

**İNSANSIZ HAVA ARACI GÖRÜNTÜLERİNDEN KENTSEL
ALANLARDA ARAÇ TESPİTİ**

**VEHICLE DETECTION IN URBAN AREAS FROM
UNMANNED AERIAL VEHICLE IMAGES**

MÜSLÜM ALTUN

PROF. DR. MUSTAFA TÜRKER

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim - Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

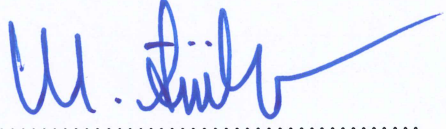
2018

MÜSLÜM ALTUN' un hazırladığı **"İnsansız Hava Aracı Görüntülerinden Kentsel Alanlarda Araç Tespiti"** adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'** nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Cevdet Coşkun AYDIN
Başkan


.....

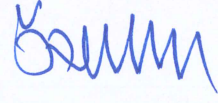
Prof. Dr. Mustafa TÜRKER
Danışman


.....

Yrd. Doç. Dr. Gonca OKAY AHİ
Üye


.....

Yrd. Doç. Dr. Yakup ÖZKAZANÇ
Üye


.....

Yrd. Doç. Dr. Emre SÜMER
Üye


.....

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- ☐ Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.

(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

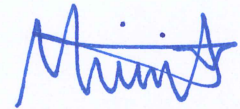
- ☒ Tezimin/Raporumun 2020 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)

- ☐ Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.

- ☐ Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi

05/02/2018



Müslüm ALTUN

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

19/01/2018

MÜSLÜM ALTUN

ÖZET

İNSANSIZ HAVA ARACI GÖRÜNTÜLERİNDEN KENTSEL ALANLARDA ARAÇ TESPİTİ

Müslüm ALTUN

Yüksek Lisans, Geomatik Mühendisliği Bölümü

Tez danışmanı: Prof. Dr. Mustafa TÜRKER

Ocak 2018, 83 sayfa

Kentsel alanlarda ve özellikle yoğun metropol şehirlerde uydu görüntüleri ya da hava fotoğrafları kullanılarak çeşitli yöntemlerle görüntü üzerindeki birbirinden farklı özellikteki bina, ağaç ve araç gibi nesnelerin otomatik olarak tespiti ve değişim analizi yapmak kentsel alanların planlanması, yönetimi ve sürdürülebilirliği için oldukça önemlidir. Söz konusu bu bilgilerin yersel ölçümler gibi klasik metotlarla elde edilmesi oldukça fazla zaman, maliyet ve işgücü kaybına neden olmaktadır. Bu sebepten dolayı bu alanda yapılan çalışmaların uydu görüntüleri veya hava fotoğrafları kullanılarak otomatik veya yarı otomatik yöntemler ile tespit edilmesi önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmasında insansız hava araçlarından (İHA) çekilerek elde edilen çok yüksek konumsal çözünürlüklü renkli ve üç banlı (Kırmızı, Yeşil, Mavi) görüntülerden kentsel alanlarda sabit araçların tespiti için bir yaklaşım geliştirilmiştir. Çalışmada veri olarak Hacettepe Üniversitesi Beytepe Yerleşkesinde bir insansız hava aracı (İHA) ile alımı yapılan görüntüler kullanılmıştır. Çalışmada ilk olarak görüntü eşleme ve otomatik korelasyon tekniği ile İHA görüntülerinden sayısal yüzey modeli (SYM) ve ardından ortofoto üretilmiştir. Sonra, tüm çalışma alanı için elde edilen ortofoto üzerinden birbirinden farklı özelliklere sahip üç adet test alanı (Test Alanı #1, Test Alanı #2 ve Test Alanı #3) seçilmiştir.

Bir sonraki aşamada, her bir test alanı için, üç bantlı (KYM) ortofoto verisi ve ek bant olarak yükseklik verisi de kullanılarak toplam dört bantlı veriye önce çoklu çözünürlük segmentasyon işlemi ve ardından kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Daha sonra, ortofoto görüntüleri üzerinden, test alanları içerisindeki her bir sabit araç geometrik şekil itibarıyla dış sınırları üzerinden kapalı birer alan olarak çizilerek, vektör veri formatında referans veri seti oluşturulmuştur. Çalışmanın son aşamasında, önerilen yöntem ile tespit edilen sabit araçlar ve referans veri seti karşılaştırılarak doğruluk analizleri yapılmıştır. Bu bağlamda, doğruluk değerleri Doğru Pozitif (True Positive - TP), Yanlış Pozitif (False Positive - FP) ve Yanlış Negatif (False Negative - FN) olarak üç farklı kategoride ele alınarak araç tespit yüzdeleri ve kalite yüzdeleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar sayısal olarak yorumlanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, Test Alanı #1 için araç tespit yüzdesi % 88.99, kalite yüzdesi % 51.56, Test Alanı #2 için araç tespit yüzdesi % 78.53, kalite yüzdesi % 55.17 ve Test Alanı #3 için araç tespit yüzdesi % 92.15, kalite yüzdesi % 72.43 olarak hesaplanmıştır. Test alanlarında yer alan bina ve ağaç gibi araç dışı nesnelerin yüksekliklerinin doğruluk analizlerini etkiledikleri görülmüştür. Özellikle otopark alanlarındaki sabit araçların, birbirlerine çok yakın şekilde park edilme durumu ve etrafındaki ağaçların ve bina çatılarının altında kalma durumu sonuçları olumsuz yönde etkilemektedir. Kullanılan SYM'nin doğruluğu ve nokta yoğunluğunun da araç tespit yüzdesini doğrudan etkilediği görülmüştür. Dolayısıyla, kullanılan ortofotonun konumsal ve spektral çözünürlüğü ile SYM'nin doğruluğunun artmasının araç tespit yüzdesi ve kalite yüzdesi değerlerinin her ikisini de artırması beklenmektedir. Elde edilen sonuçlar, bu tez çalışmasında önerilen yöntemle sabit araçların çok yüksek konumsal çözünürlüklü K, Y, M görüntülerinden otomatik tespitinin yüksek doğrulukla yapılabildiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler : İnsansız Hava Aracı (İHA), Ortofoto, Sayısal Yüzey Modeli (SYM), Segmentasyon, Sınıflandırma, Sabit Araçların Tespiti

ABSTRACT

VEHICLE DETECTION IN URBAN AREAS FROM UNMANNED AERIAL VEHICLE IMAGES

Müslüm ALTUN

Master of Sciences, Department of Geomatics Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa TÜRKER

January 2018, 83 pages

It is very important for the planning, management and sustainability of urban areas, especially in metropolitan cities to automatically detect and analyze the change of objects such as buildings, trees, and vehicles using satellite images or aerial photographs with various methods. Obtaining this information with classical methods such as terrestrial measurements causes a lot of time, cost and labor loss. Hence, it is important that the work done in this area is detected by automatic or semi-automatic methods using satellite images or aerial photographs.

In this thesis, an approach has been developed for the detection of stationary vehicles from very high spatial resolution color and three band (Red, Green, Blue) images obtained by unmanned aerial vehicles (UAV) in urban areas. Images were taken with a UAV at the Beytepe Campus of Hacettepe University in the study. In this study, first, a digital surface model (DSM) was generated by image matching and automatic correlation technique followed by orthophoto production. Then, three test fields (Test Area # 1, Test Area # 2 and Test Area # 3) with different characteristics were selected from the orthophoto of the whole study area.

In the next step, multiresolution segmentation followed by supervised classification was performed using three band (RGB) orthophoto data and elevation data as an additional band. Then, a reference dataset in vector format was created by drawing a closed area over the outer boundaries of each stationary vehicle in the test fields from the orthophotos. At the last stage of the work, stationary vehicles determined by the proposed method and the reference dataset are overlaid and accuracy analyses are performed. In this context, vehicle detection percentages and quality percentages are calculated and reviewed by considering the accuracy values in three different categories as True Positive (TP), False Positive (FP) and False Negative (FN).

According to the obtained results, the vehicle detection percentage for test area # 1 is 88.99%, the quality percentage is 51.56%, the vehicle detection percentage for test area # 2 is 78.53%, the quality percentage is 55.17% and the vehicle detection percentage for test area # 3 is 92.15% calculated as 72.43%. It has been observed that the heights of non-vehicle objects such as buildings and trees in test areas influence accuracy analyses. In particular, the stationary vehicles parked in close proximity to each other and the ones that are surrounded by the trees and parked under the roofs of the buildings are affecting the results negatively. It was observed that the accuracy of the DSM and the point density directly affected the vehicle detection percentage. Hence, it is expected that an increase in the spatial and spectral resolution of the orthophoto as well as an increase in the accuracy of the DSM will increase the vehicle detection percentage and the percentage of quality values. Obtained results show that automatic detection of stationary vehicles from very high spatial resolution RGB images can be performed with high accuracy using the method proposed in this thesis study.

Keywords : Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Orthophoto, Digital Surface Model (DSM), Segmentation, Classification, Detection of Stationary Vehicles

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında zamanını ayırarak değerli bilgilerini benimle paylaşan, katkı ve geri bildirimleriyle yol gösteren danışmanım Sayın Prof. Dr. Mustafa TÜRKER' e ve destek, yorum ve değerlendirmeleri ile katkıda bulunan Sayın Arş. Gör. Dr. Serkan URAL' a teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca her zaman maddi ve manevi olarak yanımda olup beni destekleyen ve hakkını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim aileme sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLO LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	2
1.2. Çalışmada Kullanılan Veriler ve Test Alanları.....	2
1.3. Çalışmada Kullanılan Yazılımlar.....	6
1.4. Tezin Organizasyonu.....	6
2. GEÇMİŞ ÇALIŞMALAR.....	8
3. YÖNTEM.....	11
3.1. Yöntemin Genel Adımları.....	11
3.2. KYM İHA Görüntülerinden Ortofoto ve Sayısal Yüzey Modeli (SYM) üretilmesi....	11
3.3. Sayısal Yüzey Modelinden (SYM) Yer Filtreleme İle Sayısal Arazi Modeli (SAM) Elde Edilmesi.....	15
3.4. Normalize Edilmiş Sayısal Yüzey Modelinin (nSYM) Oluşturulması.....	23
3.5. Normalize Edilmiş Sayısal Yüzey Modeli Verilerine Eşik Değer (Threshold) Uygulanması.....	26
3.6. Normalize Edilmiş Sayısal Yüzey Modeli Verilerine Morfolojik Filtre Uygulanması.....	28
3.7. Doğruluk Analizinde Kullanılacak Referans Verilerin Hazırlanması.....	31
3.8. Segmentasyon.....	33
3.9. Sınıflandırma.....	39
4. ELDE EDİLEN BULGULAR.....	45
4.1. nSYM Verisine Eşik Değer (Threshold) Uygulanması Sonucu Elde Edilen Bulgular.....	45
4.2. Segmentasyon İşleminde Elde Edilen Bulgular.....	45
4.3. Sınıflandırma İşleminde Elde Edilen Bulgular.....	46

4.4. Araçların Tespit Edilmesi ve Doğruluk Analizleri.....	48
4.4.1. Test Alanı #1.....	50
4.4.2. Test Alanı #2.....	59
4.4.3. Test Alanı #3.....	65
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	71
5.1. Sonuçlar.....	71
5.2. Öneriler.....	76
KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ.....	83



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1. Test alanları için elde edilen en uygun Ölçek, Şekil ve Yoğunluk parametreleri değerleri	35
Tablo 4.1. Test alanları için bulunan en uygun eşik değerler.....	45
Tablo 4.2. Sınıflandırılmış görüntülere ait doğruluk analizleri.....	47
Tablo 4.3. Test alanı #1’ de tespit edilen ve edilemeyen araç sayıları.....	50
Tablo 4.4. Test alanı #1’ e ait Sapma Faktörü (SF), Başarısızlık Faktörü (BF), Araç Tespit Yüzdesi (ATY) ve Kalite Yüzdesi (KY).....	51
Tablo 4.5. Test alanı #2’ de tespit edilen ve edilemeyen araç sayıları.....	59
Tablo 4.6. Test alanı #2’ ye ait Sapma Faktörü (SF), Başarısızlık Faktörü (BF), Araç Tespit Yüzdesi (ATY) ve Kalite Yüzdesi (KY).....	59
Tablo 4.7. Test alanı #3’ de tespit edilen ve edilemeyen araç sayıları.....	66
Tablo 4.8. Test alanı #3’ e ait Sapma Faktörü (SF), Başarısızlık Faktörü (BF), Araç Tespit Yüzdesi (ATY) ve Kalite Yüzdesi (KY).....	66

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Kentsel alanlarda sabit araçların tespiti.....	1
Şekil 1.2. Çalışma alanı ve test alanları.....	3
Şekil 1.3. Test alanları; a) #1, b) #2 ve c) #3.....	5
Şekil 3.1. Yöntem akışı diyagramı 1.....	12
Şekil 3.2. İç yöneltme parametreleri.....	11
Şekil 3.3. Dış yöneltme parametreleri.....	13
Şekil 3.4. Çalışma alanı içinde yer alan yer kontrol noktaları ve konumları.....	14
Şekil 3.5. Üretilen ortofoto.....	14
Şekil 3.6. Nokta bulutu olarak elde edilen sayısal yüzey modeli.....	15
Şekil 3.7. a) Nokta bulutu görüntüsü ve b) Yanlış enterpole edilen noktalar.....	16
Şekil 3.8. Yer filtrelemesi için test alanlarında kullanılan parametreler ve parametre değerleri.....	17
Şekil 3.9. TIN veri modelinin oluşturulmasında kullanılan parametreler.....	18
Şekil 3.10. Test Alanı #1' e ait a) elde edilen Sayısal Yüzey Modeli (SYM) ve b) elde edilen Sayısal Arazi Modeli (SAM).....	20
Şekil 3.11. Test Alanı #2' ye ait a) elde edilen Sayısal Yüzey Modeli (SYM) ve b) elde edilen Sayısal Arazi Modeli (SAM).....	21
Şekil 3.12. Test Alanı #3' e ait a) elde edilen Sayısal Yüzey Modeli (SYM) ve b) elde edilen Sayısal Arazi Modeli (SAM).....	22
Şekil 3.13. Yöntem akışı diyagramı 2.....	23
Şekil 3.14. Test Alanı #1 için hesaplanmış nSYM verisi.....	24
Şekil 3.15. Test Alanı #2 için hesaplanmış nSYM verisi.....	25
Şekil 3.16. Test Alanı #3 için hesaplanmış nSYM verisi.....	25
Şekil 3.17. İkili eşik değer (double threshold) uygulanmış Test Alanı #1' e ait nSYM.....	26
Şekil 3.18. İkili eşik değer (double threshold) uygulanmış Test Alanı #2' ye ait nSYM.....	27
Şekil 3.19. İkili eşik değer (double threshold) uygulanmış Test Alanı #3' e ait nSYM.....	27
Şekil 3.20. Test Alanı #1 içinden bir bölgeye ait a) nSYM verisi ve b) nSYM verisine morfolojik filtre uygulanması sonrası durum.....	28
Şekil 3.21. Morfolojik filtre uygulanmış Test Alanı #1' e ait nSYM.....	29
Şekil 3.22. Morfolojik filtre uygulanmış Test Alanı #2' ye ait nSYM.....	30
Şekil 3.23. Morfolojik filtre uygulanmış Test Alanı #3' e ait nSYM.....	30

Şekil 3.24. Test Alanı #1'e ait ortofoto üzerinden çizilmiş referans veriler (Kırmızı).....	31
Şekil 3.25. Test Alanı #2'ye ait ortofoto üzerinden çizilmiş referans veriler (Kırmızı).....	32
Şekil 3.26. Test Alanı #3' e ait ortofoto üzerinden çizilmiş referans veriler (Kırmızı).....	32
Şekil 3.27. eCognition yazılımı çoklu çözünürlük segmentasyon algoritması.....	34
Şekil 3.28. Test alanı #1 için elde edilen ESP-2 grafik çıktısı.....	35
Şekil 3.29. Test alanı #2 için elde edilen ESP-2 grafik çıktısı.....	36
Şekil 3.30. Test alanı #3 için elde edilen ESP-2 grafik çıktısı.....	36
Şekil 3.31. Test Alanı #1 görüntüsü üzerinde yapılan segmentasyon işlemi sonucu.....	37
Şekil 3.32. Test Alanı #2 görüntüsü üzerinde yapılan segmentasyon işlemi sonucu.....	38
Şekil 3.33. Test Alanı #3 görüntüsü üzerinde yapılan segmentasyon işlemi sonucu.....	38
Şekil 3.34. Test Alanları için tanımlanan sınıflar.....	39
Şekil 3.35. Test Alanı #1' e ait görüntü sınıflandırması için toplanan örnek eğitim alanı segmentleri.....	40
Şekil 3.36. Test Alanı #1' e ait görüntünün sınıflandırılması ile elde edilen sınıflandırma çıktısı.....	41
Şekil 3.37. Test Alanı #2' ye ait görüntü sınıflandırması için toplanan örnek eğitim alanı segmentleri.....	42
Şekil 3.38. Test Alanı #2' ye ait görüntünün sınıflandırılması ile elde edilen sınıflandırma çıktısı.....	43
Şekil 3.39. Test Alanı #3' e ait görüntü sınıflandırması için toplanan örnek eğitim alanı segmentleri.....	44
Şekil 3.40. Test Alanı #3' e ait görüntünün sınıflandırılması ile elde edilen sınıflandırma çıktısı.....	44
Şekil 4.1. Test Alanı #3' e ait farklı ölçek parametre değerleri ile bulunan segmentasyon işlemi sonuçları.....	46
Şekil 4.2. a) Tespit edilen örnek durum , b) Doğru Pozitif (TP) , c) Yanlış Negatif (FN) , d) Yanlış Pozitif (FP) , e) Doğru Negatif (TN).....	49
Şekil 4.3. Test alanı #1 için bulunan Doğru Pozitif (TP) alanlar.....	52
Şekil 4.4. Test alanı #1 için bulunan Yanlış Pozitif (FP) alanlar.....	54
Şekil 4.5. Test alanı #1 içinde yer alan ağaç benzeri küçük çalılıklar.....	55
Şekil 4.6. Test alanı #1 içinde yer alan merdiven alanları.....	56
Şekil 4.7. Test alanı #1 içinde yer alan yüksek istinat duvarı.....	56
Şekil 4.8. Test alanı #1 içinde yer alan havalandırma bacaları.....	56
Şekil 4.9. Test alanı #1 içinde yer alan yüksek boylu ağaçlar.....	57

Şekil 4.10.	Test alanı #1 için bulunan Yanlış Negatif (FN) alanlar.....	58
Şekil 4.11.	Test alanı #2 için bulunan Doğru Pozitif (TP) alanlar.....	60
Şekil 4.12.	Test alanı #2 için bulunan Yanlış Pozitif (FP) alanlar.....	61
Şekil 4.13.	Test alanı #2 içinde yer alan ağaç benzeri küçük çalılıklar.....	62
Şekil 4.14.	Test alanı #2 içinde yer alan oldukça eğimli şev (hendek) alanları.....	62
Şekil 4.15.	Test alanı #2 içinde yer alan sundurmalar.....	62
Şekil 4.16.	Test alanı #2 içinde yer alan oturma bankları.....	63
Şekil 4.17.	Test alanı #2 içinde yer alan binalar.....	63
Şekil 4.18.	Test alanı #2 içinde yer alan yüksek boylu ağaçlar.....	64
Şekil 4.19.	Test alanı #2 için bulunan Yanlış Negatif (FN) alanlar.....	65
Şekil 4.20.	Test alanı #3 için bulunan Doğru Pozitif (TP) alanlar.....	67
Şekil 4.21.	Test alanı #3 için bulunan Yanlış Pozitif (FP) alanlar.....	68
Şekil 4.22.	Test alanı #3 içinde yer alan oldukça eğimli şev (hendek) alanları.....	69
Şekil 4.23.	Test alanı #3 içinde yer alan yüksek boylu ağaçlar.....	69
Şekil 4.24.	Test alanı #3 için bulunan Yanlış Negatif (FN) alanlar.....	70

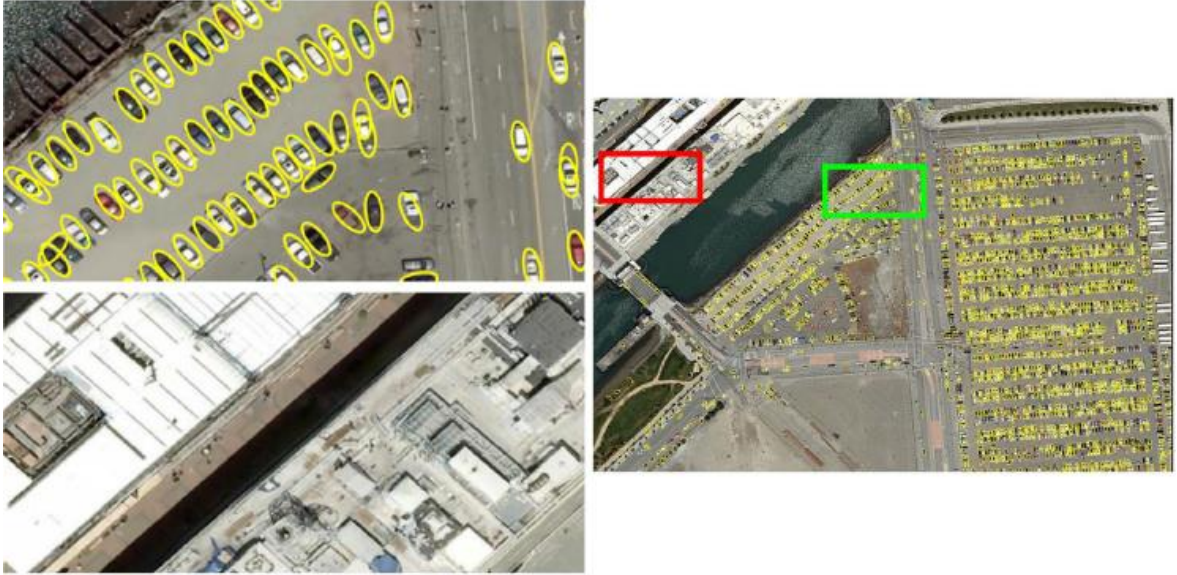
KISALTMALAR LİSTESİ

Kısaltmalar

μm	Mikrometre
m	Metre
m^2	Metrekare
cm	Santimetre
mm	Milimetre
İHA	İnsansız Hava Aracı
SYM	Sayısal Yüzey Modeli
SAM	Sayısal Arazi Modeli
nSYM	Normalize Edilmiş Sayısal Yüzey Modeli
LİDAR	Lazer Tarama ve Altimetre (Light Detection And Ranging)
KYM	Kırmızı, Yeşil ve Mavi
WGS84	Dünya Jeodezik Sistemi 1984 (World Geodetic System 1984)
UTM	Uluslararası Merkator Projeksiyonu (Universal Transverse Mercator)
TIN	Üçgenlenmiş Düzensiz Ağ (Triangulated Irregular Network)
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
TP	True Positive (Doğru Pozitif)
FN	False Negative (Yanlış Negatif)
FP	False Positive (Yanlış Pozitif)
TN	True Negative (Doğru Negatif)
SF	Sapma Faktörü
BF	Başarısızlık Faktörü
ATY	Araç Tespit Yüzdesi
KY	Kalite Yüzdesi
TED	Tespit Edilme Doğruluğu
TEB	Tespit Edilme Bütünlüğü

1. GİRİŞ

Kentsel alanlarda, banliyö bölgelerinde ve yoğun yerleşim alanları içinde kalan şehirlerde uydu görüntülerinden ve hava fotoğraflarından otomatik olarak bina, ağaç ve diğer nesnelerin tespiti ve değişim analizi günlük hayatta pratik olarak kullanılır bir hale gelmiştir. Bunun yanı sıra araç tespiti de son zamanların önemli bir çalışma konusu olmuştur. Araç nesneleri bina, ağaç ve diğer zemin üstü nesnelere göre geometrik şekil ve boyut itibarıyla daha küçüktür. Dolayısıyla kapladığı alan ve yerden yüksekliği bu derece küçük olan araçları tespit etmek için kullanılan görüntülerin zemin üstü nesneleri ne kadar detayla gösterdiği ve yükseklik modelinin doğruluğu oldukça önemlidir. Dolayısıyla, bu bağlamda yüksek konumsal ve spektral çözünürlük özelliklerinin araç tespiti çalışmalarında kullanılan verilerde bulunması önem arz etmektedir. Bu sebepten dolayı uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarına göre daha alçaktan çekilmesi ve kullandığı kamera itibarıyla çok yüksek konumsal çözünürlüklü görüntü sağlama özelliği ile İnsansız Hava Aracı (İHA) görüntüleri kullanılarak araç tespiti günümüzün ilgi çeken araştırma konuları arasında yer almaktadır. Yapılan bilimsel çalışmalarda tespit edilen araçlar Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) faaliyetlerinde kullanılarak birçok uygulamaya olanak sağlamaktadır [1], [2], [3] ve [61]. Şekil 1.1’de sabit araçların tespitine yönelik yapılmış örnek bir çalışma gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Kentsel alanlarda sabit araçların tespiti [1], [2], [3], [61]

Sabit araçların tespiti için yaklaşık son 10 yıldır, Lazer Tarama ve Altimetre (LİDAR) verileri, uydu görüntüleri veya hava fotoğraflarının kullanıldığı görülmektedir. Ancak son zamanlarda sabit araçları tespit etmek için yapılan çalışmalarda, İHA görüntülerinin

kullanıldığına sıklıkla rastlanmaktadır. Benzer şekilde İHA görüntüleri ve yükseklik verilerini kullanarak yapılan sabit araç tespiti çalışmaları da bulunmaktadır. [4], [5] ve [6].

Bu çalışmada kullanılan orofoto, gerçek (true) ortofoto olup, tezin bundan sonraki kısmında “ortofoto” adı altında kullanılacaktır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasının amaçları ve objektifleri şu şekildedir.

- İHA ile alımı yapılan çok yüksek konumsal çözünürlüklü ve üç bantlı (Kırmızı-K, Yeşil-Y ve Mavi-M) görüntülerden sabit araçların tespiti için bir yaklaşım geliştirmek.
- Üç bantlı (KYM) ortofoto verisi ve Sayısal Yüzey Modeli (SYM) verisi de ilave bant olacak şekilde birlikte değerlendirilerek en uygun segmentasyon parametrelerini belirlemek.
- Üç bantlı (KYM) ortofoto ve ek bant olarak SYM kullanılarak nesne tabanlı çoklu çözünürlük segmentasyon işlemi yapmak ve ardından bu segmentler kullanılarak sınıflandırma işlemi yaparak sabit araçları tespit etmek.
- Önerilen sabit araç tespiti yaklaşımını farklı yoğunlukta ve büyüklükte araçların bulunduğu ve farklı özelliklerde araç dışı nesnelerin bulunduğu test alanlarında denemek ve araç tespit doğruluğu ve araç tespit kalitesi sonuçlarını her yönüyle analiz etmek.

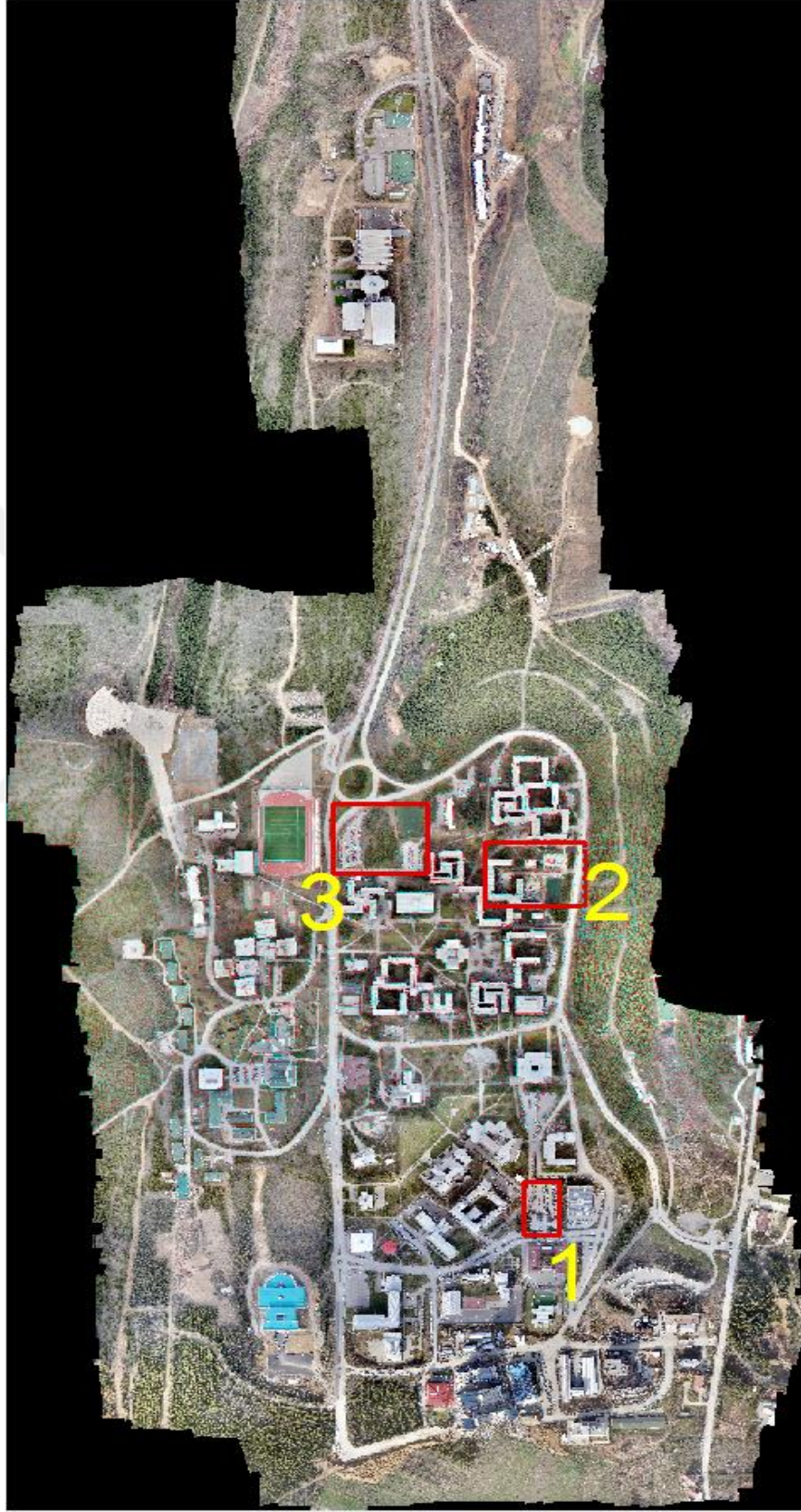
1.2. Çalışmada Kullanılan Veriler ve Test Alanları

Bu çalışmada Hacettepe Üniversitesi Beytepe yerleşkesinde İHA ile yaklaşık 90 metre yüksekten çekilmiş olan 116 adet KYM üç bantlı renkli görüntüler kullanılmıştır. İHA ile elde edilen renkli görüntüler 18.3 mm odak uzaklığına sahip modeli GR olan dijital kamera ile çekilmiştir. Çekilen her bir görüntünün boyutu 4928 satır ve 3264 sütun olup görüntüdeki bir pikselin boyutu ise $4.784 \times 4.784 \mu\text{m}$ ’ dir. Bir pikselin arazide kapladığı alan anlamına gelen konumsal çözünürlük 0.022 metre x 0.022 metre olup tüm görüntülerin yerde kapladığı toplam alan ise yaklaşık olarak 454 hektardır.

Şekil 1.2’ de görüleceği üzere aşağıda yaklaşık koordinatları verilen alan çalışma alanı olarak belirlenmiş ve bu alan içerisinde farklı özelliklere sahip üç ayrı test alanı seçilmiştir. Projeksiyon bilgileri WGS84 UTM - Zone; 36N olan çalışma alanının yaklaşık koordinatları; 476620 E, 4415535 N (Kuzey batı), 476620 E, 4412241 N (Güney batı), 477999 E, 4415535 N (Kuzey doğu) ve 479999 E, 4412241 N (Güney doğu)’ dur.

“ Test Alanı #1”, “ Test Alanı #2” ve “Test Alanı #3” şeklinde adlandırılan test alanları “.tif” formatında olup K, Y ve M bantlara sahiptir (Şekil 1.3). Test alanlarının belirlenmesinde özellikle araçların park alanlarındaki yoğunluğu, büyüklüğü ve sayısı

dikkate alınmıştır. Her bir test alanı için, daha önce üretilen SYM verisinden, yüzey modelleri de ayrıca seçilmiştir.



