, “-extra\_fine” veya “-ultra\_fine” şeklindedir. Çok agresif yer



şekillerinin olduğu bölgelerde zemin noktasını daha derinlerde arar veya “-coarse” veya “-extra\_coarse” daha düz araziler için zemin noktası bulmayı kolaylaştırır.

Örneğin çalışma alanı içerisinde insan yapısı bina vb. yoksa, orman ve kırsal arazi yapısında olan bir bölge için optimum parametreler şu şekilde bulunmuştur;

- Step = 0.80
- Stddev = 1
- Offset = 0.02
- Spike = 0.35

Bu parametreler;

Spike: Filtreleme işlemi sırasında arazi üzerinde tanımlanan TIN’e olan mesafesini tanımladığından İşleyiş açısından önemli rol oynar. Değerin azaltılmasıyla arazi şekline ait olmayan küçük nesnelerin filtrelenmesi en ideal şekilde yapılır. Ancak dar ve yüksek yer şekillerinin olduğu ani değişken yer şekilleri yanlış sınıflandırılmaya sebep olabilir.

Standart Deviation (stddev): Arazi ile arasında kısa mesafeye sahip araziye aitmiş gibi algılanabilecek objelerin filtrelenmesi için küçük değerler girilmesi daha iyi olacaktır.

Step: En az arazi üzerindeki en büyük nesnenin boyutu kadar büyük olması gerekmektedir.

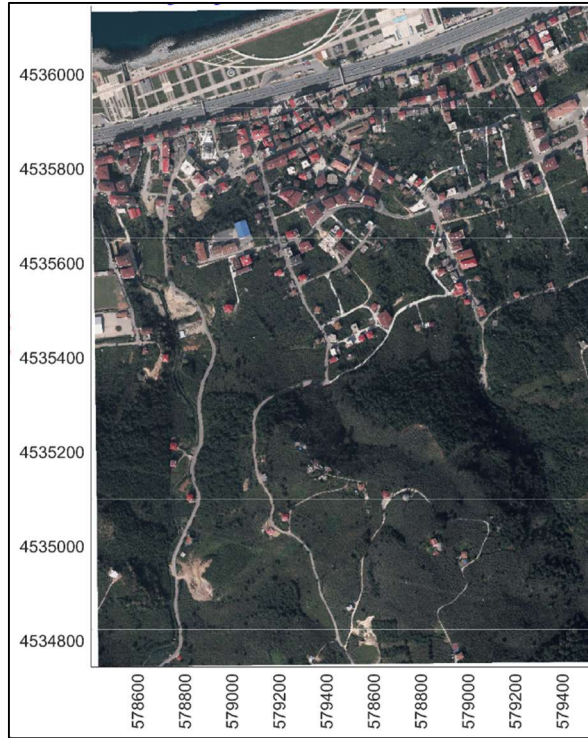
Offset: Tahmin edilen geçerli yüzey üzerindeki yakın noktaların hangi mesafede, hangi seviyeye dahil edileceğini belirler.(URL-4).

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Yapılan çalışma kapsamında hava fotoğraflarından yoğun eşleştirme yöntemiyle üretilen nokta bulutu verisinin, hâlihazır haritalarda yükseklik katmanı olarak kullanılabilmesi amacıyla iyileştirmeler yapılmıştır. Bu iyileştirme işlemi; yersel olarak GPS yardımıyla ölçülen noktalar ve bu noktalardan üretilen 5 m grid boylu yüzeyin nokta bulutuna eklenmesi ile yapılmıştır. Bu kapsamda çeşitli analizler yapılarak yöntemin uygulanabilirliği denetlenmiştir.

### 2.1. Çalışma Alanının Belirlenmesi

Çalışma alanı belirlenirken kırsal ve kentsel olarak sınıflandırılabilir alanlar seçilmiştir. Bu bağlamda farklı nitelikte çalışma alanları olması yapılan uygulamanın farklı nitelikteki yerlerde verdiği sonuçlar yönünden de inceleyebilmesi için faydalı olmuştur. Bunun için Trabzon İli, Arsin İlçesi, Yalı Mahallesi sınırları içerisinde bulunan yaklaşık 96 hektar alan çalışmalara altlık olarak belirlenmiştir. Bu alanın yarısı kentsel nitelik taşırken diğer yarısı kırsal nitelik taşımaktadır (Şekil 9).



Şekil 9. Çalışma Alanına Ait Ortofoto

## 2.2. Microsoft Vexcel UltraCam-X Hava Kamerası Özellikleri

UltraCamX geniş formatlı sayısal fotogrametrik hava kamerasıdır. Üreticisi fotogrametri cihazları üretimiyle tanınan Vexcel'dir. Firma 2003 yılında UltraCam-D sayısal geniş formatlı kamerası üretmiş ve 3 yıl sonra bu kamera geliştirilmiş ve yeni versiyon olarak UltraCam-X geniş formatlı hava kamerası haritacılık sektöründe kullanıma sürülmüştür.

Bir önceki neslin gelişmişisi olarak piyasaya sürülen hava kamerası olan UltraCam-X (Şekil 10) geniş formatlı hava kamerası harita piyasasında kullanılan en geniş formatlı kamera olup Ülkemizdeki kurumların satın aldığı ilk fotogrametrik kamera olma özelliğini taşımaktadır (Durğut, 2010).



Şekil 10. UltraCam-X Hava Kamerası ve Ekipmanı

UltraCam-X hava kamerası içerisinde 13 adet FFT5033 CCD sensör barındırmaktadır. Bu sensörlerin her biri 16 mega piksel ve 16 bit radyometrik bant genişliğine sahiptir. Bu sensörlerden 9 adedi pankromatik ve diğer 4 adedi Kırmızı, Mavi, Yeşil ve Yakın Kızılötesi (Near Infrared) olacak şekilde veri toplamaktadır (Şekil 11.) (Leberl vd., 2012).



Şekil 11. UltraCam-X Hava Kamerası Lens Gösterimi

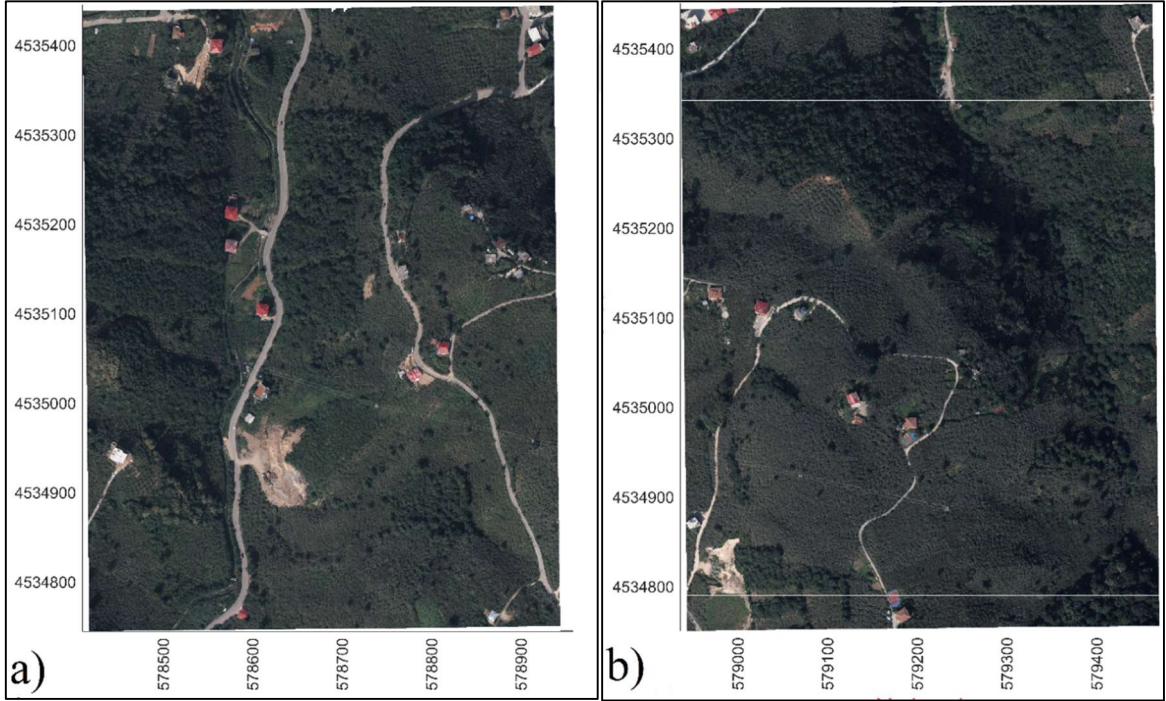
Tablo 1. UltraCam-X Hava Kamerası Teknik Özellikleri

Görüntü boyutu	(103.9×67.8 mm) 14430×9420 piksel
Piksel büyüklüğü (Pankromatik/RGB)	7.2/21.6 µm
Görüntüleyebildiği bantlar	RGB, NIR ve Pankromatik(B/W)
Bir ham görüntünün hacmi(4bantta)	417 Mb
Odak uzaklığı	100mm
Minimum görüntü alma aralığı	1.35 sn
Radyometrik ayırma gücü	16 bit
DX depolama biriminin hacmi	~2 TB
DX' in alabileceği görüntü sayısı	~4700 görüntü

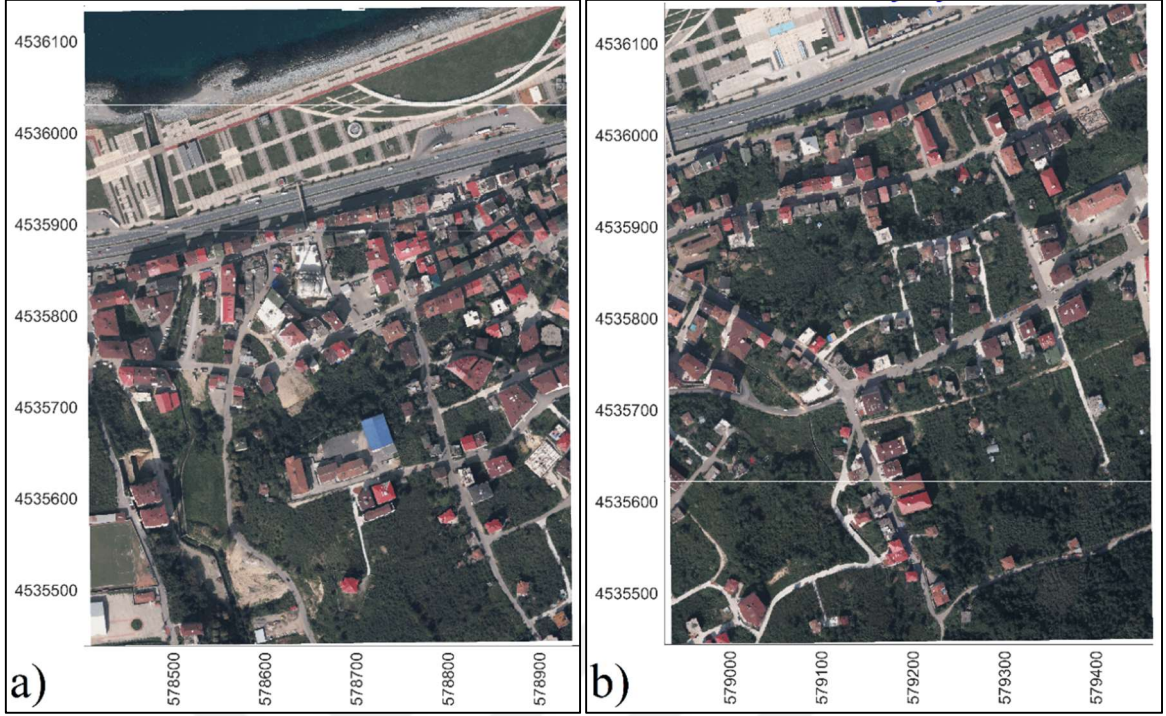
### 2.3. Kırsal ve Kentsel Çalışma Alanı Görüntüleri

Tez kapsamında birinci çalışma alanı olarak yüksek çözünürlüklü, çok bant (multi-spektral) yetenekli 4 bant (PAN-RGB-NIR) görüntüler olan, Çevre Şehircilik Bakanlığı'nın Trabzon İl Sınırları İçinde Fotogrametrik Yöntemle 1/1000 Ölçekli Hâlihazır Harita ile 1/1000 Ölçekli Ortofoto Harita Üretim İşİ proje alanı Vexcel/UltraCam-X kamerası (c=100 mm) ile çekilen fotoğraflar kullanılmıştır. Bu görüntüler ortalama olarak 1500 m yükseklikten çekilmiş, yer örnekleme aralığı ise 20 cm'dir. İlgili görüntüler üzerinde görüntü eşleştirme yöntemi ile nokta bulutu üretilmiştir. Toplamda 10 adet görüntüden 13.453.767 adet nokta içeren nokta bulutu elde edilmiştir. Şekil.12'de kırsal ve Şekil.13'de kentsel çalışma alanları görülmektedir.

Bu çalışmada kullanılan nokta bulutu verisinin üretildiği görüntüler; Körfez Haritacılık Planlama Ltd. Şti.'ne ait **CESSNA T206h** model uçak ve Vexcel/UltraCam-X hava kameraları ile 2015 yılında çekilmiştir.



Şekil 12. Çalışma alanları; a) Kırsal-1, b) Kırsal-2



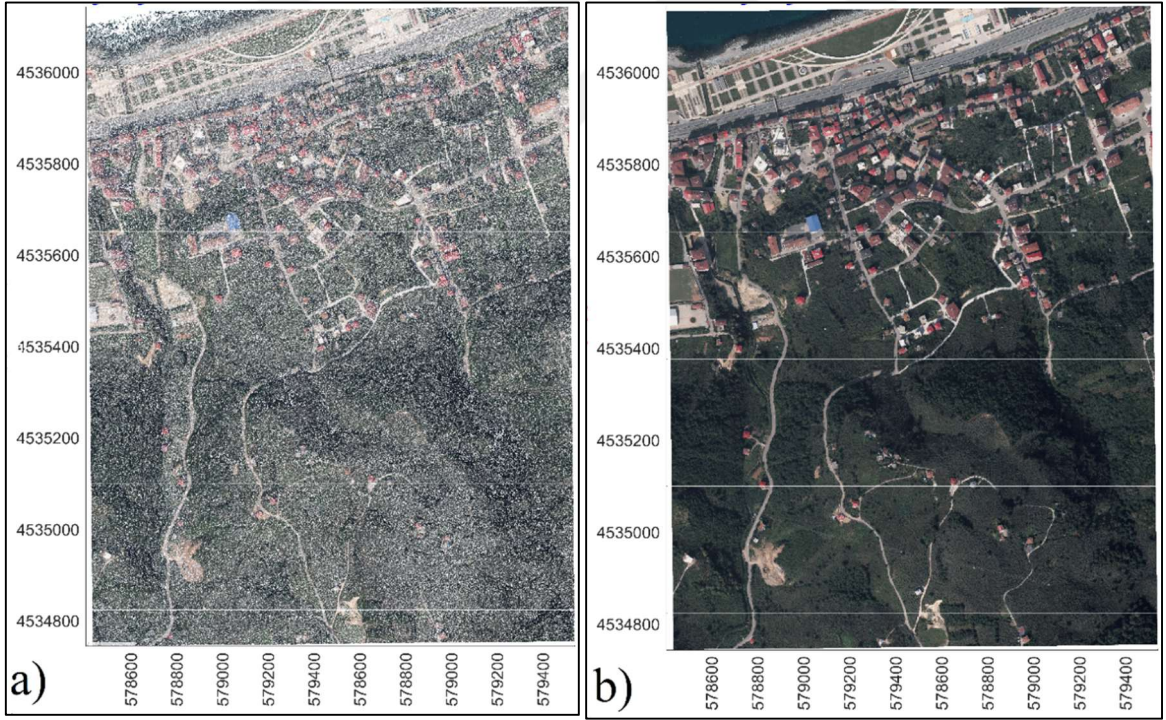
Şekil 13. Çalışma alanları: a) Kentsel-2, b) Kentsel-1

#### 2.4. Çalışma Alan Görüntülerinden Nokta Bulutu Üretimi

Nokta bulutu üretim çalışmaları Agisoft PhotoScan Professional programı yardımıyla yürütülmüştür. Çalışmaya konu 4 adet paftaya ait bindirmeli görüntüler, programa yüklenerek eşleştirme ile nokta bulutu üretimine başlanmıştır. Ardından uçuş bilgileri, görüntü koordinatları ve açısız dönüklük bilgileri programa tanıtılmıştır. Bir sonraki adımda kameranın yöneltme elemanları, kalibrasyon raporu ve distorsiyon hataları programa tanıtılmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda program her bir görüntü koordinatını dönüklük bilgileri yardımıyla üç boyutlu uzay koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Daha önce programa tanıtılan parametreler yardımıyla görüntülerin karşılıklı yöneltmeleri yapılmıştır. Bu işlem Agisoft PhotoScan Professional tarafından görüntülerdeki ortak pikselleri tespit ederek yoğun görüntü eşleme yöntemini kullanarak yapılmıştır. Bu yöntemle görüntülerdeki bindirmelerde yer alan ortak pikseller kullanılarak eşleme işlemini gerçekleştirilmiştir (Şekil 15). Bu işlemler neticesinde 3 boyutlu nokta bulutu yoğun görüntü eşleme yöntemiyle elde edilmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. Çalışma alanına ait nokta bulutu verisi 3B gösterimi



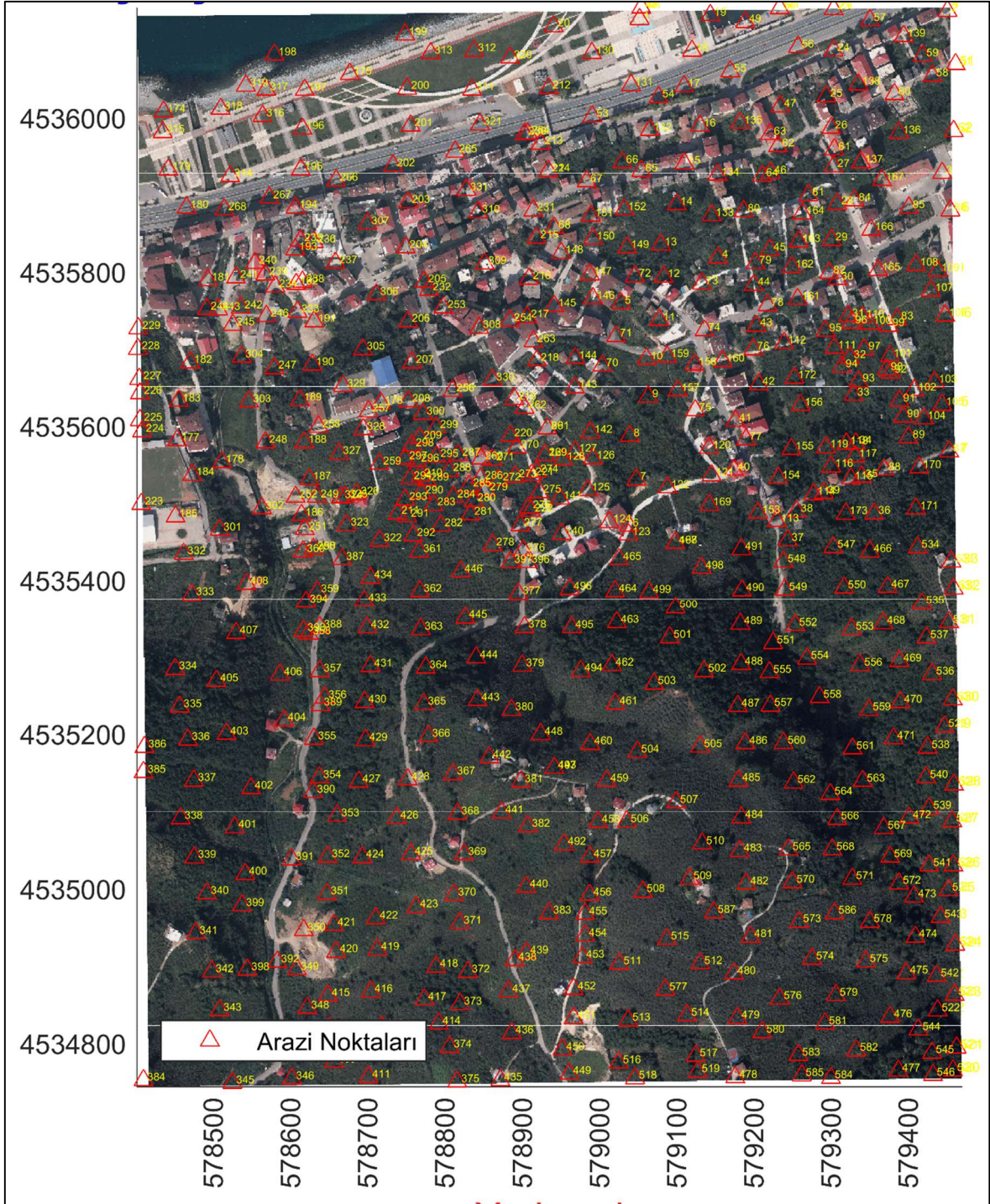
Şekil 15. Çalışma alanına ait; a)Nokta bulutu, b) Ortofoto verileri

## 2.5. GPS/CORS Yardımıyla Yer Noktası Ölçümlerinin Yapılması

Çalışma alanına ait nokta bulutunun üretilmesinden hemen sonra çalışma alanıyla ilgili yer noktalarının ölçülmesi için GPS yardımıyla çalışma alanının sınırları içerisinde kalan Kentsel ve Kırsal alanlarda mümkün oldukça eşit dağılımlı olacak şekilde nokta alımı yapılmıştır. Bu süreçte yol, bahçe, park, orman ve fındık bahçesi gibi çeşitli alanlarda anlık nokta ölçüleri yapılarak arazi noktaları toplanmıştır. İşlem sırasında özellikle yüksek bitki örtüsünün bulunduğu ağaçlık alanlarda daha sık nokta alınmıştır. Ölçülen noktaların yetecek sıklıkta ve kalitede olmalarına özen gösterilmiştir. Vakit kaybına uğramamak adına nokta ölçümleri esnasında gerektiği kadar nokta alınmasına dikkat edilmiştir. Fotogrametrinin hızlı ve yoğun veri içerikli olmasını yersel ölçünün kesinliğiyle birleştirmeyi amaçlayan uygulama için ölçülen noktaların konumları özenle seçilmiş ve iş gücü ve zaman kaybının minimum olması amaçlanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda çalışma alanına isabet eden 585 nokta ölçülerek kayıt altına alınmıştır (Şekil 16).

Ancak ölçüler GPS sisteminde yapıldığından kaydedilen arazi noktalarının  $Z$  (yükseklik) değerleri elipsoit yüksekliği şeklinde kaydedilmiştir. Nokta bulutunun ve vektör haritada kullanılan  $Z$  değerleri jeoid yüksekliği olduğu için değerlendirme aşamasında ölçülen noktaların nokta bulutuna referans olabilmesi adına noktaların jeoid yüksekliğine indirgenmesi gerekliliği doğmuştur.





Şekil 16. Ölçülen yer noktalarının arazi üzerinde dağılımı.

## 2.6. Ölçülen Noktaların Z Değerlerinin Ortometrik Yüksekliğe İndirgenmesi

Ölçülen 585 noktanın Z değeri WGS84 elipsoidine dayalı elipsoit yüksekliği şeklinde kayıt altına alınmıştır. Ancak nokta bulutu ve sonuç verisi olarak amaçlanan vektör haritanın ortometrik yüksekliğe göre Z değeri kullanması sebebiyle ölçülen yer noktalarının Z

değerlerinin indirgenmesine ihtiyaç duyulmuştur. İndirgeme işlemi için gerekli olan geoit ondülasyonu (N) gösterilmiştir(Şekil 7). Geoit ondülasyonu basit şekilde elipsoit yüksekliği ile ortometrik yükseklik arasındaki farktır ve doğrusal olan veya düzgün değişen bir fark değildir. Bu sebeple Çalışma alanını çevreleyen ve ortometrik yükseklikleri, daha önce yapılan yersel haritalama çalışmalarıyla ölçülmüş nirengiler yardımıyla N geoit ondülasyonu hesaplanarak ölçülmüş olan yer kontrol noktalarının Z değerlerinden düşülmüş, veriler ortak sistemde toplanmış ve işlenebilir hale getirilmiştir. Bu bağlamda çalışma alanında daha önce yapılan hâlihazır harita poligonları ve RS (Şekil 25) noktaları yardımıyla geoit ondülasyonu,  $N=25.30m$  olarak tespit edilmiştir. Bulunan N değeri bütün noktaların Z (yükseklik) değerinden çıkarılarak ortometrik yükseklikleri bulunmuştur.



Şekil 17. Arazide cami duvarına tesis edilmiş RS noktası

## 2.7. Zemin Üstü Noktalarının Nokta Bulutundan Çıkarılması

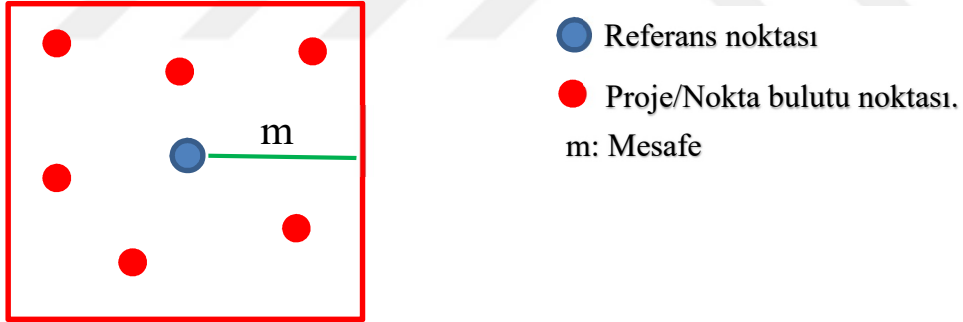
Bu işlem sırasında LİDAR filtreleme yöntemi kullanılmıştır. Yöntem kullanılırken optimum verim veren değerler **offset 0.02 -step 0.8 -spike 0.35 -stddev 1** LAStools programında *“lasground”* fonksiyonu yardımıyla yapılmıştır (URL-4, 2019). Kullanılan parametrelerden sadece standart deviation değeri; nokta bulutu içerisinde bina vb. yapılar olduğu ve bitki örtüsü dışında bulunan insan yapısı en yüksek cismin yüksekliği kadar olması gerektiği için 10 olarak girilmiştir. Bu yöntem ile Kırsal-1 ve Kırsal-2 verileri için filtreleme işlemi yapılmıştır.

Ayrıca kentsel veri seti olarak belirlediğimiz çalışma alanları olan Kentsel-1 ve Kentsel-2 verileri için’ de LAStools programı *“lasground”* fonksiyonu kullanılmıştır.

Parametre olarak veri seti yapısına en uygun olan “town” or “flat” parametresi ve “ultra” seçeneği seçilerek, Kentsel-1 ve Kentsel-2 verileri için filtreleme işlemleri yapılmıştır.

## 2.8. Veri seti Kontrol ve Testleri

Bu veri setinin içeriği yoğun görüntü eşleme yöntemiyle üretilen nokta bulutu verisi ve GPS yardımıyla ölçülen yer noktalarından oluşmaktadır. Yapılan testler ile proje verisi olan yoğun nokta bulutu, referans verisi olan yer noktaları ile test edilmiştir (Şekil 18). Uygulana test ile referans nokta çevresinde belirli bir alanda kıyaslamayı ve noktaların referans noktaya olan uzaklıklarının bulmayı amaçlamıştır. Referans nokta çevresinde test için belirlenecek alan kare şeklinde düzgün bir alan olarak belirlenmiştir. Söz konusu alanın büyüklüğü test yapılırken belirlenmiş olup karenin bir kenarının yarısı olan  $m$  değeri ile algoritmaya tanıtılmıştır ( $m=0.5$  m için  $1 \times 1$  boyutunda kare alanı). Bu amaç doğrultusunda farklı sayı ve analiz penceresi büyüklüklerini içeren değişik kombinasyonlar denenmiştir. Yapılan analizler nokta bulutu verisinin vektör harita olarak kullanılabilirliğini, kullanılabilir ise hangi veri boyutunun hangi ölçek için kullanılabilir olduğunun tespitini amaçlamıştır.

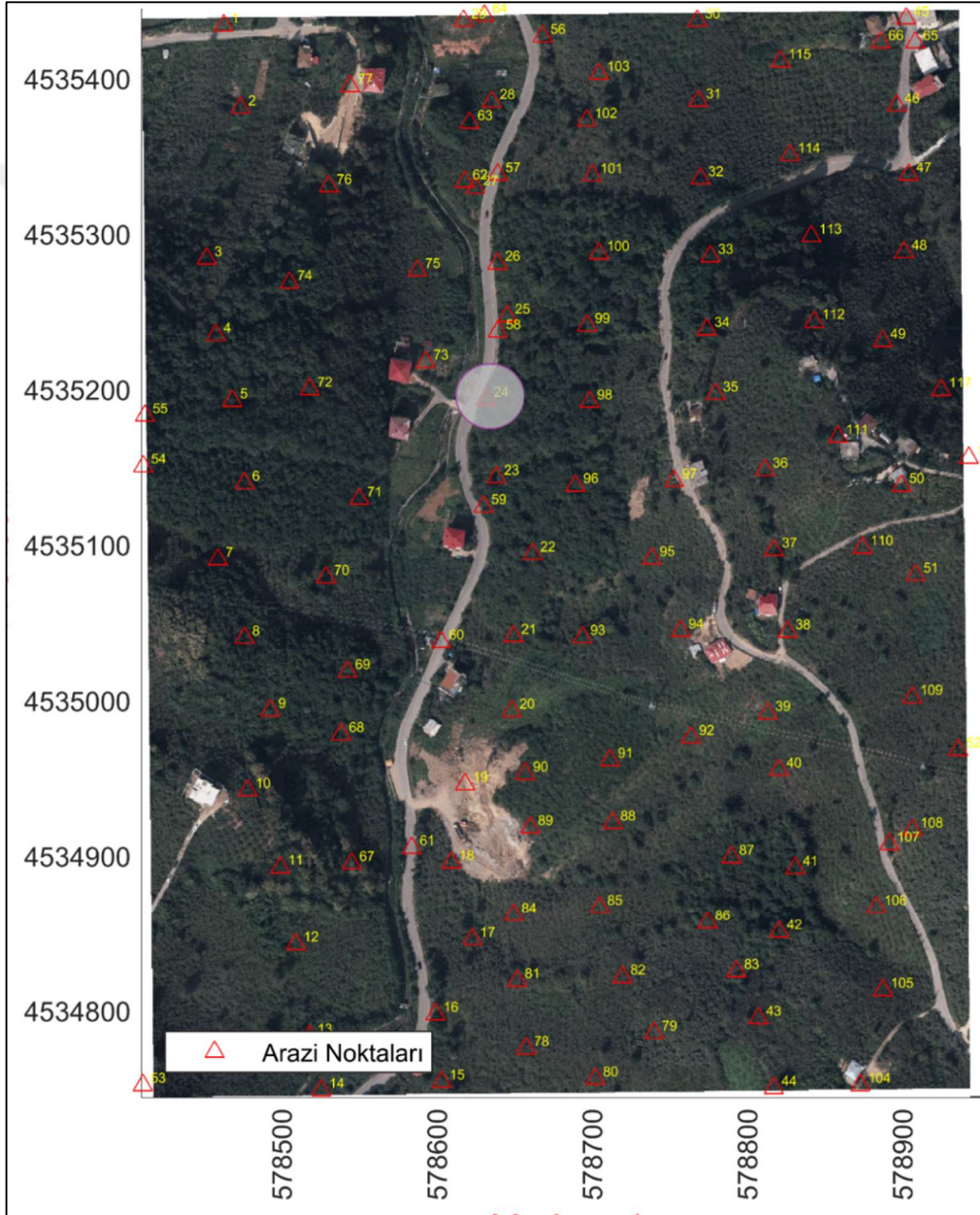


Şekil 18. Referans noktası ve nokta bulutu noktaları arasındaki ilişki.

Çalışma alanının kapsadığı 2 adet kırsal ve kentsel veri seti için ayrı ayrı ve farklı kombinasyonlarda testler yapılmış ve bulgular kısmındaki test tabloları hazırlanmıştır. Noktalar, her çalışma alanı için belirlenen sayıda rastgele seçilmiş ve testler kendi içlerinde yapılmıştır. Bu işlem sonucunda yapılan çalışma açısından nihai kararın verilmesine yardımcı olan sonuç verisi referans noktanın çevresinde belirlenen pencere içerisindeki noktalara olan yükseklik farkları ortalamasına göre şekillenmiştir.

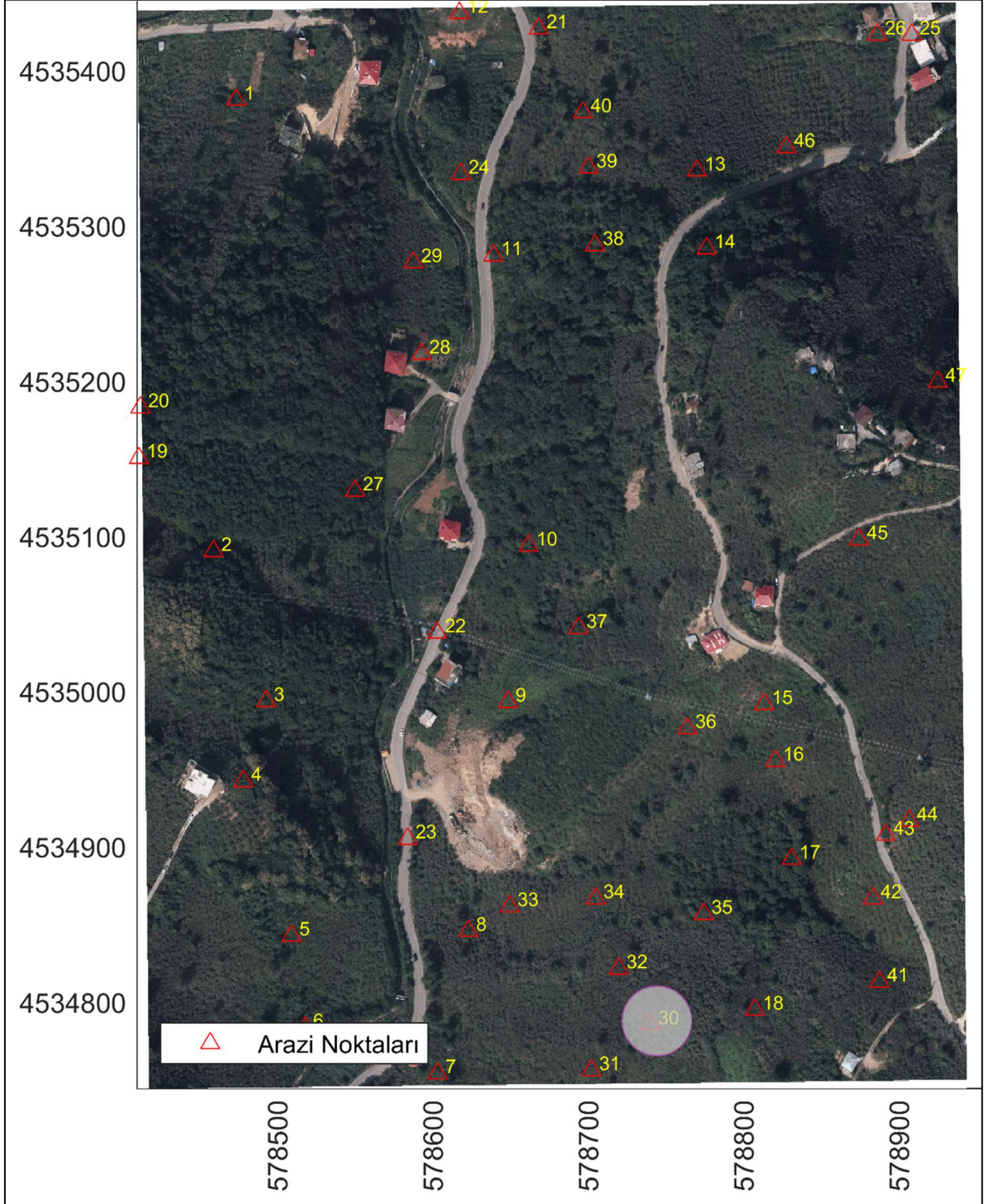
### 2.8.1. Kırsal-1 Verisi Testleri

Filtrelenen nokta bulutu verisi test edilirken ilgili alana isabet eden toplam 117 nokta kullanılmıştır (Şekil 19). İlk olarak nokta ilavesi olmadan filtrelenen veri 117 adet yer denetleme noktasının tamamı ile test edilmiştir. Elde edilen farklar hata grafiği şeklinde gösterilmiştir (Şekil 32).



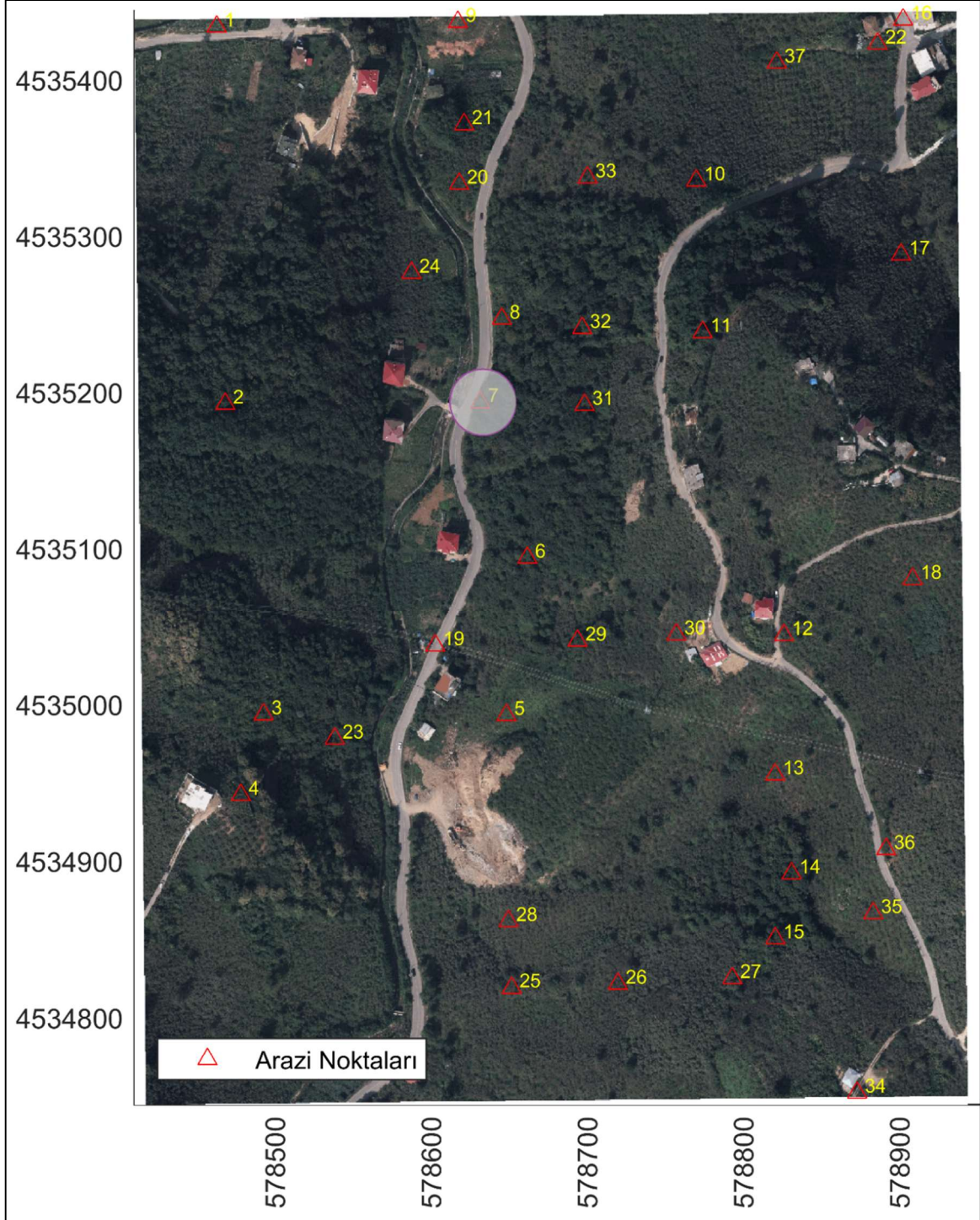
Şekil 19. Kırsal-1 117 adet denetleme noktası dağılımı.