Şekil 1.2. Çalışma alanı ve test alanları



a)



b)



c)

Şekil 1.3. Test alanları; a) #1, b) #2 ve c) #3

Test alanı #1 içerisinde 155 adet sabit araç bulunmaktadır. Bu araçların çoğu park alanında ve bir kısmı da yol kenarlarındadır. Bu test alanında sabit araçların oldukça yakınında bulunan çok yüksek istinat duvarı, merdivenler, geometrik şekli ve yüksekliği ile araca benzeyen, zemin üzerindeki havalandırma bacası ve yüksek boylu ve çeşitli türdeki ağaçlar bulunmaktadır.

Test alanı #2 içerisinde 175 adet sabit araç bulunmaktadır. Bu araçların çoğu park alanında ve bir kısmı da yol kenarlarındadır. Bu test alanında oldukça yüksek binalar bulunmaktadır. Bu binaların çatı sundurmalarının araçların düşey konum olarak üstünde kalması yöntemin başarısının testi için önemlidir. Benzer şekilde yüksek boylu ve farklı türdeki ağaçların dallarının da bazı araçların üstünü kapattığı görülmektedir. Ağaç benzeri küçük çalılıklar, oturma bankları, çardak, araçların yanındaki eğimli şev (hendek) alanları da bu test alanı içerisinde bulunmaktadır.

Test alanı #3 içerisinde 217 adet sabit araç bulunmaktadır. Bu araçların büyük çoğunluğu park alanında bulunmaktadır. Araçların bir kısmı ise yol kenarındadır. Bu test alanında diğer iki test alanından farklı olarak yol kenarında bir adet otobüs bulunmaktadır. Benzer şekilde çimenlik alan üzerindeki beton zemin, futbol sahası ve yanındaki kulübe benzeri sundurma ve çok yüksek boylu ve farklı türdeki ağaçlar da bu test alanı içerisinde bulunmaktadır.

1.3. Çalışmada Kullanılan Yazılımlar

Çalışmada Agisoft Photoscan, Lastools, ArcGIS, MATLAB, ve eCognition Developer yazılımları kullanılmıştır. Agisoft Photoscan yazılımı ile KYM üç bantlı renkli İHA görüntülerinden ortofoto üretimi yapılmıştır. Elde edilen ortofoto kullanılarak nokta bulutu şeklinde Sayısal Yüzey Modeli oluşturulmuştur. Lastools yazılımı ile, üretilen SYM verisi kullanılarak yer filtreleme (ground filtering) işlemi yapılmış ve Sayısal Arazi Modeli (SAM) verisi elde edilmiştir. ArcGIS yazılımında Normalize Edilmiş Sayısal Yüzey Modeli (nSYM) oluşturulması, nSYM verisine eşik değeri (threshold) konulması ve doğruluk analizinde kullanılacak olan referans verilerin hazırlanması ve her bir referans nesnesi için alan hesaplatılması işlemleri yapılmıştır. MATLAB yazılımında nSYM verilerine morfolojik filtre uygulanması işlemi yapılmıştır. eCognition yazılımında ise üretilen ortofoto ve nSYM verisi birlikte kullanılarak sırasıyla segmentasyon ve sınıflandırma işlemleri yapılmıştır.

1.4. Tezin Organizasyonu

Bu tez çalışması toplam 5 ana bölümden oluşmaktadır. Tezin 1. bölümünde konuya giriş yapılarak kısa ve öz olarak açıklamalar yapılmıştır. Tezin 2. bölümünde araç tespiti ile

ilgili yapılan geçmiş çalışmalar hakkında bilgi verilmiş, çalışmaların yapılma yılı sırasına göre günümüze doğru yapılan çalışmalardan ve kullandėđı algoritmalarından bahsedilmiştir. Tezin 3. bölümünde çalışmanın amacına uygun olarak kullanılan yöntem, algoritma ve yapılan uygulamalar ve parametreleri anlatılmıştır. Tezin 4. bölümünde ise yapılan uygulamalar sonucu elde edilen bulgular detaylı bir şekilde anlatılarak, doğruluk analizleri yorumlanmıştır. Tezin son bölümü olan 5. bölümünde ise çalışmanın sonunda bulunan sonuçlar değerlendirilmiş ve bundan sonraki çalışmalar için önemli olabilecek gerekli öneriler getirilerek bu tez çalışması böylece sonlandırılmıştır.



2. GEÇMİŞ ÇALIŞMALAR

Tez çalışmasının bu bölümünde araç tespiti ile ilgili daha önce yapılmış olan çalışmalar hakkında bilgi verilmiş, çalışmaların yapılma yılı sırasına göre günümüze doğru yapılan çalışmalardan ve kullandığı algoritmalarından bahsedilmiştir. Geçmiş çalışmalara bakıldığında araç tespit etmek için farklı çözünürlükteki uydu görüntüleri veya hava fotoğraflarının kullanıldığı dikkat çekmektedir. Bu çalışmada farklı olarak araç tespit etmek için uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarına göre çok daha yüksek konumsal çözünürlüklü İHA görüntüleri kullanılmıştır. Dolayısıyla bu özelliği ile, yapılan bu tez çalışması geçmişte yapılmış olan çalışmalardan ayrılmaktadır.

Geçmişte yapılmış olan çalışmalardan, [7] tarafından 2005 yılında yapılmış bir çalışmada 2000 yılına ait Ikonos uydu görüntüleri ve 2003 yılına ait Quickbird uydu görüntüleri ile araç tespiti yapılmış, bu tür çalışmalar için çok yüksek çözünürlüklü görüntüleri kullanmanın önemi vurgulanmıştır. Bu çalışmada araçların kenarlarını çıkaran (edge extraction) algoritma kullanılmış ve % 95 oranında doğruluk sonucu elde edilmiştir.

[8] tarafından 2005 yılında yapılmış bir çalışmada pankromatik Quickbird uydu görüntüleri ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) verisi ile anlık olarak elde edilen görüntüler karşılaştırılarak değişim tespit edilmiş ve koyu renkli araçlar % 84.5, açık renkli araçlar % 81.8 ve birbirine çok yakın komşu olan araç tipleri ise % 74.1 doğruluk oranında tespit edilmiştir.

[9] tarafından 2006 yılında yapılmış bir çalışmada Ikonos uydu görüntüleri ile vektör veri formatında CBS yol haritası birlikte değerlendirilerek CBS verileri ile uydu görüntülerini birlikte analizini yapmanın önem arz ettiği söylenmiştir. Bu çalışmada morfoloji ağırlıklı yapay sinir ağları algoritması kullanılmış ve %85 oranında doğruluk sonucu elde edilmiştir.

[10] tarafından 2007 yılında yapılmış bir çalışmada 60 cm konumsal çözünürlüklü Quickbird uydu görüntüleri kullanılarak araç tespiti yapılmıştır. Bu çalışmada karşıt ağ yaklaşımı (Antibody Network Concept) algoritması kullanılmış ve %90 oranında doğruluk sonucu elde edilmiştir.

[11] tarafından 2007 yılında yapılmış bir çalışmada 1 metre konumsal çözünürlüklü Ikonos uydu görüntüleri ile siyah beyaz (pankromatik) görüntülere ana bileşenler analizi (Principal Component Analysis) tekniğiyle iyileştirilerek araç dışı nesneler ayrı ayrı ayıklanmıştır. Son adım olarak uygun eşik değerler konularak araç nesneleri tespit edilmiş ve %88 oranında doğruluk sonucu elde edilmiştir.

[12] tarafından 2008 yılında yapılmış bir çalışmada 61 cm konumsal çözünürlüklü siyah beyaz (pankromatik) Quickbird uydu görüntüleri ile 2.44 metre konumsal çözünürlüklü renkli (multispektral) görüntüler ve Sayısal Yükseklik Modeli (Digital Elevation Data-DEM) verisi kullanılarak hareketli araçların tespiti yapılmıştır. Bu işlemde birbirine çok yakın iki farklı zaman diliminde araçların yer değiştirme miktarı tespit edilerek hız faktörü işleme dahil edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan DEM verisinin kalitesi sonuçları etkilemiş ve %77 oranında doğruluk sonucu elde edilmiştir.

[13] tarafından 2010 yılında yapılmış bir çalışmada farklı uydu görüntüleri denenerek ve çalışma alanının CBS vektör verisi üzerine karşılaştırılarak araç tespiti yapılmıştır. Bu çalışmada uyarlanırlı güç (Adaptive Boosting) algoritması kullanılmış ve %80 üzeri oranında doğruluk sonucu elde edilmiştir.

[14] tarafından 2011 yılında yapılan bir çalışmada aynı alanın 0.2 saniye aralıklarla çekilen Quickbird renkli ve siyah beyaz uydu görüntüleri kullanılarak hareketli araçların tespiti yapılmıştır. Bu çalışmada bulanık mantık (Fuzzy C-Means) algoritması kullanılmış ve gerekli filtreler uygulanarak sonuçlar iyileştirilmiş ve çalışma alanı içerisindeki 268 adet araçtan 221 adet araç tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmanın sonunda bu işlemin İnsansız Hava Araçları (İHA) kullanılarak yapılması durumunda elde edilen sonuçların doğruluğunun artırılabilirliği belirtilmiştir.

[15] tarafından 2011 yılında yapılan bir çalışmada Google Earth uydu görüntülerinden araç tespiti yapılmıştır. Bunun için en küçük kareler yöntemi (A Partial Least Square Analysis) ve çift üstel fonksiyon türevi (Derivative of the Double Exponential) algoritması kullanılmış ve %80 bulunan araç ve %20 kalan araç şeklinde doğruluk sonucu verilmiştir.

[16] tarafından 2012 yılında yapılmış bir çalışmada 50 cm konumsal çözünürlüklü WorldView-2 uydu görüntüleri kullanılarak daha yüksek konumsal çözünürlük ve daha çok spektral bant kullanmanın önemi vurgulanarak hareketli araç tespiti yapılmıştır. Bu çalışmanın obje tabanlı yol çıkarımı (Object Based Road Extraction), hareketli araçların uydu görüntüsünden çıkarımı (Moving Vehicle Extraction from satellite image) ve hız kestirimi (Velocity Estimation) diye üç adımdan oluşan algoritma zinciri ile yapıldığı söylenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen doğruluk sonuçları tespit edilme doğruluğu %92 ve tespit edilme bütünlüğü ise %77 olarak verilmiştir.

[17] tarafından 2012 yılında 15 cm konumsal çözünürlüklü hava fotoğrafları ve vektör veri formatındaki CBS yol haritası ile araç tespiti yapılmıştır. Bu çalışmada kenar çıkarımı (Edge Detection) algoritması kullanılmış ve ardından gerekli morfolojik filtre uygulanarak %92 oranında doğruluk sonucu elde edilmiştir.

[18] tarafından 2013 yılında İHA görüntüleri ve yersel lazer tarama tekniğiyle elde edilen nokta bulutu verisi birlikte değerlendirilerek işlem yapılmıştır. Nokta bulutu verisinden sayısal yüzey modeli (SYM) elde edilmiş ve İHA görüntüleriyle birlikte analizi sonucu tespit edilen araç doğruluğu yaklaşık olarak %90 civarındadır.

[19] tarafından 2014 yılında Quickbird uydu görüntüsüne ait renkli ve siyah beyaz görüntüler ile hareketli araçların tespitine yönelik yeni bir matematiksel yöntem önerilmiştir ve bu önerilen yöntem test alanı üzerinde denenmiştir. Bu yöntemde aracın konumuna göre hız parametresinin belirlendiği söylenmiştir. Bu yöntemden beklenen sonuç doğruluğunun yaklaşık %90 civarında olacağı tahmin edilmiştir.

[20] tarafından 2015 yılında yapılan bir çalışmada “Light Detection and Ranging” (LIDAR) verisinden üretilen SYM ile yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları ile görüntü üzerindeki diğer nesnelere komşu olmayan tek olan araçların havadan gözlemi yapılarak tespit edildiği ve %76 oranında doğruluk sonucu elde edildiği söylenmiştir.

[21] tarafından 2016 yılında çeşitli uydu görüntüleri kullanılarak ikili normlu cebir (Binary Normed Gradients) ve evrişim sinir ağıları (Convolutional Neural Network) algoritmaları kullanılarak sabit araçların tespiti yapılmıştır. Bu yöntemden %96 oranında doğruluk sonucu alındığı belirtilmiştir. Ayrıca bu yöntemin günlük hayatta kullanılabilecek pratik bir yöntem olmadığı, oldukça zaman alıcı ve uzun işlem adımlarından oluştuğu söylenmiştir ve ancak bilimsel çalışmalar için uygun olacağı önerilmiştir.

[22] tarafından 2016 yılında yapılan bir çalışmada optik görüntü ve yükseklik verileri birlikte değerlendirilerek segment tabanlı yöntemle sabit araçların tespiti yapılmıştır. Bu yöntemden alınan sonuç doğruluğunun yaklaşık %92 civarında olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada SYM verisinden SAM verisi ve nSYM verisi elde edilmiş ve optik görüntü ile beraber analiz edilmiştir. Burada kullanılan optik görüntünün radyometrik çözünürlüğü 16 bit, konumsal çözünürlüğü 10 cm olan dijital ortofoto olduğu belirtilmiştir. Test alanında 269 adet araç kullanılarak geliştirilen yöntemin test edildiği belirtilmiştir. Ayrıca bulunduğu konum itibarıyla birbirlerine çok yakın komşu olan sabit araçlar için bu yöntemin sağlıklı çalışmayabileceği belirtilmiştir. Doğru parametre ve parametre değerleri seçimi için basit eşik değerler (threshold) konularak optimum değerlerin bulunup kullanıldığı belirtilmiştir. Diğer taraftan, nSYM verilerinin doğruluk sonuçlarını nasıl değiştirdiği yorumlanmıştır. Nokta bulutu yüzeyi ne kadar iyi temsil edilirse ve ne kadar fazla nokta yoğunluğu olursa, aynı oranda kaliteli nSYM verisi elde edileceği ve elde edilen doğruluk sonuçlarının artacağı belirtilmiş ve yöntemi daha sonradan kullanacak olanlara önerilerde bulunulmuştur.

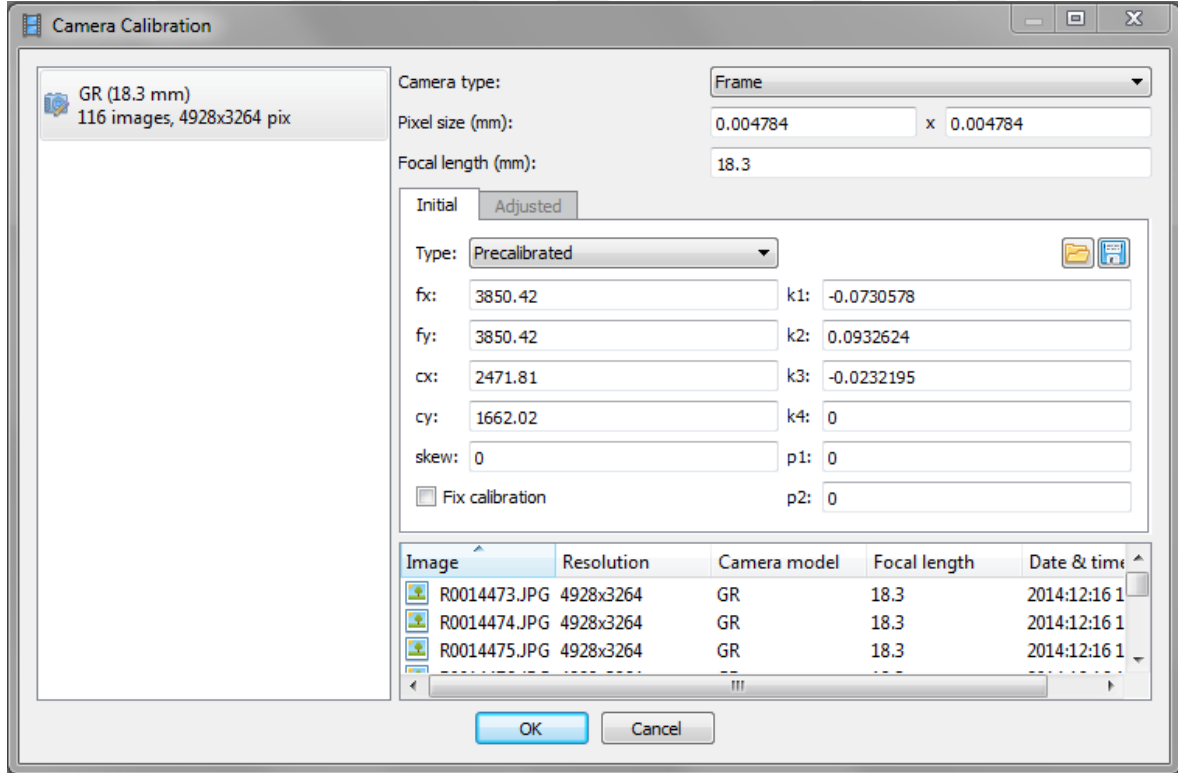
3. YÖNTEM

3.1. Yöntemin Genel Adımları

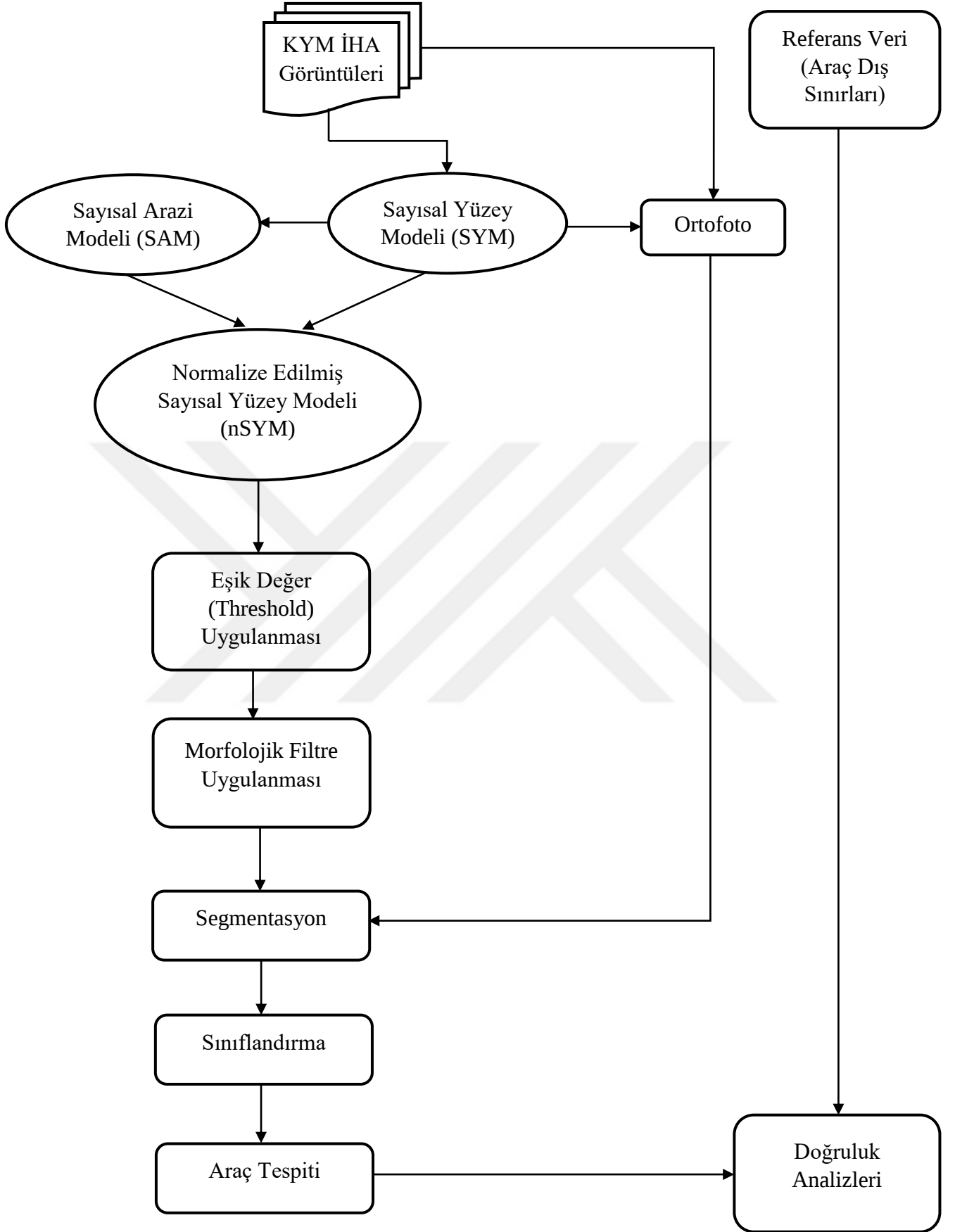
Bu çalışmada kullanılan yöntem iki ana aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalardan ilki yöntem içinde kullanılan verilerin hazırlanmasıdır. KYM üç bantlı İHA görüntülerine havai triangülasyon yapılarak Sayısal Yüzey Modeli (SYM) oluşturulmuştur. Sonra, elde edilen SYM ve İHA görüntüleri kullanılarak ortofoto üretilmiştir. Ardından SYM' ye gerekli işlem adımları sırasıyla uygulanarak Sayısal Arazi Modeli (SAM) ve Normalize edilmiş Sayısal Yüzey Modeli (nSYM) üretilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise üretilen ortofoto ve nSYM verisi birlikte değerlendirilerek segmentasyon, sınıflandırma ve doğruluk analizi işlemleri yapılmıştır. Çalışmada kullanılan yöntemin işlem adımlarını özetleyen akış diyagramı Şekil 3.1.' de gösterilmiştir.

3.2. KYM İHA Görüntülerinden Ortofoto ve Sayısal Yüzey Modeli (SYM) üretilmesi

İlk olarak Hacettepe Üniversitesi Beytepe yerleşkesinde bir İHA ile çekilen 116 adet hava fotoğrafından Agisoft Photoscan yazılımı ile SYM üretilmiştir. Bunun için her bir görüntüye ait olan kamera kalibrasyon raporundan alınan kamera bilgileri, köşe markaları koordinatları ve kameraya ait mercek distorsiyon değerleri alınarak, yazılıma tanımlanmış ve otomatik iç yöneltme yapılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. İç yöneltme parametreleri



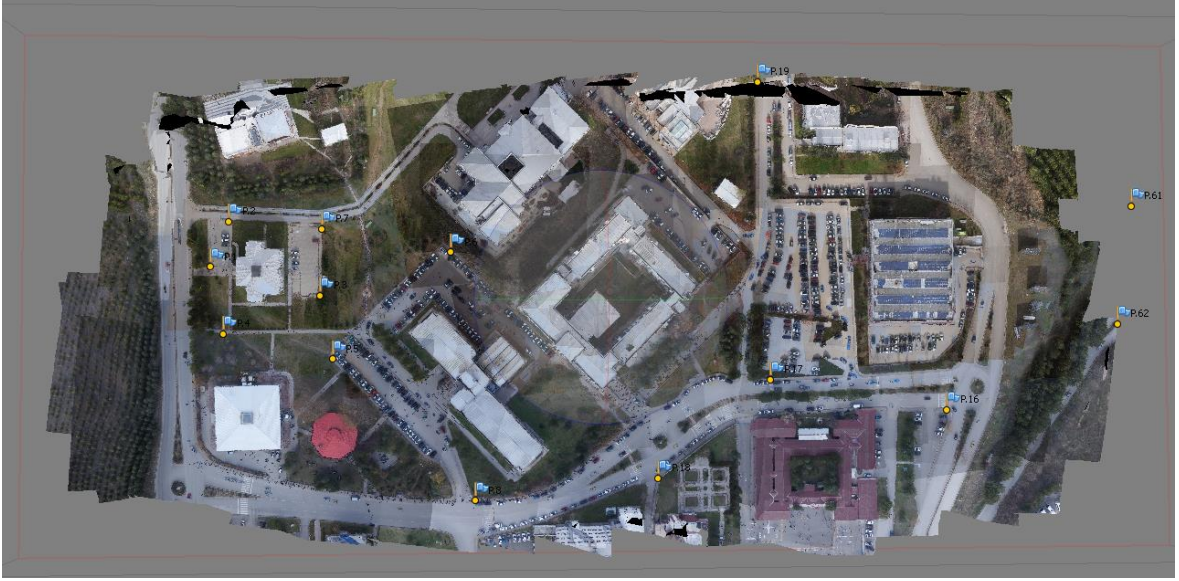
Şekil 3.1. Yöntem akışı diyagramı 1

Daha sonra, İHA görüntüleri ile yer koordinat sistemi arasındaki bağlantıyı kurmak için dış yöneltme işlemine geçilmiş ve her bir İHA görüntüsüne ait toplam 6 adet dış yöneltme elemanı olan alım noktası koordinatları (X, Y, h) ve üç dönüklük açısı ω (roll), ϕ (pitch) ve κ (yaw) değerleri yazılıma tanımlanarak eklenmiştir (Şekil 3.3). Projeksiyon bilgileri olan Jeodezik datum; WGS84 UTM - Zone; 36N, Dilim orta meridyeni (Central meridian) 33, Projeksiyon; Transverse Mercator, Elipsoid; WGS84 ve bu girdi elemanlarının birimi ise metre olarak girilmiş olup referans bilgileri de böylece projeye tanıtılmıştır.

Label	X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
#	Easting	Northing	Height	Roll	Pitch	Yaw
R0014102.JPG	476827.5300	4413209.5000	1125.2000	-2.0770	0.6500	4.4861
R0014103.JPG	476858.7500	4413213.0000	1124.2600	0.9967	2.3611	2.7571
R0014104.JPG	476889.1200	4413213.5000	1123.9300	-3.1258	1.5843	1.9985
R0014105.JPG	476923.0000	4413214.5000	1124.2800	3.9221	2.0740	1.8714
R0014106.JPG	476953.3800	4413214.5000	1123.4000	-3.8608	1.9210	-1.1326
R0014107.JPG	476987.8400	4413214.5000	1123.5800	2.5929	0.6029	-2.8400
R0014108.JPG	477017.6300	4413214.0000	1124.6100	0.4872	2.9003	-2.7113
R0014109.JPG	477050.3800	4413213.0000	1125.5200	-2.2658	3.4324	-2.2021
R0014110.JPG	477082.8100	4413211.5000	1123.9600	-2.4772	0.7949	-1.7071

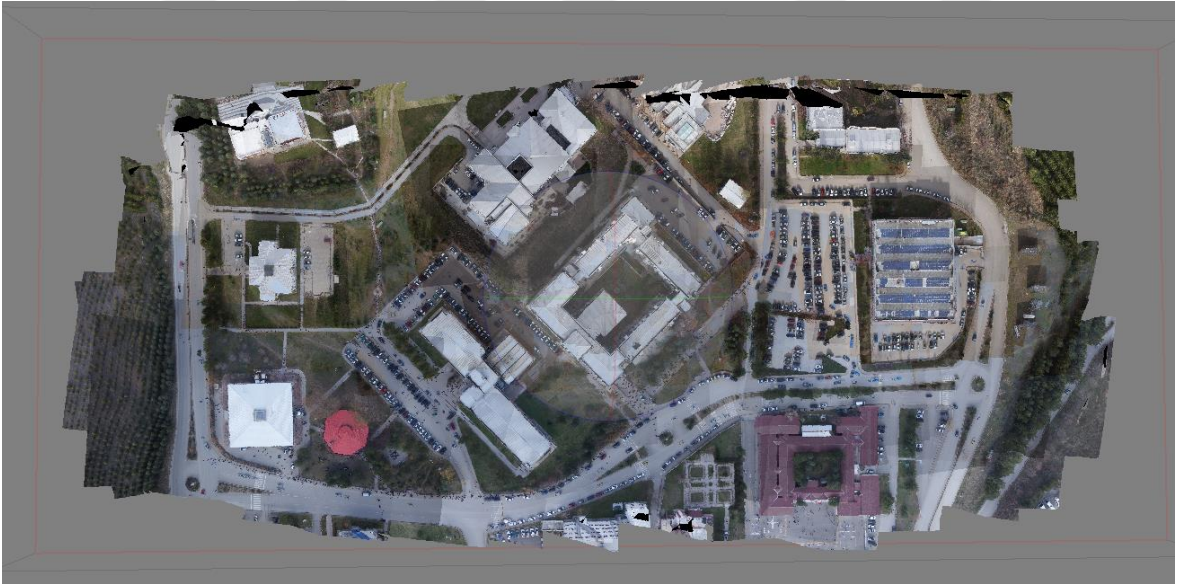
Şekil 3.3. Dış yöneltme parametreleri

Proje alanı içerisinde daha önceden jeodezik çalışmalar ile tesis edilen 11 adet yer kontrol noktasına ait koordinat bilgileri de (X, Y, h) projeye eklenmiş ve havai triangülasyon işlemi yapılarak her bir İHA görüntüsüne ait ışın demetinin araziye göre olan yöneltmesi ve konumu belirlenmiştir (Şekil 3.4).

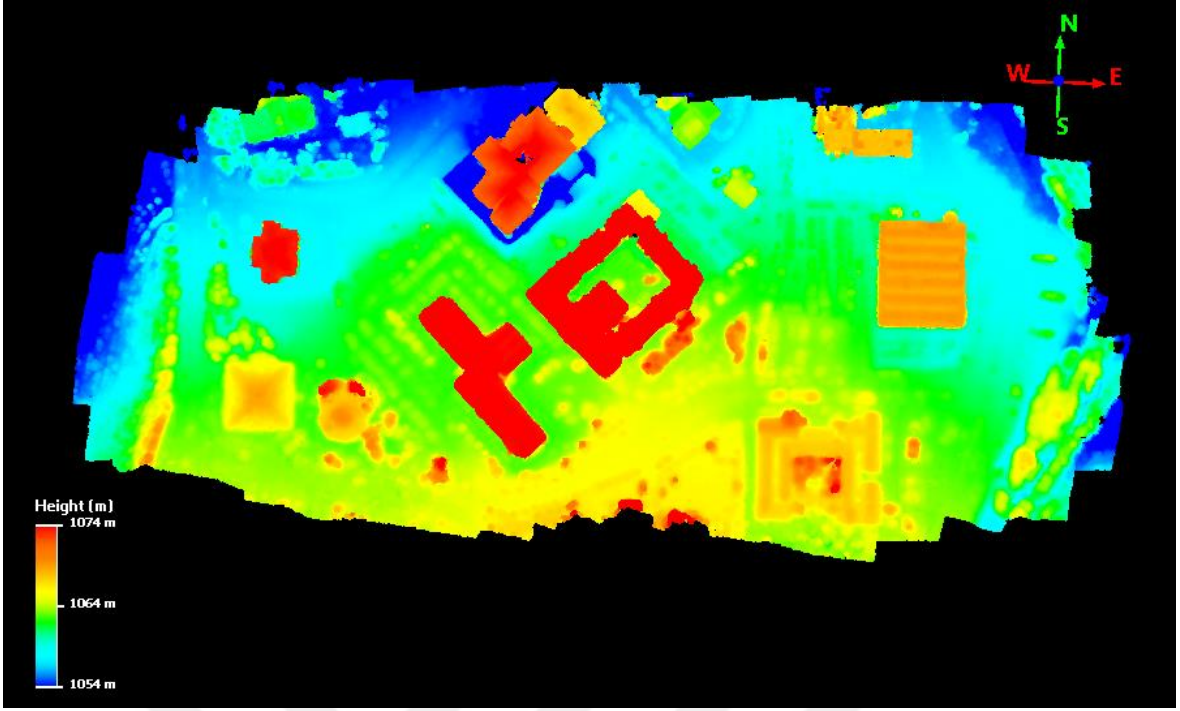


Şekil 3.4. Çalışma alanı içinde yer alan yer kontrol noktaları ve konumları

Agisoft Photoscan yazılımında; dengeleme ve hesaplama işlemleri sonucunda 0.024 m x 0.024 m piksel boyutlu ortofoto (Şekil 3.5) ile görüntü eşleme ve otomatik korelasyon yöntemi ile “.las” formatında nokta bulutu şeklinde (yaklaşık 16 milyon nokta) sayısal yüzey modeli (SYM) üretilmiştir. Üretilen nokta bulutunun çözünürlüğü 0.095708 m/piksel ve yoğunluğu da 192.12 nokta/m²’ dir (Şekil 3.6).



Şekil 3.5. Üretilen ortofoto



Şekil 3.6. Nokta bulutu olarak elde edilen sayısal yüzey modeli

3.3. Sayısal Yüzey Modelinden (SYM) Yer Filtreleme İle Sayısal Arazi Modeli (SAM) Elde Edilmesi

Görüntü eşleştirme ve otomatik korelasyon yöntemini kullanan Agisoft Photosan yazılımı ile “.las” formatında elde edilen nokta bulutu verisinden “Lastools” yazılımının fonksiyonları kullanılarak yer filtreleme işlemi yapılmış ve ardından Sayısal Arazi Modeli (SAM) üretilmiştir. Bu işlemde kullanılan nokta bulutu SYM verisinde çalışma alanına ait zemin (ground) ve zemin üstü (above ground) tüm doğal ve yapay tesislerin yükseklik değerleri bulunmaktadır. Diğer bir deyişle zemin, ağaç, bina, araç vb. gibi tesislerin yükseklik değerleri bu veride mevcuttur.

Bu işlemler için ilk olarak, “Lastools” yazılımının “Lasview” fonksiyonu ile nokta bulutu dosyası açılmıştır. Program içinde yer alan düzenleme araçları kullanılarak nokta bulutu içerisinde bulunan ve yanlış enterpole edildiği tespit edilen noktalar seçilerek dosyadan ayıklanmıştır. Şekil 3.7’ de görüldüğü üzere; bu işlem ile nokta dosyasında yükseklik değeri aykırı bir şekilde çok düşük (özellikle zemin altı noktalar) ya da çok yüksek olan hatalı enterpole edilmiş noktalar (Kırmızı renkli dairelerin içinde gösterilen noktalar) görsel olarak belirlenmiş ve elde edilecek yükseklik modeline yanlış bir etkisi olmaması için bu noktalar silinerek temizlenmiştir.



a)



b)

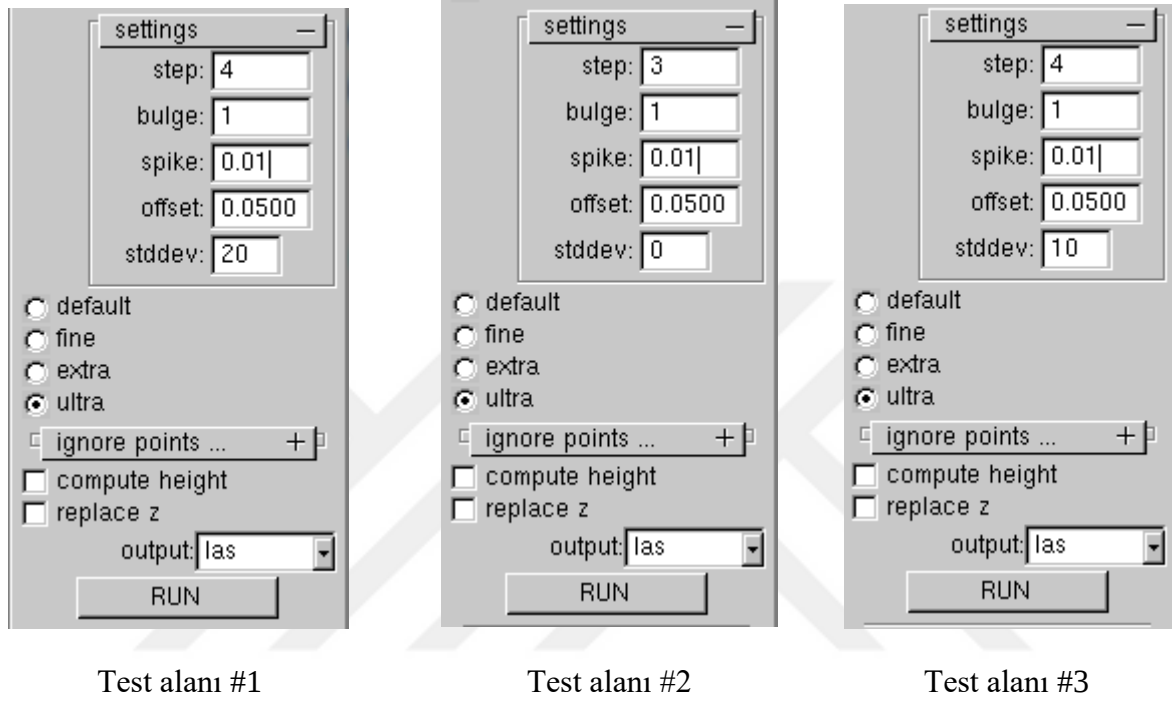
Şekil 3.7. a) Nokta bulutu görüntüsü ve b) Yanlış enterpole edilen noktalar

Böylece yer filtreleme (ground filtering) ve SAM'nin elde edilmesi işlemleri için gerekli olan düzenleme ve kartografik işlemler tamamlanmıştır.

Daha sonra her bir test alanı için düzenlenmiş olan nokta bulutu (SYM) verisi “Lastools” yazılımının “Lasview” fonksiyonu kullanılarak açılmıştır. Bu uygulama ile nokta bulutu içerisinde bulunan zemine ait noktalar (ground points) ile zemin üstü noktaların (above ground points) sınıflandırılması diğer bir deyişle birbirinden ayrılması sağlanmıştır. Yapılan sınıflandırma işlemi üçgenleme (TIN) veri modeline dayanmaktadır [23], [24] ve [25]. Bu fonksiyonda bulunan “step”, “bulge”, “spike”, ve “offset” parametreleri kullanılarak sayısal modelin yüzeyi iterasyon ile sıklaştırılmıştır.

Seçilen her bir test alanı içerisindeki nesnelerin geometrik özellikleri (ekil, büyüklük ve yükseklik) birbirinden farklı olduğu için her bir test alanı birbirinden bağımsız olarak dnlm olup, dolayısıyla her bir test alanı için kullanılan parametre değerleri birbirinden farklıdır.

Seçilen test alanları için kullanılan parametreler ve parametre değerleri ekil 3.8’ de gösterilmektedir.



Şekil 3.8. Yer filtrelemesi için test alanlarında kullanılan parametreler ve parametre değerleri

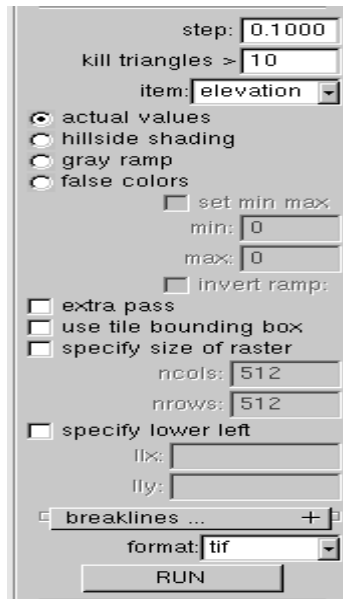
“Step” parametresi; Triangulated İrregular Network (TIN) veri modelinde her bir üçgen kenarının olabilecek en büyük uzunluğunu anlatmaktadır [26] ve [27]. “Step” parametre değeri çalışma alanında bulunan boyutu en büyük nesneye göre belirlenir. Bu çalışmada kullanılan test alanlarında boyutu en büyük nesne olarak binalar ve araçlar yer almaktadır. Dolayısıyla “step” parametre değeri her bir test alanına uygun olarak, birimi metre olarak belirlenmiştir.

“Spike” ve “offset” parametreleri yer filtreleme işleminde belirgin rol oynamaktadır. Yukarıda step parametresi ile tespit edilen en büyük TIN modelinde (the coarsest TIN) “spike” ve “offset” parametreleri ile tespit edilen eşik değeri ile model yüzeyi tekrarlı bir şekilde sıklaştırılmaktadır. Fakat, bunun yanı sıra dar ve yüksek arazi detaylarını içinde barındıran verilerde yanlış sınıflandırmaya da yol açabilir. Bu nedenle, [28] ve [29] tarafından yapılan çalışmalarda da belirtildiği üzere bu değerin dikkatli belirlenmesi gerekir. Bu çalışmada, spike ve offset parametreleri test alanına uygun olarak, sırasıyla

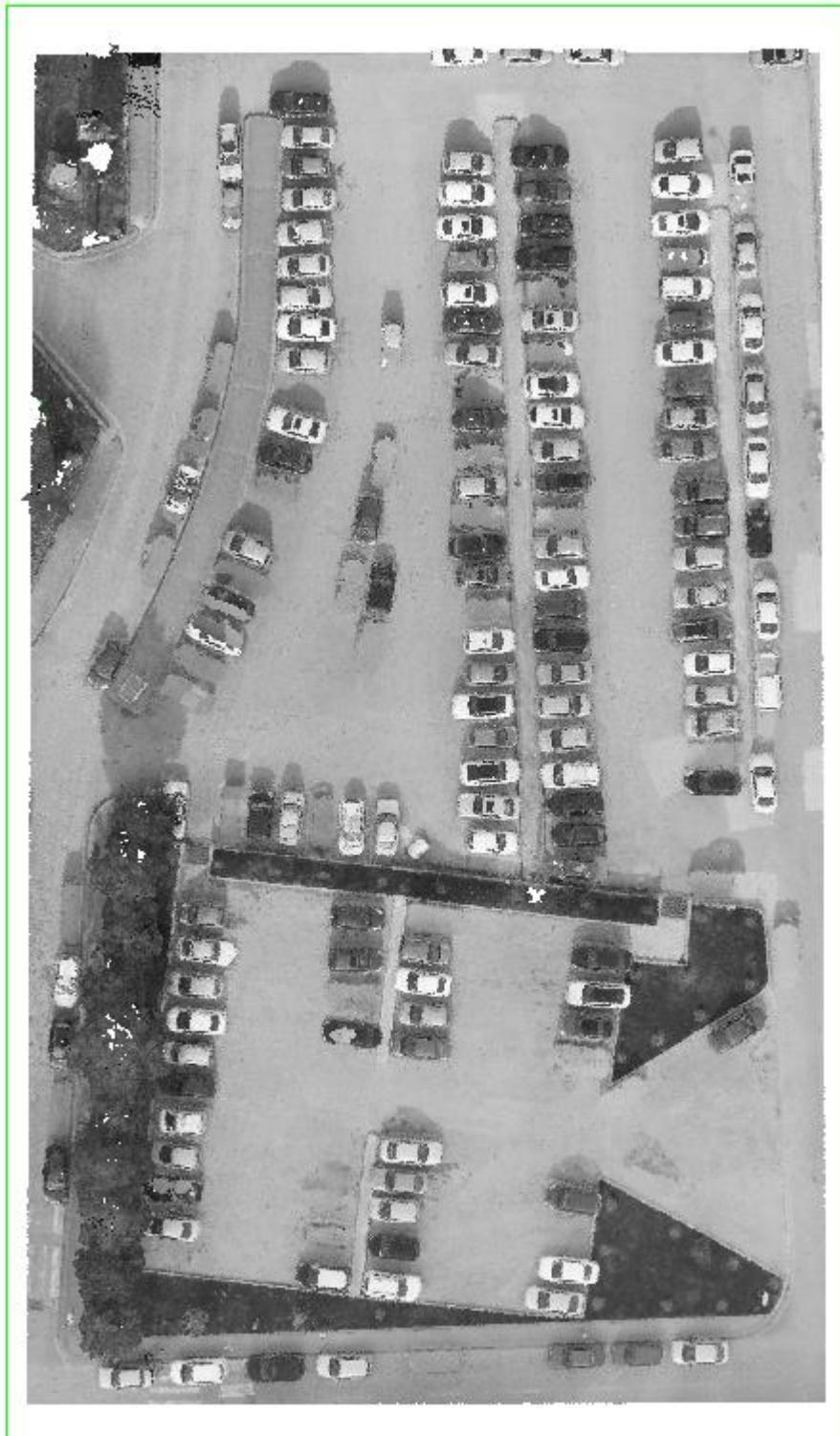
0.01 metre ve 0.05 metre olarak tanımlanmıştır. Bu TIN veri modelinde + 0.05 metre ile – 0.01 metre aralığında ki yükseklik noktaları seçilerek tekrarlı bir şekilde nokta sıklaştırması yapılacak anlamına gelmektedir.

“Bulge” parametre değeri ise TIN veri modelinin içerisinde bulunan ve düzeltmeye mevzu olan noktalardaki yukarı yöndeki çıkıntı miktarına ne kadar izin verileceğinin belirlendiği 1.0 m ile 2.0 m arasında değişen sabit bir parametre olup bu çalışmada bu değer 1.0 m olarak belirlenmiştir. “Stddev” parametre değeri ise standart sapma parametre değeri olup iterasyon işleminde kullanılmaktadır. Yapılan tüm bu işlemler sonucunda zemine ait yükseklik noktaları (ground points) ve zemin üstü noktaların (non ground points) ayrı ayrı sınıflandırması yapılmıştır [30].

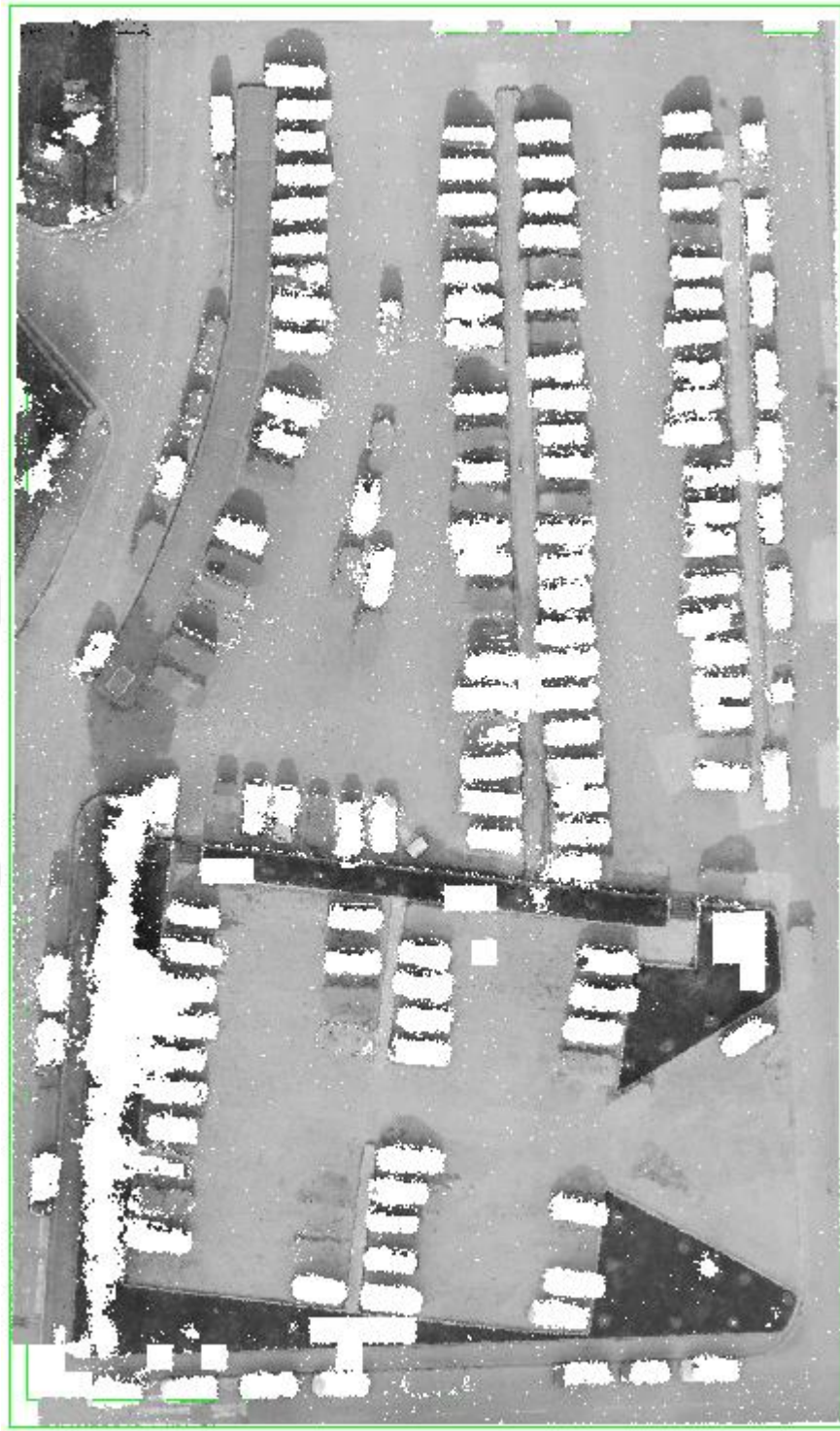
Üç boyutlu sayısal model üretiminde son aşama olarak; “Las2dem” yazılımında daha önceden nokta bulutu olarak sınıflandırması yapılmış olan veri kullanılarak SYM ve SAM verileri elde edilmiştir. Uygulamada zemin ve zemin üstü yükseklik verileri ayrı ayrı üçgenleme işlemine tabi tutularak her bir yüzey için ayrı bir TIN modeli oluşturulmuştur. Şekil 3.9’ da yazılımın parametre bilgilerinin girildiği pencerede görüldüğü üzere bu işlem için iki tane parametre değeri kullanılmıştır. Bunlar “step” ve “kill triangles” parametreleri olup parametre değerleri sırasıyla 0.1 m ve 10 m olarak belirlenmiştir. “Step” parametresi nokta sıklığını ve yoğunluğunu, “kill triangles” parametresi ise tanımlanan değerin (bu çalışmada 10 m) üzerinde bulunan üçgen kenarının silinmesi (raster formatına dönüştürülmemesi) yani işleme alınmamasını ifade eden parametre değerleridir [31]. Bu işlemler sonucunda çalışma alanındaki üç test alanına ait SYM ve SAM verileri .tif formatında elde edilmiştir (Şekil 3.10, Şekil 3.11 ve Şekil 3.12).



Şekil 3.9. TIN veri modelinin oluşturulmasında kullanılan parametreler



a)



b)

Şekil 3.10. Test Alanı #1'e ait; a) elde edilen sayısal yüzey modeli (SYM) ve
b) elde edilen sayısal arazi modeli (SAM)



a)



b)

Şekil 3.11. Test Alanı #2'ye ait; a) elde edilen sayısal yüzey modeli (SYM) ve b) elde edilen sayısal arazi modeli (SAM)



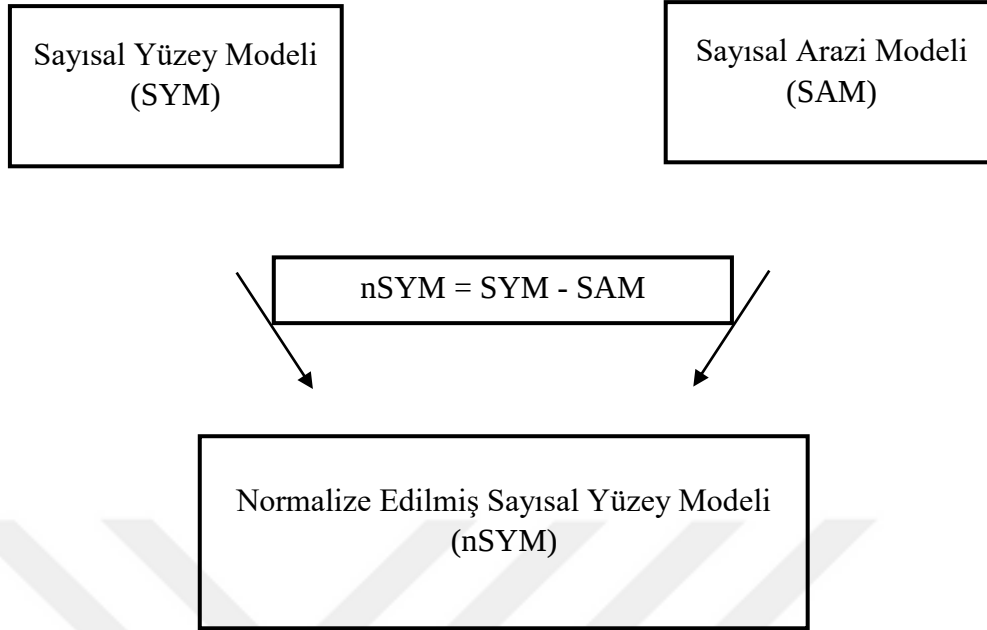
a)



b)

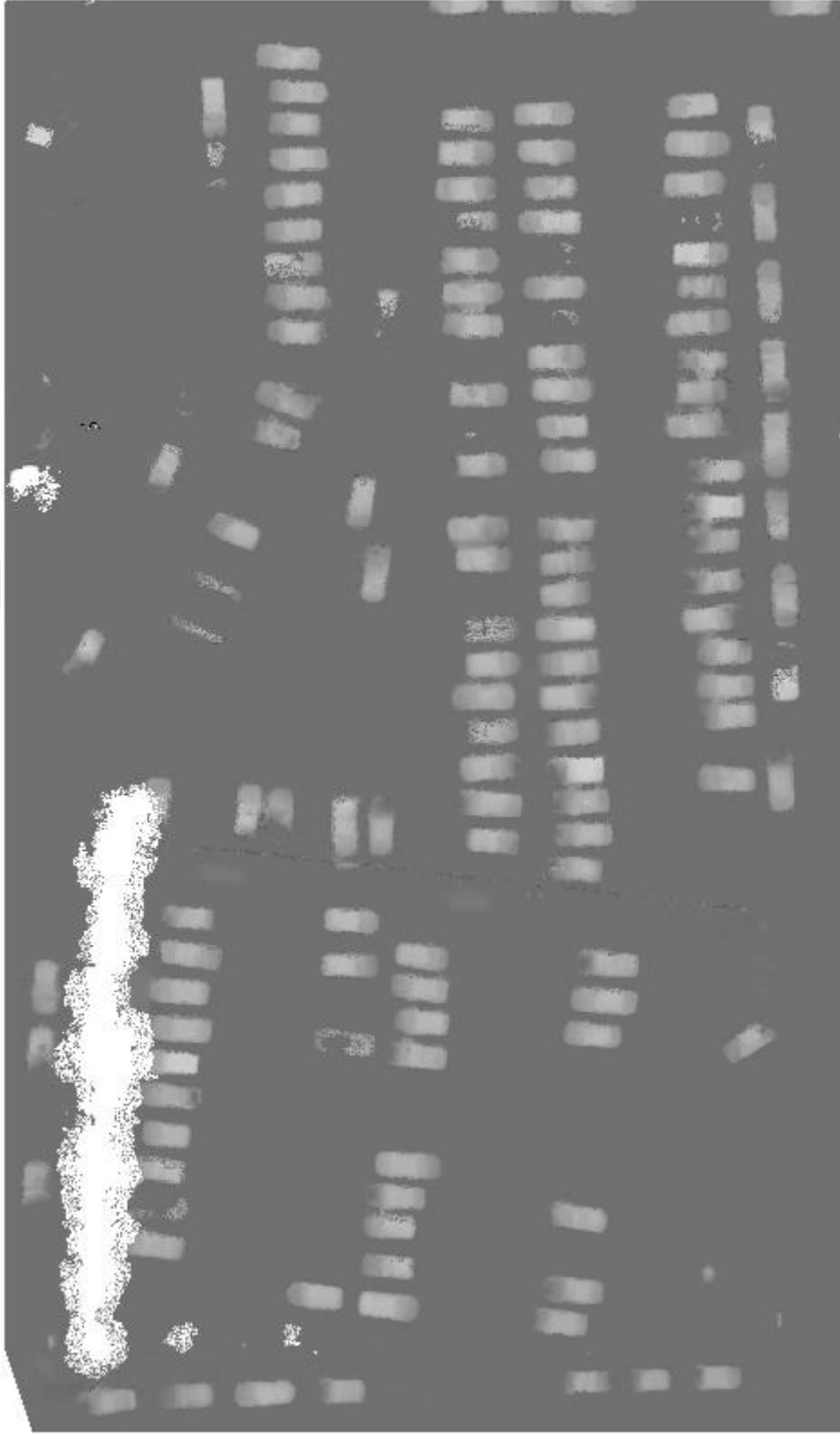
Şekil 3.12. Test Alanı #3'e ait; a) elde edilen sayısal yüzey modeli (SYM) ve
b) elde edilen sayısal arazi modeli (SAM)

3.4. Normalize Edilmiş Sayısal Yüzey Modelinin (nSYM) Oluşturulması



Şekil 3.13. Yöntem akışı diyagramı 2

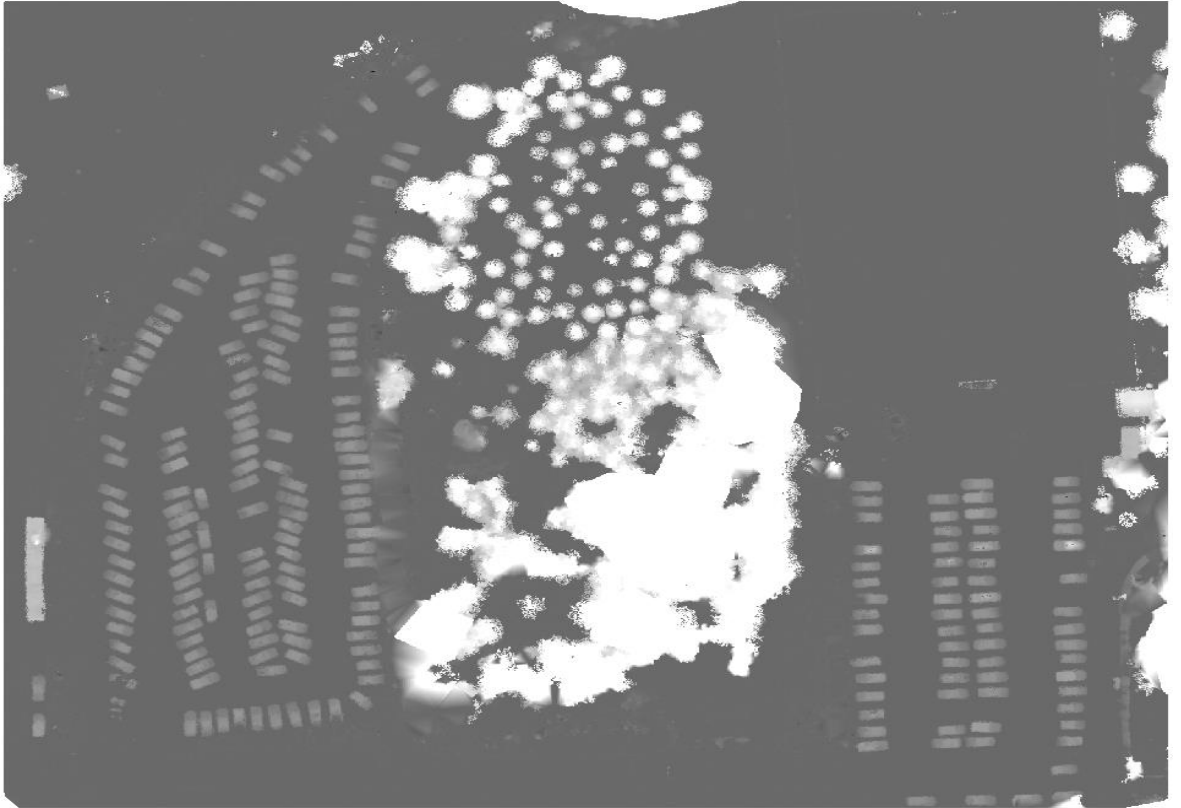
Bir sonraki işlem adımı olarak normalize edilmiş sayısal yüzey modelinin (nSYM) elde edilmesi işlemine geçilmiştir. Bu sayısal model, $nSYM = SYM - SAM$ farkının matematiksel olarak alınmasıyla oluşturulmuştur (Şekil 3.13) [32]. Bunun için ArgGIS yazılımında “raster calculator” fonksiyonu kullanılmış ve matematiksel olarak sayısal yüzey modelinden (SYM) sayısal arazi modeli (SAM) çıkarılmıştır. Bu işlemler sonucunda çalışma alanındaki üç test alanına ait nSYM verileri elde edilmiştir (Şekil 3.14, Şekil 3.15 ve Şekil 3.16).



Şekil 3.14. Test Alanı #1 için hesaplanmış nSYM verisi.



Şekil 3.15. Test Alanı #2 için hesaplanmış nSYM verisi.



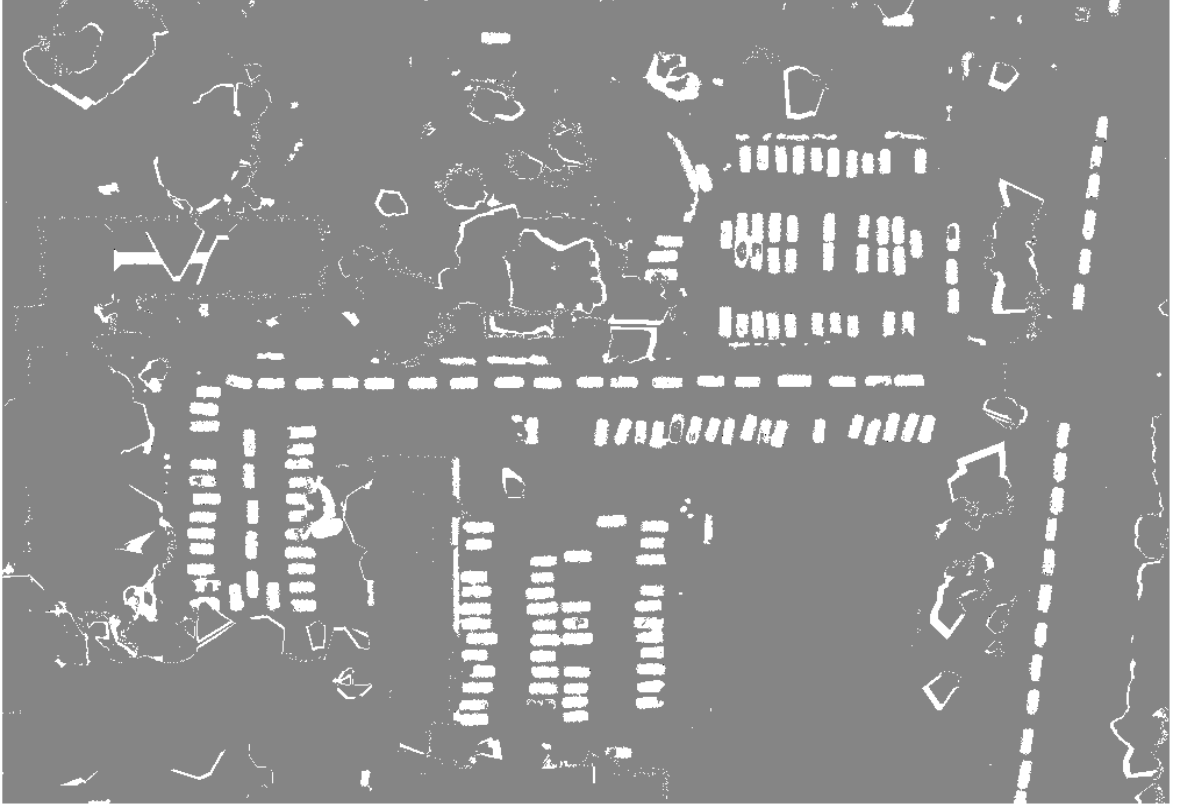
Şekil 3.16. Test Alanı #3 için hesaplanmış nSYM verisi.