Sonraki test işlemi sırasında bu 117 nokta arasından rasgele seçilmiş 70 yer kontrol noktası nokta bulutuna eklenmiş ve bu haliyle filtrelenen veri 47 yer denetleme noktası ile test edilmiş (Şekil. 20) elde edilen hatalar hata grafiği şeklinde gösterilmiştir (Şekil 33).



Şekil 20. 47 adet denetleme noktasının dağılımı.

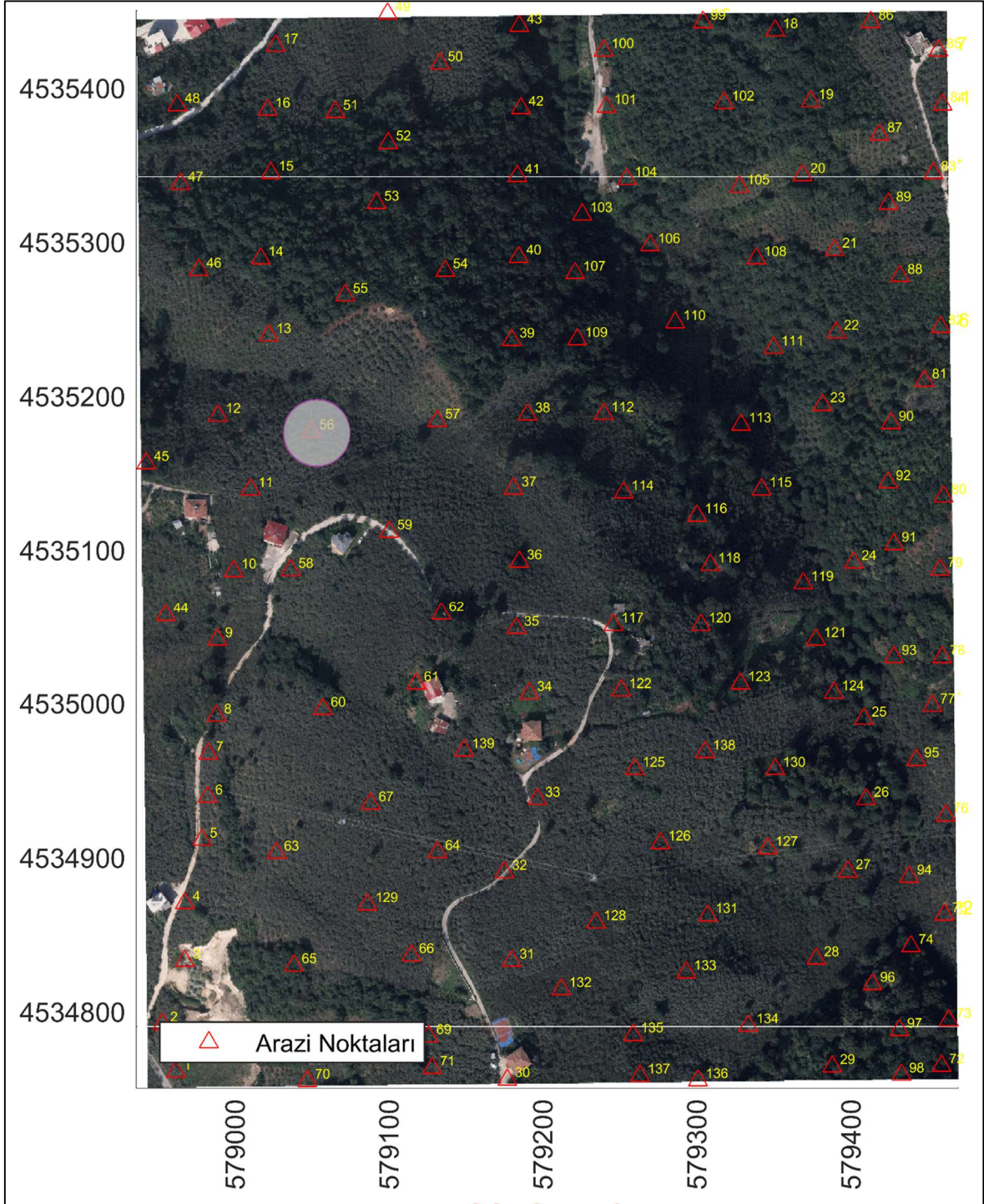
Bir sonraki test grubunda rasgele seçilmiş 70 yer kontrol noktası eklendikten sonra filtrelenen veri 37 yer noktasıyla test edilmiş (Şekil. 21) elde edilen hatalar hata grafiği şeklinde gösterilmiştir (Şekil 34). Kırsal-1 verisine uygulanan testler sırasında  $m=0.5$  m olarak kullanılmış ve yapılan testler sonucunda Tablo. 2’de gösterilen değerler elde edilmiştir.



Şekil 21. 37 adet denetleme noktasının dağılımı.

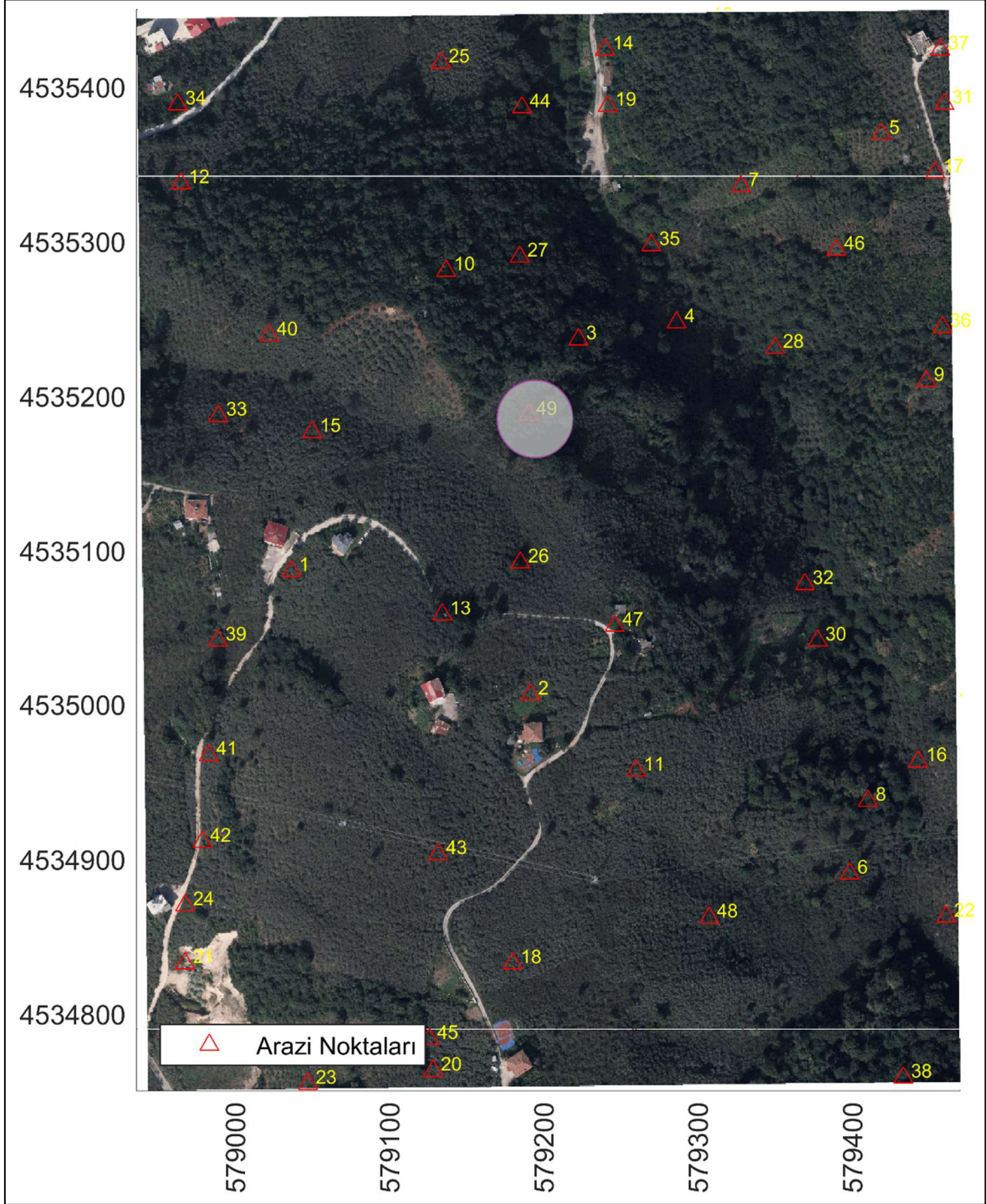
### 2.8.2 Kırsal-2 Verisi Testleri

Filtrelenen nokta bulutu verisi test edilirken ilgili alana isabet eden toplam 139 nokta kullanılmıştır (Şekil 22). İlk olarak nokta ilavesi olmadan filtrelenen veri 139 adet denetleme noktasının tamamı ile test edilmiştir. Elde edilen farklar hata grafiği şeklinde gösterilmiştir(Şekil 35).



Şekil 22. Kırsal-2 139 adet denetleme noktası dağılımı.

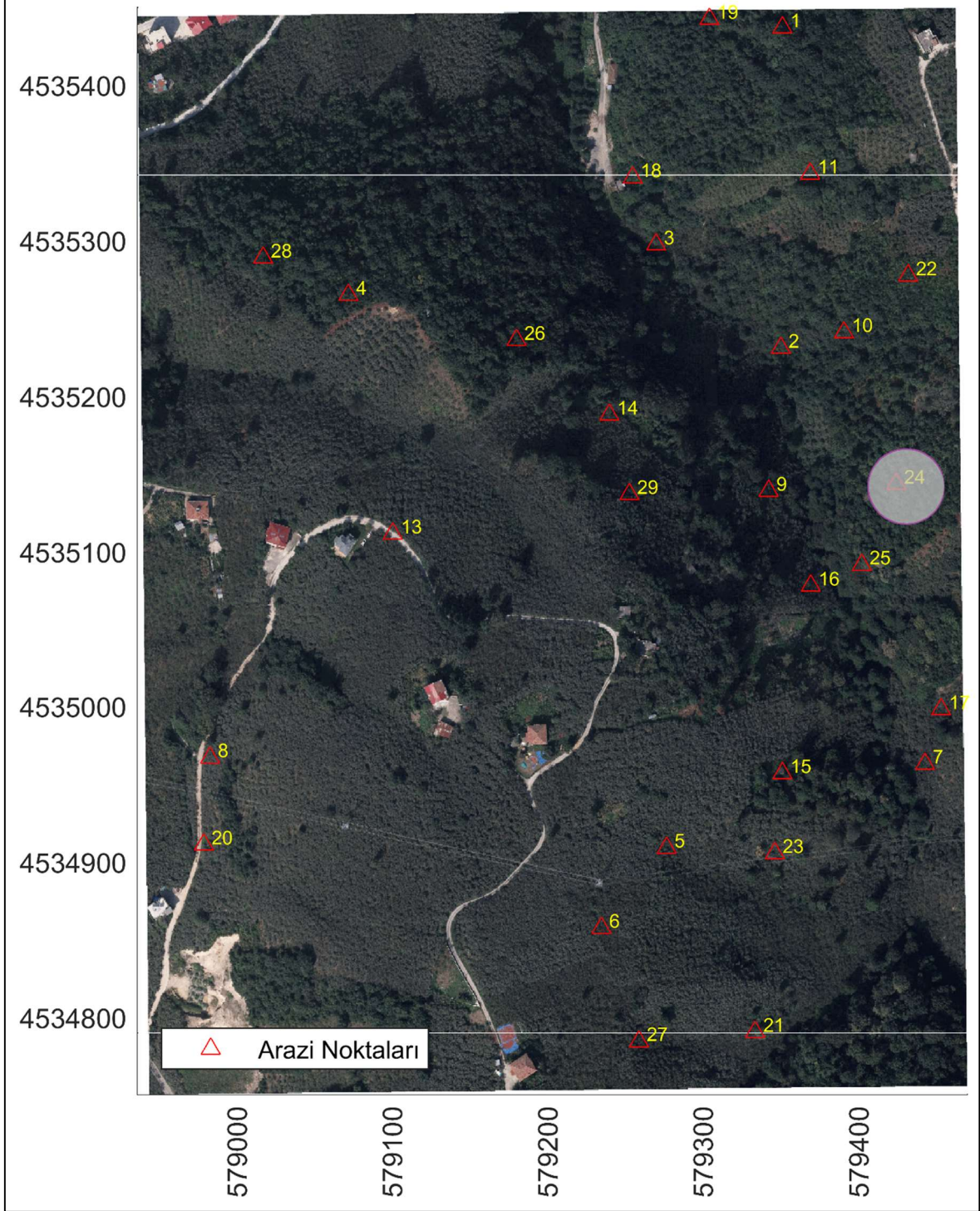
Sonraki test işlemi sırasında bu 139 nokta arasından rasgele seçilmiş 90 yer kontrol noktası nokta bulutuna eklenmiş ve bu haliyle filtrelenen veri 49 denetleme noktasıyla test edilmiş (Şekil. 23) elde edilen hatalar hata grafiği şeklinde gösterilmiştir (Şekil 36).



Şekil 23. Kırsal-2 49 adet denetleme noktası dağılımı.



Bir sonraki test grubunda rasgele seçilmiş 100 yer kontrol noktası eklendikten sonra filtrelenen veri 39 denetleme noktasıyla test edilmiş (Şekil. 24) elde edilen hatalar hata grafiği şeklinde gösterilmiştir (Şekil 37). Kırsal-2 verisine uygulanan testler sırasında  $m=0.5$  m olarak kullanılmış ve yapılan testler sonucunda Tablo. 3’de gösterilen değerler elde edilmiştir.



Şekil 24. Kırsal-2 39 adet denetleme noktası dağılımı.

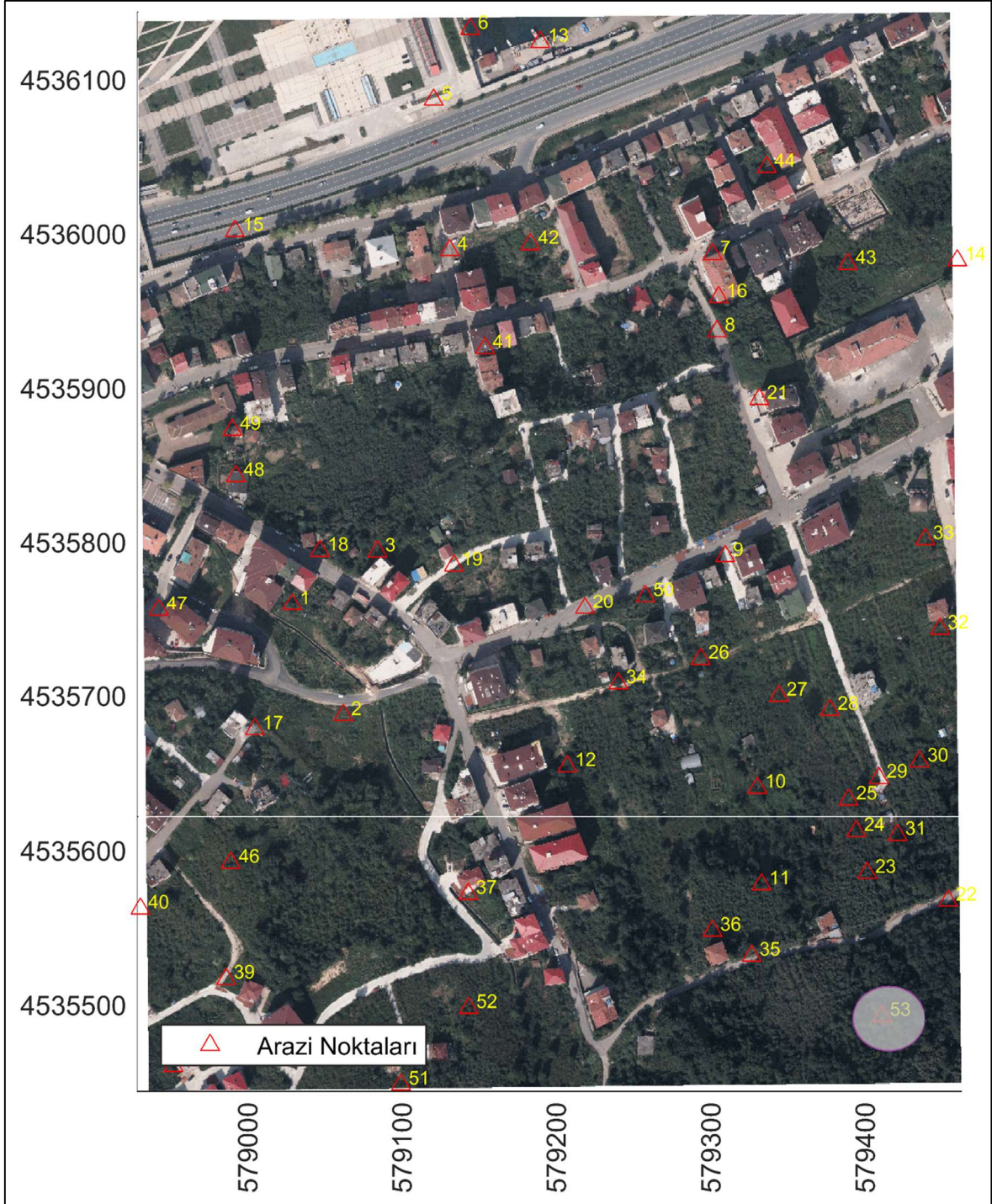
### 2.8.3. Kentsel-1 Verisi Testleri

Filtrelenen nokta bulutu verisi test edilirken ilgili alana isabet eden toplam 173 nokta kullanılmıştır (Şekil 25). İlk olarak nokta ilavesi olmadan filtrelenen veri 173 adet yer noktasının tamamı ile test edilmiştir. Elde edilen farklar hata grafiği şeklinde gösterilmiştir (Şekil 38).