3.5. Normalize Edilmiş Sayısal Yüzey Modeli Verilerine Eşik Değer (Threshold) Uygulanması

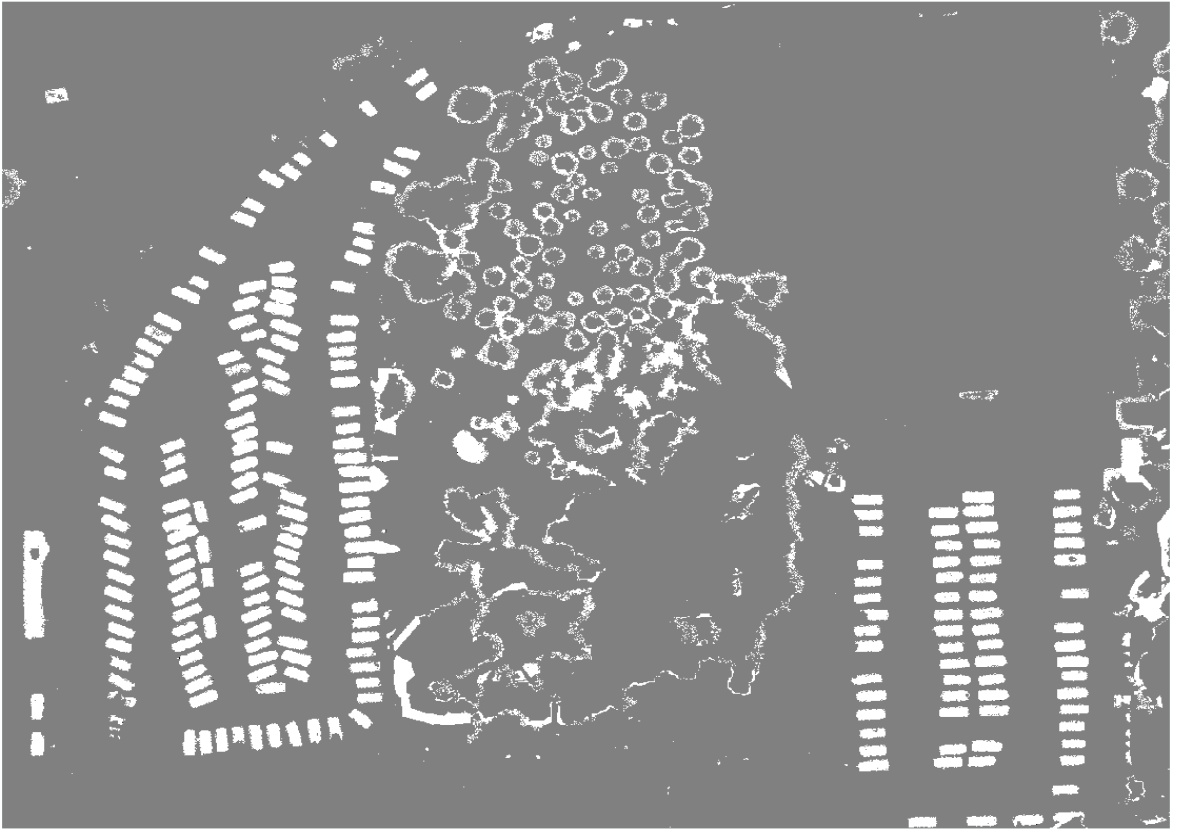
Bu aşamada test alanları içerisinde bulunan nesnelerin yükseklik değeri dikkate alınarak araç dışı nesneler test alanları içerisinden ayıklanmıştır. Bu işlem için ArcGIS yazılımında ‘Reclassify’ fonksiyonu kullanılmıştır. nSYM verisinde bulunan yükseklik değerlerine ikili eşik değeri (double threshold) koyularak araç dışı nesneler elenmiştir. Bu fonksiyon kullanılarak yalnızca yüksekliği itibariyle araç olabileceği düşünülen nesneler elde edilmiştir [33] (Şekil 3.17, Şekil 3.18 ve Şekil 3.19).



Şekil 3.17. İkili eşik değeri (double threshold) uygulanmış Test Alanı #1’ e ait nSYM



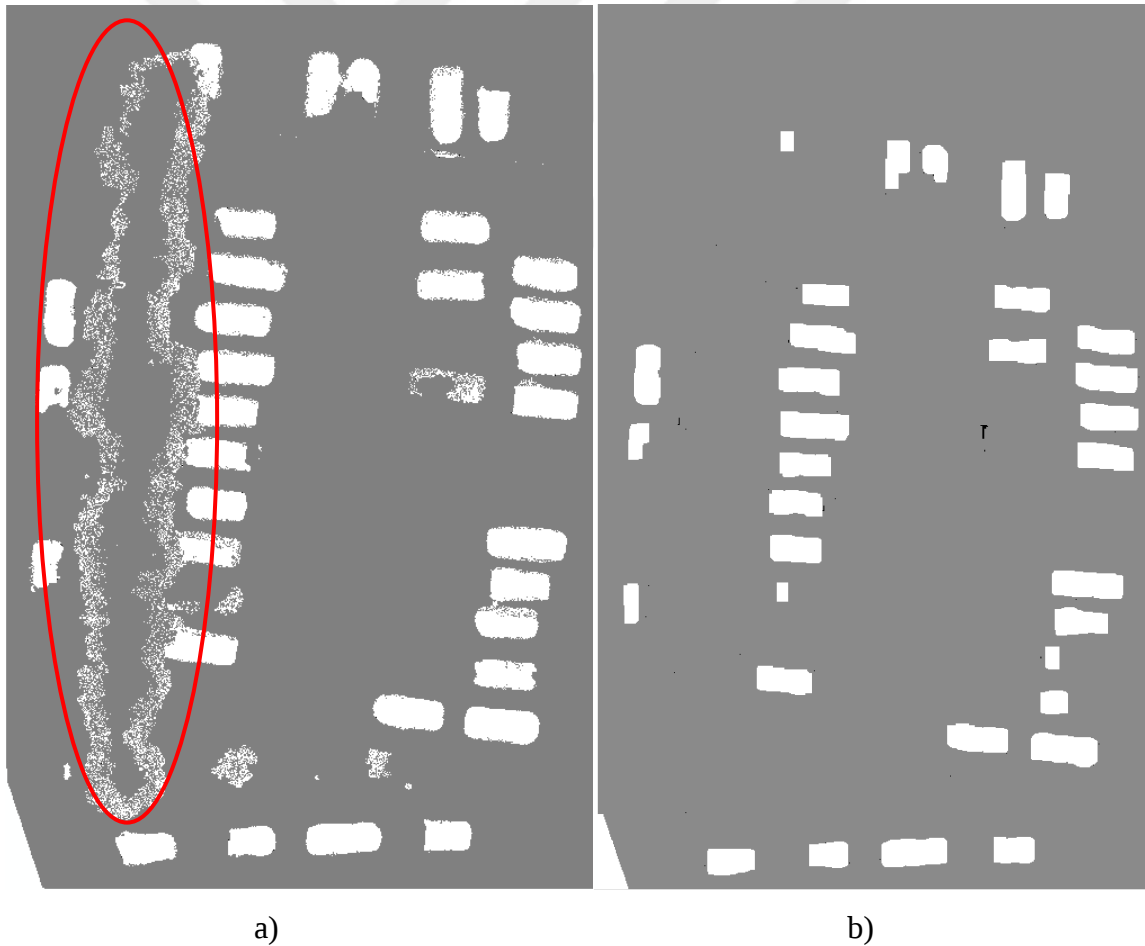
Şekil 3.18. İkili eşik değeri (double threshold) uygulanmış Test Alanı #2' ye ait nSYM



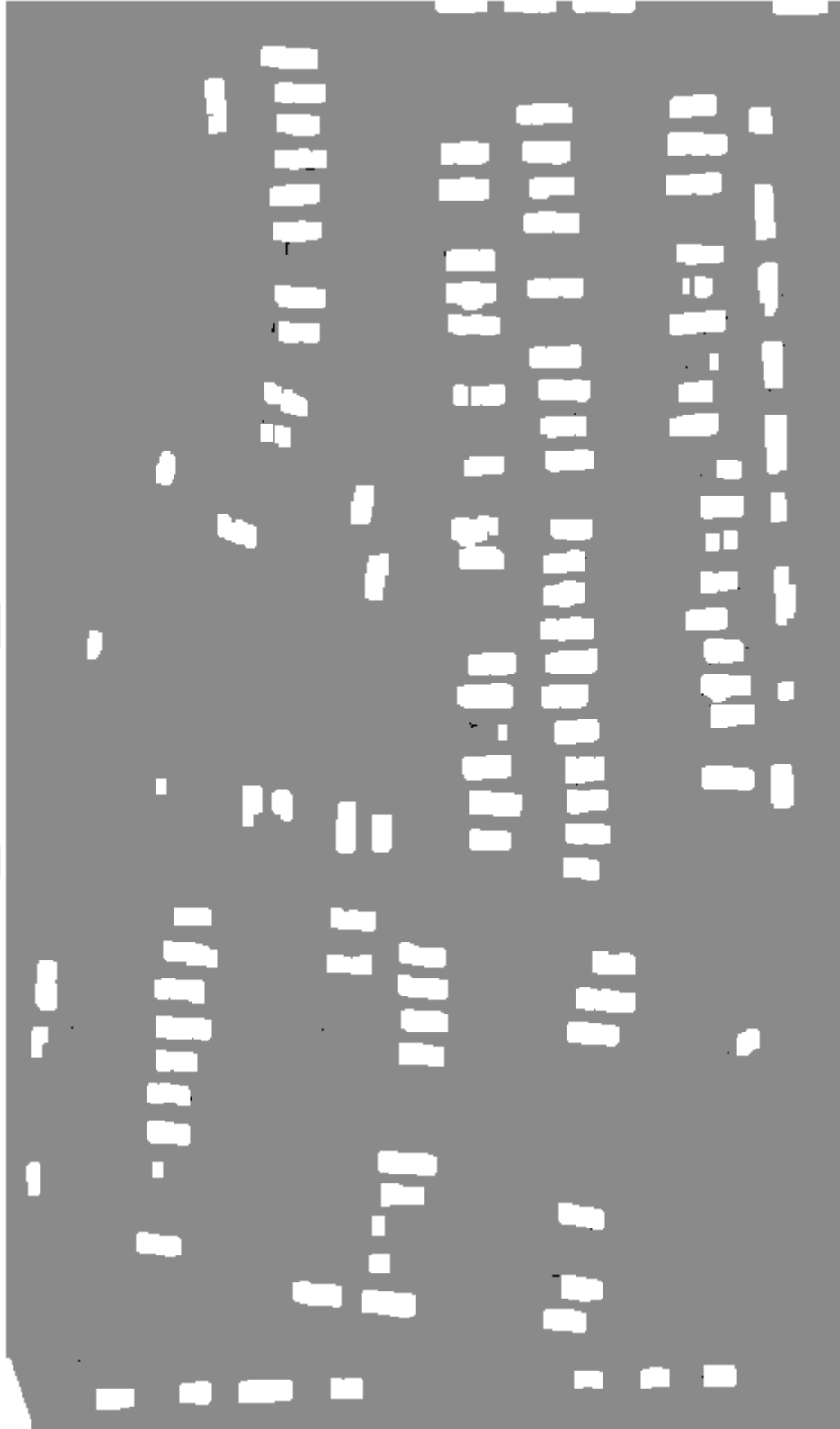
Şekil 3.19. İkili eşik değeri (double threshold) uygulanmış Test Alanı #3' e ait nSYM

3.6. Normalize Edilmiş Sayısal Yüzey Modeli Verilerine Morfolojik Filtre Uygulanması

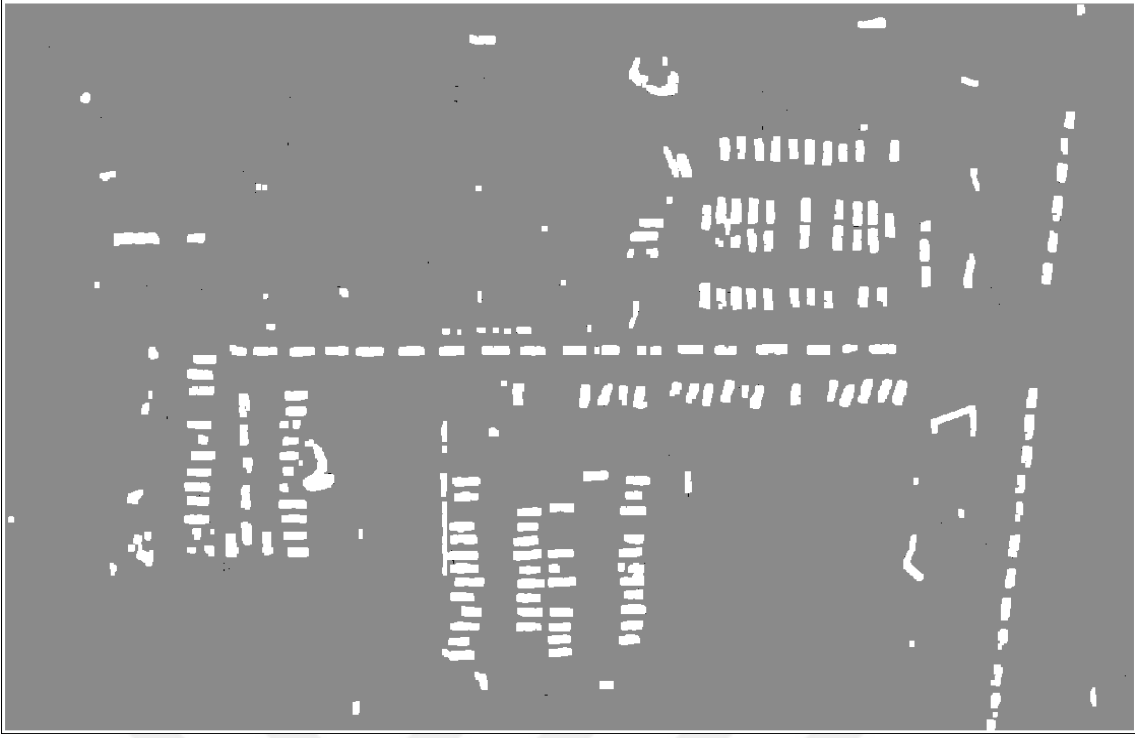
Test alanları için üretilen nSYM çıktılarında istenmeyen boşluk alanlar, çıkıntılar ya da bazı parazitlerin bulunduğu görülmüştür. Örneğin; Test Alanı # 1’ de elde edilen sonuçlardan bir durum, Şekil 3.20’ de gösterilmektedir. Kırmızı renkli elips şekli ile gösterilen alan morfolojik filtre uygulanması işlemi sonrası giderilmiştir. Dolayısıyla, istenmeyen boşluk alanlar, çıkıntılar ve parazitlerin temizlenmesi için nSYM çıktılarına açılma (opening) morfolojik filtre uygulanmıştır. Test alanlarında tespit edilecek araçların geometrik şekilleri dikdörtgene benzediği için bu işlemi yaparken ‘MATLAB’ yazılımında ‘rectangle’ morfolojik filtre fonksiyonu kullanılarak istenmeyen birtakım etkiler ortadan kaldırılmıştır. Her bir test alanına ait morfolojik filtre uygulanmış görüntüler Şekil 3.21, Şekil 3.22 ve Şekil 3.23’ de gösterilmektedir [34].



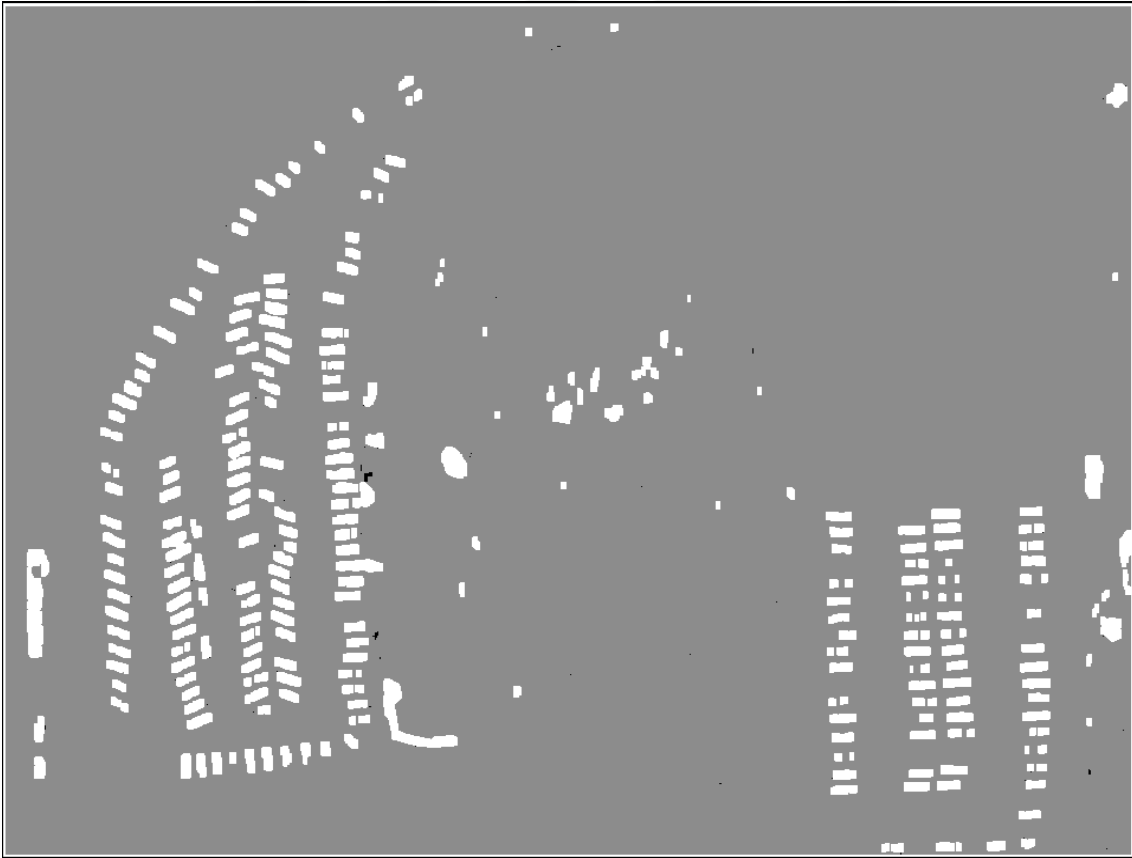
Şekil 3.20. Test Alanı #1 içinden bir bölgeye ait a) nSYM verisi ve b) nSYM verisine morfolojik filtre uygulanması sonrası durum



Şekil 3.21. Morfolojik filtre uygulanması sonrası Test Alanı #1' e ait nSYM



Şekil 3.22. Morfolojik filtre uygulanması sonrası Test Alanı #2' ye ait nSYM



Şekil 3.23. Morfolojik filtre uygulanması sonrası Test Alanı #3' e ait nSYM

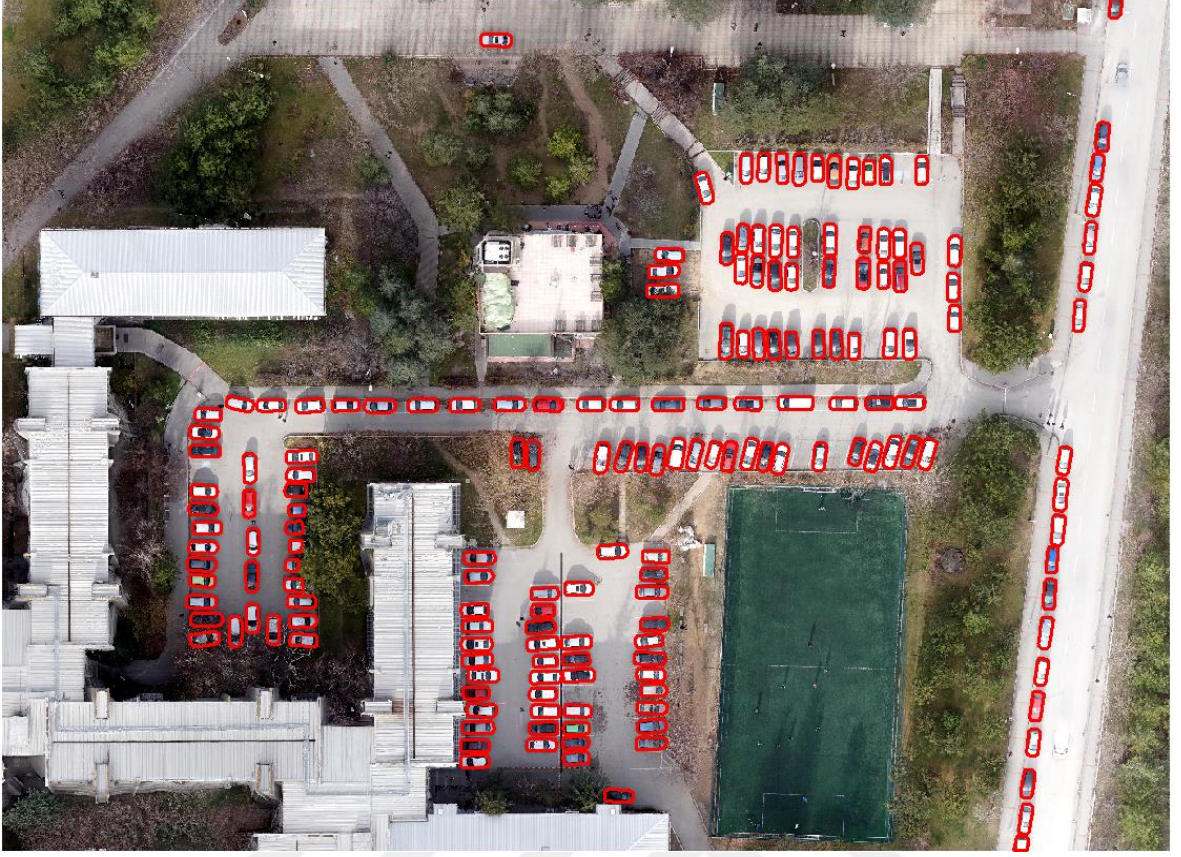
3.7. Doğruluk Analizlerinde Kullanılacak Referans Verilerin Hazırlanması

Çalışmanın bu aşamasında, oluşturulan ortofoto üzerinden araçların dış sınırları manuel olarak poligon şeklinde çizilmiştir (Şekil 3.24, Şekil 3.25 ve Şekil 3.26). Şekillerde görülen kırmızı renkli her bir poligon, sabit bir aracı temsil etmektedir. Doğruluk analizleri alan bazlı yapılmıştır. Bu nedenle, referans verinin geometrisinde hata oluşması doğruluk analizlerini etkileyecektir. Elde edilen veriler geliştirilen yaklaşımla otomatik olarak tespit edilen araçların doğruluk analizlerinin yapılmasında referans veri seti olarak kullanılmıştır.

Referans verilerin hazırlanması işlemi ArcGIS yazılımı ortamında gerçekleştirilmiştir. Doğruluk analizlerini yapmak için, oluşturulan referans veri setindeki araç alanları, önerilen yöntem ile otomatik tespit edilen araç alanları karşılaştırılarak elde edilen sonuçlar oransal ve sayısal olarak karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.24. Test Alanı #1'e ait ortofoto üzerinden çizilmiş referans veriler (Kırmızı)



Şekil 3.25. Test Alanı #2'ye ait ortofoto üzerinden çizilmiş referans veriler (Kırmızı)



Şekil 3.26. Test Alanı #3' e ait ortofoto üzerinden çizilmiş referans veriler (Kırmızı)

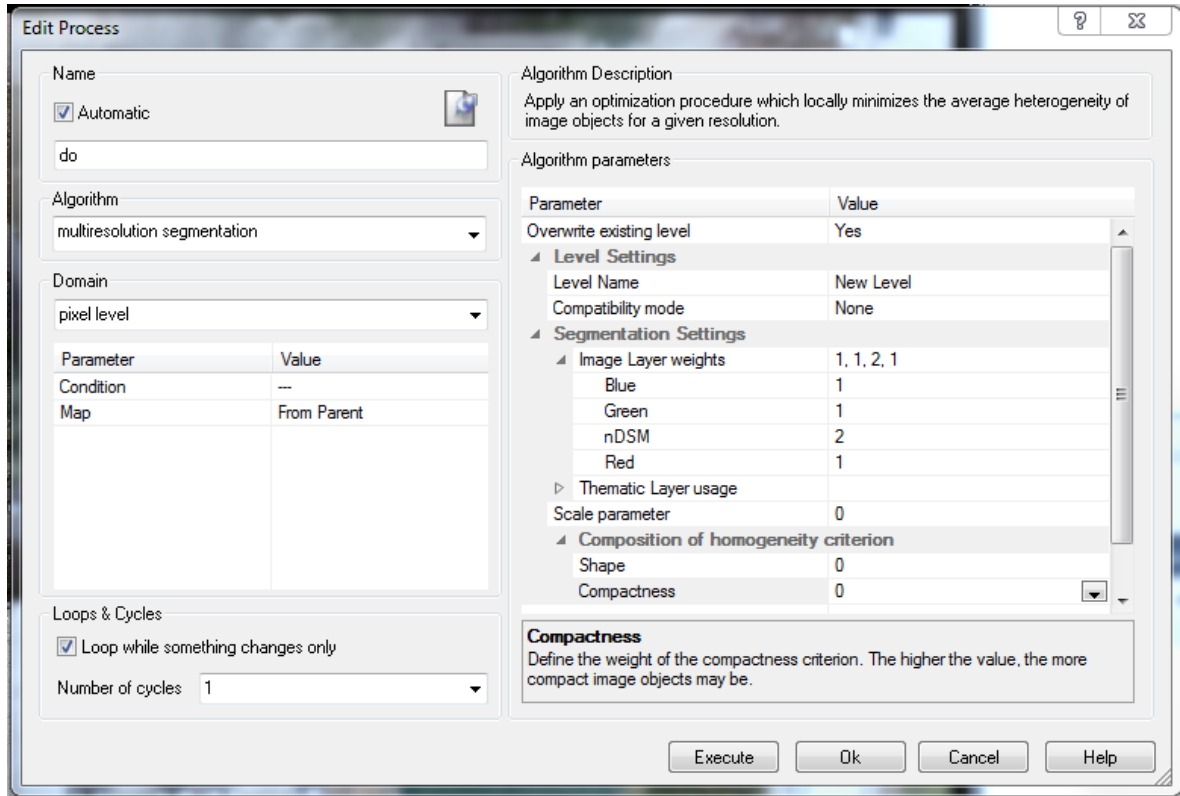
3.8. Segmentasyon

Çalışmanın bu aşamasında KYM İHA görüntülerinden üretilmiş ortofoto verisine segmentasyon işlemi uygulanmıştır. Bu çalışmada, segmentasyon ve sınıflandırma işlemleri için “eCognition” yazılımı kullanılmıştır. eCognition yazılımı; görüntü içerisindeki birbirine benzer spektral ve mekânsal özelliklere sahip piksel gri değerlerini segmentlere (bölütlere) ayırmak ve elde edilen segmentleri daha önceden tanımlanan birtakım kurallara göre sınıflandırmak için kullanılan bir dijital görüntü işleme yazılımıdır [35], [36], [37] ve [38].

İlk olarak, her bir test alanına ait ortofoto görüntü ve nSYM verileri tabakalar olarak eCognition yazılımına tanıtılmıştır. Segmentasyon işleminde kırmızı, yeşil ve mavi bantlar ile yükseklik verisini içeren nSYM bandı olmak üzere toplam 4 bant kullanılmıştır.

Segmentasyon işlemi için eCognition yazılımında yer alan “çoklu çözünürlük segmentasyon (multi resolution segmentation)” algoritması kullanılmıştır. Çoklu çözünürlük segmentasyon algoritması görüntüde belirlenen sayıdaki nesnelerin optimizasyonuna dayanmaktadır. Görüntüdeki nesnelerin heterojenliği lokal olarak minimize edilirken, homojenliği maksimize edilir. Nesnelerin heterojen yapısı homojen hale getirilirken piksellerin komşuluk ilişkisi dikkate benzer spektral ve mekânsal özellikler kriter olarak alınır [39], [40], [65] ve [66].

eCognition yazılımında “çoklu çözünürlük segmentasyon” yöntemi ile segmentasyon için önemli parametrelerin ve bu parametre değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir (Şekil 3.27). Bu çalışmada “Scale (Ölçek)”, “Shape (Şekil)” ve “Compactness (Yoğunluk)” parametreleri kullanılmıştır. Ayrıca kırmızı, yeşil ve mavi bantların ağırlıkları 1, nSYM bandının ağırlığı ise 2 olarak alınmıştır. Dolayısıyla, yerden yüksekte olan araç nesnelerinin doğru segmente edilebilmesi için yükseklik verileri segmentasyon işleminde bir kat daha ön plana çıkarılmıştır.



Şekil 3.27. eCognition yazılımı çoklu çözünürlük segmentasyon algoritması

Ölçek (Scale) parametresi görüntünün çözünürlüğüne bağlı olarak belirli bir nesneyi tanımlamakta kullanılır. Görüntüdeki nesnelerin maksimum izin verilen heterojenliği tespit edilerek nesnenin ne ölçüde homojen hale geleceği verilen parametre değerine göre belirlenir. Ölçek parametresi ne kadar büyük seçilirse nesne detayları o ölçüde azalır. Bu sebepten dolayı görüntü çözünürlüğü dikkate alınarak bir nesneyi en iyi şekilde belirleyecek uygun parametre seçimi yapılmalıdır.

Şekil (Shape) parametre değeri şekil ve renk arasındaki bağlantının belirlenmesi temeline dayanır. Burada homojenlik ölçütüne katkı sağlayacak olan görüntüdeki spektral değerlerin yüzdesi tanımlanır. Yoğunluk (Compactness) parametresi ise sırasıyla nesnelerin sınırlarını ve bu nesnelerin diğer nesnelere olan geçişini tarif etmektedir [41] ve [42].

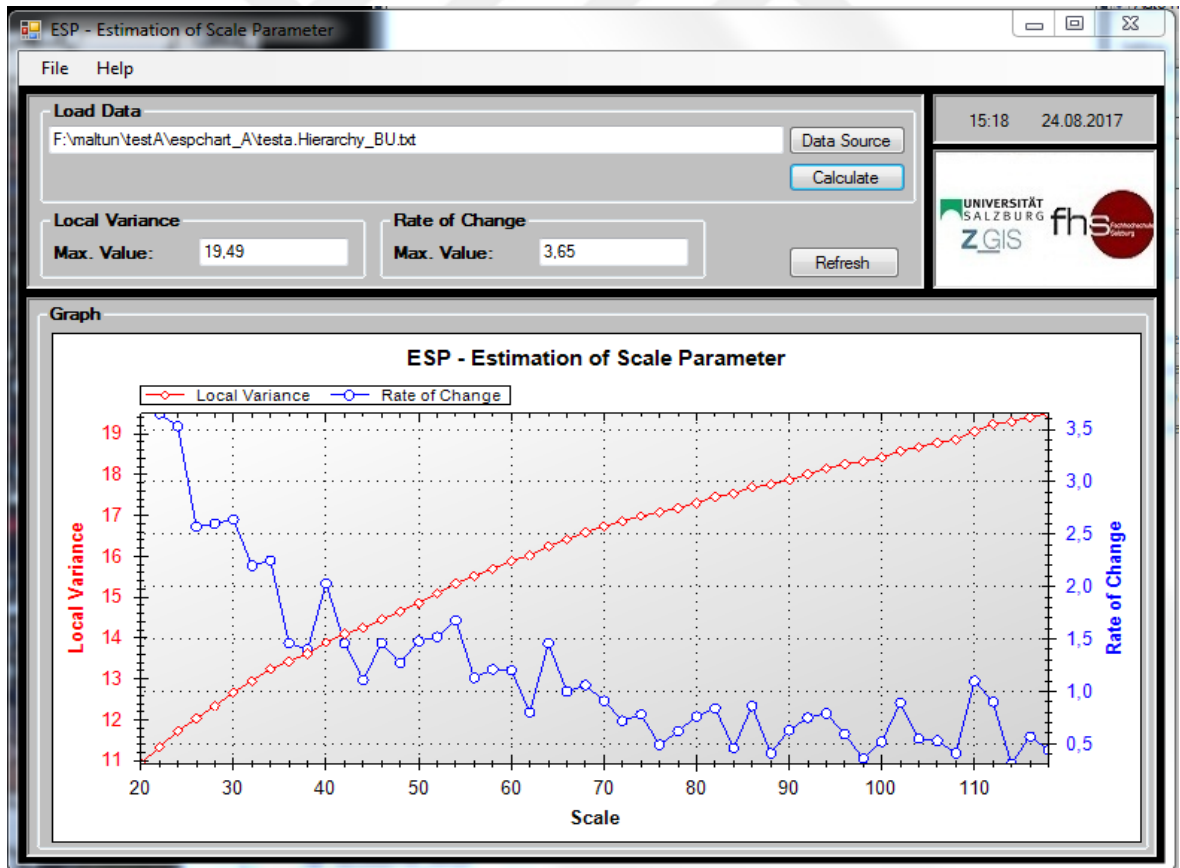
Bu çalışmada en uygun parametre değerlerini tespit etmek için ESP-2 (Estimation of Scale Parameters) eklenti aracı kullanılmıştır [43] ve [44]. Bu eklenti aracı ile segmentasyon işlemi yapılacak her bir test alanına ait en uygun ölçek parametre değeri belirlenmiştir. Ölçek parametre değeri belirlenirken çıktı grafik veride görülen lokal varyans değerinin değişim oranının en yüksek olduğu yerler (tepe noktaları) dikkate alınmıştır. Bu işlemde bu eklenti aracının sonuç ürünü olan grafik çıktı veri görsel olarak yorumlanarak en uygun ölçek (scale) parametre değeri kestirilmiştir. Daha sonra, kestirilen bu değerler ile her bir

test alanı için segmentasyon işlemi yapılmıştır. Çalışmada kullanılan test alanları için elde edilen en uygun parametre değerleri Tablo 3.1’ de verilmiştir.

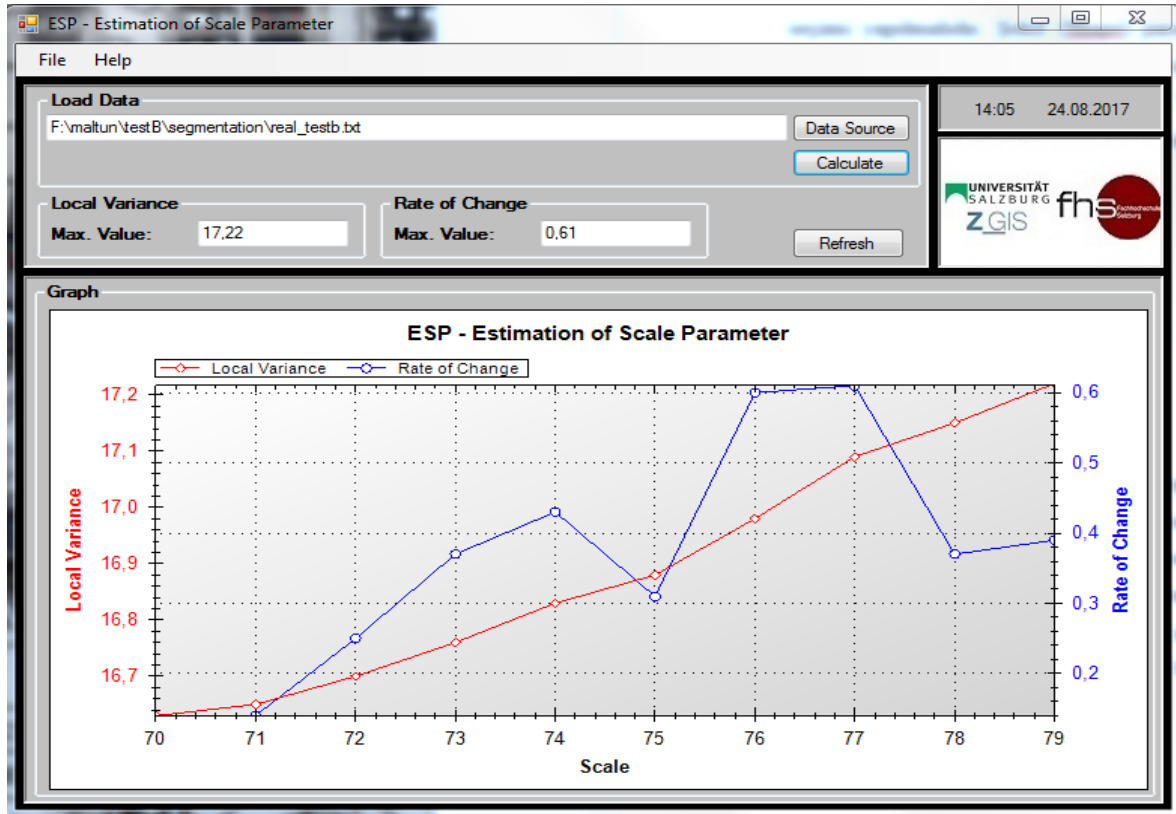
Tablo 3.1. Test alanları için elde edilen en uygun Ölçek, Şekil ve Yoğunluk parametreleri değerleri

Test Alanı	Ölçek (Scale)	Şekil (Shape)	Yoğunluk (Compactness)
#1	50	0.5	0.8
#2	75	0.5	0.8
#3	70	0.5	0.8

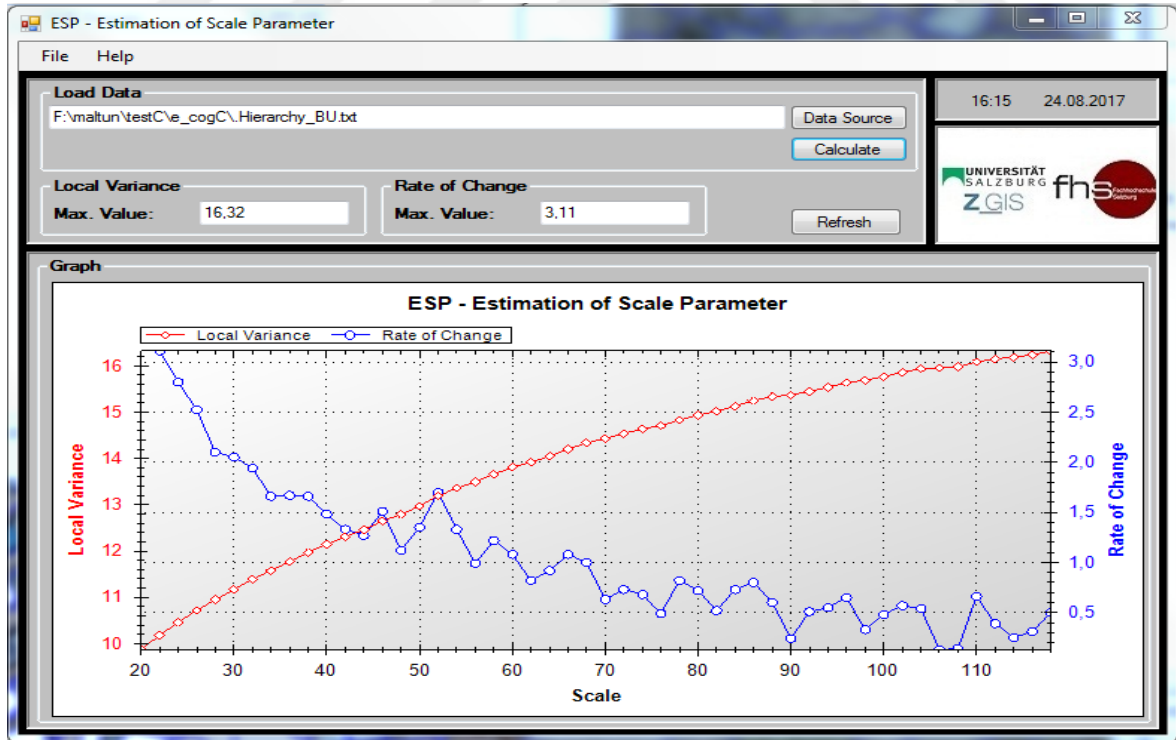
Şekil 3.28, Şekil 3.29 ve Şekil 3.30 sırasıyla Test alanı #1, Test alanı #2 ve Test alanı #3 için elde edilen ESP-2 grafik çıktıları göstermektedir. Şekil 3.31, Şekil 3.32 ve Şekil 3.33 sırasıyla Test alanı #1, Test alanı #2 ve Test alanı #3 için belirlenen optimum parametre değerleri kullanılarak yapılan segmentasyon işleminin sonuçlarını göstermektedir.



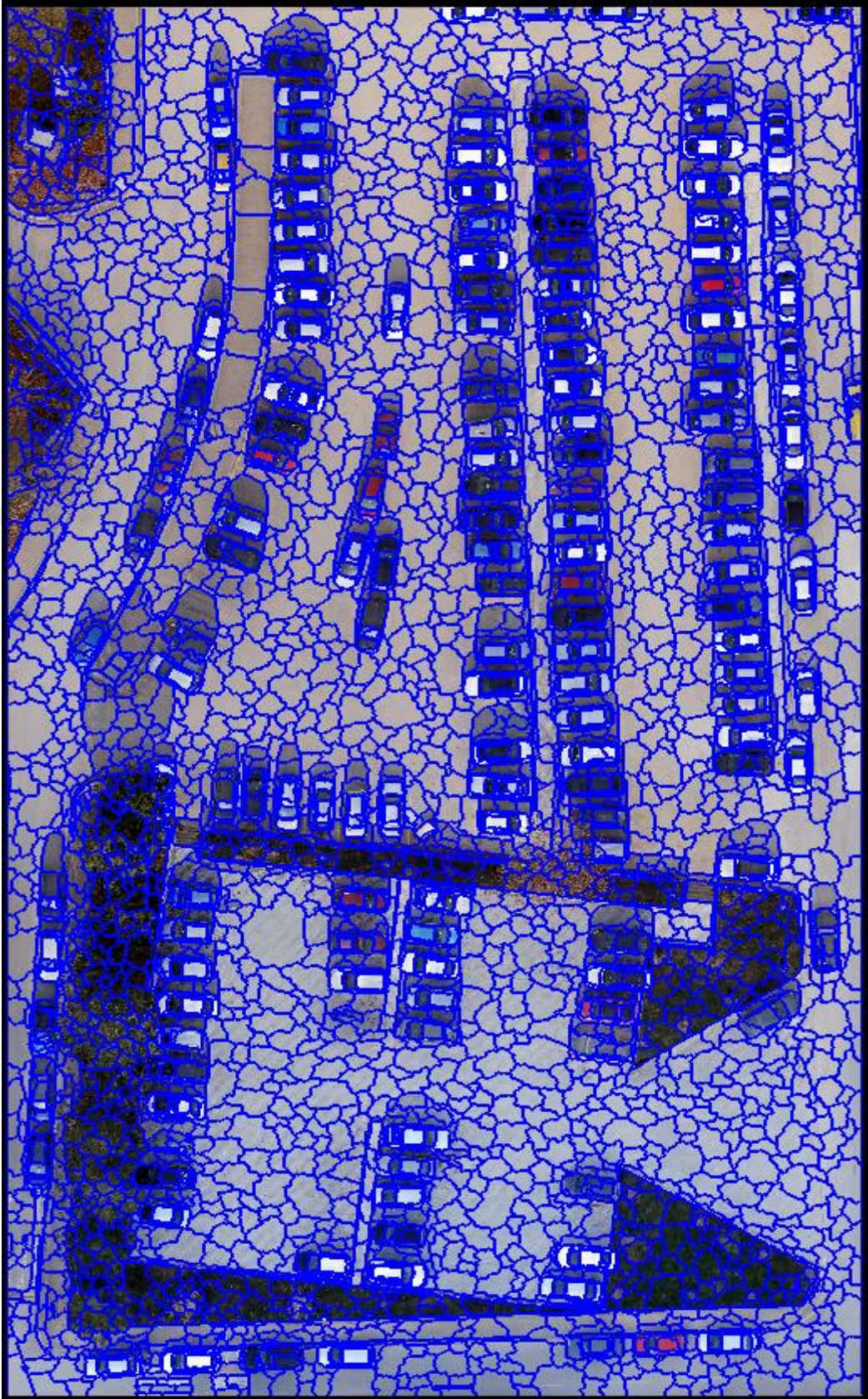
Şekil 3.28. Test alanı #1 için elde edilen ESP-2 grafik çıktısı



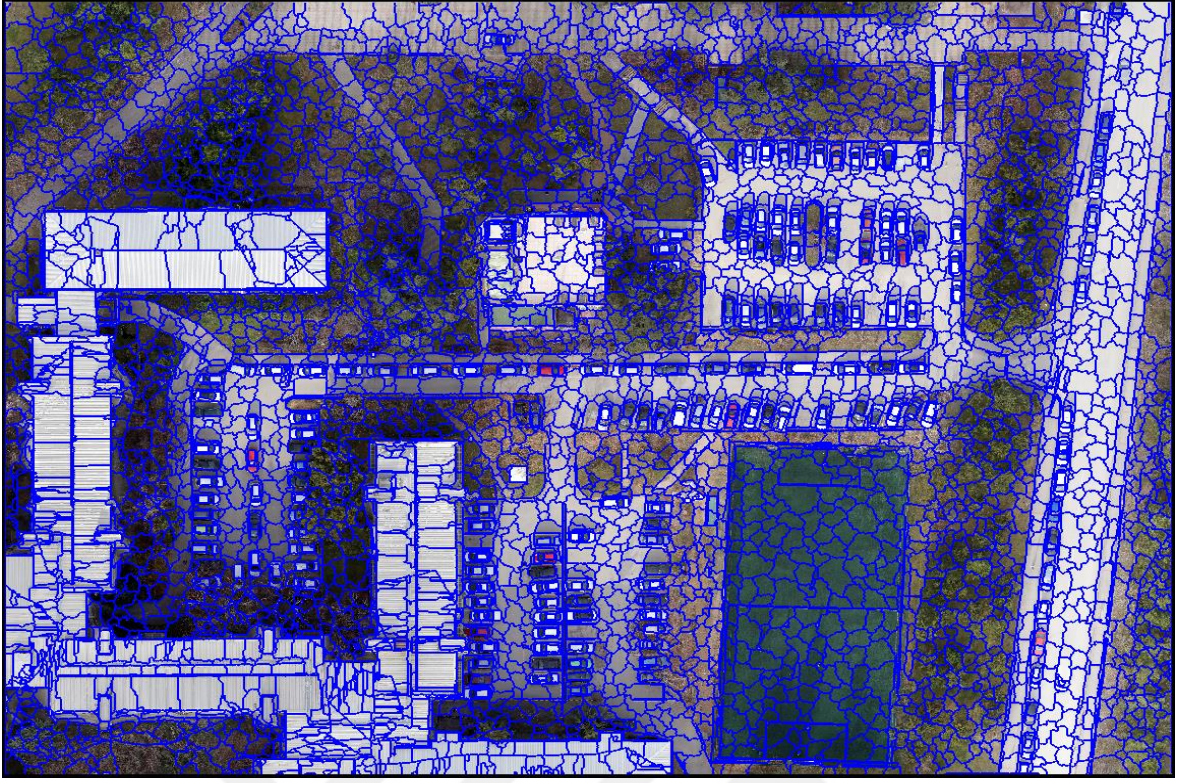
Şekil 3.29. Test alanı #2 için elde edilen ESP-2 grafik çıktısı



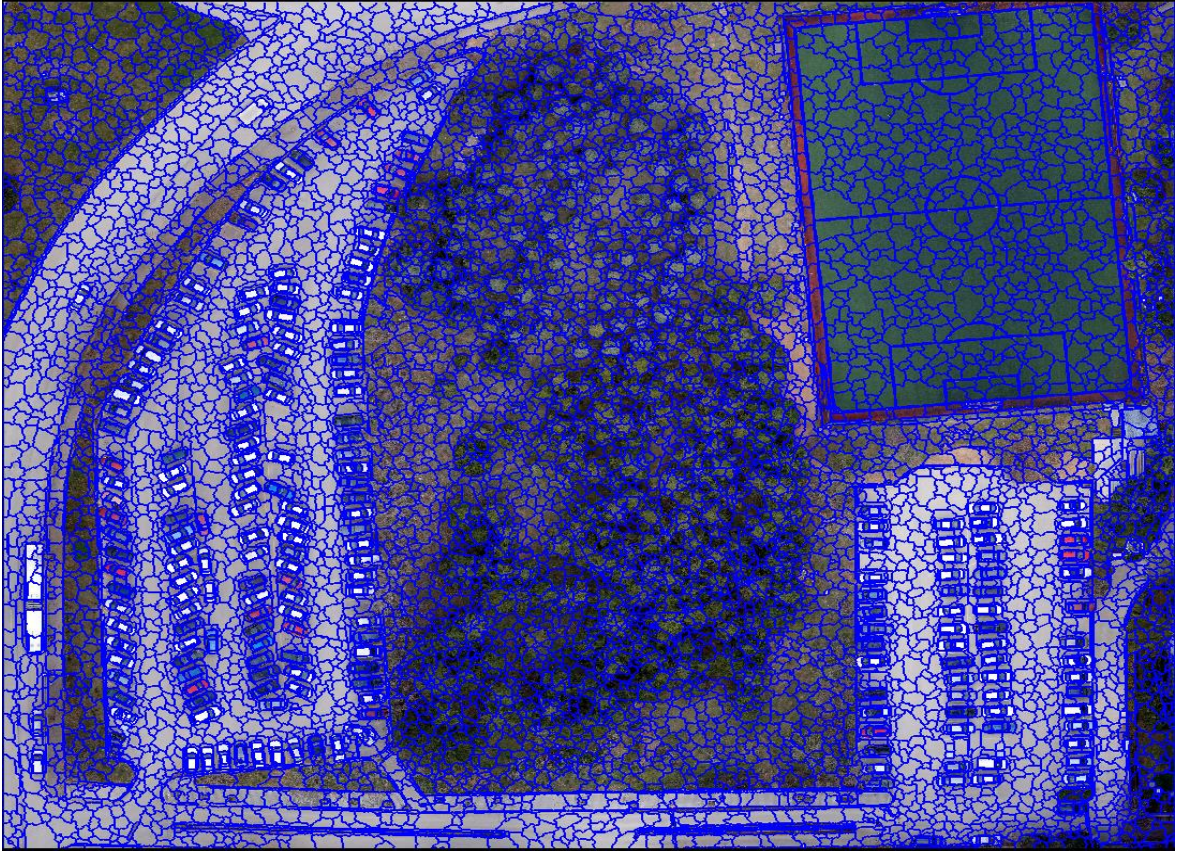
Şekil 3.30. Test alanı #3 için elde edilen ESP-2 grafik çıktısı



Şekil 3.31. Test alanı #1 görüntüsü üzerinde yapılan segmentasyon işlemi sonucu



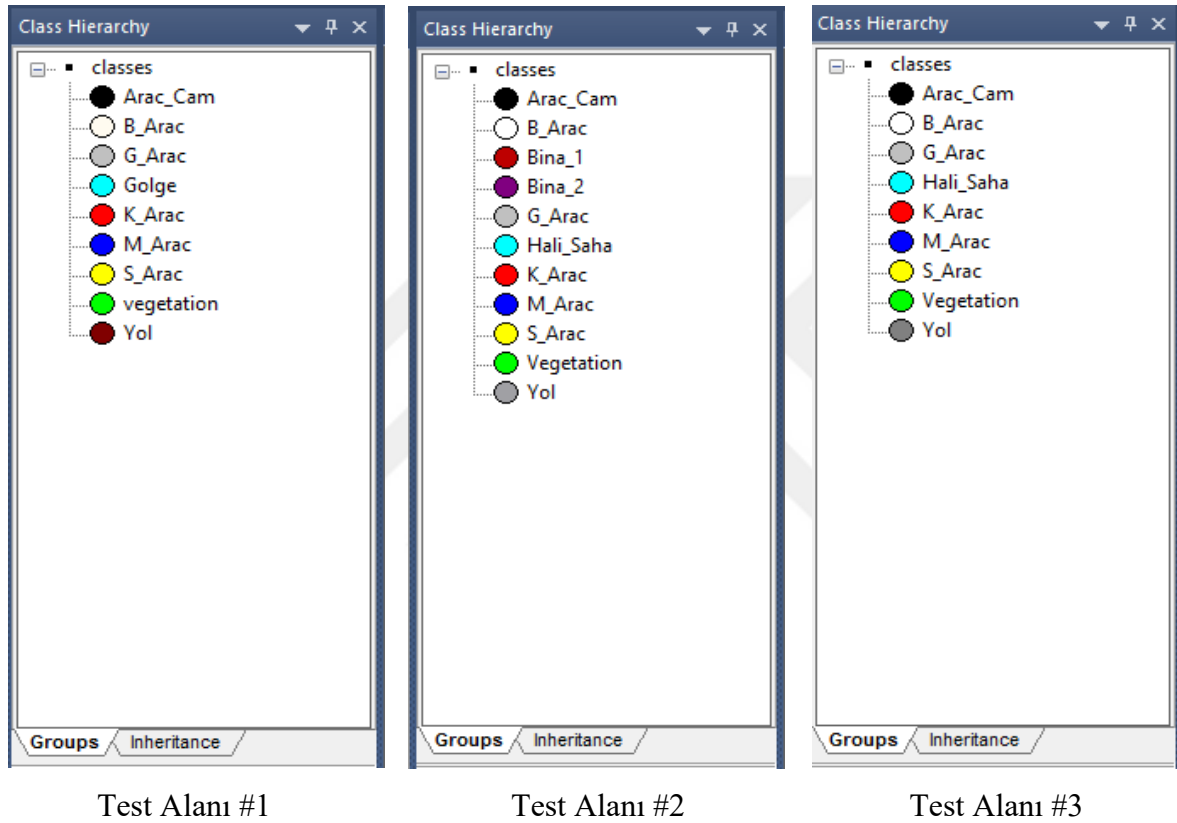
Şekil 3.32. Test alanı #2 görüntüsü üzerinde yapılan segmentasyon işlemi sonucu



Şekil 3.33. Test alanı #3 görüntüsü üzerinde yapılan segmentasyon işlemi sonucu

3.9. Sınıflandırma

Segmentasyon işleminin ardından sınıflandırma işlemine geçilmiştir. Sınıflandırma işleminden önce görüntüde yer alan obje ya da objelerin tanımlanması için her farklı obje (yol, bina, yeşil alan, gölge, beyaz araç, kırmızı araç, mavi araç, sarı araç, gri araç ve araç camı) için ayrı bir sınıf tayini yapılarak görüntüden örnek eğitim alanı segmentleri toplanmıştır. Bu işlem için ilk olarak eCognition yazılımında oluşturulan sınıflar, her bir test alanı için ayrı ayrı olarak, Şekil 3.34’ de gösterilmiştir.



Şekil 3.34. Test alanları için tanımlanan sınıflar

Daha sonra, oluşturulan her bir sınıf için yazılımın “select samples” fonksiyonu kullanılarak ilgili sınıfı en iyi temsil edecek şekilde homojen dağılımlı ve yeterli sayıda örnek eğitim alanı segmenti görüntü üzerinden manuel olarak seçilerek toplanmıştır (Şekil 3.35). Görüntü üzerinde siyah renk araç camını, beyaz renk beyaz aracı, gri renk gri aracı, açık mavi renk gölgeyi, kırmızı renk kırmızı aracı, mavi renk mavi aracı, sarı renk sarı aracı, yeşil renk yeşil alanı, kahverengi renk ise yol sınıfını temsil eden örnek eğitim alanı segmentlerini temsil etmektedir.



Şekil 3.35. Test Alanı #1'e ait görüntü sınıflandırması için toplanan örnek eğitim alanı segmentleri

Eğitim alanı segmentlerinin toplanması işleminden sonra eCognition yazılımının “Nearest Neighbor Feature Space” fonksiyonu kullanılarak sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Sınıflandırma işlemi 3 bantlı (KYM) ortofotonun ortalama piksel parlaklık değelerine göre yapılmıştır [45], [57], [59], [60], [62], [63] ve [64]. Test alanı #1’ e ait sınıflandırma sonucu elde edilen tematik çıktı Şekil 3.36’ da gösterilmiştir.



Şekil 3.36. Test Alanı #1’ e ait görüntünün sınıflandırması ile elde edilen sınıflandırma çıktısı

Test alanı #2’ de Test alanı #1 ve Test alanı #3’ den farklı olarak görsel yorumlama sonucunda karar verilen farklı piksel parlaklık değerlerine sahip binalar mevcuttur ve bu binalar sınıflandırma yapılmadan önce tanımlanmış ve bu sınıflara (Bina_1 ve Bina_2) ve diğer tüm sınıflara ait örnek eğitim alanı segmentleri görüntü üzerinden manuel olarak seçilerek toplanmıştır (Şekil 3.37). Test alanı #2 için son olarak sınıflandırma yapılmıştır ve sınıflandırma sonucu elde edilen tematik çıktı Şekil 3.38’ de gösterilmiştir.

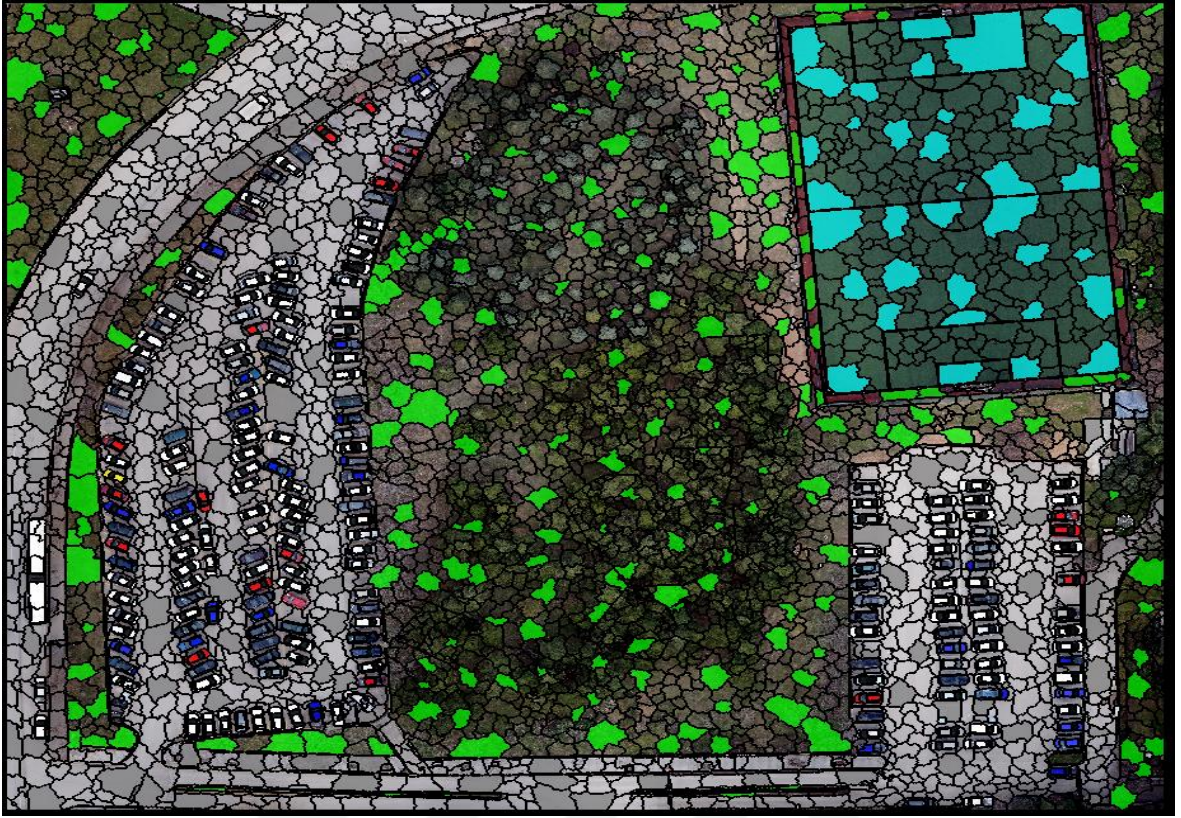


Şekil 3.37. Test Alanı #2’ye ait görüntü sınıflandırması için toplanan örnek eğitim alanı segmentleri

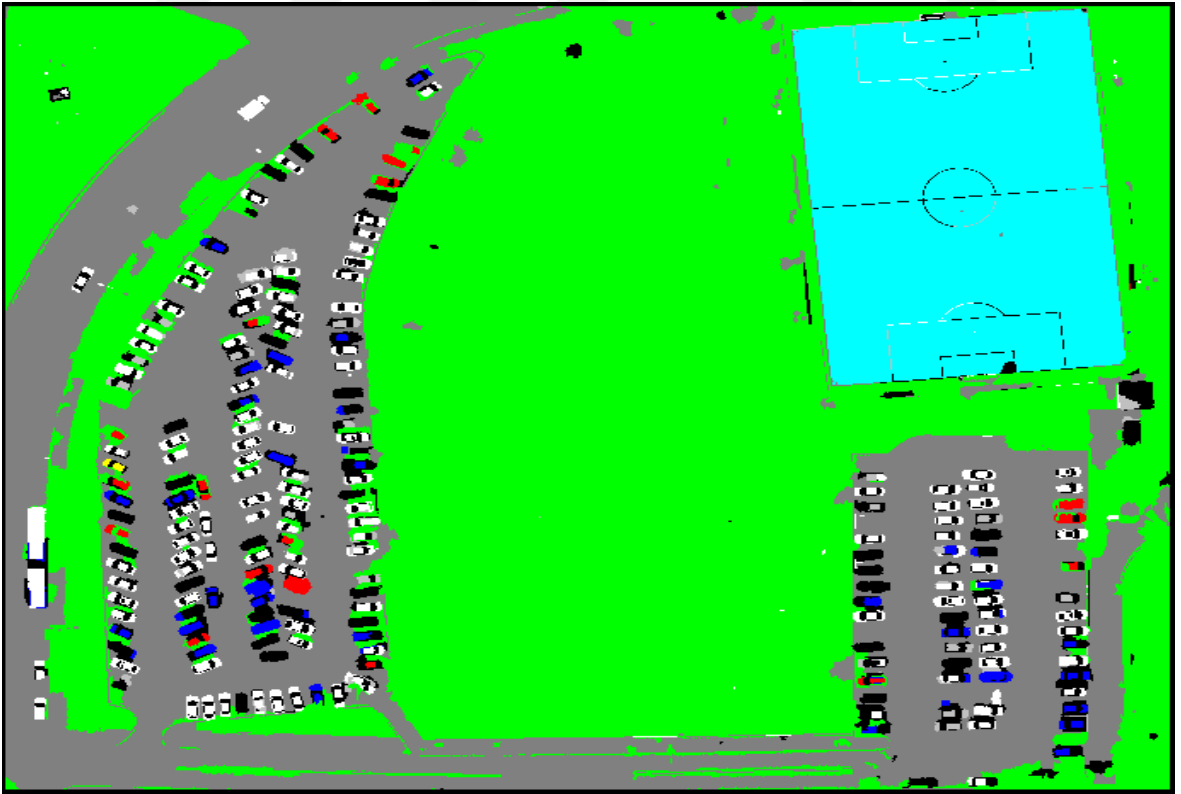


Şekil 3.38. Test Alanı #2’ ye ait görüntünün sınıflandırması ile elde edilen sınıflandırma çıktısı

Test alanı #3’ de Test alanı #1 ve Test alanı #2’ den farklı olarak geometrik şekil itibariyle bir aracın boyutlarından daha büyük boyutlara sahip bir otobüs mevcuttur ve bu otobüse ait piksel parlaklık değerleri beyaz araçların parlaklık değeri ile neredeyse aynı olduğu için otobüs için ayrı bir sınıf tayin edilmemiş ve beyaz araçların bulunduğu sınıfa dahil edilmiştir. Ancak otobüs geometrik şekil ve büyüklüğü itibariyle sınıflandırma çıktısında beyaz renkli araçlardan net bir şekilde ayrılarak görüntülenmiştir. Burada söz konusu olan bu kurallar dikkate alınarak Test alanı #3’ e ait örnek eğitim alanı segmentleri görüntü üzerinden manuel olarak seçilerek toplanmıştır (Şekil 3.39). Test alanı #3 için son olarak sınıflandırma yapılmıştır ve sınıflandırma sonucu elde edilen tematik çıktı Şekil 3.40’ da gösterilmiştir.



Şekil 3.39. Test Alanı #3'e ait görüntü sınıflandırması için toplanan örnek eğitim alanı segmentleri



Şekil 3.40. Test Alanı #3' e ait görüntünün sınıflandırılması ile elde edilen sınıflandırma çıktısı

4. ELDE EDİLEN BULGULAR

4.1. nSYM Verisine Eşik Değer (Threshold) Uygulanması Sonucu Elde Edilen Bulgular

Test alanları içerisinde bulunan nesnelerden zemin üstü yükseklik değeri ile araç olamayacak nesneler, nSYM verisine ikili eşik değeri (double threshold) kullanılarak bir eşikleme işlemi uygulanarak, test alanları içerisinden temizlenmiştir. Test alanları için deneme yanılma yoluyla bulunmuş en uygun eşik değerler Tablo 4.1’ de verilmiştir.