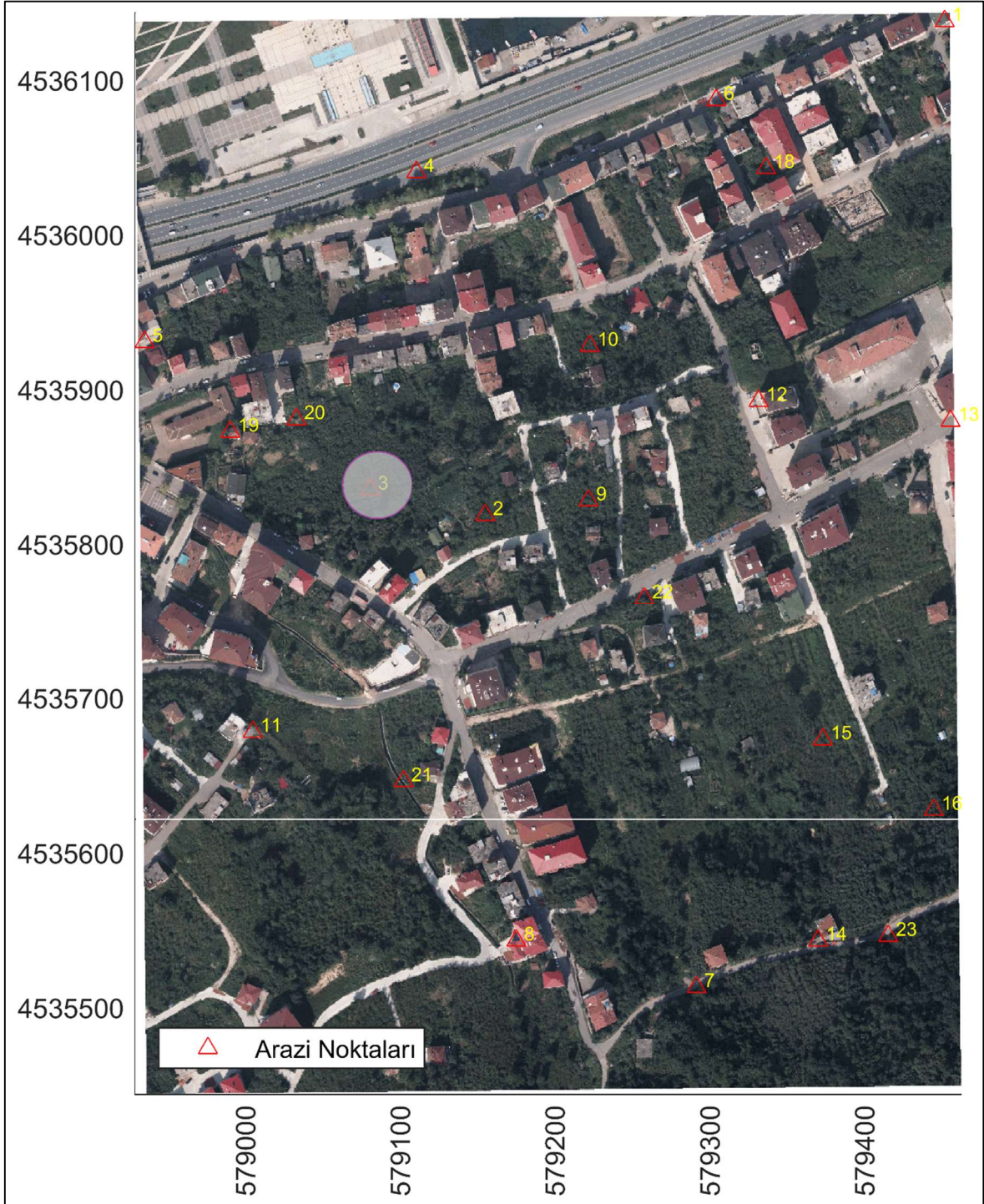
Şekil 25. Kentsel-1 173 adet denetleme noktası dağılımı.

Sonraki test işlemi sırasında bu 173 nokta arasından rasgele seçilmiş 120 yer kontrol noktası nokta bulutuna eklenmiş ve bu haliyle filtrelenen veri 53 yer noktasıyla test edilmiş (Şekil. 26) elde edilen hatalar hata grafiği şeklinde gösterilmiştir (Şekil 39).



Şekil 26. Kentsel-1 53 adet denetleme noktası dağılımı.

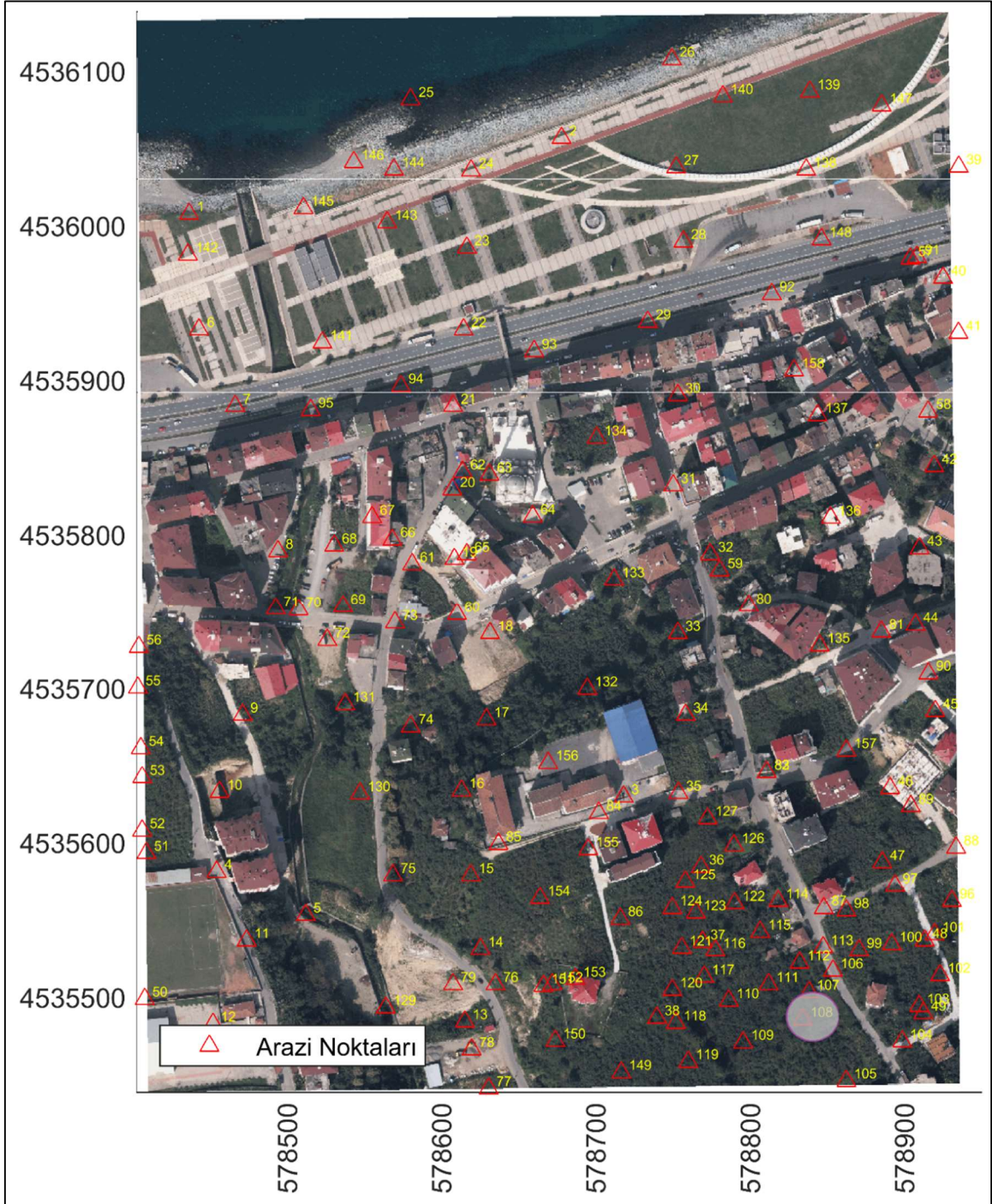
Bir sonraki test grubunda rasgele seçilmiş 150 yer kontrol noktası eklendikten sonra filtrelenen veri 23 yer noktasıyla test edilmiş (Şekil. 27) elde edilen hatalar hata grafiği şeklinde gösterilmiştir (Şekil 40). Kentsel-1 verisine uygulanan testler sırasında  $m=0.5$  m olarak kullanılmış ve yapılan testler sonucunda Tablo. 4'de gösterilen değerler elde edilmiştir.



Şekil 27. Kentsel-1 23 adet denetleme noktası dağılımı.

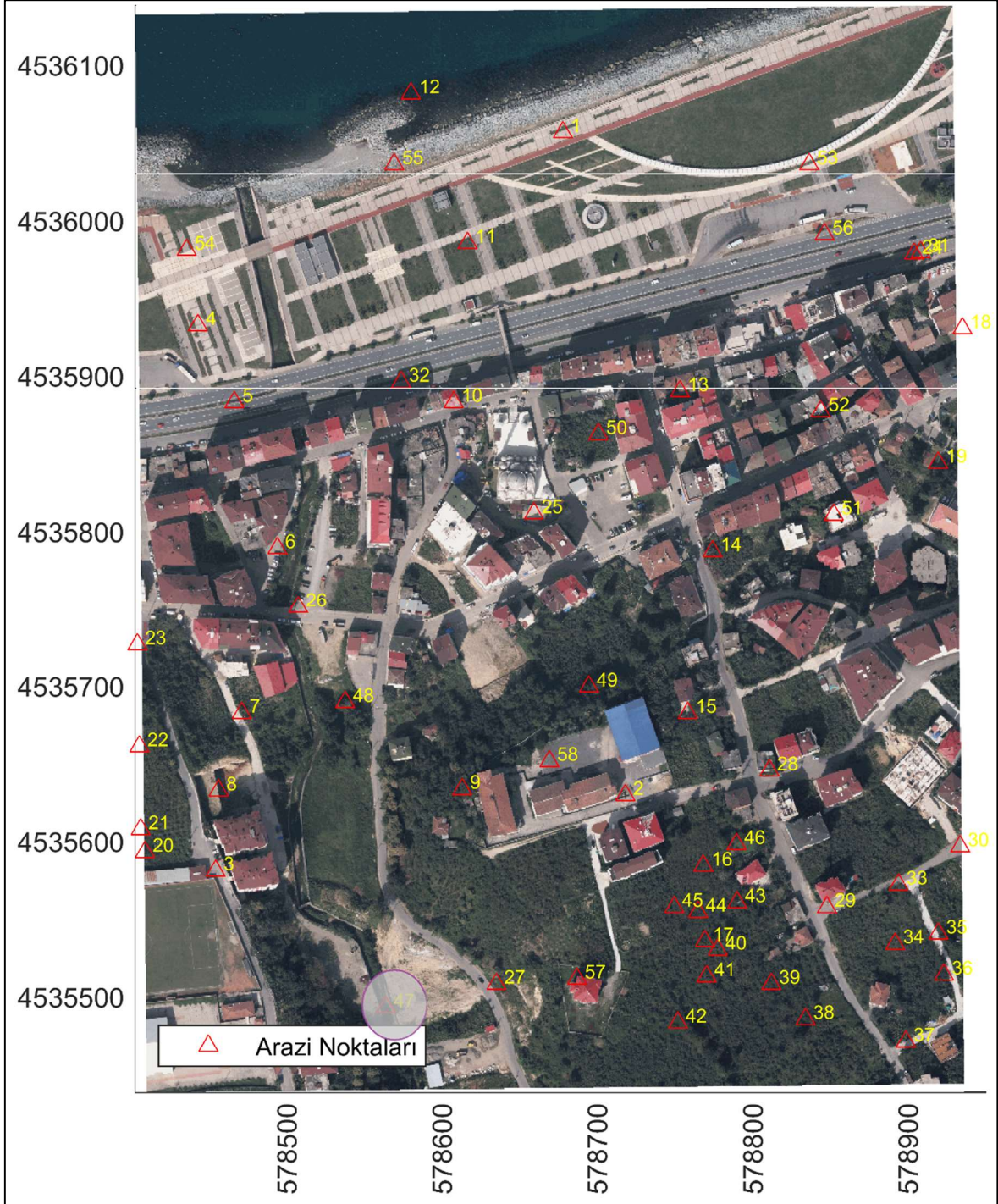
### 2.8.4. Kentsel-2 Verisi Testleri

Filtrelenen nokta bulutu verisi test edilirken ilgili alana isabet eden toplam 158 nokta kullanılmıştır (Şekil 28). İlk olarak nokta ilavesi olmadan filtrelenen veri 158 adet yer noktasının tamamı ile test edilmiştir. Elde edilen hatalar hata grafiği şeklinde gösterilmiştir (Şekil 41).



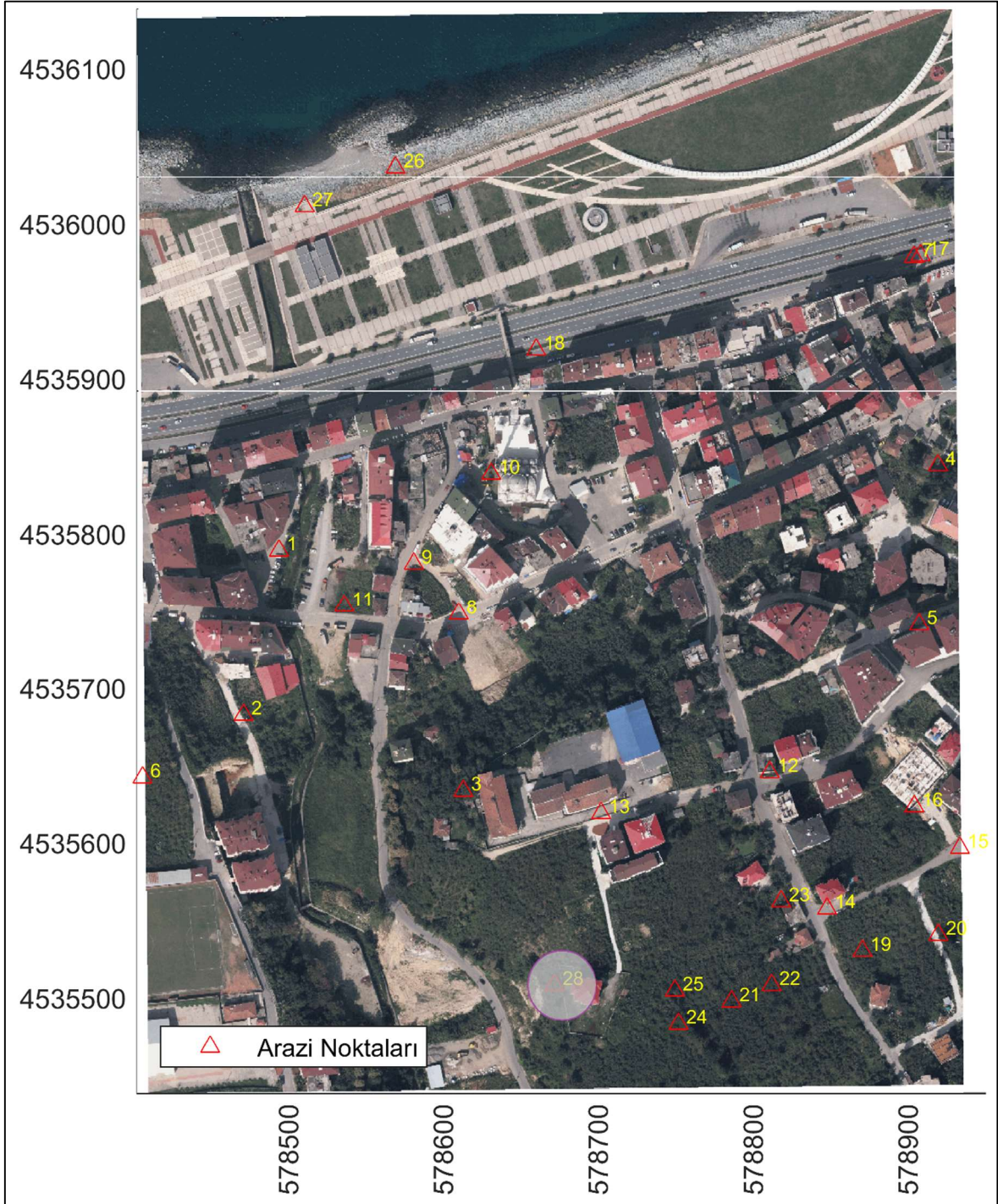
Şekil 28. Kentsel-2 158 adet denetleme noktası dağılımı.

Sonraki test işlemi sırasında bu 158 nokta arasından rasgele seçilmiş 100 yer kontrol noktası nokta bulutuna eklenmiş ve bu haliyle filtrelenen veri 58 yer noktasıyla test edilmiş (Şekil. 29) elde edilen hatalar hata grafiği şeklinde gösterilmiştir (Şekil 42).



Şekil 29. Kentsel-2 58 adet denetleme noktası dağılımı.

Bir sonraki test grubunda rasgele seçilmiş 130 yer kontrol noktası eklendikten sonra filtrelenen veri 28 yer noktasıyla test edilmiş (Şekil. 30) elde edilen hatalar hata grafiği şeklinde gösterilmiştir (Şekil 43). Kentsel-1 verisine uygulanan testler sırasında  $m=0.5$  m olarak kullanılmış ve yapılan analizler sonucunda Tablo. 5'de gösterilen değerler elde edilmiştir.

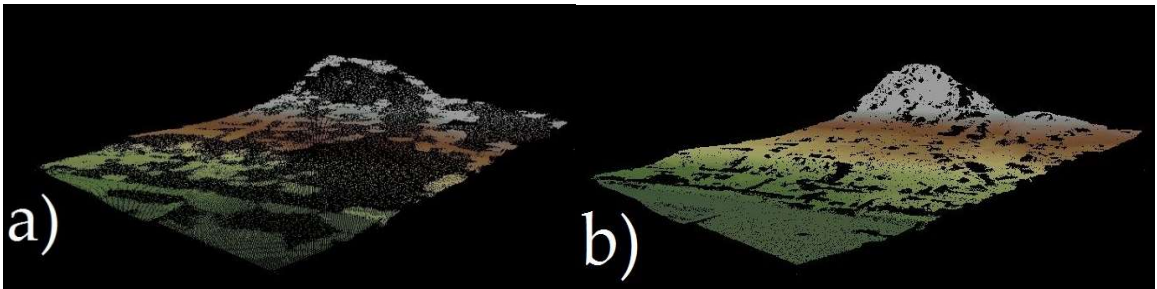


Şekil 30. Kentsel-2 28 adet denetleme noktası dağılımı.

## 2.9. Ölçülen Yer Noktalarından Arazi Modeli Üretilmesi ve Çalışma Alanı Testleri

Çalışma kapsamında doğrudan ölçülen yer noktaları kullanılarak yapılan testlerden daha iyi sonuçlar almak maksadıyla yine aynı noktalar kullanılarak oluşturulan 5 metrelik gridler kullanılmıştır. Bu işlem sonucunda elde edilen test sonuçları grafikler halinde gösterilmiştir (Şekil 44,46 ve 48). Bunun yanında sonuçları daha da iyileştirmek adına elde edilen hata miktarlarının en büyükten başlayarak %10'luk kısmı kaba hata olarak kabul edilmiş ve hesaplamalara dahil edilmemiştir (Şekil 45,47 ve 49).

Bu aşamada ölçülen yer noktalar yüzey temsil edebilmeleri açısından 5 metrelik gridler oluştururken kullanılmıştır. Yapılan grid işlemi ile birlikte referans noktalardan yaklaşık bir yüzey elde edilmiş ve referans olarak kullanılacak veri yoğun olarak elde edilmiştir. Bu durum referans yüzeyin filtreleme işlemi sırasında algoritma tarafından dikkate alınması yönünden etkili olmuştur. Her iki uygulama sırasında aynı veri setine uygulanan filtreleme sonucuna bakıldığında referans yüzey eklenerek yapılan filtreleme yönteminin diğer yöntemle göre çok daha başarılı olduğu anlaşılmıştır (Şekil 31). Bu haliyle çok hassas bir yüzey temsil etmeyen ve tek başına vektör haritada yükseklik katmanı olarak kullanılamaz durumda olan veri nokta bulutuna ilave edilmiş ve sonrasında yapılan filtreleme işleminde nokta bulutundan çıkarılan yer noktalarının doğruluğunu artırmıştır. İki veri birleştirilerek hem ayrı ayrı değerlendirildiğindeki eksik yönleri tamamlanmış hem de nokta yoğunluğu dengelenmiştir. Bu bağlamda çalışma alanlarında referans oluşturulması amacıyla ölçülen yer noktalarından 5 metrelik gridler oluşturulmuş ve bu gridler söz konusu alanın nokta bulutuna eklenmiştir. Bu haliyle LAStools programı filtreleme algoritmaları yardımıyla filtrelenmiştir. Bir sonraki adımda filtreleme sonrası yer noktaları olarak sınıflandırılan noktalar yine gridler ile teste tabi tutulmuştur.



Şekil 31. a) Referans yüzey ile filtreleme, b) Referans noktalar ile filtreleme.

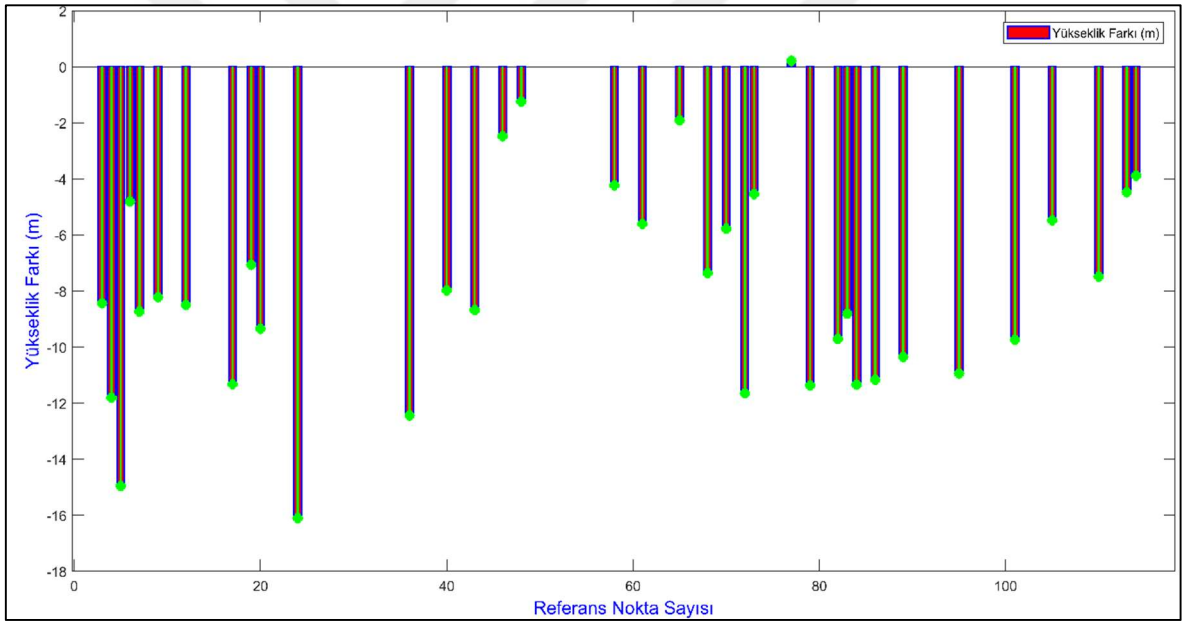


### 3. BULGULAR VE İRDELEME

#### 3.1. Kırsal-1 Verisi Test Sonuçları ve Bulgular

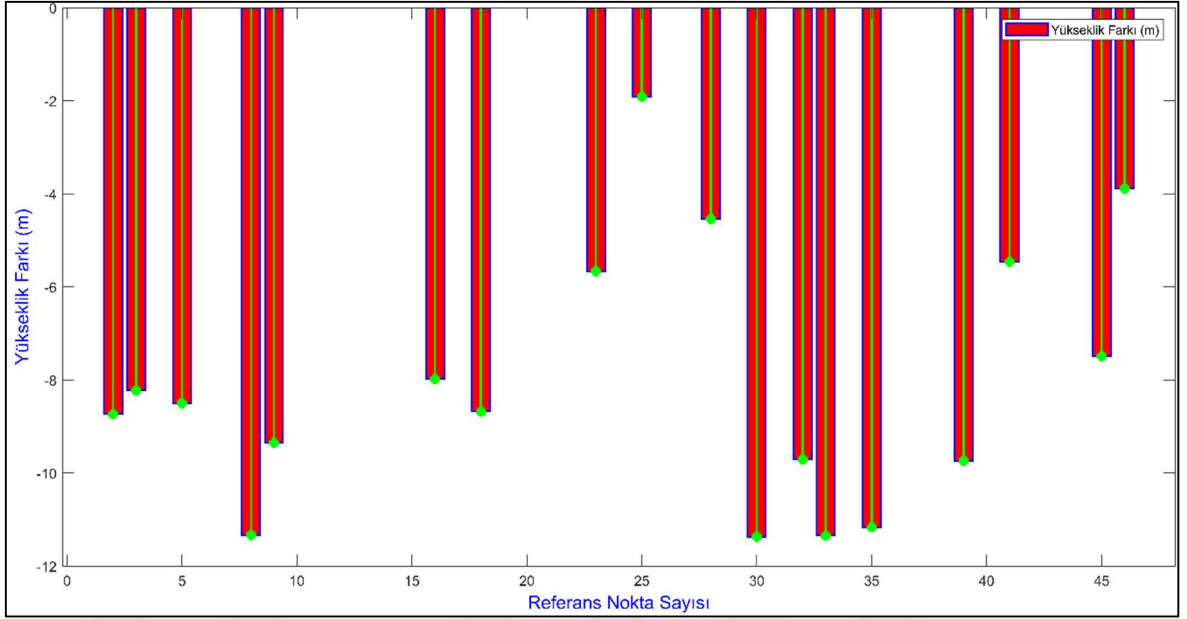
Ölçülen yer noktaları yardımıyla seçili kombinasyonlar ile yapılan testler doğrultusunda alınan sonuçlar söz konusu uygulamanın istenilen hassasiyete ulaşmak için yeterli olmayacağı doğrultusundadır. Uygulama temelde nokta bulutu verisinin topografik harita olarak kullanılmasını amaçladığı için uygulamanın yeterli olmadığı kanaatine varılmıştır.

Nokta ilave edilmeden yapılan 117 adet denetleme noktası ile yapılan test sonucunda en büyük hata 16,10 m ve ortalama hata 8,00 m olarak bulunmuştur.(Şekil 32)



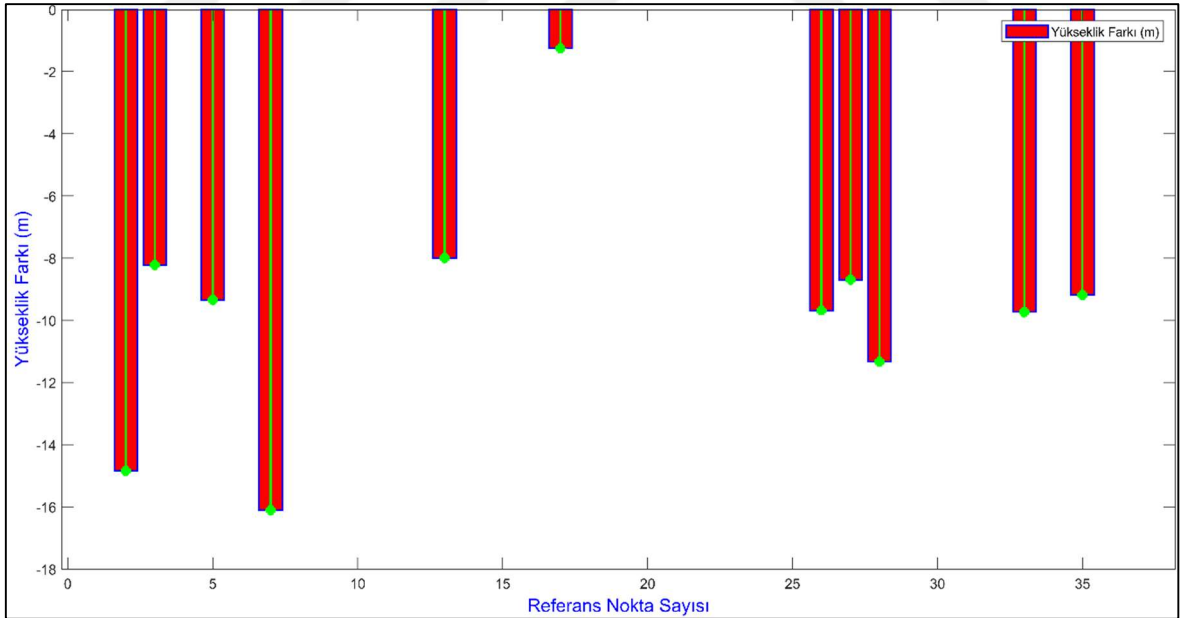
Şekil 32. Kırsal-1 verisi 117 denetleme noktası ile hata grafiği.

70 Adet yer noktası eklenerek filtrelenen nokta bulutu 47 adet denetleme noktası ile yapılan test sonucunda en büyük hata 11,37 m ve ortalama hata 8,06 m olarak bulunmuştur.(Şekil 33)



Şekil 33. Kırsal-1 verisi 47 denetleme noktası ile hata grafiği.

80 Adet yer noktası eklenerek filtrelenen nokta bulutu 37 adet denetleme noktası ile yapılan test sonucunda en büyük hata 16,10 m ve ortalama hata 9,67 m olarak bulunmuştur.(Şekil 34)



Şekil 34. Kırsal-1 verisi 37 denetleme noktası ile hata grafiği.

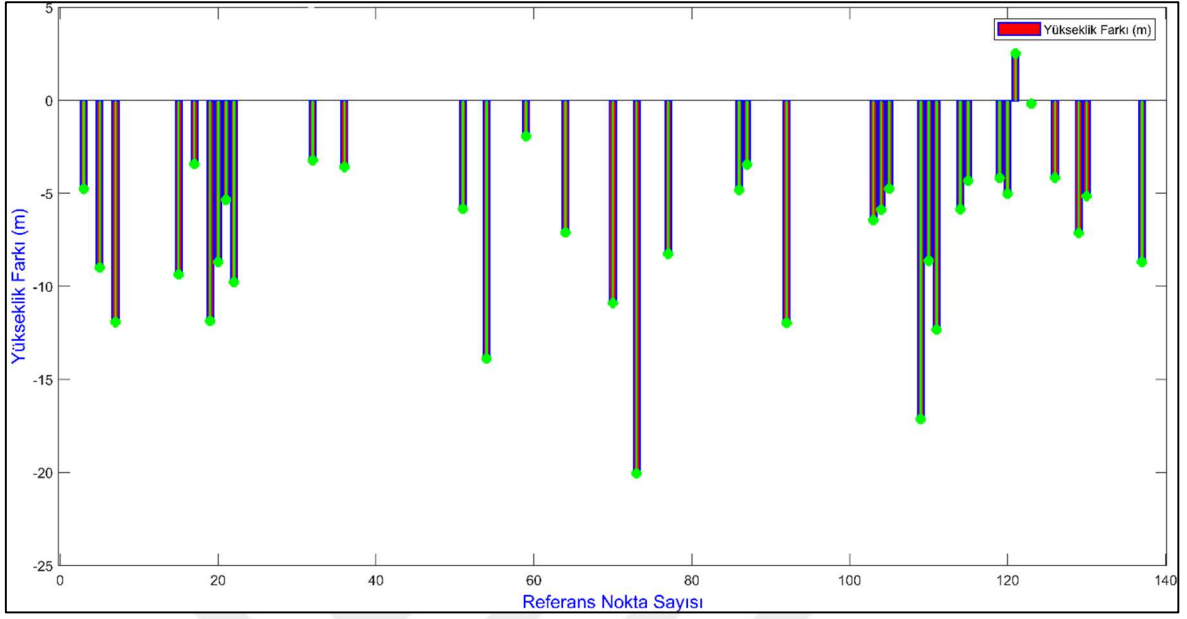
Tablo 2. Kırsal-1 veri seti testleri.

Test Numarası	İlave Edilen Denetleme Nokta Sayısı	Veri Seti Toplam Nokta Sayısı	Yer Sınıfı Nokta Sayısı	Referans Nokta Sayısı	Enbüyük Hata (m)	Enbüyük Hata Değerinin Hesaplandığı Nokta Numarası	Ortalama Hata (m)
1	0	3519937	1338058	117	16,10	(Şekil 19), 24	8,00
2	70	3520007	1305471	47	11,37	(Şekil 20), 30	8,06
3	80	3520087	1297574	37	16,10	(Şekil 21), 7	9,67

Kırsal-1 çalışma alanında yapılan uygulama sonucunda Tablo 2.'de gösterilen değerler elde edilmiştir. Bu değerlere bakıldığında nokta bulutuna eklenen yer noktası sayısının artmasıyla doğru orantılı olarak filtreleme sonucu yer sınıfı olarak sınıflandıran nokta sayısının azaldığı görülmektedir. Bu bilgi eklenen nokta sayısının filtreleme işlemini iyileştirdiğini göstermiştir. Bu işlem sırasında nokta bulutuna eklenen ve test için kullanılan noktalar rastgele seçildiği için farklı kombinasyonlarda aynı değerler elde edildiği olmuştur. Bu durum aynı noktanın her iki testte bulunmasından kaynaklanmıştır (Tablo 2.'de 1. ve 3. testlerde elde edilen en büyük hata değerleri aynı noktaya aittir). Aynı noktanın mükerrer olarak kullanılabilir olması uygulamanın bir dezavantajıdır. Yapılan testler sonucunda en büyük hata olarak 16,10 m'nin altına inilememiştir ve ortalama hata en küçük 8.00 m olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca en büyük hata değerlerini sağlayan noktaların yoğun ağaçlık bitki örtüsüne düştüğü görülmüştür.

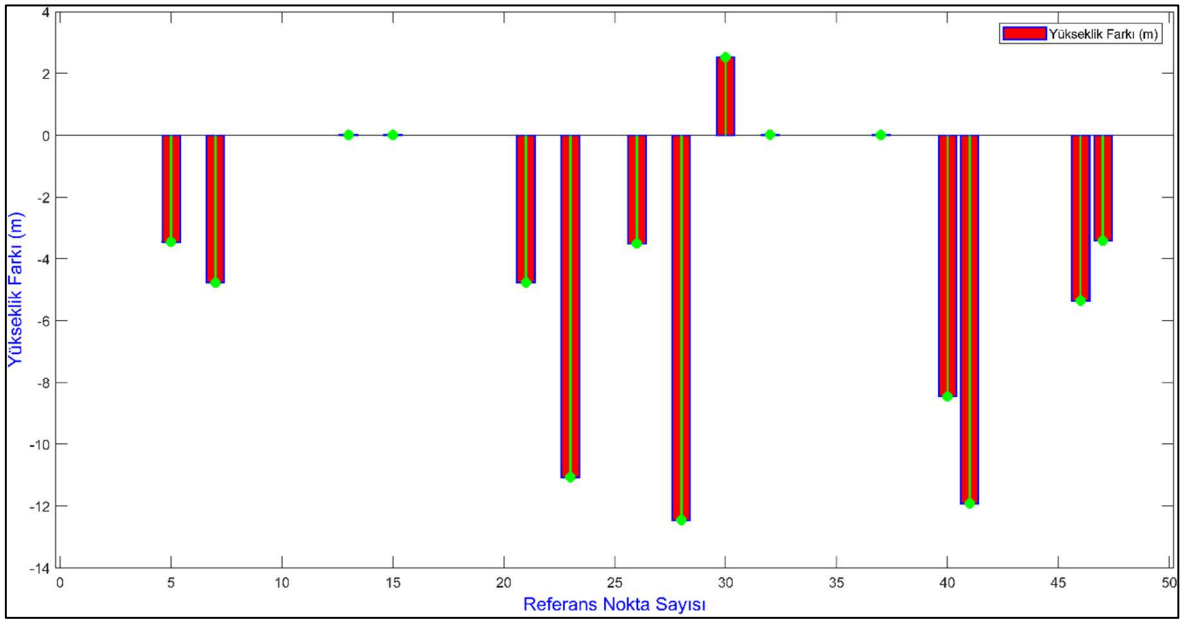
### 3.2. Kırsal-2 Verisi Test Sonuçları ve Bulgular

Nokta ilave edilmeden 139 adet denetleme noktası ile yapılan test sonucunda en büyük hata 20.05 m ve ortalama hata 7.33 m olarak bulunmuştur. (Şekil 35)



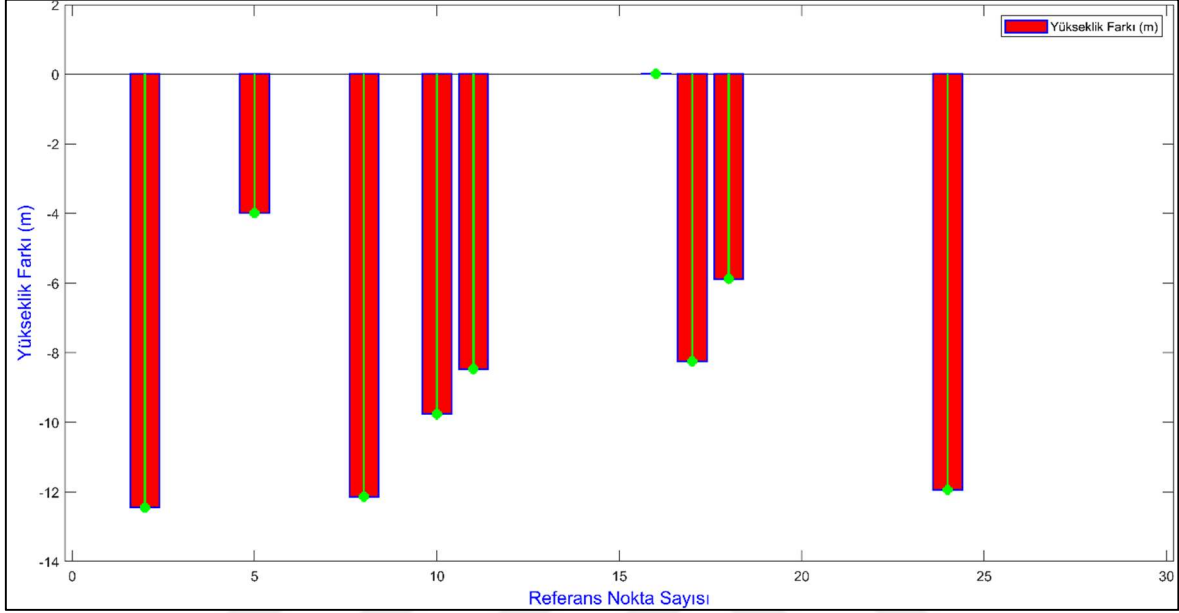
Şekil 35. Kırsal-2 verisi 139 denetleme noktası ile hata grafiği.

90 Adet yer noktası eklenerek filtrelenen nokta bulutu 49 adet denetleme noktası ile yapılan test sonucunda en büyük hata 12,46m ve ortalama hata 4,78 m olarak bulunmuştur.(Şekil 36)



Şekil 36. Kırsal-2 verisi 49 denetleme noktası ile hata grafiği.

110 Adet yer noktası eklenerek filtrelenen nokta bulutu 39 adet denetleme noktası ile yapılan test sonucunda en büyük hata 12,45m ve ortalama hata 8,09 m olarak bulunmuştur.(Şekil 37)



Şekil 37. Kırşal-2 verisi 39 denetleme noktası ile hata grafiği.