Tablo 4.1. Test alanları için bulunan en uygun eşik değerler

Test Alanları	Alt Eşik Değer (m)	Üst Eşik Değer (m)
#1	0.50	2.50
#2	0.50	2.00
#3	0.50	3.00

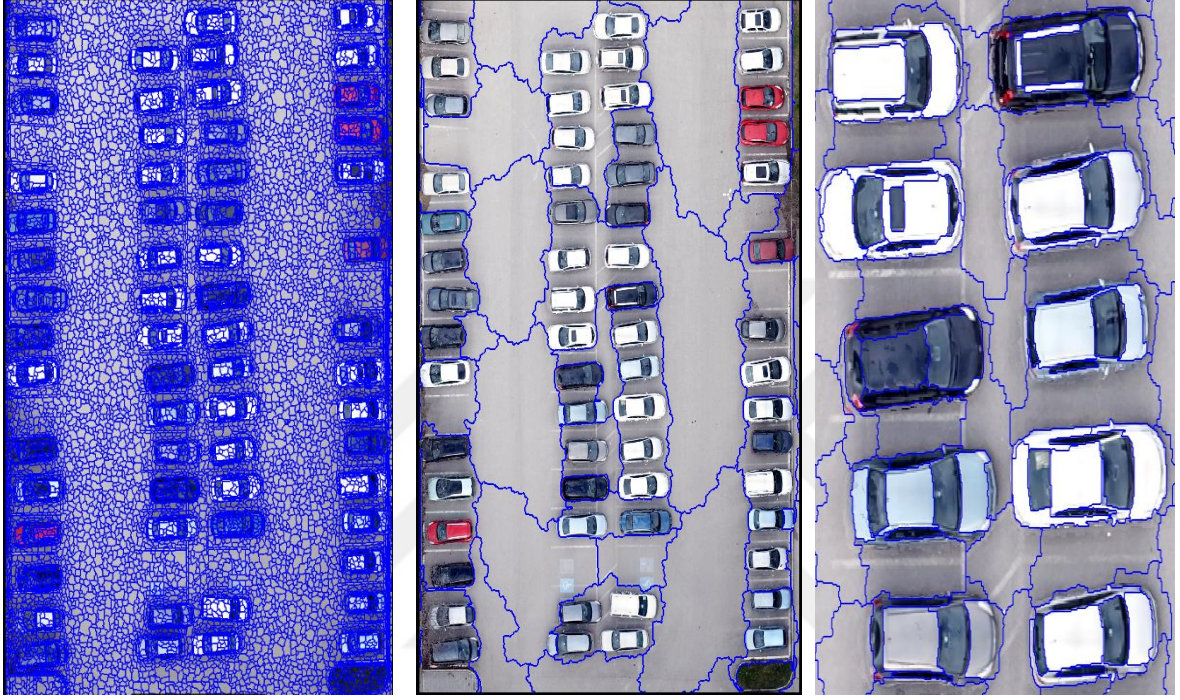
Tabloda verilen üst eşik değeri ve alt eşik değeri arasında kalan farkın, yaklaşık olarak standart bir aracın yüksekliği olacağı kararına varılmıştır. Test alanı #1 ve Test alanı #2 içerisinde yaklaşık aynı yükseklikte araçlar olduğu için üst eşik değerleri birbirine yakın, fakat Test alanı #3 içerisinde otobüs olduğu için üst eşik değeri farklılık göstermiştir.

4.2. Segmentasyon İşleminde Elde Edilen Bulgular

Bu çalışmada çoklu çözünürlük segmentasyon (multi resolution segmentation)” algoritmasının Scale (Ölçek), Shape (Şekil) ve Compactness (Yoğunluk) parametreleri kullanılmıştır. Ayrıca kırmızı, yeşil ve mavi bantların ağırlığı 1, yükseklik verisini içeren nSYM bandının ağırlığı ise 2 olarak alınmıştır. Dolayısıyla, yükseklik verisinin önemi segmentasyon işleminde bir kat daha ön plana çıkarılmıştır.

Her bir test alanı için en uygun parametre değerlerini tespit etmek için “eCognition” yazılımında ölçek parametresini kestirim (Estimation of Scale Parameters 2) aracı kullanılarak segmentasyonu yapılacak olan test alanı görüntüsüne ait en uygun ölçek değeri belirlenmiştir. Ölçek değeri belirlenirken ESP-2 aracının çıktı grafik verisinde görülen lokal varyans değerinin değişim oranının en yüksek olduğu yerler (tepe noktaları) dikkate alınmıştır. Bu işlemde bu eklenti aracının sonuç çıktısı olarak verdiği grafik görsel olarak yorumlanarak en uygun ölçek (scale) parametre değeri kestirilmiştir. Son olarak kestirilen bu değerler ile segmentasyon işlemi yapılmıştır ve sonuç olarak Scale (Ölçek), Shape (Şekil) ve Compactness (Yoğunluk) parametre değerleri incelendiğinde her bir test alanı için kullanılan değerlerin birbirinden farklı olduğu gözlemlenmiştir.

Örneğin, Test Alanı #3 için farklı ölçek parametre değerleri ile bulunan sonuçlar Şekil 4.1’ de gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar görsel olarak yorumlandığında Test Alanı #3 için optimum ölçek parametre değerinin 70 olduğu sonucuna varılmıştır. Benzer şekilde diğer iki test alanı için farklı ölçek parametreleri ile bulunan sonuçlar görsel olarak yorumlandığında Test Alanı #1 için en uygun ölçek parametre değerinin 50, Test Alanı #2 için ise en uygun ölçek parametre değerinin 75 olduğu sonucuna varılmıştır.



Ölçek parametresi : 10

Ölçek parametresi : 200

Ölçek parametresi : 70

Şekil 4.1. Test Alanı #3’ e ait farklı ölçek parametre değerleri ile elde edilen segmentasyon işlemi sonuçları

4.3. Sınıflandırma İşleminde Elde Edilen Bulgular

Sınıflandırma işleminden önce görüntüde yer alan obje ya da objelerin tanımlanması için her farklı obje (yol, yeşil alan, beyaz araç, kırmızı araç, gri araç ve araç camı v.b) için ayrı bir sınıf tayini yapılarak görüntüden örnek eğitim alanı segmentleri toplanmıştır. Sınıflandırma işleminde görüntünün üç bandının ortalama piksel parlaklık değerleri esas alınmıştır. Burada üç test alanı için tanımlanan sınıflara ve görüntü üzerinden seçilerek toplanan örnek eğitim alanı segmentlerine bakıldığında birbirlerinden farklı oldukları tespit edilmiştir. Bu farklılığın sebebi her bir test alanına ait görüntüdeki nesnelerin piksel parlaklık değerlerinin, şekillerinin, boyutlarının ve yüksekliklerinin farklı olmasıdır.

Çünkü sınıflandırma sonucu elde edilen tematik çıktılar görsel olarak yorumlandığında her bir test alanı için farklı tanımlanmış sınıfların ve görüntüdeki nesnelerin dağılımına göre

homojen ve yeterli sayıda örnek eğitim alanı segmenti toplanması gerektiği varsayımını haklı çıkarmaktadır. Yapılan sınıflandırma işlemi tanımlanan sınıflar aktif edilerek ve toplanan örnek eğitim alanı segmentleri işleme katılarak kontrollü sınıflandırma yöntemi ile yapılmıştır. Elde edilen çıktı ürünleri raster veri olarak sınıflandırılmış tematik harita .tif uzantı formatında, vektör veri olarak sınıflandırılmış ve her bir sınıfa ait etiketlenilmiş segmentler de .shp uzantı formatında kaydedilmiştir. Her bir test alanı için yapılan sınıflandırma sonucu elde edilen doğruluk analizleri Tablo 4.2’ de verilmiştir.

Tablo 4.2. Sınıflandırılmış görüntülere ait doğruluk analizleri

Test Alanı	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Genel Doğruluk (%)	Kappa Katsayısı
#1	95.36	93.43	88.46	0.84
#2	85.72	84.26	76.71	0.79
#3	91.24	89.66	87.06	0.81

Tablo 4.2’de verilen doğruluk kriterleri sınıflandırma sonucu elde edilen hata matrisinden türetilen çeşitli istatistik verileridir [52], [53], [54], [55], [56] ve [58]. Üretici doğruluğu, her sınıf içinde doğru olarak sınıflandırılmış piksellerin sayısını bu sınıf için kullanılan referans veri setindeki piksel sayısına bölerek bulunur ve yüzde olarak ifade edilir. Kullanıcı doğruluğu, her sınıf içinde doğru sınıflandırılmış piksel sayısını, bu kategori içinde sınıflandırılan piksellerin toplam sayısına bölünmesiyle bulunur ve yüzde olarak ifade edilir. Kullanıcı doğruluğu herhangi bir sınıfa atanan bir pikselin bu sınıfı gerçekte temsil etme olasılığını gösterir. Genel doğruluk doğru biçimde sınıflandırılmış piksellerin toplam sayısının referans veri setindeki piksellerin toplam sayısına bölünmesiyle elde edilir ve yüzde olarak ifade edilir. Kappa katsayısı referans veri setindeki pikseller ile sınıflandırılmış pikseller arasındaki gerçek uyumu gösterir ve değeri 0 ile 1 arasında değişen bir katsayıdır. Hesaplanan kappa katsayısının aralığı 0.00 ise sınıflandırılmış ve referans veriler arasında uyum olmadığını, 0.40 ve altı değerler performansın yetersiz olduğunu, 0.75 ve yukarı değerler performansın çok iyi olduğunu, 1.00 ise tam uyum olduğunu gösterir [67]. Dolayısıyla, [67] tarafından verilen aralıklara göre, bu çalışmada test alanları için hesaplanmış olan kappa katsayı değerlerinin oldukça iyi olduğu görülmektedir. Bir başka deyişle, sınıflandırma sonucu elde edilen sınıflandırma çıktısı ile referans veri arasında yüksek oranda gerçek uyum olduğu görülmektedir.

4.4. Araçların Tespit Edilmesi ve Doğruluk Analizleri

Çalışmanın bu aşamasında daha önce manuel olarak çizilerek oluşturulmuş referans veriler kullanılmıştır. Buradaki referans verilerin araçların gerçek geometrik şeklini, boyutunu ve test alanı içerisindeki konumunu temsil ettiği varsayılmıştır.

Burada nSYM verisine morfolojik filtre uyguladıktan sonra dışarı aktarılmış vektör veri ile sınıflandırma işleminden sonra dışarı aktarılmış vektör veri birlikte değerlendirilerek işleme konulmuştur.

Yapılan bu işlem için ArcGIS yazılımında “Union” fonksiyonu kullanılarak söz konusu olan iki vektör veriye birleşim (AND) işlemi uygulanmıştır ve elde edilen sonuçlar .shp uzantı formatında dışarı aktarılmıştır. Buradan elde edilen sonuç verisi bu çalışmada kullanılan yöntem ile tespit edilen araçları göstermektedir. Ardından, elde edilen sonuç verisi ile referans veri ArcGIS yazılımında bulunan “Intersection” fonksiyonu ile kesişim (AND) işlemine tabi tutulmuştur [46].

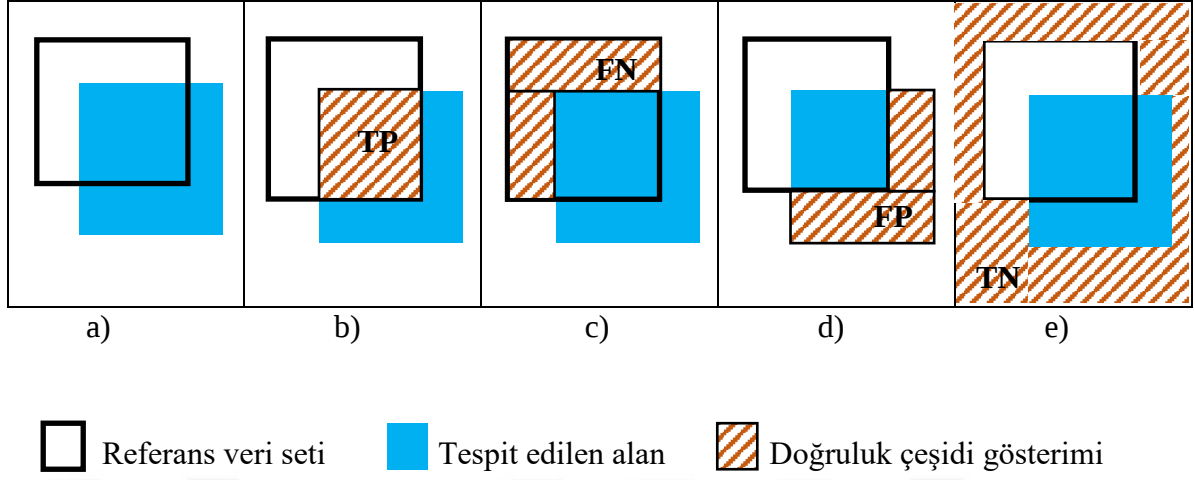
Bu çalışmada araçların tespit edilmesi ve doğruluk analizleri sonuç çıktı ürünlerinin vektör veri olması sebebiyle ve bu tür geometrik şekil itibarıyla boyu ve eni olan araçların alan bilgisi de olduğu için doğruluk analizlerini alan tabanlı yapmanın daha anlamlı olacağı düşünülmüştür.

Söz konusu vektör verilerin geometri tipi kapalı alan olduğu için verideki tüm kapalı alanların (segment) öznitelik tablosundan birimi metrekare olarak alanları hesaplanmıştır. Ayrıca, doğruluk analizlerinde kullanılan referans verilerin de geometri tipi kapalı alan olduğu için öznitelik tablosundan birimi metrekare olarak alanları hesaplanmıştır. Bu işlem için ArcGIS yazılımında “Calculate Geometry” fonksiyonu kullanılmıştır [47].

Doğruluk değerleri, elde edilen sonuç verisi ve referans veri seti ile karşılaştırılırken buradan alınacak sayısal sonuçlar üç farklı kategoride değerlendirilmiştir. Bunlar Doğru Pozitif (True Positive - TP), Yanlış Pozitif (False Positive - FP) ve Yanlış Negatif (False Negative - FN) diye temsil edilmektedir.

Doğru Pozitif alanlar hem referans veri setinde hem de sonuçlarda aynı olan segment grubudur. Yanlış Pozitif alanlar yalnızca kullanılan yöntemle tespit edilen referans veri setinde bulunmayan segment gruplarıdır. Bu segment grupları kullanılan yöntemle yanlış tespit edilmiş segment gruplarıdır. Yanlış Negatif alanlar referans veri setinde var olan ancak kullanılan yöntem ile tespit edilemeyen segment gruplarıdır. Bu segment grupları

kullanılan yöntemle hiçbir şekilde tespit edilememiş segment gruplarıdır. Burada anlatılan durumun şematik olarak gösterimi Şekil 4.2’ de tasvir edilmiştir [48] ve [49].



Şekil 4.2. a) Tespit edilen örnek durum , b) Doğru Pozitif (TP) , c) Yanlış Negatif (FN) , d) Yanlış Pozitif (FP) , e) Doğru Negatif (TN)

Sözü geçen segment gruplarının istatistiksel olarak hesaplanması aşağıdaki eşitliklerde verilmiştir [50] ve [51].

$$\text{Sapma Faktörü (SF): } FP / TP \quad (4.1)$$

$$\text{Başarısızlık Faktörü (BF): } FN / TP \quad (4.2)$$

$$\text{Araç Tespit Yüzdesi (ATY): } 100 * TP / (TP + FN) \quad (4.3)$$

$$\text{Kalite Yüzdesi (KY): } 100 * TP / (TP + FP + FN) \quad (4.4)$$

Tespit edilme doğruluğu ve tespit edilme bütünlüğü değerlerini hesaplamak için kullanılan formüller aşağıda verilmiştir [44].

$$\text{Tespit Edilme Doğruluğu (TED)} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (4.5)$$

$$\text{Tespit Edilme Bütünlüğü (TEB)} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (4.6)$$

Verilen eşitliklerden elde edilecek sayısal sonuçlar tespit edilmiş veya edilememiş araçlar hakkında bir fikir vermektedir. Sapma faktörü (SF), tespit edilmiş fakat referans veri setinde bulunmayan araçların oranını ifade etmektedir. Başka bir deyişle, kullanılan yöntemin fazladan tespit ettiği araçları veya araç diye tespit edip referans veride araç olmayan nesneleri ifade eder. Başarısızlık faktörü (BF), referans veri setinde var olan fakat kullanılan yöntem ile tespit edilemeyen araçların oranını göstermektedir. Başka bir deyişle, kullanılan yöntemin tespit edemeyip kaçırdığı araçları ifade eder. Araç tespit yüzdesi (ATY), kullanılan yöntemle doğru tespit edilen araçların yüzdesini ifade eden sayısal değerdir. Kalite yüzdesi (KY), performansın genel ölçüsüdür ve hem doğru tespit edilen araçları hem de yanlış tespit edilen ve tespit edilemeyen araçların yüzdesini ifade eden sayısal bir değerdir.

Tespit Edilme Doğruluğu (TED) ve Tespit Edilme Bütünlüğü (TEB) tespit doğruluğunu bulmak için kullanılan sayısal değerlerdir. TED, doğru olarak tespit edilen araçları ifade eder. Bir başka deyişle, referans veri seti ile örtüşen araçları sayısal olarak gösterir. TEB ise kullanılan yöntemin doğru olarak tespit ettiği araçların değişim referansı yüzdesini ifade etmektedir. Bir başka deyişle, bu değer ile çakışan referans yüzdesini ifade eder.

4.4.1. Test Alanı #1

Test alanı #1 içerisinde araç olarak tespit edilen alanlar ile referans veri seti ArcGIS yazılımında “Overlap” fonksiyonu ile karşılaştırılmıştır. Bu işlem sonucunda Doğru Pozitif (TP), Yanlış Pozitif (FP) ve Yanlış Negatif (FN), alanlar birimi metrekare olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.3’ de tespit edilmiş olan araçlar veya araç kısımlarını temsil eden alanlar ile referans veri seti üst üste çakıştırılarak gösterilmiştir. Bir başka deyişle Şekil 4.3’ deki gösterim Test alanı #1 için tespit edilen Doğru Pozitif (TP) alanları göstermektedir. Aynı zamanda Test alanı #1’ de bulunan toplam 155 araçtan sayısal olarak da kaç tanesinin doğru tespit edildiği görsel yorumlama sonucunda anlaşılabilmektedir. Bu yorumlama sonucunda aracın, yöntem tarafından tespit edilen alanına bir eşik değer konulmuştur. Buna göre tespit edilen araç %50 ve yukarı bir alansal oranla tespit edildiğinde, söz konusu bu araç tespit edilmiş olarak kabul edilmiştir. Test alanı #1 içerisinde tespit edilen araçlar sayısal olarak Tablo 4.3 ‘ de verilmiştir.

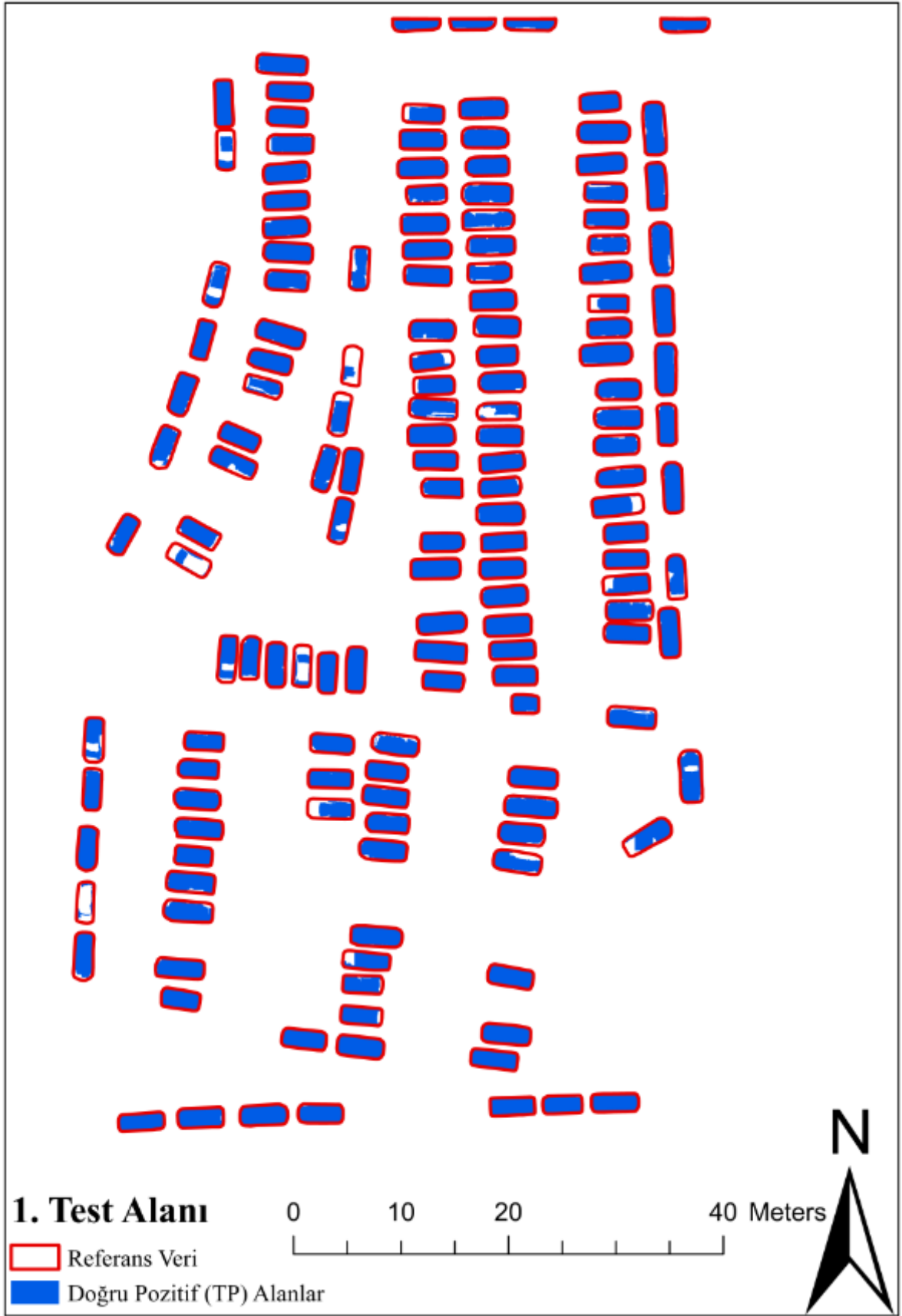
Tablo 4.3. Test alanı #1’ de tespit edilen ve edilemeyen araç sayıları

Test Alanı	Referans Verideki Toplam Araç Sayısı	Tespit Edilen Toplam Araç Sayısı	Tespit Edilemeyen Toplam Araç Sayısı
#1	155	150	5

Tablo 4.4. Test alanı #1' e ait Sapma Faktörü (SF), Başarısızlık Faktörü (BF), Araç Tespit Yüzdesi (ATY) ve Kalite Yüzdesi (KY)

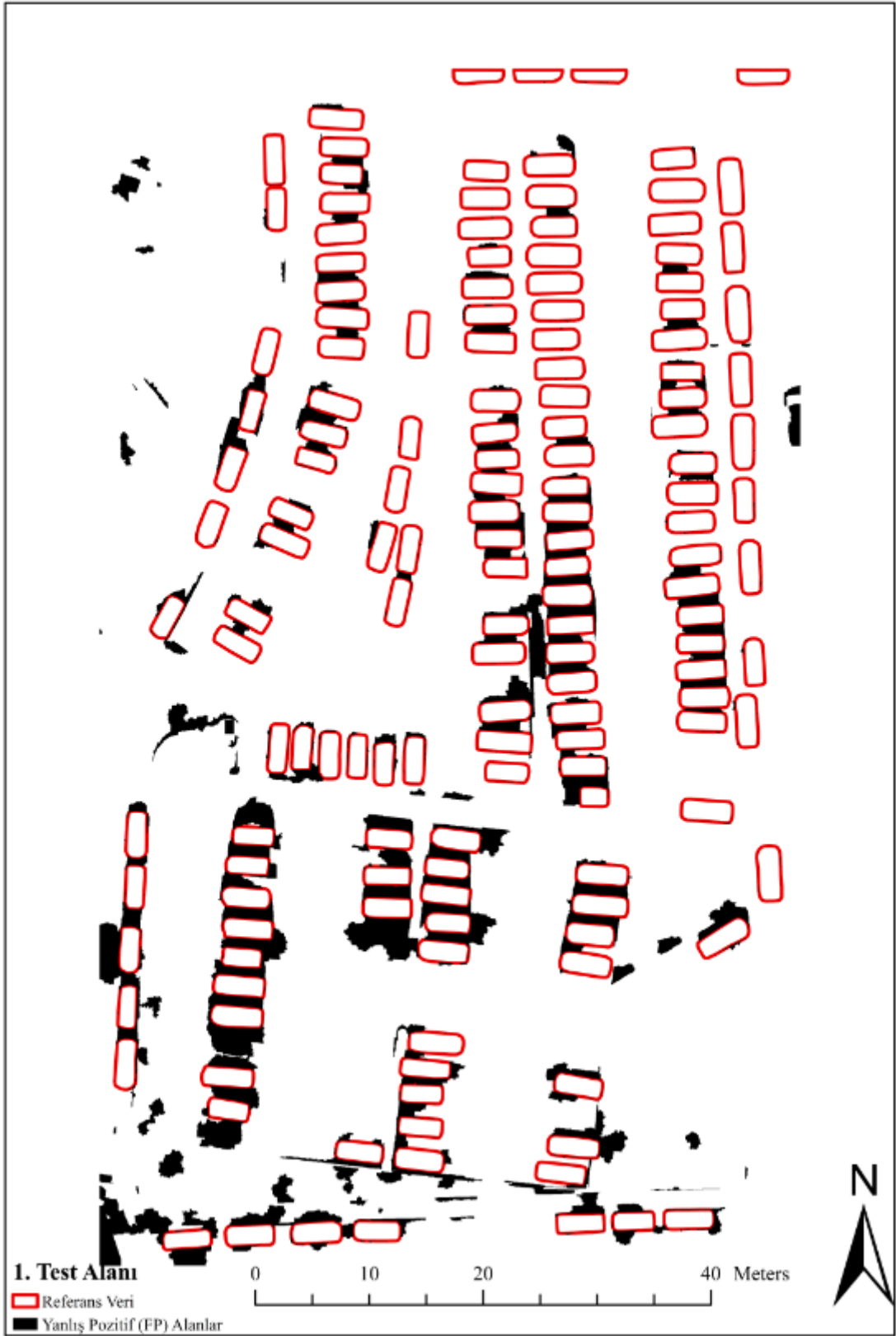
Test Alanı	Referans Verideki Toplam Araç Alanı (m ²)	Tespit Edilen Toplam Araç Alanı (m ²)	Sapma Faktörü (SF)	Başarısızlık Faktörü (BF)	Araç Tespit Yüzdesi (ATY)	Kalite Yüzdesi (KY)
#1	1093.725	972.673	0.81	0.12	88.93	51.56

Test alanı #1 için Sapma Faktörü (SF), Başarısızlık Faktörü (BF), Araç Tespit Yüzdesi (ATY) ve Kalite Yüzdesi (KY) gibi diğer doğruluk analizi sayısal verileri Tablo 4.4' de verilmiştir. Bu test alanı için yanlış etiketlendirilerek araç sınıfına dahil edilmiş olan araçların oranını ifade eden Sapma Faktörü (SF) değeri 0.81' dir. Tespit edilemeyen araçların oranını ifade eden Başarısızlık Faktörü (BF) değeri ise 0.12' dir. Başarısızlık Faktörü (BF) değeri 0 ile 1 arasında değişen bir değerdir ve bu değer越低越好. Test alanı #1 için kullanılan yöntemle doğru tespit edilen araçların yüzdesini ifade eden Araç Tespit Yüzdesi (ATY), değeri % 88.93' dür. Araç Tespit Yüzdesi (ATY) değeri 0 ile 100 arasında değişen bir değerdir ve bu değerin oldukça yüksek olması tercih edilir. Son olarak bu test alanı için performansın genel ölçüsünü yani, hem doğru tespit edilen araçları hem de yanlış tespit edilen ve tespit edilemeyen araçların yüzdesini ifade eden ve sayısal bir değer olan Kalite Yüzdesi (KY) değeri % 51.56 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.3. Test alanı #1 için bulunan Doğru Pozitif (TP) alanlar

Test alanı #1 içerisinde kullanılan yöntem ile tespit edilmiş fakat referans veri setinde bulunmayan alanlar yöntemin yanlış olarak tespit ettiği segment gruplarıdır. Söz konusu bu alanların birçoğunun yanlış olarak tespit edilmesinin nedeni araç alanları ile neredeyse aynı yansıma (reflectance) değerini vermesi ve zeminden olan yüksekliğinin araç yükseklik değerlerine çok yakın olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, yöntemin yanlış tespit ettiği ya da iki ayrı aracı sanki tek bir araç gibi tespit etmesinin sebebi araçların birbirine göre konumu, araçların park alanı içerisindeki park edilme şekli ve araçların birbirlerine olan mesafesi (sıklık veya seyreklik) olarak yorumlanabilir. Diğer taraftan, yanlış tespit edilen bu alanlar (segment grupları) geometrik şekil itibarıyla araçların dikdörtgene benzeyen şekline pek benzememektedir. Bu alanların çoğunun geometrik şekli biçimsiz ve bozuktur. Dolayısıyla, yanlış tespit edilmiş olsalar dahi bu özellikleri itibarıyla araç olmadıkları görsel olarak kolaylıkla anlaşılmaktadır. Fakat, sayısal sonuçlar yorumlandığında yanlış tespit edilen bu alanlar doğruluk değerlendirmesi yapılırken elde edilen sayısal sonuçları olumsuz yönde etkileyerek doğruluk yüzdesini düşürmüştür. Şekil 4.4’ de yanlış tespit edilmiş olan araç veya araç kısımlarını temsil eden alanlar ile referans veri seti üst üste karşılaştırılarak gösterilmiştir. Bir başka deyişle Şekil 4.4’ deki gösterim Test alanı #1 için tespit edilen Yanlış Pozitif (FP) alanları göstermektedir.



Şekil 4.4. Test alanı #1 için bulunan Yanlış Pozitif (FP) alanlar

Test alanı #1 içerisinde kullanılan yöntem ile tespit edilemeyen fakat referans veri setinde bulunan alanlar yöntemin tespit edemediği yani kaçırdığı alanlardır. Söz konusu bu

alanların tespit edilememesinin nedeni bu araç alanların çok yakınında veya neredeyse bitişik olan zemin üstünde bulunan ağaç benzeri küçük çalılıklar (Şekil 4.5) ve merdiven alanlarıdır (Şekil 4.6). Ayrıca, yine bu araç alanlarının çok yakınında veya neredeyse bitişik olan çok yüksek istinat duvarı (Şekil 4.7), geometrik şekli ve yüksekliği ile araca benzeyen ve hemen zemin üzerinde bulunan havalandırma bacası (Şekil 4.8) ve boyu çok yüksek olan ağaçlar (Şekil 4.9) tespit edilmeyi güç hale getiren zemin üstü nesnelerdir. Sayısal sonuçlar yorumlandığında tespit edilemeyen bu alanlar doğruluk değerlendirmesine bir katkı sağlayamadığı için doğruluk yüzdesini düşürmüştür. Şekil 4.10’ de tespit edilemeyen bu alanlar ile referans veri seti üst üste çakıştırılarak gösterilmiştir. Bir başka deyişle Şekil 4.10’ deki gösterim Test alanı #1 için tespit edilemeyen Yanlış Negatif (FN) alanları göstermektedir.