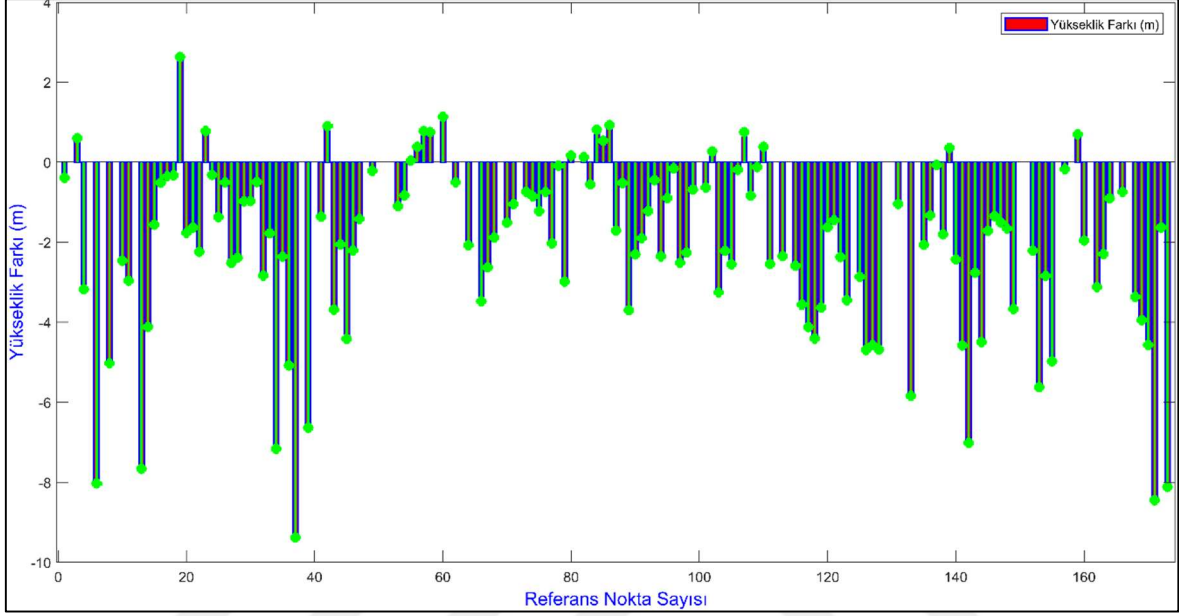
Tablo 3. Kırşal-2 veri seti testleri.

Test Numarası	İlave Edilen Denetleme Nokta Sayısı	Veri Seti Toplam Nokta Sayısı	Yer Sınıfı Nokta Sayısı	Referans Nokta Sayısı	Enbüyük Hata (m)	Enbüyük Hata Değerinin Hesaplandığı Nokta Numarası	Ortalama Hata (m)
1	0	3537455	1321686	139	20,05	(Şekil 22), 56	7,33
2	90	3537545	1275864	49	12,46	(Şekil 23), 49	4,78
3	110	3537655	1252458	39	12,45	(Şekil 24), 24	8,09

Kırşal-2 çalışma alanında yapılan uygulama sonucunda Tablo 3.'de gösterilen değerler elde edilmiştir. Bu değerlere bakıldığında nokta bulutuna eklenen yer noktası sayısının artmasıyla doğru orantılı olarak filtreleme sonucu yer sınıfı olarak sınıflandıran nokta sayısının azaldığı görülmektedir. Bu bilgi eklenen nokta sayısının filtreleme işlemini iyileştirdiğini göstermiştir. Yapılan testler sonucunda en büyük hata olarak 20,05 m'nin altına inilememiştir ve ortalama hata en küçük 4,78 m olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca en büyük hata değerlerini sağlayan noktaların yoğun ağaçlık bitki örtüsüne düştüğü görülmüştür.

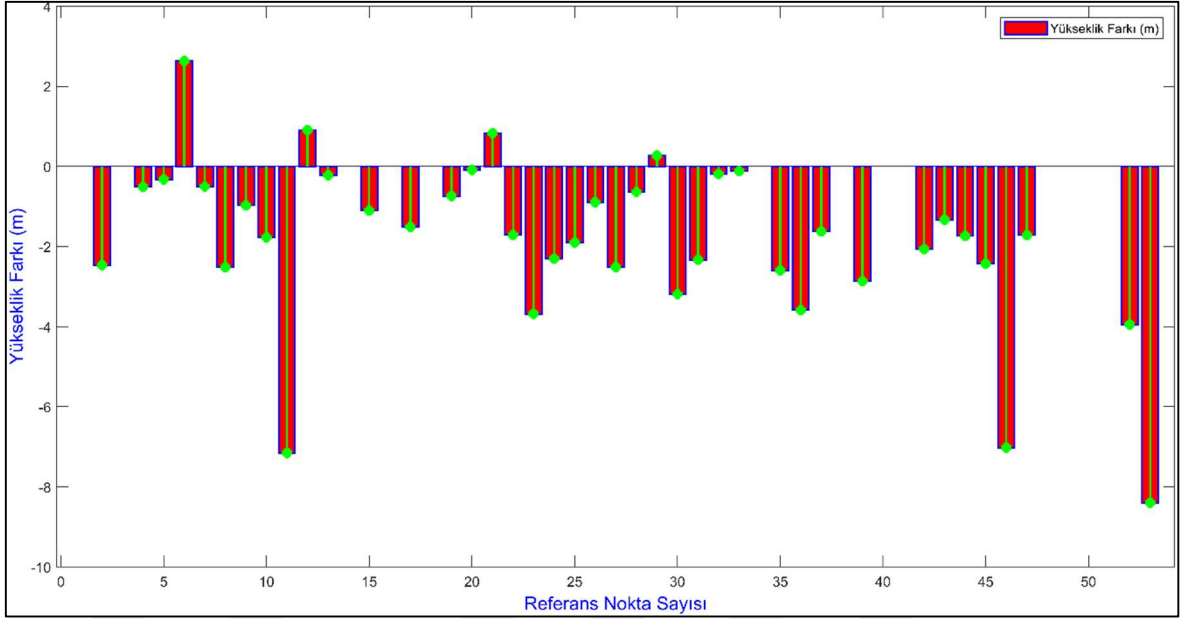
### 3.3. Kentsel-1 Verisi Test Sonuçları

Nokta ilave edilmeden 173 adet denetleme noktası ile yapılan test sonucunda en büyük hata 9.38 m ve ortalama hata 2.22 m olarak bulunmuştur.(Şekil 38)



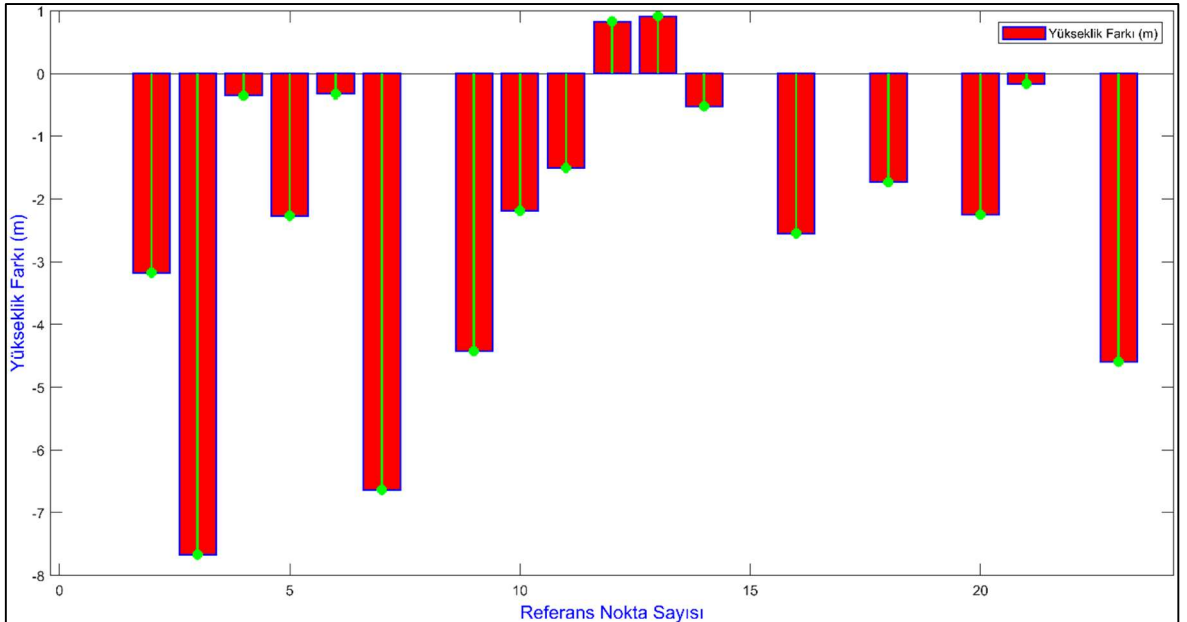
Şekil 38. Kentsel-1 verisi 173 denetleme noktası ile hata grafiği.

120 Adet yer noktası eklenerek filtrelenen nokta bulutu 53 adet denetleme noktası ile yapılan test sonucunda en büyük hata 8,40 m ve ortalama hata 2,08 m olarak bulunmuştur.(Şekil 39)



Şekil 39. Kentsel-1 verisi 53 denetleme noktası ile hata grafiği

150 Adet yer noktası eklenerek filtrelenen nokta bulutu 23 adet denetleme noktası ile yapılan test sonucunda en büyük hata 7,66 m ve ortalama hata 2,47 m olarak bulunmuştur.(Şekil 40)



Şekil 40. Kentsel-1 verisi 23 denetleme noktası ile hata grafiği

Tablo 4. Kentsel-1 veri seti testleri.

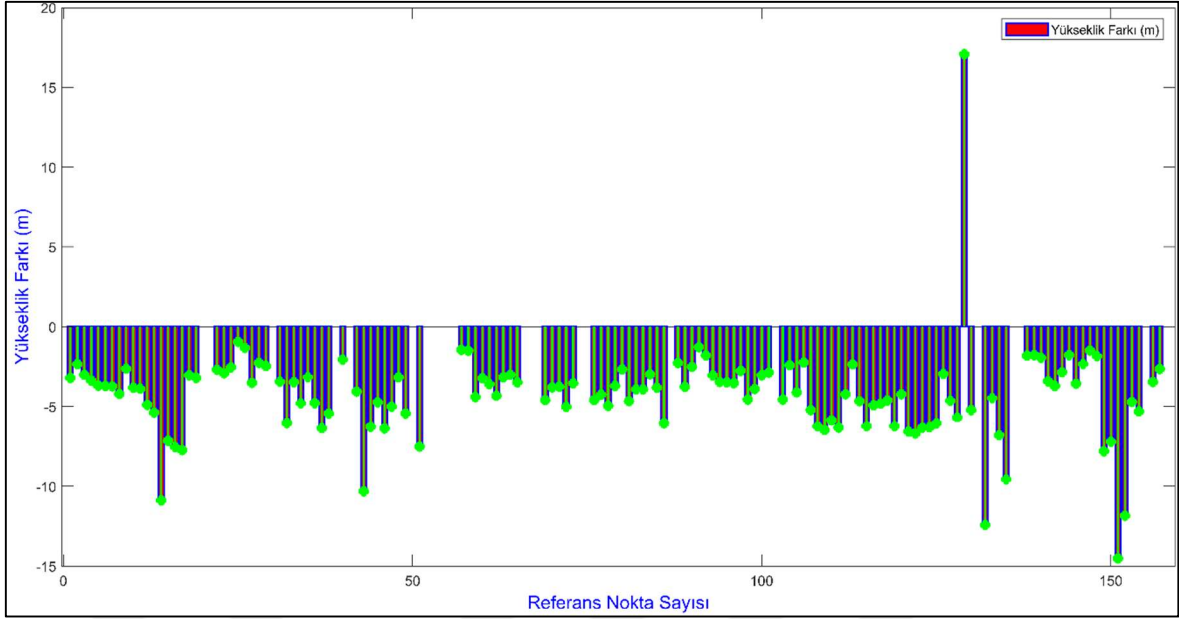
Test Numarası	İlave Edilen Denetleme Nokta Sayısı	Veri Seti Toplam Nokta Sayısı	Yer Sınıfı Nokta Sayısı	Referans Nokta Sayısı	Enbüyük Hata (m)	Enbüyük Hata Değerinin Hesaplandığı Nokta Numarası	Ortalama Hata (m)
1	0	3321727	1906913	173	9,38	(Şekil 25), 37	2,22
2	120	3321847	1902994	53	8,4	(Şekil 26), 53	2,08
3	150	3321877	1898852	23	7,66	(Şekil 27), 3	2,47

Kentsel-1 çalışma alanında yapılan uygulama sonucunda Tablo 4.'de gösterilen değerler elde edilmiştir. Bu değerlere bakıldığında nokta bulutuna eklenen yer noktası sayısının artmasıyla doğru orantılı olarak filtreleme sonucu yer sınıfı olarak sınıflandıran nokta sayısının azaldığı görülmektedir. Bu bilgi eklenen nokta sayısının filtreleme işlemini iyileştirdiğini göstermiştir. Yapılan testler sonucunda en büyük hata olarak 9.38 m'nin altına inilememiştir ve ortalama hata en küçük 2.08 m olarak gerçekleşmiştir. Bu işlemle birlikte kentsel alan verisinde kırsal alan verisine göre daha çok iyileşme gerçekleştiği anlaşılmıştır. Ayrıca en büyük hata değerlerini sağlayan noktaların yoğun ağaçlık bitki örtüsüne düştüğü görülmüştür.

### 3.4. Kentsel-2 Verisi Test Sonuçları

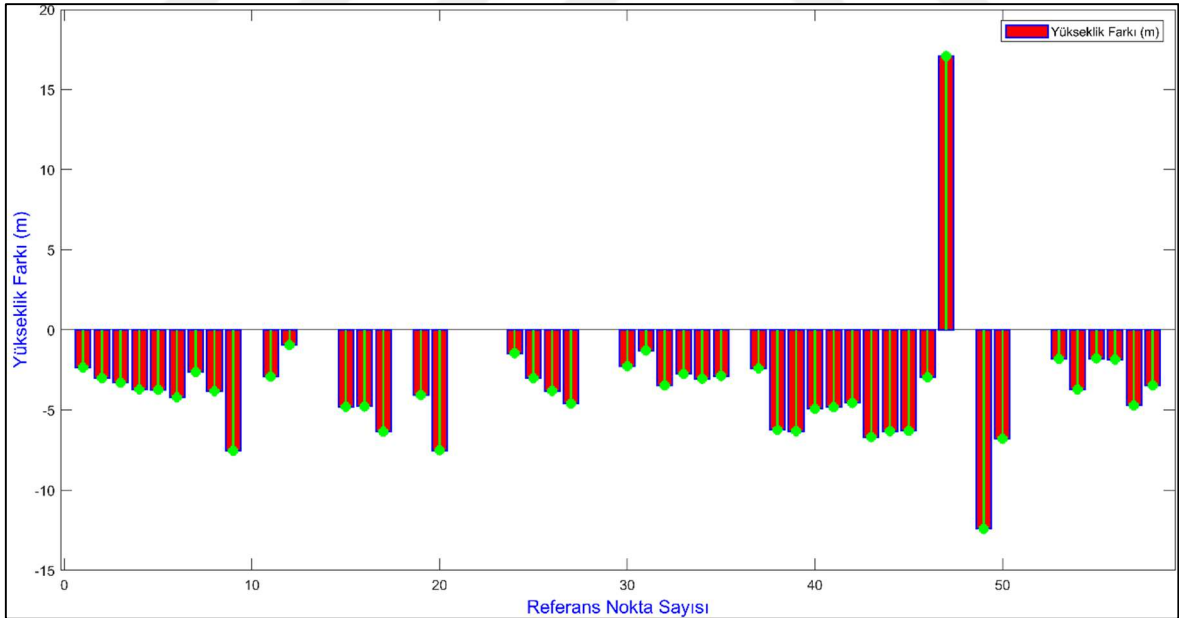
Nokta ilave edilmeden 158 adet denetleme noktası ile yapılan test sonucunda en büyük hata 17,07 m ve ortalama hata 4,49 m olarak bulunmuştur.(Şekil 41)





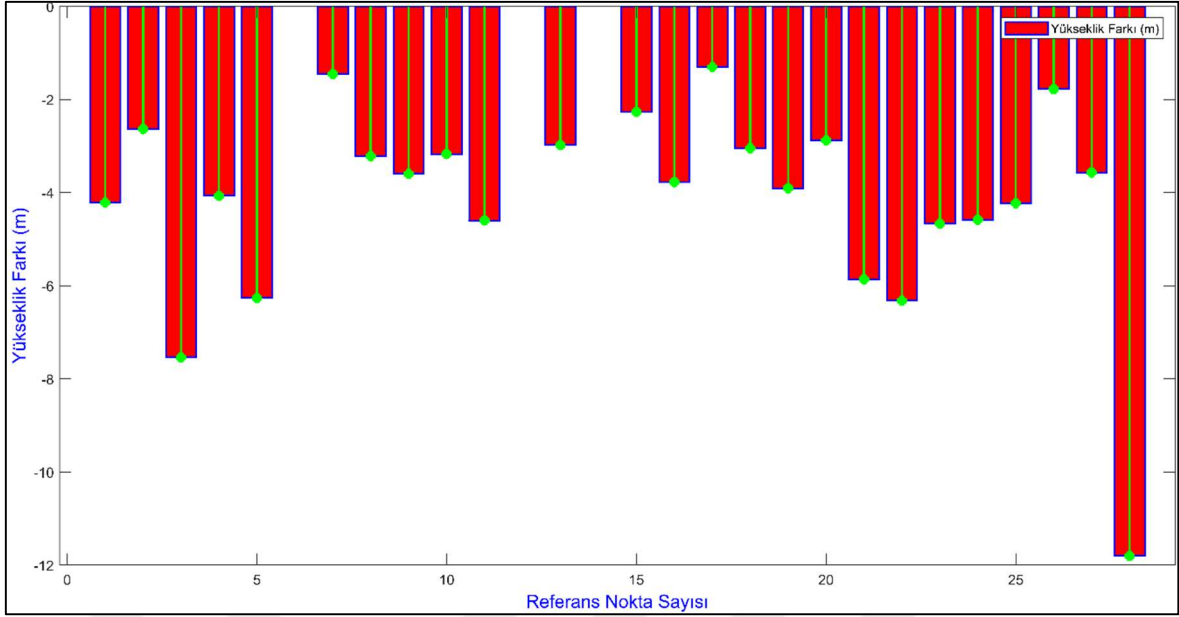
Şekil 41. Kentsel-2 verisi 158 denetleme noktası ile hata grafiği.

100 Adet yer noktası eklenerek filtrelenen nokta bulutu 58 adet denetleme noktası ile yapılan test sonucunda en büyük hata 17,07 m ve ortalama hata 4,43 m olarak bulunmuştur(Şekil 42).



Şekil 42. Kentsel-2 verisi 58 denetleme noktası ile hata grafiği.

130 Adet yer noktası eklenerek filtrelenen nokta bulutu 28 adet denetleme noktası ile yapılan test sonucunda en büyük hata 11,80 m ve ortalama hata 4,15 m olarak bulunmuştur(Şekil 43).



Şekil 43. Kentsel-2 verisi 28 denetleme noktası ile hata grafiği.

Tablo 5. Kentsel-2 veri seti testleri.

Test Numarası	İlave Edilen Denetleme Nokta Sayısı	Veri Seti Toplam Nokta Sayısı	Yer Sınıfı Nokta Sayısı	Referans Nokta Sayısı	Enbüyük Hata (m)	Enbüyük Hata Değerinin Hesaplandığı Nokta Numarası	Ortalama Hata (m)
1	0	3074648	1778757	158	17,07	(Şekil 28), 108	4,49
2	100	3074748	1767728	58	17,07	(Şekil 29), 47	4,43
3	130	3074878	1752468	28	11,8	(Şekil 30), 28	4,15

Kentsel-2 çalışma alanında yapılan uygulama sonucunda Tablo 5.'de gösterilen değerler elde edilmiştir. Bu değerlere bakıldığında nokta bulutuna eklenen yer noktası sayısının artmasıyla doğru orantılı olarak filtreleme sonucu yer sınıfı olarak sınıflandıran nokta sayısının azaldığı görülmektedir. Bu bilgi eklenen nokta sayısının filtreleme işlemini iyileştirdiğini göstermiştir ancak yeterli değildir. En büyük hata olarak 11.80 m'nin altına inilememiştir ve ortalama hata en küçük 4.15 m olarak gerçekleşmiştir. Bu işlemle birlikte kentsel alan verisinde kırsal alan verisine göre daha çok iyileşme gerçekleştiği anlaşılmıştır. Ayrıca en büyük hata değerlerini sağlayan noktaların yoğun ağaçlık bitki örtüsüne düştüğü görülmüştür.