Şekil 4.5. Test alanı #1 içinde yer alan ağaç benzeri küçük çalılıklar



Şekil 4.6. Test alanı #1 içinde yer alan merdiven alanı



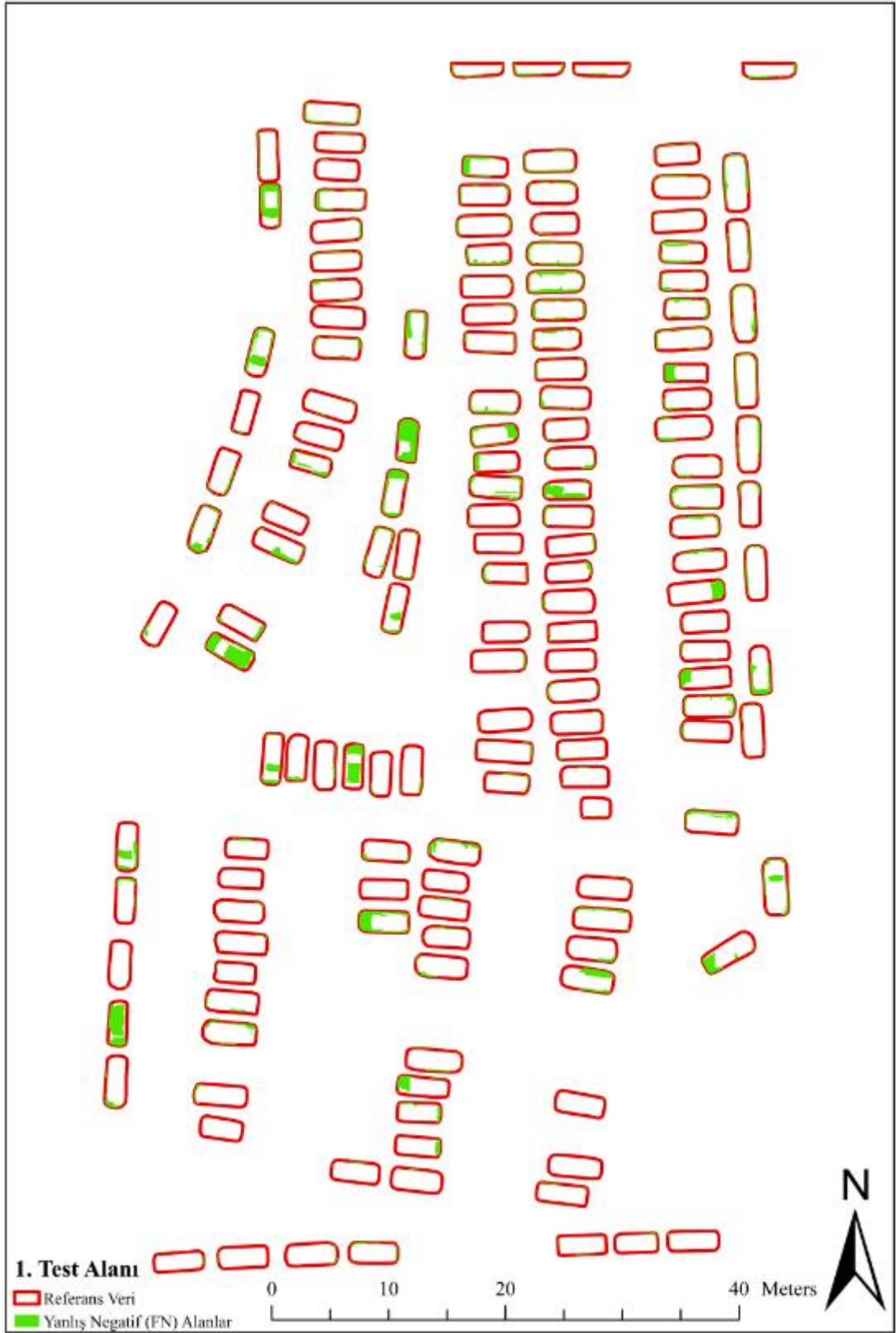
Şekil 4.7. Test alanı #1 içinde yer alan yüksek istinat duvarı



Şekil 4.8. Test alanı #1 içinde yer alan havalandırma bacaları



Şekil 4.9. Test alanı #1 içinde yer alan yüksek boylu ağaçlar



Şekil 4.10. Test alanı #1 için bulunan Yanlış Negatif (FN) alanlar

4.4.2. Test Alanı #2

Test alanı #2 içerisinde araç olarak tespit edilen alanlar ile referans veri seti ArcGIS yazılımında “Overlap” fonksiyonu ile karşılaştırılmıştır. Bu işlem sonucunda Doğru Pozitif (TP), Yanlış Pozitif (FP) ve Yanlış Negatif (FN), alanlar birimi metrekare olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.11’ de Test alanı #2 için tespit edilen Doğru Pozitif (TP) alanlar gösterilmektedir. Aynı zamanda bu gösterim görsel olarak yorumlandığında Test alanı #2’ de bulunan 175 adet araçtan sayısal olarak da kaç tanesinin doğru tespit edildiği anlaşılabilmektedir. Bu yorumlama sonucunda aracın, yöntem tarafından tespit edilen alanına bir eşik değeri konulmuştur. Buna göre tespit edilen araç %50 ve yukarı bir alansal oranla tespit edildiğinde, söz konusu bu araç tespit edilmiş olarak kabul edilmiştir. Test alanı #2 içerisinde tespit edilen araçlar sayısal olarak Tablo 4.5 ‘ de verilmiştir.

Tablo 4.5. Test alanı #2’ de tespit edilen ve edilemeyen araç sayıları

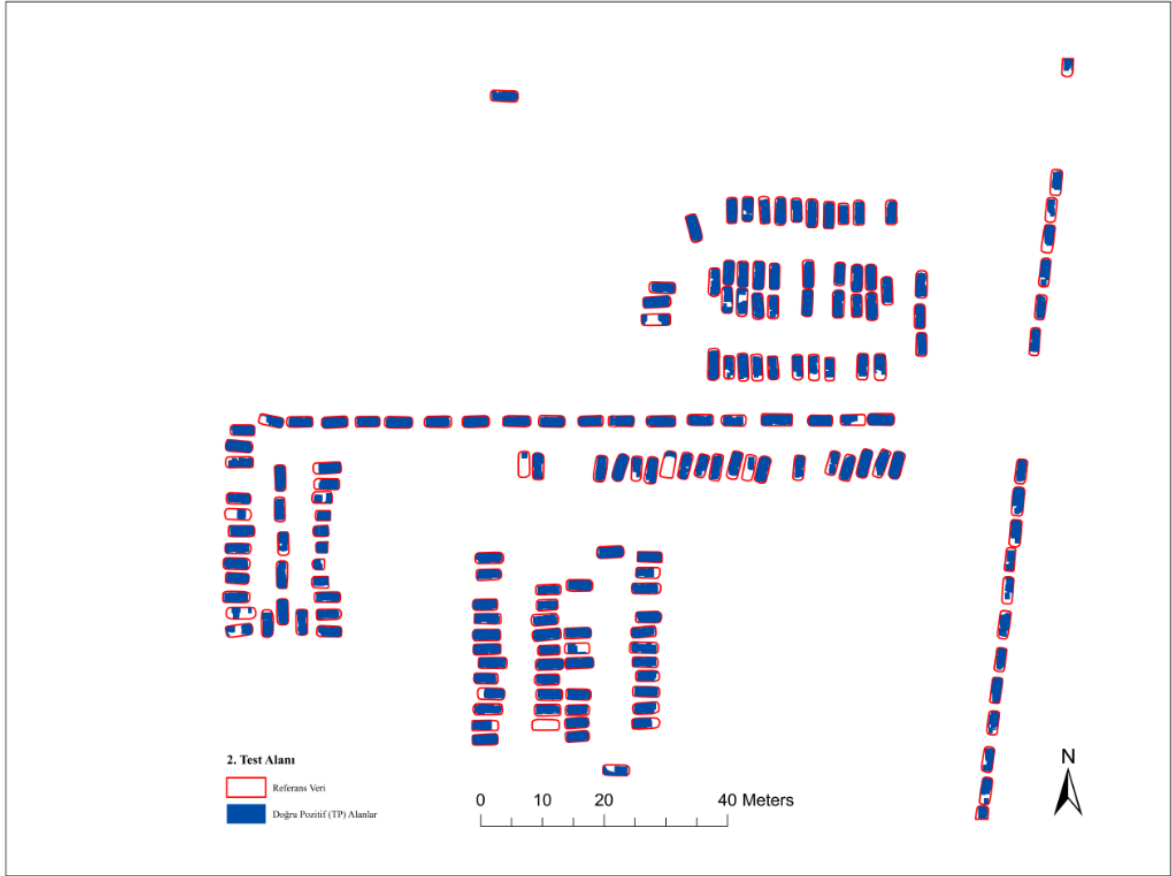
Test Alanı	Referans Verideki Toplam Araç Sayısı	Tespit Edilen Toplam Araç Sayısı	Tespit Edilemeyen Toplam Araç Sayısı
#2	175	167	8

Tablo 4.6. Test alanı #2’ ye ait Sapma Faktörü (SF), Başarısızlık Faktörü (BF), Araç Tespit Yüzdesi (ATY) ve Kalite Yüzdesi (KY)

Test Alanı	Referans Verideki Toplam Araç Alanı (m ²)	Tespit Edilen Toplam Araç Alanı (m ²)	Sapma Faktörü (SF)	Başarısızlık Faktörü (BF)	Araç Tespit Yüzdesi (ATY)	Kalite Yüzdesi (KY)
#2	1211.617	951.443	0.78	0.27	78.53	55.17

Test Alanı # 2’ ye ait Sapma Faktörü (SF), Başarısızlık Faktörü (BF), Araç Tespit Yüzdesi (ATY) ve Kalite Yüzdesi (KY) gibi diğer doğruluk analizi sayısal verileri Tablo 4.6’ da verilmiştir. Bu test alanı için yanlış etiketlenilerek araç sınıfına dahil edilmiş olan araçların oranını ifade eden Sapma Faktörü (SF), değeri 0.78’ dir. Tespit edilemeyip kaçırılan araçların oranını ifade eden Başarısızlık Faktörü (BF) değeri ise 0.27’ dir.

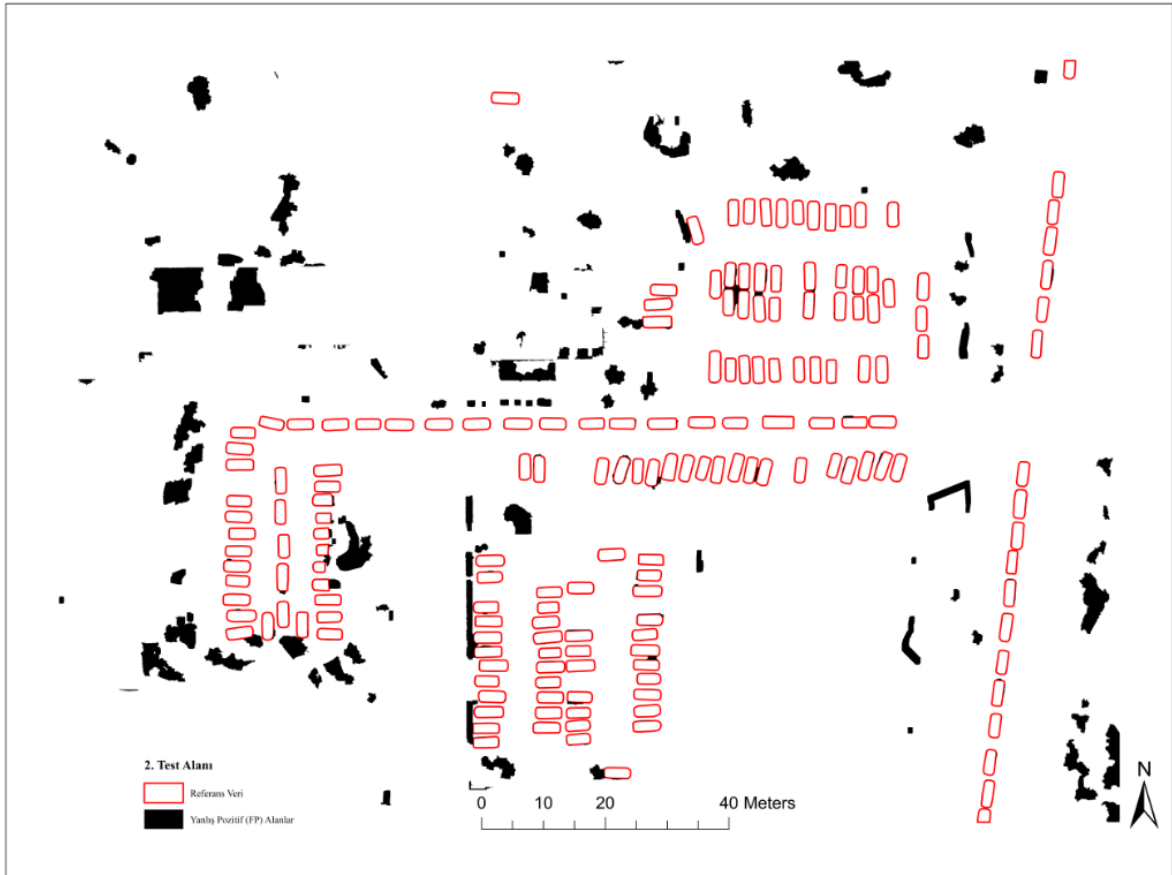
Başarısızlık Faktörü (BF) değeri 0 ile 1 arasında değişen bir değerdir ve bu değerin oldukça düşük olması tercih edilir. Test alanı #2 için kullanılan yöntemle doğru tespit edilen araçların yüzdesini ifade eden Araç Tespit Yüzdesi (ATY) % 78.53' dür. Araç Tespit Yüzdesi (ATY) değeri 0 ile 100 arasında değişen bir değerdir ve bu değerin oldukça yüksek olması tercih edilir. Son olarak bu test alanı için performansın genel ölçüsünü yani, hem doğru tespit edilen araçları hem de yanlış tespit edilen ve tespit edilemeyen araçların yüzdesini ifade eden ve sayısal bir değer olan Kalite Yüzdesi (KY) % 55.17 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.11. Test Alanı #2 için bulunan Doğru Pozitif (TP) alanlar

Test alanı #2 içerisinde kullanılan yöntem ile tespit edilmiş fakat referans veri setinde bulunmayan alanlar yöntemin yanlış olarak tespit ettiği segment gruplarıdır. Söz konusu bu alanların birçoğunun yanlış olarak tespit edilmesinin nedeni araç alanları ile neredeyse aynı yansıma (reflectance) değerini vermesi ve zeminden olan yüksekliğinin araç yükseklik değerlerine çok yakın olmasından kaynaklanmaktadır. Örneğin söz konusu test alanı içerisinde bulunan bina çatılarının piksel parlaklık değeri, gri renkli araçların piksel parlaklık değerleri ile neredeyse aynı olduğu için ve binaların boyu çok yüksek olup, üretilen yükseklik modelinin kalitesini etkileyip yanlış araçların tespit edilmesine neden

olmuşlardır. Ayrıca, yöntemin yanlış tespit ettiği ya da iki ayrı aracı sanki tek bir araç gibi tespit etmesinin sebebi araçların birbirine göre konumu, araçların park alanı içerisindeki park edilme şekli, araçların birbirlerine olan mesafesi (sıklık veya seyreklik) ve araçların bina, bina çatı sundurmaları ve ağaçların altında kalarak bu alanların gölgesinde kalmış olması olarak yorumlanabilir. Diğer bir taraftan, yanlış tespit edilen bu alanlar (segment grupları) geometrik şekil itibarıyla araçların dikdörtgene benzeyen şekline pek benzememektedir. Bu alanların çoğunun geometrik şekli biçimsiz ve bozuktur. Dolayısıyla, yanlış tespit edilmiş olsalar dahi bu özellikleri itibarıyla araç olmadıkları görsel olarak kolaylıkla anlaşılmaktadır. Fakat, sayısal sonuçlar yorumlandığında yanlış tespit edilen bu alanlar doğruluk değerlendirmesi yapılırken elde edilen sayısal sonuçları olumsuz yönde etkileyerek doğruluk yüzdesini düşürmüştür. Şekil 4.12’ da yanlış tespit edilmiş olan araç veya araç kısımlarını temsil eden alanlar ile referans veri seti üst üste çakıştırılarak gösterilmiştir. Bir başka deyişle Şekil 4.12’ deki gösterim Test alanı #2 için tespit edilen Yanlış Pozitif (FP) alanları göstermektedir.



Şekil 4.12. Test alanı #2 için bulunan Yanlış Pozitif (FP) alanlar

Test alanı #2 içerisinde kullanılan yöntem ile tespit edilemeyen fakat referans veri setinde bulunan alanlar yöntemin tespit edemediği yani kaçırdığı alanlardır. Söz konusu bu

alanların tespit edilememesinin nedeni bu araç alanların çok yakınında veya neredeyse bitişik olan zemin üstünde bulunan ağaç benzeri küçük çalılıklar (Şekil 4.13) ve oldukça eğimli şev (hendek) alanlarıdır (Şekil 4.14). Ayrıca, yine bu araç alanlarının çok yakınında veya neredeyse bitişik olan yüksekliği itibarıyla araç yüksekliğinden çok yüksek olmayan sundurmalar, (Şekil 4.15) oturma bankları (Şekil 4.16) ve çardaklar, geometrik şekli ile dikdörtgeni andıran birbirine çok sık olarak inşa edilmiş yüksek binalar (Şekil 4.17) ve boyu çok yüksek olan ağaçlar (Şekil 4.18) tespit edilmeyi güç hale getiren zemin üstü nesnelerdir. Sayısal sonuçlar yorumlandığında tespit edilemeyen bu alanlar doğruluk değerlendirmesine bir katkı sağlayamadığı için doğruluk yüzdesini düşürmüştür. Şekil 4.19’ de tespit edilemeyen bu alanlar ile referans veri seti üst üste çakıştırılarak gösterilmiştir. Bir başka deyişle Şekil 4.19’ deki gösterim Test alanı #2 için tespit edilemeyen Yanlış Negatif (FN) alanları göstermektedir.



Şekil 4.13. Test alanı #2 içinde yer alan ağaç benzeri küçük çalılıklar



Şekil 4.14. Test alanı #2 içinde yer alan oldukça eğimli şev (hendek) alanları



Şekil 4.15. Test alanı #2 içinde yer alan sundurmalar



Şekil 4.16. Test alanı #2 içinde yer alan oturma bankları



Şekil 4.17. Test alanı #2 içinde yer alan binalar



Şekil 4.18. Test alanı #2 içinde yer alan yüksek boylu ağaçlar



Şekil 4.19. Test alanı #2 için bulunan Yanlış Negatif (FN) alanlar

4.4.3. Test Alanı #3

Test alanı #3 içerisinde araç olarak tespit edilen alanlar ile referans veri seti ArcGIS yazılımında “Overlap” fonksiyonu ile karşılaştırılmıştır. Bu işlem sonucunda Doğru Pozitif (TP), Yanlış Pozitif (FP) ve Yanlış Negatif (FN), alanlar birimi metrekare olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.20’ de Test Alanı #3 için tespit edilen Doğru Pozitif (TP) alanlar gösterilmektedir. Aynı zamanda bu gösterim görsel olarak yorumlandığında Test Alanı #3’ de bulunan 1 tanesi otobüs olmak üzere toplam 217 adet araçtan sayısal olarak da kaç tanesinin doğru tespit edildiği anlaşılabilmektedir. Söz konusu test alanı içerisinde bulunan ve geometrik şekli ve boyutu itibarıyla bir aracın şekline göre oldukça büyük olan otobüs bu tez çalışmasında kullanılan yöntem ile gayet başarılı bir şekilde tespit edilmiştir. Yukarıda olduğu gibi yine, bu yorumlama sonucunda aracın, yöntem tarafından tespit edilen alanına bir eşik değer konulmuştur. Buna göre tespit edilen araç %50 ve yukarı bir alansal oranla tespit edildiğinde, söz konusu bu araç tespit edilmiş olarak kabul edilmiştir. Test alanı #3 içerisinde tespit edilen araçlar sayısal olarak Tablo 4.7 ‘ de verilmiştir.

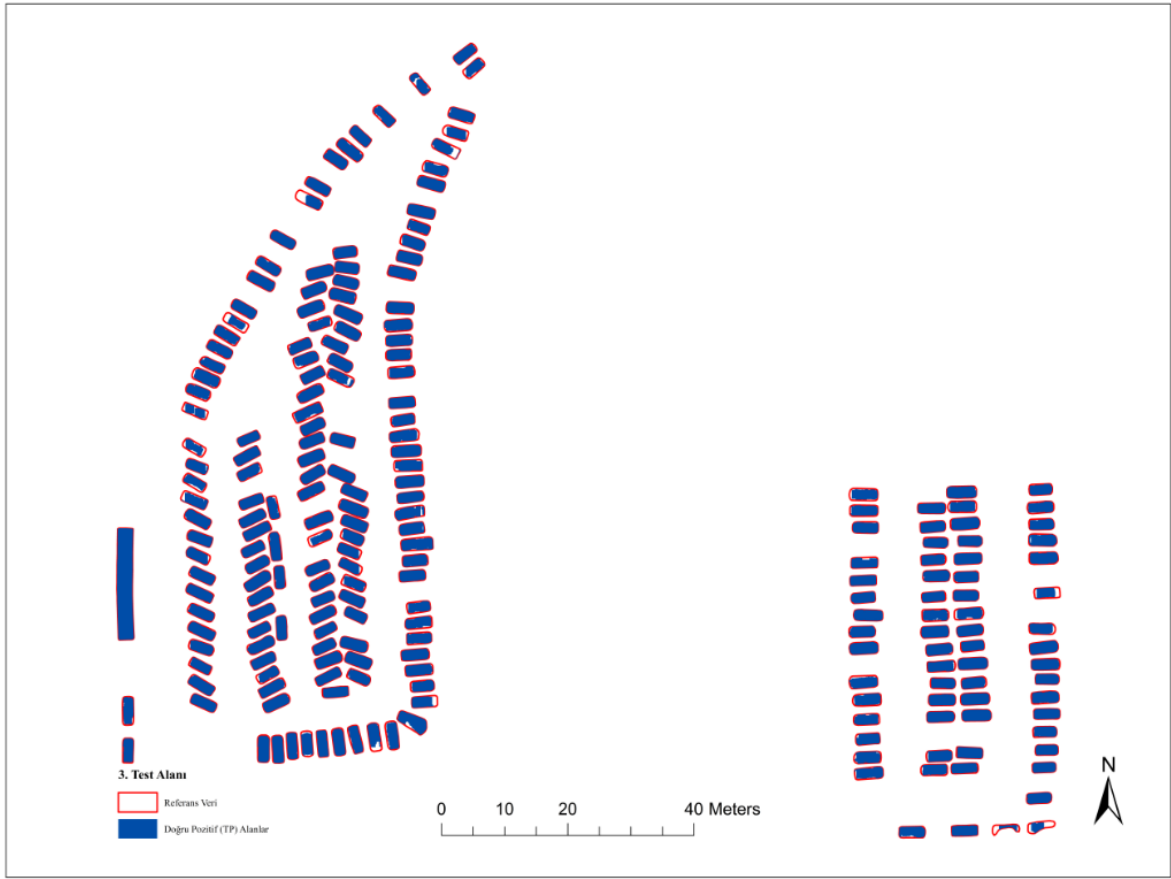
Tablo 4.7. Test alanı #3’ de tespit edilen ve edilemeyen araç sayıları

Test Alanı	Referans Verideki Toplam Araç Sayısı	Tespit Edilen Toplam Araç Sayısı	Tespit Edilemeyen Toplam Araç Sayısı
#3	217	214	3

Tablo 4.8. Test Alanı #3’ e ait Sapma Faktörü (SF), Başarısızlık Faktörü (BF), Araç Tespit Yüzdesi (ATY) ve Kalite Yüzdesi (KY)

Test Alanı	Referans Verideki Toplam Araç Alanı (m ²)	Tespit Edilen Toplam Araç Alanı (m ²)	Sapma Faktörü (SF)	Başarısızlık Faktörü (BF)	Araç Tespit Yüzdesi (ATY)	Kalite Yüzdesi (KY)
#3	1517.879	1398.715	0.38	0.08	92.15	72.43

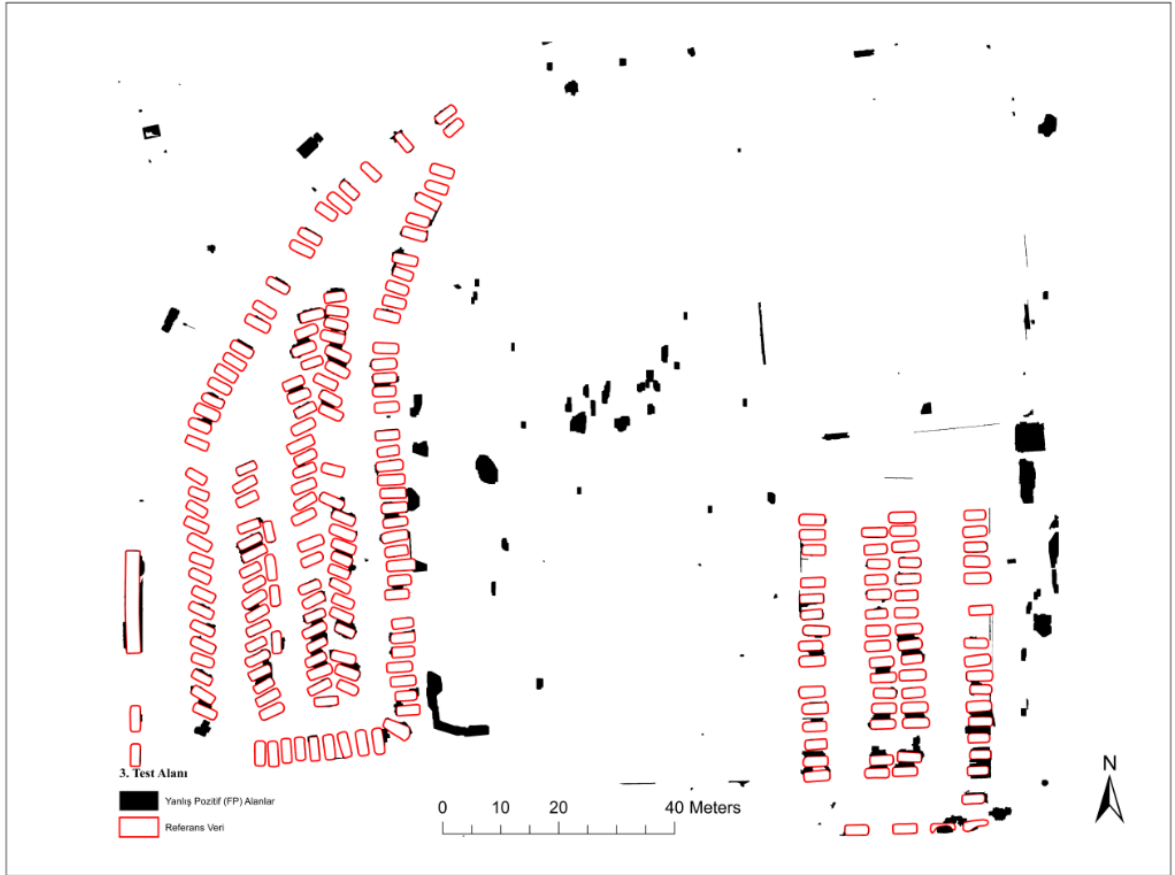
Test Alanı #3’ e ait Sapma Faktörü (SF), Başarısızlık Faktörü (BF), Araç Tespit Yüzdesi (ATY) ve Kalite Yüzdesi (KY) gibi diğer doğruluk analizi sayısal verileri Tablo 4.8’ de verilmiştir. Bu test alanı için yanlış etiketlendirilerek araç sınıfına dahil edilmiş olan araçların oranını ifade eden Sapma Faktörü (SF), değeri 0.38’ dir. Tespit edilemeyip kaçırılan araçların oranını ifade eden Başarısızlık Faktörü (BF) değeri ise 0.08’ dir. Başarısızlık Faktörü (BF) değeri 0 ile 1 arasında değişen bir değerdir ve bu değer oldukça düşük olması tercih edilir. Test Alanı #3 için kullanılan yöntemle doğru tespit edilen araçların yüzdesini ifade eden Araç Tespit Yüzdesi (ATY) % 92.15’ dir. Araç Tespit Yüzdesi (ATY) değeri 0 ile 100 arasında değişen bir değerdir ve bu değer oldukça yüksek olması tercih edilir. Son olarak bu test alanı için performansın genel ölçüsünü yani, hem doğru tespit edilen araçları hem de yanlış tespit edilen ve tespit edilemeyen araçların yüzdesini ifade eden ve sayısal bir değer olan Kalite Yüzdesi (KY) % 72.43 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.20. Test alanı #3 için bulunan Doğru Pozitif (TP) alanlar

Test Alanı #3 içerisinde kullanılan yöntem ile tespit edilmiş fakat referans veri setinde bulunmayan alanlar yöntemin yanlış olarak tespit ettiği segment gruplarıdır. Söz konusu bu alanların birçoğunun yanlış olarak tespit edilmesinin nedeni araç alanları ile neredeyse aynı yansımaya (reflectance) değerini vermesi ve zeminden olan yüksekliğinin araç yükseklik değerlerine çok yakın olmasından kaynaklanmaktadır. Örneğin söz konusu test alanı içerisinde çimenlik alan üzerinde yüksekliği yaklaşık 1 metre olan beton zeminin piksel parlaklık değerinin gri renkli araçların piksel parlaklık değeri ile neredeyse aynı olmasından kaynaklanmaktadır ve benzer şekilde söz konusu test alanı içerisinde bulunan futbol sahasının hemen yanında bulunan sundurmanın piksel parlaklık değerinin araç camlarının piksel parlaklık değeriyle neredeyse aynı olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, çok yüksek boylu ağaç türlerinin var olması üretilen yükseklik modelinin kalitesini etkileyip yanlış araçların tespit edilmesine neden olmuşlardır. Ayrıca, yöntemin yanlış tespit ettiği ya da iki ayrı aracı sanki tek bir araç gibi tespit etmesinin sebebi araçların birbirine göre konumu, araçların park alanı içerisindeki park edilme şekli, araçların birbirlerine olan mesafesi (sıklık veya seyreklik) ve araçların çok yüksek boylu ağaç türlerinin altında kalarak bu alanların gölgesinde kalmış olması olarak yorumlanabilir.

Diğer bir taraftan, yanlış tespit edilen bu alanlar (segment grupları) geometrik şekil itibariyle araçların dikdörtgene benzeyen şekline pek benzememektedir. Bu alanların çoğunun geometrik şekli biçimsiz bozuk veya yuvarlak şeklindedir. Dolayısıyla, yanlış tespit edilmiş olsalar dahi bu özellikleri itibariyle araç olmadıkları görsel olarak kolaylıkla anlaşılmaktadır. Fakat, sayısal sonuçlar yorumlandığında yanlış tespit edilen bu alanlar doğruluk değerlendirmesi yapılırken elde edilen sayısal sonuçları olumsuz yönde etkileyerek doğruluk yüzdesini düşürmüştür. Şekil 4.21’ da yanlış tespit edilmiş olan araç veya araç kısımlarını temsil eden alanlar ile referans veri seti üst üste çakıştırılarak gösterilmiştir. Bir başka deyişle Şekil 4.21’ deki gösterim Test Alanı #3 için tespit edilen Yanlış Pozitif (FP) alanları göstermektedir.



Şekil 4.21. Test alanı #3 için bulunan Yanlış Pozitif (FP) alanlar

Test Alanı #3 içerisinde kullanılan yöntem ile tespit edilemeyen fakat referans veri setinde bulunan alanlar yöntemin tespit edemediği yani kaçırdığı alanlardır. Söz konusu bu alanların tespit edilememesinin nedeni bu araç alanların çok yakınında veya neredeyse bitişik olan oldukça eğimli şev (hendek) alanlarıdır (Şekil 4.22). Ayrıca, yine bu araç alanlarının çok yakınında veya düşey konum olarak neredeyse tam araçların üstüne denk gelen boyu çok yüksek olan ağaçlar tespit edilmeyi güç hale getiren zemin üstü nesnelerdir

(Şekil 4.23). Sayısal sonuçlar yorumlandığında tespit edilemeyen bu alanlar doğruluk değerlendirmesine bir katkı sağlayamadığı için doğruluk yüzdesini düşürmüştür. Şekil 4.24’ de tespit edilemeyen bu alanlar ile referans veri seti üst üste çakıştırılarak gösterilmiştir. Bir başka deyişle Şekil 4.24’ deki gösterim Test Alanı #3 için tespit edilemeyen Yanlış Negatif (FN) alanları göstermektedir.



Şekil 4.22. Test alanı #3 içinde yer alan oldukça eğimli şev (hendek) alanları



Şekil 4.23. Test alanı #3 içinde yer alan yüksek ağaçlar



Şekil 4.24. Test alanı #3 için bulunan Yanlış Negatif (FN) alanlar

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Kentsel alanlarda ve özellikle metropol şehirlerde uydu görüntülerinden otomatik olarak bina, ağaç ve diğer nesnelerin tespiti günümüzde önemli ve kullanılır bir hale gelmiştir. Bunun yanı sıra araç tespiti de son zamanların önemli bir çalışma konusu olmuştur. Diğer taraftan, uydu görüntülerine göre çok daha yüksek konumsal çözünürlüklü görüntü sağlama özelliğine sahip olan İHA görüntüleri kullanılarak araç tespiti günümüzde ilgi çeken araştırma konuları arasında yer almıştır.

Bu tez çalışmasında çok yüksek çözünürlüklü KYM İHA görüntüleri ve yükseklik verileri kullanılarak otomatik araç tespiti için bir yaklaşım geliştirilmiştir. Geliştirilen yaklaşımda öncelikle İHA ile havadan çekilen görüntülerden SYM oluşturulmuştur. Ardından, oluşturulan SYM kullanılarak tüm alanı kapsayan İHA görüntülerinden ortofoto oluşturulmuştur. Sonra, oluşturulan ortofoto üzerinden birbirinden farklı özelliklere sahip üç ayrı test alanı belirlenmiştir. Ardından her bir test alanı için SYM verisinden SAM oluşturulmuştur. Elde edilen SYM ve SAM verileri kullanılarak nSYM verisi üretilmiştir. Daha sonra, üç ayrı test alanının ortofoto görüntüsü ve nSYM verileri kullanılarak ve otomatik araç tespit etmek amacı ön planda tutularak çoklu çözünürlük segmentasyon ve sınıflandırma işlemleri yapılmıştır. Geliştirilen yöntemle elde edilen araç alanları ile manuel olarak araçların dış sınırları çizilerek elde edilen referans veri setleri karşılaştırılmak suretiyle her bir test alanına ait doğruluk analizleri yapılmıştır.

Bu bağlamda gerçekleştirilen işlem adımları şu şekildedir:

- 1- KYM İHA görüntülerinden sayısal yüzey modeli (SYM) ve ortofoto üretilmesi.
- 2 - SYM'ye yer filtrelemesi (ground filtering) uygulayarak sayısal arazi modeli (SAM) elde edilmesi.
- 3 - Sayısal yüzey modeli (SYM) ve sayısal arazi modelini (SAM) verilerini kullanarak normalize edilmiş yüzey modelinin (nSYM) oluşturulması.
- 4 - Normalize edilmiş yüzey modeli verilerine eşik değeri (threshold) uygulanması
- 5 - nSYM verilerine morfolojik filtre uygulanması.
- 6 - Doğruluk analizinde kullanılacak referans verilerin hazırlanması.
- 7 - Çoklu çözünürlük segmentasyon işlemi.
- 8 – Sınıflandırma işlemi.
- 9 – Doğruluk analizleri.

Bu tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde varılan sonuçlar ve bundan sonra gerçekleştirilecek benzer araştırma çalışmaları için öneriler şu şekildedir:

1 – KYM İHA görüntülerinden ortofoto üretimi sırasında kullanılan yer kontrol noktalarının dengeleme sonucu elde edilen toplam hata oranı 0.0086 metre olarak hesaplanmış olup bu değer oldukça yüksek bir doğruluk değeridir.

2 – Bu çalışmada İHA ile çekilen hava fotoğrafları kullanılmıştır. Dolayısıyla, İHA görüntülerinin uzaktan algılama uydularına göre kullandığı kamera özelliği ile ve alçak mesafeden görüntü alımı yapabildiği için konumsal çözünürlüğü oldukça yüksektir. Bu nedenle, bu çalışmada zemin üzerinde bulunan bina ve ağaç sınıflarına göre geometrik şekil ve yükseklik itibarıyla daha küçük olan araç sınıfını tespit etme konusunda İHA görüntüleri oldukça önem arz etmiştir ve elde edilen sonuçların doğruluğu da bu çalışmanın amacına ulaştığını göstermiştir.

3 – Bu çalışmada “Agisoft Photoscan” yazılımı kullanılarak üretilen ortofotoda bazı alanların bozuk olduğu görülmüştür. Bu durum, araçların yanlış sınıflandırılmasına, araçların bulunduğu yerden konum olarak yanlış yerde tespitine ya da hiç tespit edilememesine yol açmıştır. Bu sebepten dolayı, hem manuel olarak çizilen referans veriyi hem de yöntemi olumsuz etkilediği için, elde edilen sonuçların doğruluklarını bir miktar düşürmüştür. Bu hatanın Agisoft Photoscan yazılımı tarafından kullanılan otomatik görüntü eşleme algoritmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu nedenle, ortofoto üretimi ve SYM üretimi işlemleri için daha profesyonel yazılımların kullanılması bu tür hataların en aza indirilmesini sağlayacaktır.

4 – İHA görüntülerinden üretilen SYM ile “Lastools” yazılımının “Lasground” fonksiyonu kullanılarak yer filtreleme (ground filtering) yapılmıştır. Bu işlemde step, bulge, spike, offset ve stddev parametreleri kullanılmıştır. Bu işlem sonucunda zemin (ground) ve zemin üstü (above ground) nesneleri birbirinden ayrılarak SAM elde edilmiştir. Bu işlemde kullanılan parametreler ve parametre değerleri her bir test alanı için farklılık göstermiştir. Bunun anlamı şudur; bu çalışmada kullanılan yöntem ile SYM’ den SAM üretilmesinde kullanılan parametre değerleri çalışma alanına ve veriye göre değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan ve içerisinde barındırdığı farklı zemin yapısı ve farklı zemin üstü nesneleri olan üç test alanı için elde edilen parametre değerleri birbirinden farklıdır. Dolayısıyla, bu çalışmada geliştirilen yöntemin başka bir test alanı veya daha geniş kapsamlı çalışmalar için kullanılacak olması durumunda ilgili alana özgü parametreler ve parametre değerlerinin ayrıca belirlenmesi gerekir.

5 – nSYM, SYM ve SAM verilerinin farkının matematiksel olarak alınması biçimiyle ($nSYM = SYM - SAM$) oluşturulmuştur. Bu adımda üretilen nSYM verisinin doğruluğu SYM ve SAM verisinin doğruluğuna bağlıdır. Dolayısıyla, önceki adımlarda bahsedilen SYM ve SAM verisinin doğruluğunu etkileyen faktörler nSYM verisini de etkiler. Ayrıca, doğru üretilen bir nSYM gerçek zemin üstünü temsil edeceği için zemin altında kalan yanlış enterpole edilmiş gürültü (noise) etkisinden arınmış olacaktır.

6 – Bu çalışmada, nSYM verilerine ikili eşik değer (double threshold) uygulanmıştır. Eşik değerleri, her bir test alanında yer alan zemin üstü nesnelerin, özellikle yerden olan yüksekliği, dikkate alınarak belirlenmiştir. Dolayısıyla, her bir test alanı içinde bulunan zemin üstü nesneler (bina, ağaç, halı saha, araç ve otobüs) birbirinden farklı olduğu için üç ayrı test alanı için kullanılan ikili eşik parametre değerleri de birbirinden farklı olmuştur.

7 – nSYM verilerine ikili eşik değer uygulanması işleminden sonra morfolojik filtre uygulanmıştır. Bu çalışmada araç nesnelerinin tespit edilmesi amaçlandığı için ve araçların geometrik şekilleri dikdörtgen olduğundan bu işlemi yaparken “MATLAB” yazılımında “rectangle” morfolojik filtre fonksiyonu kullanılarak istenmeyen birtakım gürültü (noise) etkileri giderilmiştir. Bu adımda elde edilmiş sonuçlar görsel olarak yorumlandığında nSYM verilerine morfolojik filtre uygulamanın sonuçları olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Bu işlem sonucunda elde edilen sonuç ürünü içerisinde geometrik şekil itibarıyla araç olduğu düşünülen segment alanları açıkça görülebilmektedir.

8 – Elde edilen sonuçların doğruluk analizlerinde kullanılmış olan referans veriler “ArcGIS” yazılımında manuel olarak araçların dış sınırları ve ortofotoda görünen kısımları dikkate alınarak, kapalı alan (poligon) olarak çizilmiştir. Bu adımda referans veri seti oluşturulurken altlık olarak kullanılan ortofoto görüntüsünde bazı alanlarda bazı ağaçların araçların düşey olarak üzerinde kalması ve ağaç dallarının araçların bir kısmını kapatması sebebiyle bu araçların bir kısmı veya tamamı ortofoto da görünmemektedir. Buna rağmen, geliştirilen yöntem ile sözü edilen bu alanların da tespit edilebildiği görülmüştür. Ancak, referans veride bu alanlar ortofoto üzerinde görülemediğinden dolayı çizilmemiştir. Bu nedenle, bu ve benzeri alanlar elde edilen sonuçların doğruluk yüzdelerini olumsuz yönde etkilemiştir.

9 – Test alanlarına ait KYM İHA görüntülerinin segmentasyonu eCognition yazılımında bulunan “multiresolution segmentation” fonksiyonu ile yapılmıştır. Bu fonksiyonda işlem yapılırken en önemli parametreler olan ölçek (scale), şekil (shape) ve yoğunluk (compactness) parametreleri kullanılmıştır. Kırmızı, yeşil ve mavi bantların ağırlıkları 1,

nSYM bandının ağırlığı ise 2 olarak alınmıştır. Dolayısıyla, yükseklik verileri segmentasyon işleminde bir kat daha ön plana çıkarılmıştır.

Tüm bu kestirilen değerlere göre yapılan segmentasyon işlemi yorumlandığında üç ayrı test alanı için kullanılan parametre değerlerinin farklı olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, aynı bölgede dahi olsa aynı verinin çoklu-çözünürlük segmentasyonu için kullanılan parametre değerlerinin standart olmayıp değişken olduğu görülmüştür. Dolayısıyla, bundan sonra yapılacak benzer çalışmalarda çalışma alanına ait en uygun parametre değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, bu çalışmada çok yüksek konumsal çözünürlüklü KYM İHA görüntülerinin kullanılması ile yan yana duran iki ayrı aracın birbirinden ayrılabilmesi görülmüştür. Eğer düşük konumsal çözünürlüklü görüntüler kullanılsaydı birbirine yakın olan araçların birleşik ve bütünleşik tek bir segment olarak kalacağı, dolayısıyla sınıflandırma çıktılarında tek bir nesne olacağı sonucuna varılmıştır. Bu nedenle, kullanılan verinin doğruluğu arttıkça, araçların doğru tespitinin de doğru orantılı olarak artacağı kanaatine varılmıştır. Bir başka deyişle tespit edilecek nesne ile konumsal çözünürlük arasında önemli bir bağ olduğu sonucuna varılmıştır.

10 – Bu çalışmada en uygun ölçek parametresi değerini belirlemek için kullanılan ESP-2 eklenti aracının grafiksel olarak verdiği değerlerin en uygun değerler olduğu ve bu değerlerin deneme yanılma yoluyla bulunan değerlerle yaklaşık olarak aynı olduğu görülmüştür. Ancak, bu çalışmada elde edilen ölçek parametresi değerleri bu çalışmada kullanılan test alanları ve İHA verisi için geçerli olup genel değerler olarak değerlendirilmemelidir.

11 – Sınıflandırma işlemine nSYM verisinin ek bant olarak dahil edilmesi sonuçları olumlu yönde etkilemiştir. Örneğin Test Alanı #2 içinde bulunan bina çatılarının piksel parlaklık değeri aynı test alanı içinde bulunan gri renkli araçların piksel parlaklık değeriyle neredeyse aynıdır. Bu sebeple, sınıflandırma çıktısında bu alanları temsil eden sınıflar birbiriyle karışıp sanki bina çatısı alanında gri araç varmış sonucu ortaya çıkmaktadır. Fakat, sınıflandırma işleminde nSYM verisi üzerinden bir sınıflandırma kuralı tanımlanarak yüksekliği 2 metre olan söz konusu yansıma değerlerine sahip segment alanları araç sınıfına ve yüksekliği 2 metre ve üzerindeki söz konusu yansıma değerlerine sahip segment alanları ise bina sınıfına dahil edilerek bu karışıklık ortadan kaldırılmıştır. Yapılan denemeler neticesinde 2 metre olarak konulan sınıflandırma kuralının başka test alanları için de kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, Test Alanı #2 ve Test Alanı #3 araç dışı nesneler (örn., bina, ağaç), yükseklik verisi dikkate alınıp benzer bir sınıflandırma kuralı tanımlanarak araç sınıflarından oldukça net bir şekilde ayrılmıştır.

nSYM verisinin doğruluğu sınıflandırma için tanımlanan kuralın doğru çalışması için önemlidir. Dolayısıyla, üretilen nSYM verisine ikili eşik değeri (double threshold) uygulanırken kullanılan parametre değerleri ve uygun morfolojik filtrenin seçimi, uygulanması ve kullanılan parametre değeri nSYM verisinin kalitesini doğrudan etkilediği için oldukça önem arz etmektedir. Ayrıca, üç test alanı içerisinde de bulunan araç dışı nesne olan yeşil alanların ayıklanması ve daha sonra kalan nesnelerden araç tespiti için etkili ve kolay yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

12 – Önerilen yöntem ile tamamı ya da belirli bir kısmı tespit edilmiş bir aracın doğruluk analizinde sayısal değerlere bir katkısı olduğu görülmüştür. Bu çalışmada tespit edilen araçlara sayısal adet olarak doğruluk analizi yapılacak olursa yarım veya belli bir kısmı tespit edilmiş ya da bütünü tespit edilemediği araçların sonuçlara olumsuz etki edeceği ve dolayısıyla, doğruluk değerlerini düşüreceği görülmüştür. Ayrıca, elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde ve çıktı görüntüleri görsel olarak yorumlandığında, özellikle otopark alanlarında düzenli bir sıra halinde park edilmiş araçlar için yöntemin daha verimli çalıştığı ve yalnızca bu alanlar ele alınarak doğruluk analizi yapılması durumunda araç tespit yüzdesinin daha yüksek çıkacağı sonucuna varılmıştır. Bu sebepten dolayı, bu çalışmada geliştirilen yöntem, özellikle açık otopark alanlarında araç tespiti için etkili bir şekilde kullanılabilir. Açık otopark alanları haricindeki yol ve diğer alanlarda da eğer tespiti yapılacak olan sabit araçların üzerlerinin yüksek nesnelerle (örn., bina çıkıntıları, ağaç dalları) kapatılması durumunda elde edilen doğruluk sonuçları olumsuz etkilenecektir. Özellikle Test Alanı #2'nin bazı kısımlarında bu sebepten dolayı araç tespiti kısmen yapılabilmiş ya da hiç yapılamamıştır. Ayrıca, ağaçların ve zeminden belirli bir yüksekliği olan ve kaldırımlardan daha yüksek olan beton zeminler ve oturma bankları gibi zemin üstü nesneleri de bulunduğu test alanındaki araç tespit doğruluğunu, az miktarda da olsa, olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çalışmanın ana amacı KYM İHA görüntülerinden sabit araçların tespiti. Ancak, Test Alanı #3 içinde otoyol üzerinde hareket halinde olan bir otomobil de geliştirilen yöntem ile tespit edilebilmiştir. Dolayısıyla, elde edilen sonuçlara göre hareket halindeki araçların hızları, araçların ardışık çekilen görüntülerdeki konumlarına bağlı olarak, hesaplanabilir. Bu çalışmada hareket halindeki otomobilin hızı hesaplanmamış ve ancak hızının düşük olduğu sonucuna varılmıştır. İçerisinde diğer araçlardan boyutu daha büyük ve daha yüksek olan bir adet otobüs bulunduğu için özellikle seçilen Test Alanı #3 içindeki otobüs oldukça başarılı bir şekilde tespit edilmiştir.

13 – Geliştirilen yaklaşım ile Test Alanı #1 içerisindeki 155 tane araçtan 9 tanesi kısmen tespit edilmiş, 2 tane araç ise hiç tespit edilememiştir. Test Alanı #2 içerisindeki 175

araçtan 11 tanesi kısmen tespit edilmiş, 4 tane araç ise hiç tespit edilememiştir. Test Alanı #2 içerisinde bulunan binaların sonuçları olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Test Alanı #3 içerisindeki 217 araçtan 7 tanesi kısmen tespit edilmiş, 1 tane araç ise hiç tespit edilememiştir.

Bu çalışmada her bir test alanı lokal olarak kendi başına değerlendirilip bulunduğu alana özgü parametre ve parametre değerleri kestirilerek sabit araçların tespiti yapılmıştır. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda da buna benzer olarak bulunduğu alana özgü parametre ve parametre değerleri kestirilerek ve kullanılan eşik değerleri iyileştirilerek sabit araçların tespiti yapılabilir. Ayrıca, bu çalışmada önerilen yöntemin, elde edilen test sonuçlarına bakılarak, günümüzde pratik anlamda kullanıldığında tüm sabit araçların tespitini önemli ölçüde kolaylaştıracağı sonucuna varılmıştır. Diğer taraftan, bu çalışmada önerilen yöntem etkin ve kullanışlı olma avantajına da sahiptir.

5.2. Öneriler

- 1 – Yapılacak çalışmalarda doğruluğu yüksek nSYM kullanmak, zemin üstü detayları net görünen ve homojen olan çalışma alanları tercih edilmesi önerilir.
- 2 – Bu çalışmada yeşil alanların tespiti konusunda KYM üç bandına ek olarak yakın kızıl ötesi bant bulunmadığı için önce yeşil alanların bu bant sayesinde tespit edilip, daha sonra bu alanların elenerek, araç tespiti yapılması işleminin uygulaması yapılamamıştır. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda yeşil alanların tespit edilip çıkarılması ve sonra araç tespiti yapılması için KYM üç banda ek olarak yakın kızıl ötesi bant kullanılması önerilmiştir.
- 3 – Bu tür araç tespiti veya genel olarak görüntülerden zemin üstü nesnelerin tespiti çalışmalarında alan esaslı doğruluk analizi yapmanın kullanıcıları daha doğru ve net sonuçlara götürdüğü anlaşıldığı için alan esaslı doğruluk analizleri yapmak önerilir.
- 4 – Yapılan çalışma göstermiştir ki, önerilen yaklaşım farklı tür ve farklı büyüklükteki araçların tespitini de gerçekleştirmiştir.
- 5 – Yapılacak çalışmalarda önerilen yaklaşımı farklı konumsal çözünürlüklü görüntüler kullanarak ve birbirinden farklı birçok test alanında denemek önerilmiştir.
- 6 – Sabit araçların tespiti çalışmalarında, tespit edilmiş olan araçların gelecekte yapılacak olan CBS projelerinde yardımcı bir veri olarak kullanılabileceği önerilir.

KAYNAKLAR

- [1] Akgül, M., Yurtseven, H., Demir, M. Akay, A. E., Gülci, S., Öztürk, T., *İnsansız Hava Araçları ile Yüksek Hassasiyette Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi ve Ormancılıkta Kullanım Olanakları*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 66, 104-108, **2015**.
- [2] Döner, F., Özdemir, S., Ceylan, M., *İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Veri Toplama ve Haritalama Çalışmalarında Kullanımı*, 5. Uzaktan Algılama – CBS Sempozyumu, pp. 14–17., **2014**.
- [3] Acar, U., Bayram, B., *Morfolojik Görüntü Filtreleri ile İkonos Görüntülerinden Otomatik Bina Çıkarımı*, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, **2009**.
- [4] Yılmaz, V., Akar, A., Akar, Ö., Güngör, O., Karşı, F., Gökalp, E., *İnsansız Hava Aracı İle Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi*, Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu, **2013**.
- [5] Öztürk, O., Bilgilioglu, B. B., Çelik, M. F., Bilgilioglu, S. S., Uluğ, R., *İnsansız Hava Aracı (İHA) Görüntüleri ile Ortofoto Üretiminde Yükseklik ve Kamera Açısının Doğruluğa Etkisinin Araştırılması*, Dergi Park Akademik, Geomatik Arşivi, Cilt 2, Sayı 3, Sayfalar 135-142, **2017**.
- [6] Hashemi, S. A. M., *Automatic peaks extraction from Normalized Digital Surface Model (NDSM)*, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVII. Part B3a., **2008**.
- [7] Gerhardinger, A., Ehrlich, D., Pesaresi, M., *Vehicles Detection From Very High Resolution Satellite Imagery*, The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVI. Part 3/W24., **2005**.
- [8] Leithloff, J., Hinz, S., Stilla, U., *Automatic Vehicle Detection In Space Images Supported By Digital Map Data*, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVI, Part 3/W24., **2005**.

- [9] Jin, X., Davis, C, H., *Vehicle Detection From High Resolution Satellite Imagery Using Morphological Shared-Weight Neural Networks*, Science Direct Image and Vision Computing, Part 25, Pages 1422-1431, **2006**.
- [10] Zheng, H., Li, L., *An Artificial Immune Approach For Vehicle Detection From High Resolution Space Imagery*, International Journal of Computer Science and Network Security, Vol. 7, No. 2, **2007**.
- [11] Sharma, G., Merry, C.J., Poel, P. McCord, M. *Vehicle Detection In 1-m Resolution Satellite and Airborne Imagery*, International Journal of Remote Sensing, Vol. 27, No. 4, Page 779-797, **2007**.
- [12] Xiong, Z., Zhang, Y., *An Initial Study on Vehicle Information Extraction From Single-Pass Quickbird Satellite Imagery*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 74, No. 11, Page 1401-1411, **2008**.
- [13] Leitloff, J., Hinz, S., Stilla, U., *Vehicle Detection In Very High Resolution Satellite Images Of City Areas*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions On Geoscience And Remote Sensing, Vol. 48, No. 7, **2010**.
- [14] Liu, W., Yamazaki, F., Thuy, V., T., *Automated Vehicle Extraction And Speed Determination From Quickbird Satellite Images*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers Journal of Selected Topics In Applied Earth Observations And Remote Sensing, Vol. 4, No. 1, **2011**.
- [15] Kembhavi, A., Harwood, D., Davis, L, S., *Vehicle Detection Using Partial Least Squares*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol. 33, No. 6, **2011**.
- [16] Salehi, B., Zhang, Y., Zhong, M., *Automatic Moving Vehicles Information Extraction From Single-Pass WorldView-2 Imagery*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers Journal Of Selected Topics In Applied Earth Observations And Remote Sensing, Vol. 5, No. 1, **2012**.
- [17] Zheng, Z., Wang, X., Zhou, G., Jiang, L., *Vehicle Detection Based On Morphology From Highway Aerial Images*, International Geoscience And Remote Sensing Symposium, **2012**.

- [18] Mancini, F., Dubbini, M., Gattelli, M., Stecchi, F., Fabbri, S., Gabbianelli, G., *Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) For High Resolution Reconstruction Of Topography : The Structure From Motion Approach On Coastal Environments*, International Journal Of Remote Sensing, Vol. 5, No. 10, Page. 6880-6898, **2013**.
- [19] Zhang, Y., Xiong, Z., *Moving Vehicle Detection Using A Single Set Of Qickbird Imagery – An Initial Study*, International Society For Photogrammetry And Remote Sensing, Commission VII, **2014**.
- [20] Stilla, U., Michaelson, E., Soergel, U., Hinz, S., Ender, J., *Airborne Monitoring Of Vehicle Activity In Urban Areas*, International Society For Photogrammetry And Remote Sensing, Commission III, WG III/4, 2015.
- [21] Qu, S., Wang, Y., Meng, G., Pan, C., *Vehicle Detection In Satellite Images By Incorporating Objectness And Convolutional Neural Network*, Journal Of Industrial And Intelligent Information, Vol. 4, No. 2, **2016**.
- [22] Bulatov, D., Schilling, H., *Segmentation Methods For Detection Of Stationary Vehicles In Combined Elevation And Optical Data*, International Conference On Pattern Recognition, Cancun Center Mexico, **2016**.
- [23] http://lbi-archpro.org/als-filtering/lbi-project/results/lastools/filtering_algorithm-2 (Kasim, **2017**).
- [24] Axelsson P., *DEM Generation From Laser Scanner Data Using Adaptive TIN Models*, International Society For Photogrammetry And Remote Sensing. Vol. 33, Part. B4/1, Page. 110-117, **2000**.
- [25] Axelsson P., *Processing Of Laser Scanner Data - Algorithms And Applications*, International Journal Of Photogrammetry & Remote Sensing, 54 (1999) Page. 138-147, **1999**.
- [26] <http://lbi-archpro.org/als-filtering/lbi-project/results/lastools/guidelines-2> (Kasim, **2017**).
- [27] https://www.cs.unc.edu/~isenburg/lastools/download/lasground_README.txt (Kasim, **2017**).
- [28] https://www.cs.unc.edu/~isenburg/lastools/download/lasnoise_README.txt (Kasim, **2017**).
- [29] <http://www.rapidlasso.com/category/tutorials> (Kasim, **2017**).
- [30] https://www.cs.unc.edu/~isenburg/lastools/download/lasclassify_README.txt (Kasim, **2017**).

- [31] https://www.cs.unc.edu/~isenburg/lastools/download/las2dem_README.txt (Kasım, 2017).
- [32] Egels, Y., Kasser, M., *Digital photogrammetry*, CRC Press, 2004.
- [33] <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/arcpy/spatial-analyst/arithmetic-minus-operator.htm> (Kasım, 2017).
- [34] <http://mathworks.com/help/images/arcpy/morphological-filtering.html> (Kasım, 2017).
- [35] Trimble, *eCognition Developer Reference Book*, s.35-40, 2014.
- [36] Trimble, *eCognition Developer Reference Book*, s.51-53, 2014.
- [37] Gonzalez, R. C., Woods, R. E., *Digital Image Processing*, 3rd ed., Pearson Prentice Hall Press, 2008.
- [38] Dass R., Priyanka, Devi S., *Image Segmentation Techniques*, IJECT vol. 3, no. 1, Jan-March 2012.
- [39] Jähne, B., *Digital Image Processing*, 6nd ed., Springer Berlin Heidelberg Press, 2005.
- [40] Marangoz, A., M., *Fotogrametri I Ders Notlari*, Fotogrametri ABD Sunuları, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak, 2012.
- [41] Baatz, M., Schape, A., *Multiresolution Segmentation : An Optimization Approach For High Quality Multi-Scale Image Segmentation*, 2000.
- [42] Kavzaoğlu, T., Yıldız, M., *Parameter Based Performance Analysis Of Objects Based Image Analysis Using Aerial And Quickbird-2 Images*, International Society For Photogrammetry And Remote Sensing And Spatial Information Sciences, Vol. II, No. 7, 2014.
- [43] Dragut, L., Tiede, D., Levick, S., R., *ESP : A Tool To Estimate Scale Parameter For Multiresolution Image Segmentation Of Remotely Sensed Data*, International Journal Of Geographical Information Science, Vol. 24, No. 6, Page. 859-871, 2010.
- [44] Dragut, L., Csillik. O., Eisank, C., Tiede, D., *ESP 2 (Estimation Of Scale Parameters 2) – User Guide*, 2014.
- [45] Y. Zhang, T. Maxwell, H. Tong, and V. Dey, “Development of a supervised software tool for automated determination of optimal segmentation parameters for ecognition,” vol. XXXVIII, pp. 690–696, 2010.
- [46] <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/analyst/intersect-union-operator.htm> (Kasım, 2017).

- [47] <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/tables/calculating-area-length-and-other-geometric-properties.htm> (Kasım, 2017).
- [48] Jin, C., Davis, X., *Automated building extraction from high-resolution satellite imagery in urban areas using structural, contextual, and spectral information*, EURASIP Journal On Applied Signal. Processing, Page.2198-2206, 2005.
- [49] Shaker, I.F., Abd-Elrahman, A., Abdel-Gawad, A.,K., Sherief, M., *Building extraction from high resolution space images in high density residential areas in the Great Cairo region*, International Journal Of Remote Sensing., Vol. 3, No. 4, Page. 781–791, 2011.
- [50] Hermosilla, T.,Ruiz, A., R., Recio, A., Estornell, J., *Evaluation Of Automatic Building Detection Approaches Combining High Resolution Images and LiDAR Data*, Page. 1188–1210, 2011.
- [51] Rishikeshan, C., A., Ramesh, H., *An ANN Supported Mathematical Morphology based Algorithm For Lakes Extraction From Satellite Images* ISH Journal of Hydraulic Engineering, Page, 2164-2273, 2017.
- [52] Oruç, M., *Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılması ve Doğruluk Değerlendirmesi* Uzaktan Algılama Ders Notları Bülent Ecevit Üniversitesi., Zonguldak, 2010.
- [53] Güngör, O., *Sınıflandırma Sonrası Doğruluk Analizi*, Uzaktan Algılama ABD Ders Notları., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 2014.
- [54] Bandyopadhyay, M., Aardt, V., J., A., N., Nicholsan, K., C., *Classification And Extraction Of Trees And Buildings From Urban Scenes Using Discrete Return LiDAR And Aerial Color Imagery*, Laser Radar Technology and Applications XVIII., 2013.
- [55] Çoban, H., O., Koç, A., *Sınıflandırma Sonrası Karşılaştırma Tekniği Kullanılarak Heterojen Yapıya Sahip Ormanlarda Zamansal Değişimlerin Belirlenmesi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi., Seri. A, Sayfa. 72-84, 2008.
- [56] Bulut, S., Günlü, A., *Arazi Kullanım Sınıfları İçin Farklı Kontrollü Sınıflandırma Algoritmalarının Karşılaştırılması*, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi., Sayı. 2, Sayfa. 528-535, 2016.
- [57] Meyer, G., E., Neto, J., C., *Verification of Color Vegetation Indices For Automated Crop Mapping Applications*, Computers And Electronics In Agriculture., Vol. 6, No. 3, Page. 282-293, 2008.

- [58] Delen, A., Şanlı, F., B., *Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yöntemi İle Tarımsal Ürün Deseninin Belirlenmesi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi., Sayı. 17, Sayfa. 242-247, **2017**.
- [59] Benz, U., C., Hofmann, P., Willhauch, G., Lingenfelder, I., Heynen, M., *Multi-resolution, Object-Oriented Fuzzy Analysis Of Remote Sensing Data For GIS Ready Information*, International Society For Photogrammetry And Remote Sensing., Vol. 58, Page. 239-258, **2004**.
- [60] Brodsky, L., Boruvka, L., *Object-Oriented Fuzzy Analysis Of Remote Sensing Data For Bare Soil Brightness Mapping*., Vol. 1, No. 1, Page. 79-84, **2006**.
- [61] Kaynarca, M., Demir, N., *Nesne Tabanlı Sınıflandırma ile Karayolunda Bulunan Araçların Tespiti*, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi., Sayı. 17, Sayfa. 12-17, **2017**.
- [62] <http://mathworks.com/help/images/arcpy/gray-level-co-occurrence-matrix-glcm.html> (Kasım, **2017**).
- [63] Collins, M., J., Dymond, C., Johnson, E., A., *Mapping Subalpine Forest Types Using Networks Of Nearest Neighbour Classifiers*, International Journal Of Remote Sensing., Vol. 9, No. 25, Page. 1701-1721, **2004**.
- [64] Yu, Q., Gong, P., Clinton, N., Biging, G., Kelly, M., Schlokauer, D., *Object Based Detailed Vegetation Classification With Airborne High Spatial Resolution Remote Sensing Imagery*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing., Vol. 72, No. 7, Page. 799-811, **2006**.
- [65] Zhang, Y., Maxwell, T., Tong, H., Dey, V., *Development Of Supervised Software Tool For Automated Determination Of Optimal Segmentation Parameters For ECognition*, International Society For Photogrammetry And Remote Sensing Technical Commission VII., **2010**.
- [66] Dass, R., Priyanka, P., Devi, S., *Image Segmentation Techniques*, International Journal Of Electronics & Communication Technology., Vol. 3, No. 1, Page. 66-70, **2012**.
- [67] Mather, P., M., Koch, M., *Computer Processing of Remotely Sensed Images*, Fourth Edition, **2011**.

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Müslüm ALTUN

Doğum Yeri : Altındağ-ANKARA

Medeni Hali : Bekar

E-Posta : altunmuslum06@gmail.com

: muslum.altun@hacettepe.edu.tr

Adresi : Ankara

Eğitim

Lise : Dikmen Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi (2004 - 2008)

Lisans : Karadeniz Teknik Üniversitesi – Harita Mühendisliği Bölümü (2009 - 2014)

Yüksek Lisans : -

Doktora : -

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce – Orta derece (yazılı ve sözlü)

İş Deneyimi

2015 - Harita Mühendisi (Haritacılık Sektörü)

Deneyim Alanları

-

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 05/02/2018

Tez Başlığı / Konusu: İNSANSIZ HAVA ARACI GÖRÜNTÜLERİNDEN KENTSEL ALANLARDA ARAÇ TESPİTİ

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 77 sayfalık kısmına ilişkin, 05/02/2018 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezin benzerlik oranı % 3'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dâhil
- 3- 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

05/02/2018

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: MÜSLÜM ALTUN

Öğrenci No: N14122475

Anabilim Dalı: GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ

Programı: GEOMATİK

Statüsü: ☒ Y.Lisans ☐ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Prof. Dr. Mustafa TÜRKER

(Unvan, Ad Soyad, İmza)