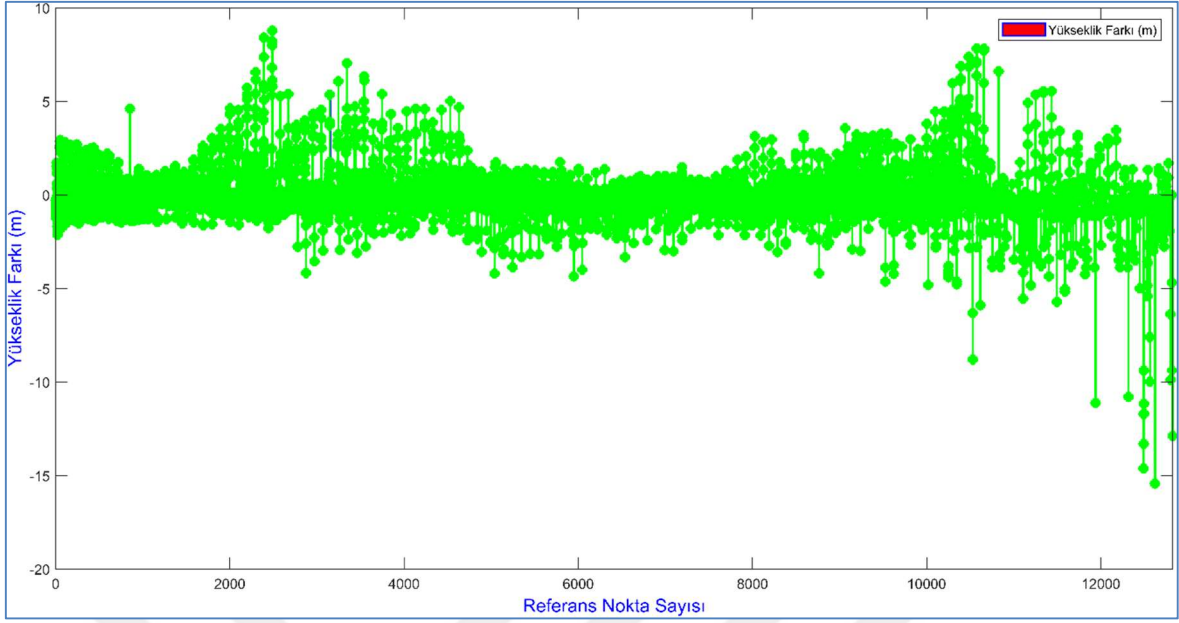
Bu çalışmada yoğun görüntü eşleştirme yöntemiyle elde edilen yoğun nokta bulutu verisinden, çeşitli filtreleme yöntemleri kullanılarak elde edilen yüzey modelinin vektör harita olarak kullanılıp kullanılamayacağını belirlemek amaçlanmıştır. Uygulama

esnasında filtreleme yapılırken nokta bulutu noktaları arasından dışardan bir müdahaleyle yer noktası belirlenmeden sadece yersel yöntemle ölçülmüş noktalar ilave edilerek yapılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda farklı yapıda olan çalışma bölgelerinde nokta bulutu üretiminin ardından yersel yöntemle alımı yapılan yer kontrol noktalarının nokta bulutuna eklenmesi ile nokta bulutu filtreleme işleminin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda aynı veriler kullanılarak iki ayrı yol izlenmiştir. Öncelikli olarak farklı sayılarda bölünen referans noktaları nokta bulutu verisine eklenmiş ve filtreleme yapılmıştır. Bu filtreleme işlemi sırasında nokta bulutu verisinin yaklaşık olarak %45 oranında filtrelendiği görülmüştür. Filtreleme yapıldıktan sonra eklenmeyen noktalar tarafından denetlenmiştir bu uygulama ile bir iyileştirme değeri elde edilmiştir. Bu değerler her bir veri seti için ayrı ayrı fark grafiği şeklinde gösterilmiştir. Ayrıca en büyük hata değerlerini sağlayan noktaların yoğun ağaçlık bitki örtüsüne düştüğü görülmüştür. Bu hata yoğun ağaçlık bölgeye ait nokta bulutunda zemine ait nokta olmamasından ileri gelmiştir.

### **3.5. Yer Noktalarından Üretilen Arazi Modeli Verisi ile Test Sonuçları**

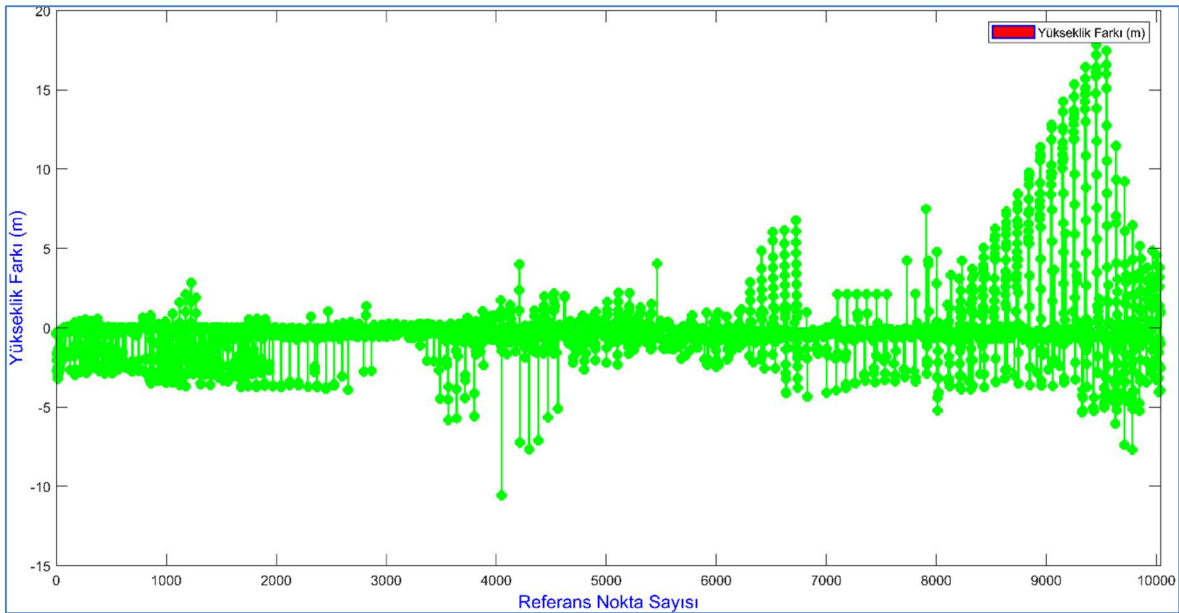
İlk uygulamanın dezavantajlarını ortadan kaldırma adına ölçülen yer noktalarına yüzey temsil yeteneği kazandırmak amaçlanmıştır. Bu bağlamda ölçülen yer noktaları referans alınarak bu noktalardan 5 m mesafeli gridler oluşturulmuş ve filtreleme işlemlerinde kullanılmıştır. Uygulama kapsamında filtrelenen veri aynı grid noktaları ile teste tabi tutulmuştur. Ayrı ayrı 3 farklı test penceresi için m mesafesi 0,5 m, 1 m ve 1,5 m olarak uygulanmış ve referans yüzey (arazi modeli) ilaveli ve ilavesiz olarak Tablo 6.'da gösterilen hata değerleri elde edilmiştir.

Kentsel-1 veri seti için referans yüzey eklenerek yapılan filtreleme işlemi sonucunda elde edilen yer sınıfı nokta verisi, gridler yardımıyla test edilmiş ve test penceresi  $m=0,5$  m için verisinde en büyük 15,43 m ve ortalama 0,91 m hata değerleri elde edilmiştir.(Şekil 44)



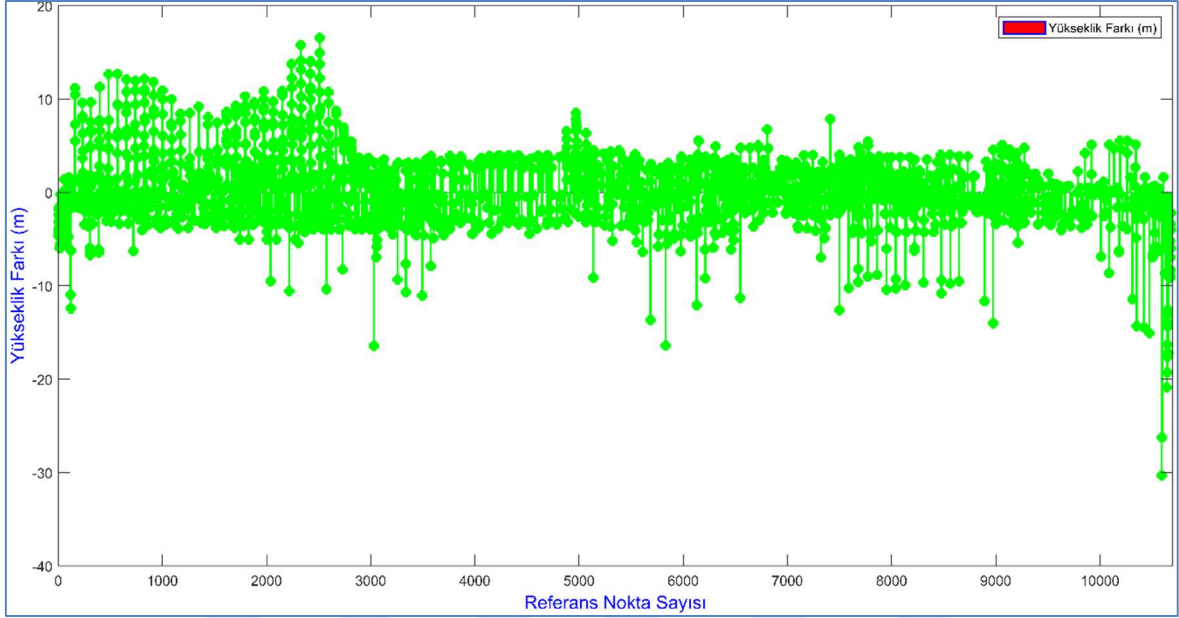
Şekil 44. Kentsel-1 verisinin arazi modeli ile test edilmesi sonucu oluşan hata grafiği.

Kentsel-2 veri seti için referans yüzey eklenerek yapılan filtreleme işlemi sonucunda elde edilen yer sınıfı nokta verisi, gridler yardımıyla test edilmiş ve test penceresi  $m=0,5$  m için verisinde en büyük 17,85 m ve ortalama 1,62 m hata değerleri elde edilmiştir.(Şekil 45)



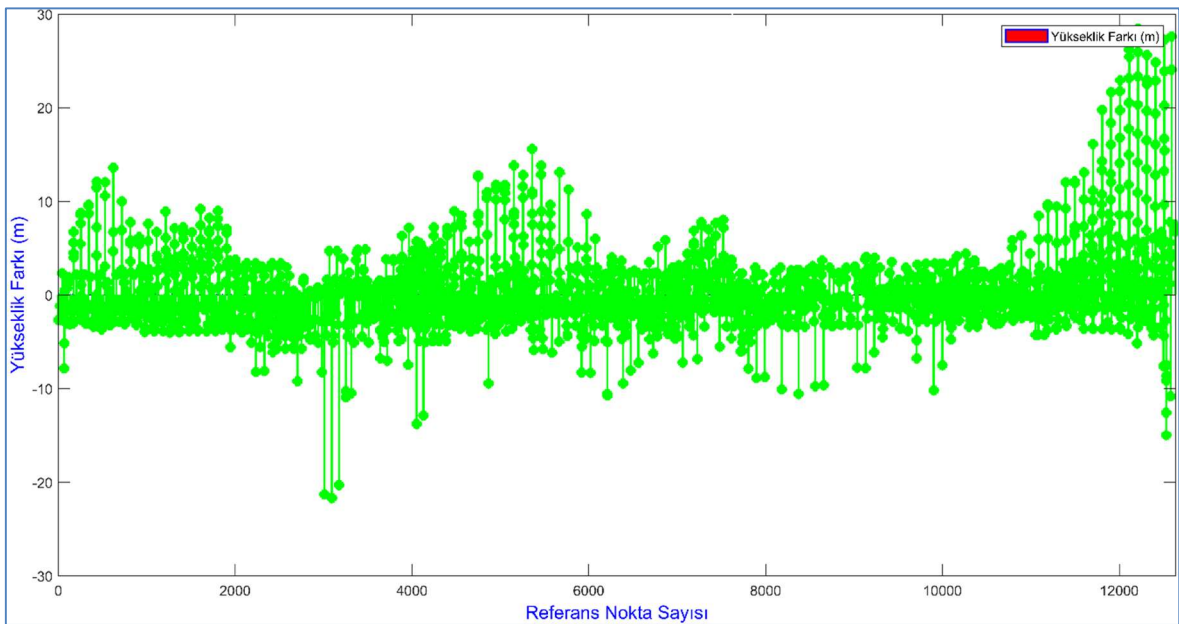
Şekil 45. Kentsel-2 verisinin arazi modeli ile test edilmesi sonucu oluşan hata grafiği.

Kırsal-1 veri seti için referans yüzey eklenerek yapılan filtreleme işlemi sonucunda elde edilen yer sınıfı nokta verisi, gridler yardımıyla test edilmiş ve test penceresi  $m=0,5$  m için verisinde en büyük 30,31 m ve ortalama 2,96 m hata değerleri elde edilmiştir.(Şekil 46)



Şekil 46. Kırsal-1 verisinin arazi modeli ile test edilmesi sonucu oluşan hata grafiği.

Kırsal-2 veri seti için referans yüzey eklenerek yapılan filtreleme işlemi sonucunda elde edilen yer sınıfı nokta verisi, gridler yardımıyla test edilmiş ve test penceresi  $m=0,5$  m için verisinde en büyük 28,45 m ve ortalama 2,88 m hata değerleri elde edilmiştir.(Şekil 47)



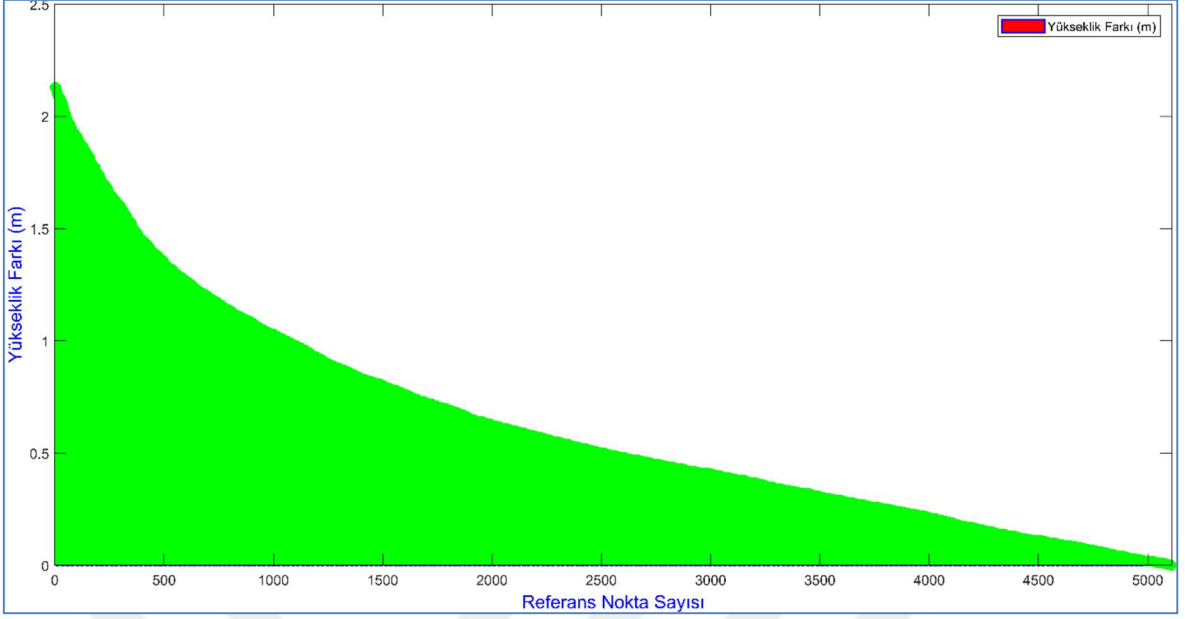
Şekil 47. Kırsal-2 verisinin arazi modeli ile test edilmesi sonucu oluşan hata grafiği.

Önceki uygulamadan farklı olarak düşük sıklıkta ölçülmüş olan referans noktalar yardımıyla 5 m mesafeli gridler oluşturulmuş ve bir arazi modeli elde edilmiştir. Yapılan gridleme işlemi sonucunda nokta yoğunluğu artan referans noktalar yüzey temsil edebilir duruma gelmiştir. Bu haliyle nokta bulutu verisine eklenen arazi modeli ile birlikte filtreleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu haliyle filtreleme işlemi %85 oranında gerçekleşmiş ve önceki uygulamaya göre yaklaşık %95 iyileşme sağlanmıştır. Oluşan referans verinin bir önceki uygulamaya göre yoğun oluşu filtreleme işlemi sonucunda daha hassas ve yüksek oranda filtrelenmiş veri elde etmemize imkan sağlamıştır. Uygulanan test ve sonuç verileri Tablo 6'da gösterilmiştir.

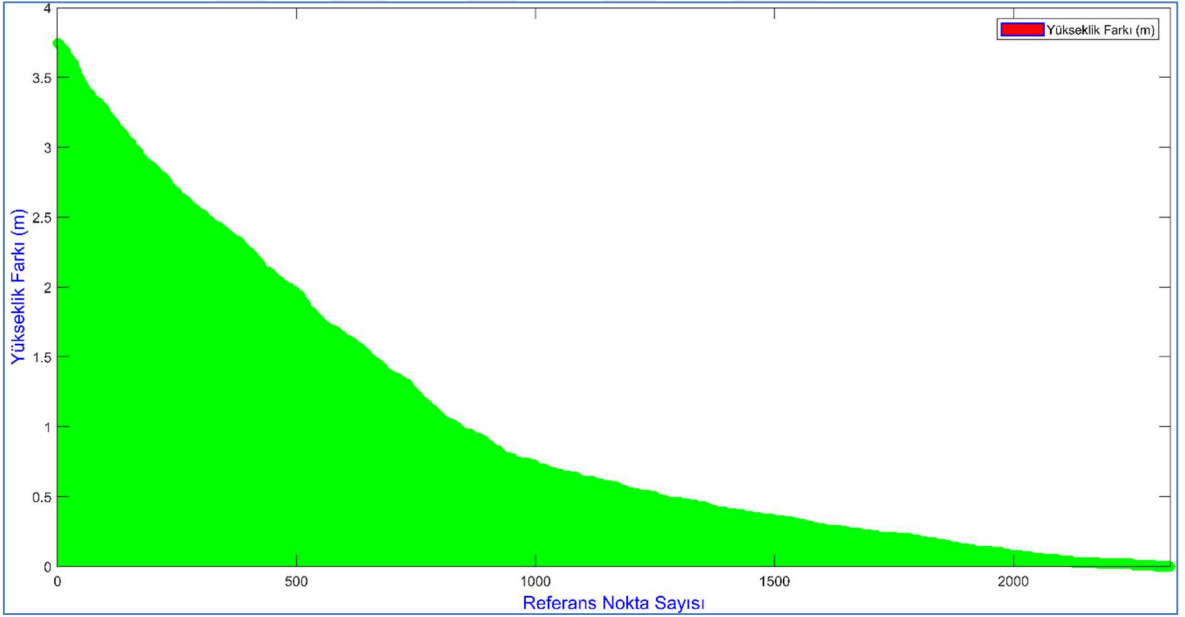
Tablo 6. Referanslı ve referanssız yüzey hata değerleri

Veri Seti	Genel Yüzey Filtre						Referans Yüzey İle Filtre					
	k=Test Penceresi Genişliği/2 (m)											
	0,5		1		1,5		0,5		1		1,5	
	Enbüyük Hata	Ortalama Hata	Enbüyük Hata	Ortalama Hata	Enbüyük Hata	Ortalama Hata	Enbüyük Hata	Ortalama Hata	Enbüyük Hata	Ortalama Hata	Enbüyük Hata	Ortalama Hata
Kentsel-1	14,71	2,43	14,64	2,45	14,47	2,46	15,43	0,91	15,43	0,91	15,43	0,91
Kentsel-2	18,10	4,38	18,08	4,42	18,03	4,44	17,85	1,62	17,85	1,62	17,84	1,62
Kırsal-1	60,31	9,8	60,32	9,83	60,33	9,85	30,31	2,96	30,31	2,96	30,31	2,97
Kırsal-2	29,16	8,72	30,44	8,77	29,87	8,79	28,45	2,88	28,45	2,88	28,45	2,88

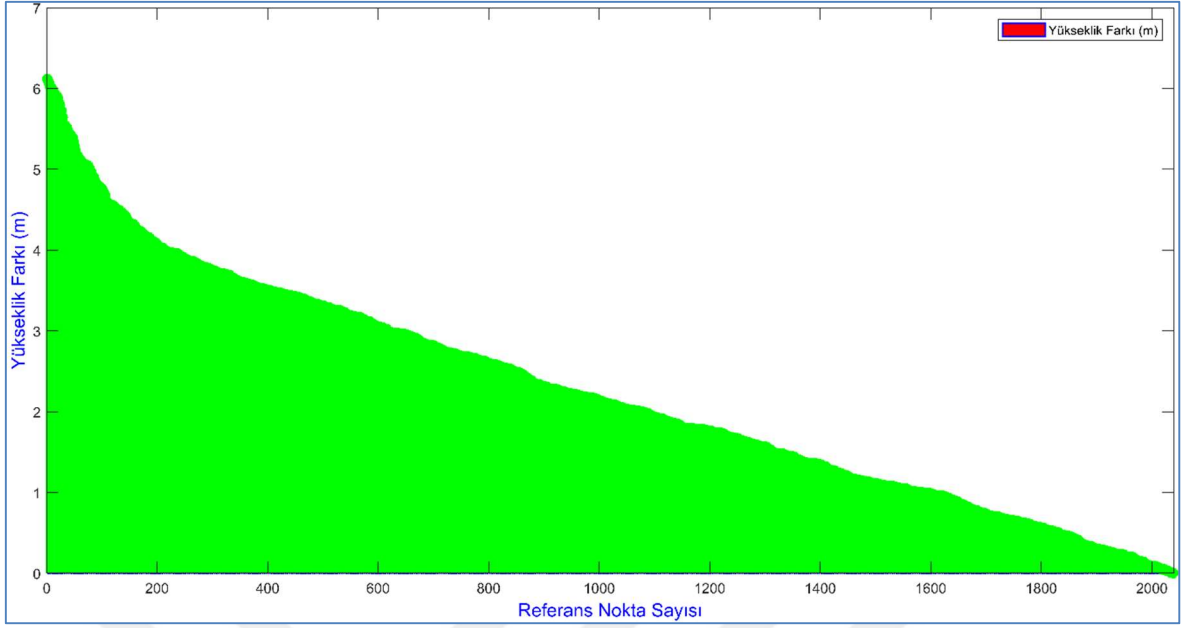
Elde edilen bu değerlerde bulunan en büyük hata değerlerinin bir kısmı kaba hatalardır. Bu kaba hataların hata grafiklerinde (Şekil 44, 45, 46 ve 47) yaklaşık %10 oranında olduğu görülmüştür. Bu nedenle en büyük hatadan başlayarak %10'luk kısmı dikkate almadan hata grafikleri tekrar oluşturulmuştur(Şekil 48-51).



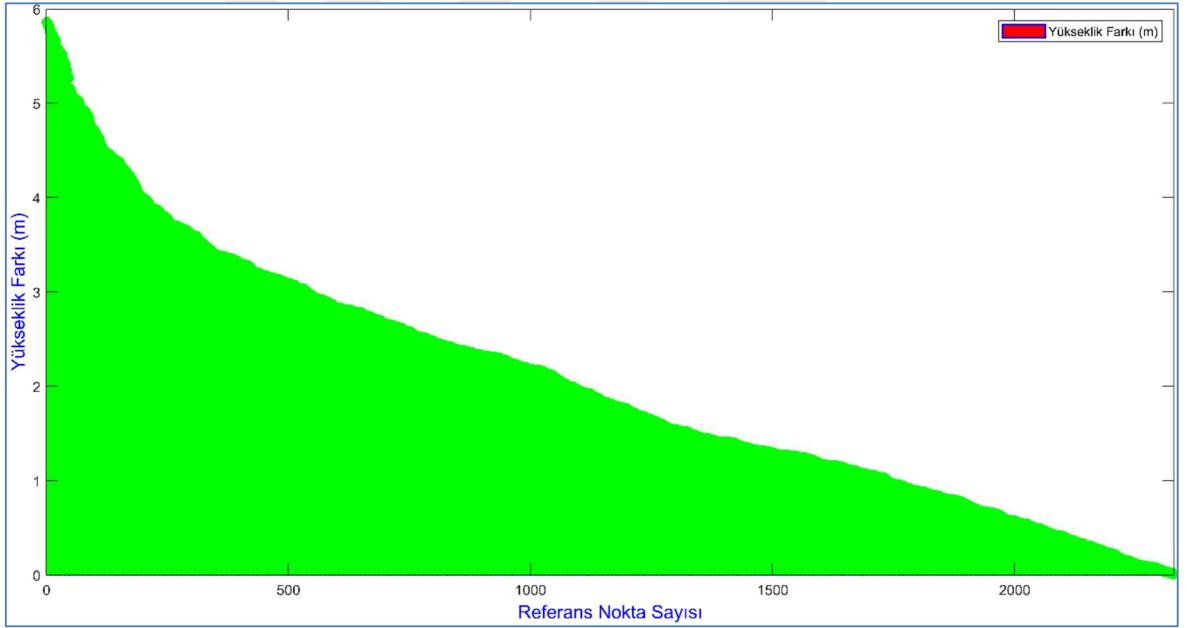
Şekil 48. Kensel-1 verisi hatalarının en büyük %10' u atılması sonucu oluşan hata grafiği.



Şekil 49. Kensel-2 verisi hatalarının en büyük %10' u atılması sonucu oluşan hata grafiği.



Şekil 50. Kırsal-1 verisi hatalarının en büyük %10' u atılması sonucu oluşan hata grafiği.



Şekil 45. Kırsal-2 verisi hatalarının en büyük %10' u atılması sonucu oluşan hata grafiği.

Hesaplanan yeni değerler Tablo 7.'de gösterilmiştir. Elde edilen değerler en büyük hata değerlerini kentsel çalışma alanı için 3 m'nin, kırsal çalışma alanı için 7 m' nin altına indirmiş ve ortalama hata değerleri Kentsel-1 verisi için 0.62 m, Kentsel-2 verisi için 1.01 m, Kırsal-1 verisi için 2.23m ve Kırsal-2 verisi için 2.02 m olarak hesaplanmıştır.



Tablo 7. Referans yüzey ile filtreleme sonrası kaba hataların atılması sonucu elde edilen değerler

Veri Seti	Enbüyük Hatalardan %10 Değer Atılmış Durum					
	Referans Yüzey İle Filtre					
	k=Test Penceresi Genişliği/2 (m)					
	0,5		1		1,5	
	Enbüyük Hata	Ortalama Hata	Enbüyük Hata	Ortalama Hata	Enbüyük Hata	Ortalama Hata
Kentsel-1	2,13	0,62	2,13	0,62	2,13	0,62
Kentsel-2	3,75	1,01	3,75	1,01	3,75	1,01
Kırsal-1	6,12	2,23	6,12	2,23	6,12	2,23
Kırsal-2	5,86	2,02	5,86	2,02	5,86	2,02

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Vektör harita, kullanım alanları göz önüne alındığında günümüzde hemen hemen her türlü yer yüzü parçası için küçük veya büyük çapta ihtiyaç duyulan bir altlıktır. Bu çalışmada hava fotoğraflarından elde edilen nokta bulutu verisinin klasik yöntemle ihtiyaç duymadan vektör harita hassasiyetinde kullanılabilmesi amacıyla farklı bir yaklaşım ele alınmıştır.

Bu çerçevede yapılan çalışma fotogrametrik yöntemle çekilmiş hava fotoğraflarından elde edilen yoğun nokta bulutu verisinin vektör harita hassasiyetinde kullanılabilmesini sağlamayı amaçlayarak farklı bir yaklaşım denenmiştir. Bu yaklaşım sırasında Hava Lidar filtreleme yöntemi kullanılarak yersel yöntemle üç boyutlu olarak ölçülen arazi noktalarının yardımıyla filtrelenen nokta bulutunun topografik harita olarak kullanılabilir olması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda arşivde yapılan çalışmalar incelendiğinde tam manasıyla benzer uygulama bulunmamaktadır. Yapılan çalışmalarda farklı algoritmalarla kırsal nitelikli alanlarda yapılan farklı filtreleme yöntemleri GNSS sistemiyle daha önce ölçülen noktalar yardımıyla test edilmiştir(Moudry ve diğerleri 2018).

Yapılan çalışma ile kentsel ve kırsal olarak farklı nitelikteki veri setleri uygulamaya tabi tutulmuştur. Uygulama ile fotogrametrik olarak yapılacak haritalama çalışmalarında klasik yöntemin dışında otomatik olara yapılabilirliğini göstermiştir. Bu bağlamda gelecekte yapılacak çalışmalarda elde edilen sonuçların daha 'da iyileştirilebileceği ve nokta bulutu verisinin arazi modeli olarak kullanılabilirliği konusunda olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sayısal veriler incelendiğinde uygulamanın 1/2000 ve daha küçük ölçekli topografik harita yapımı için yeterli olduğu anlaşılmıştır.

Uygulamadan daha iyi sonuçlar alınması adına nokta bulutu verisinin yerine LiDAR verisi kullanılması daha iyi sonuçlar alınması konusunda yardımcı olacaktır. Ayrıca ilave edilen yer noktalarının filtreleme işlemi sırasında programa yer noktası olarak tanıtılması ve bu noktaların referans olarak işleme girdikleri gibi çıkmaları sağlanırsa filtreleme işlemi dahada iyileşmiş olacaktır. Bu bağlamda ölçülen noktalardan oluşturulacak belirlenen ölçülerdeki test pencereleri üzerine düşen nokta bulutu noktalarını referans noktaya göre en yakında olanları alacak şekilde işlem yürütüldüğü taktirde ölçülen yer noktaları doğrudan filtreleme işlemine etki edecek ve iyileşme en yüksek düzeyde olacaktır.

## 5. KAYNAKLAR

- Akçın, H., 1998, “GPS Ölçülerinden Pratik Yüksekliklerin Elde Edilmesi Üzerine Bir Araştırma”, Doktora Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Anders, N., Valente, J., Masselink, R., ve Keesstra, S., 2019. Comparing Filtering Techniques for Removing Vegetation from UAV-Based Photogrammetric Point Clouds. *Drones*, 3, 61.
- Asal, F. F. F., 2019. Comparative Analysis of the Digital Terrain Models Extracted from Airborne LiDAR Point Clouds Using Different Filtering Approaches in Residential Landscapes. *Advances in Remote Sensing*, 8, 51-57.
- Axelsson, P., 2000. DEM Generation from Laser Scanner Data Using adaptive TIN Models. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 33, 110-117.
- Balce, A. E., 1986. Determination of optimum sampling interval in grid sampling of digital elevation models for large-scale application. *From Analytical to Digital. Proc. Symposium, ISPRS, Commission III, Rovaniemi, 1986. Vol. 1.*
- Bigdeli, B., Amini Amirkolae, H., & Pahlavani, P., 2018. DTM extraction under forest canopy using LiDAR data and a modified invasive weed optimization algorithm. *Remote Sensing of Environment*, 216, 289-300.
- Cai, S., Zhang, W., Liang, X., Wan, P., Qi, J., Yu, S., Yan, G., & Shao, J., 2019. Filtering airborne LiDAR data through complementary cloth simulation and progressive TIN densification filters. *Remote Sensing*, 11(9), 1037.
- Çorumluoğlu, Ö., Özbay, Y., Kalaycı, İ., Şanlıoğlu, İ., 2005. Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, Kasım , İstanbul, 659.

Durğut, T., 2010, Ultracam-x Sayısal Fotogrametrik Hava Kamerasının Geometrik Doğruluğunun Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Filin, S., & Pfeifer, N., 2006. Segmentation of airborne laser scanning data using a slope adaptive neighborhood. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 60(2), 71-80.

GLOBAL KONUM BELİRLEME SİSTEMİ (GPS). (1996). *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 2, 2, 103-108.

Haala, N., 2011. Multiray Photogrammetry and Dense Image Matching. *Photogrammetric Week*, 9, 3, 433-443.

Hirschmüller, H., Buder, M., & Ernst, I. (2012). MEMORY EFFICIENT SEMI-GLOBAL MATCHING. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, pp, 371-376.

İyicioğlu, A. L., 2006, Isık Algılama ve Görüntü Oluşturma Yöntemlerine Göre Dijital Fotograf Makinelerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kocaman, E., 1988, Yersel Fotogrametride Normal Durumda Yer Kontrol Noktalarının Dağılışının İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Konecny, G., 2003. *Geoinformation: Remote sensing, photogrammetry and geographic information systems*. London: Taylor & Francis, 18(2), 206–207.

Kılınçoğlu, D.B., 2016, Farklı İnsansız Hava Araçları İle Elde Edilen Görüntülerin Otomatik Fotogrametrik Yöntemlerle Değerlendirilmesi ve Doğruluk Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Leberl, F., Gruber, M., Ponticelli, M., & Wiechert, A. (2012). THE ULTRACAM STORY. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, pp.39-44
- Limandal, P., 2019. Dijital Hava Görüntülerinden Üretilen Nokta Bulutu İle Yarı Otomatik Bina Detayı Çıkarımı, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Meng, X., Currit, N., & Zhao, K., 2010. Ground filtering algorithms for airborne LiDAR data: A review of critical issues. In *Remote Sensing*, 2, 833-860.
- Montealegre, A. L., Lamelas, M. T., & De La Riva, J., 2015. A Comparison of Open-Source LiDAR Filtering Algorithms in a Mediterranean Forest Environment. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 3, 3, 242-253.
- Moudrý, V., Klápště, P., Fogl, M., Gdulová, K., Barták, V., & Urban, R., 2020. Assessment of LiDAR ground filtering algorithms for determining ground surface of non-natural terrain overgrown with forest and steppe vegetation. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 150, 1070.
- Nie, S., Wang, C., Dong, P., Xi, X., Luo, S., & Qin, H., 2017. A revised progressive TIN densification for filtering airborne LiDAR data. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 7(10), 409.
- Özbalmumcu, M., 2007, Fotogrametrik Yöntemle Topoğrafik Vektör Harita Üretimi ve Proje Yönetiminde Uyulması Gereken Teknik Esaslar, Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği IV. Teknik Sempozyumu, Haziran, İstanbul.
- Polat, N., & Uysal, M., 2017. DTM generation with UAV based photogrammetric point cloud. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, xli1-4/w6, 77-79.

- Polat, Nizar, & Uysal, M., 2015. Investigating performance of Airborne LiDAR data filtering algorithms for DTM generation. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 63, 61-68.
- Salach, A., Bakula, K., Pilarska, M., Ostrowski, W., Górski, K., & Kurczynski, Z. (2018). Accuracy assessment of point clouds from LidaR and dense image matching acquired using the UAV platform for DTM creation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(9), 342.
- Silva, C. A., Klauberg, C., Hentz, Â. M. K., Corte, A. P. D., Ribeiro, U., & Liesenberg, V., 2018. Comparing the performance of ground filtering algorithms for terrain modeling in a forest environment using airborne LiDAR data. *Floresta e Ambiente*.
- Sithole, G., & Vosselman, G., 2004. Experimental comparison of filter algorithms for bare-Earth extraction from airborne laser scanning point clouds. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 59, 85-101.
- Tan, Y., Wang, S., Xu, B., & Zhang, J., 2018. An improved progressive morphological filter for UAV-based photogrammetric point clouds in river bank monitoring. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, pp, 421-429.
- Ulvi, A., 2015. Metrik Olmayan Dijital Kameraların Hava Fotogrametrisinde Yakın Resim Çalışmalarında (Yere Yakın Yüksekliklerde) Kullanılabilirliği Üzerine Bir Çalışma. *Biomass Chem Eng*.
- Wan, P., Zhang, W., Skidmore, A. K., Qi, J., Jin, X., Yan, G., & Wang, T., 2018. A simple terrain relief index for tuning slope-related parameters of LiDAR ground filtering algorithms. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 143, 181-189.
- Wiechert, A., Gruber, M., Karner, K., Ponticelli, M., & Schachinger, B., 2012. The power of multi-ray photogrammetry - Ultramap 3.0. *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Annual Conference, ASPRS 2012*.

Wu, J., Tian, Y., Xu, H., Yue, R., Wang, A., & Song, X., 2019. Automatic ground points filtering of roadside LiDAR data using a channel-based filtering algorithm. *Optics and Laser Technology*, 115, 374-383.

Yang, B., Huang, R., Dong, Z., Zang, Y., & Li, J., 2016. Two-step adaptive extraction method for ground points and breaklines from lidar point clouds. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 119, 373-389.

Zeybek, M., & Şanlıoğlu, İ., 2019. Point cloud filtering on UAV based point cloud. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 12(1), 50.

Zhang, Z., Gerke, M., Vosselman, G., & Yang, M. Y., 2018. Filtering photogrammetric point clouds using standard lidar filters towards dtm generation. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, IV-2, 319-326.

URL-1, <[www.kentharita.com/fotogrametri-nedir-nerelerde-kullanilir/](http://www.kentharita.com/fotogrametri-nedir-nerelerde-kullanilir/)>, 04.02.2019

URL-2, <<https://docplayer.biz.tr/15887976-Fotogrametrik-degerlendirme-cift-fot-deg-analog-ve-analitik-stereodegerlendirme-yrd-doc-dr-aycan-m-marangoz.html>>, 16.04.2019

URL-3, <<http://lbi-archpro.org/als-filtering/lbi-project/results/lastools/filtering-algorithm-2>>, 25.08.2019

URL-4, <<http://lbi-archpro.org/als-filtering/lbi-project/results/lastools/guidelines-2>>, 10.08.2019

## ÖZGEÇMİŞ

Yıldıray OFLUOĞLU, 1992 yılında Arsin/Trabzon'da doğdu. İlk ve orta öğretimini Trabzon İli, Pelitli Beldesi, Mareşal Fevzi Çakmak İlköğretim Okulunda 2005 yılında tamamladıktan sonra, Lise eğitimini Arsin İlçesinde bulunan Arsin Anadolu Lisesinde 2009 yılında tamamladı. 2014 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümünden mezun olduktan sonra 2015 yılında Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Fotogrametri bilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Aynı dönemde amatör olarak basketbol sporuyla ilgilendi ve çeşitli amatör kulüplerde lisanslı sporcu olarak görev aldı. Askerlik görevini 2015 yılında tamamladı ve akabinde özel sektörde çalışmaya başladı. Evli ve iki çocuk babası olup, halen 2016 yılında göreve başladığı Arsin Belediyesi İmar İşleri Müdürlüğünde görev yapmaktadır.